

ANA CAROLINA GUIMARÃES ANTUNES

**CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA  
DEFINIÇÃO DE TRAÇADO E MANUTENÇÃO DE  
MULTIDUTOS NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de  
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia  
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como  
parte das exigências para o cumprimento da disciplina  
Trabalho de Formatura no ano letivo de 2007.*

Orientador: Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda

Co-orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Rio Claro (SP)  
2007

ANA CAROLINA GUIMARÃES ANTUNES

CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA DEFINIÇÃO DE  
TRAÇADO E MANUTENÇÃO DE MULTIDUTOS NA REGIÃO DO  
VALE DO PARAÍBA

Orientador: Prof. Dr. JAIRO ROBERTO JIMÉNEZ RUEDA

Co-orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
da Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para  
obtenção do grau de Engenharia Ambiental.*

Rio Claro  
2007

526.982 Antunes, Ana Carolina Guimarães  
A636c Caracterização do meio físico para definição de traçado  
e manutenção de multídutos na região do Vale do Paraíba /  
Ana Carolina Guimarães Antunes. -Rio Claro: [s.n.], 2007  
41 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental)  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Jairo Roberto Jimenez Rueda

Co-orientador: Juércio Tavares de Mattos

1. Fotogrametria. 2. Sensoriamento remoto.  
Planejamento ambiental. 4. Análise interpretativa de  
imagens ETM+ do Landsat 7. I. Título

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo maior presente que já ganhei: minha vida.

Agradeço aos meus pais, João Justino e Ana Rosa, pelo que sou e tenho, pois eles são minha força, meu carinho, meu aconchego, meu tudo! Amo muito vocês.

Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Juércio Mattos, por toda a paciência, atenção, dedicação, compreensão, coragem e incentivo disponibilizados a mim e a este trabalho. E também por todo o conhecimento que ele me passou ao longo do desenvolvimento deste estudo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Jairo Rueda, por estar sempre de portas abertas para me ajudar e me ensinar. Agradeço ao Prof. Dr. Elias Daitx pelas maravilhosas idéias para enriquecimento deste trabalho. Agradeço também ao Prof. Dr. Sérgio dos Anjos pela enorme ajuda no processamento da imagem de satélite.

Agradeço a minha querida irmã, Ana Cláudia, por toda a ajuda e carinho. Agradeço a toda a minha linda família que eu amo demais, em especial a Tia Eliana, que ao longo de todos esses anos facilitou muito minha vida no intercâmbio entre a Unesp de Guaratingutá e a Unesp de Rio Claro.

Agora o meu muito obrigada vai para as pessoas que foram o meu porto seguro em Rio Claro: as verdinhas. Minhas amigas para toda a vida, Renata, Marissa e Gaby. Agradeço por vocês terem aguentado, sempre bem humoradas, todos os meus chilikues nesses 5 anos.

Agradeço também toda a galera da 1ª primeira turma de Engenharia Ambiental da Unesp de Rio Claro, vocês ficarão para sempre na minha memória e no meu coração.

E por fim meu agradecimento vai para uma pessoa que foi peça chave no desenvolvimento deste trabalho: Onça. Obrigada por todo o carinho, toda a paciência (que foi enorme), todas as muitas críticas construtivas e toda a compreensão nos meus “poucos” momentos de desespero. Aprendi muito com você e espero continuar aprendendo.

## RESUMO

O presente trabalho caracteriza o meio físico em relação a sua fragilidade e a sua capacidade de suporte, através das propriedades geológicas e geomorfológicas presentes na área de estudo, preocupando-se fundamentalmente com um planejamento ambiental sustentável para a construção e manutenção de obras lineares enterradas. A área de estudo localiza-se sobre uma porção do Vale do Paraíba, que se encontra entre as latitudes 22°30'S e 23°00'S e longitudes 44°30'W e 45°15'W, entre as cidades de Aparecida (SP) e Queluz (SP). A metodologia constituiu-se na interpretação visual de imagens TM/Landsat-7, utilizando como critério fundamental o elemento textural de imagem e sua forma de organização espacial. Para tanto, definiu-se cinco níveis de densidade textural, possibilitando assim, fazer a compartimentação da área em zonas homólogas (Z.H.s). Como resultado identificou-se 133 Z.H.s. Utilizando-se do mesmo critério textural da imagem foram classificadas as seguintes propriedades físicas: Resistência à Erosão, Permeabilidade, Plasticidade X Ruptibilidade, Tropicidade e Assimetria de Relevo para cada zona homóloga, e depois agrupou-se as que possuem todas as propriedades iguais em Unidades Geoambientais (U.G.s). Como resultado identificou-se 18 U.G.s. O trabalho apresenta como resultado final um mapa temático com setores favoráveis e de restrição para o traçado de obras lineares enterradas. Com base neste mapa pode-se propor traçados para obras lineares enterradas, analisando quanto a sua adequação ao meio físico e reduzindo os impactos causados ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Remoto, Planejamento Ambiental, Construção e Manutenção de Obras Lineares Enterradas.

## **ABSTRACT**

The present study characterizes the physical environment for its fragility and its capacity to support, through geological and geomorphological properties in the study area, concerning primarily with a sustainable environmental planning for the construction and maintenance of buried linear works. The study area is located on a portion of the Paraíba Valley, which is between the latitudes 22 °30' S and 23°00' S and longitudes 44°30' W and 45° 15' W, between cities of Aparecida (SP) and Queluz (SP). The methodology was based in the visual interpretation of TM/Landsat-7 images, using as a criterion the element textural image and its way of organizing space. To do so, it was set five levels of textural density, enabling thus to the partitioning of the area in areas counterparts (Z.H.s). As a result, it was identified 133 Z.H.s. By using the same criterion textural image the following physical properties were classified: Erosion Resistance, Permeability, Plasticity X Brittle, Tropic and Relief Asymmetry for each zone counterpart, and then grouped themselves as they hold all properties equal in Units Geoenvironmental (U.G.s). As a result it was identified 18 U.G.s. The work presents, as a final result, a thematic map with favorable or restrictable sectors to the design of buried linear works. Based on this map, it can be propose traces to buried linear works, analyzing their suitability to the physical environment and reducing the impacts caused to the environment.

**KEY-WORDS:** Remote sensing, Environmental Planning, Construction and Maintenance of Buried Linear Works.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Área de Estudo .....	8
Figura 2 - Fluxograma das Etapas de Trabalho .....	14
Figura 3 – Categoria muito alta densidade textural .....	22
Figura 4 – Categoria alta densidade textural .....	22
Figura 5 - Categoria moderada densidade textural .....	23
Figura 6 – Categoria baixa densidade textural .....	23
Figura 7 – Categoria nula densidade textural .....	23
Figura 8 – Categoria alta resistência .....	23
Figura 9 – Categoria moderada resistência .....	23
Figura 10 – Categoria baixa resistência .....	23
Figura 11 – Categoria resistência nula .....	23
Figura 12 – Categoria permeável .....	24
Figura 13 – Categoria moderadamente permeável .....	24
Figura 14 – Categoria pouco permeável .....	24
Figura 15 – Categoria não permeável .....	24
Figura 16 – Categoria fraturado .....	24
Figura 17 – Categoria moderadamente fraturado .....	24
Figura 18 – Categoria pouco fraturado .....	24
Figura 19 – Categoria não fraturado .....	24
Figura 20 – Categoria orientada .....	25
Figura 21 – Categoria moderadamente orientada .....	25
Figura 22 – Categoria pouco orientada .....	25
Figura 23 – Categoria não orientada .....	25
Figura 24 – Categoria fortemente assimétrico .....	25
Figura 25 – Categoria assimétrico .....	25
Figura 26 – Categoria moderadamente assimétrico .....	25
Figura 27 – Categoria simétrico .....	25

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das propriedades das formas texturais em imagens de satélite.....	11
Tabela 2 – Modelo para a definição dos setores de viabilidade.....	21
Tabela 3 – Zonas homólogas e suas características.....	34
Tabela 4 – Unidades Geoambientais e suas características.....	35
Tabela 5 – Setores de Viabilidade de cada Unidade Geoambiental.....	36
Tabela 6 – Total de Z.H.s em cada Setor de Viabilidade .....	36

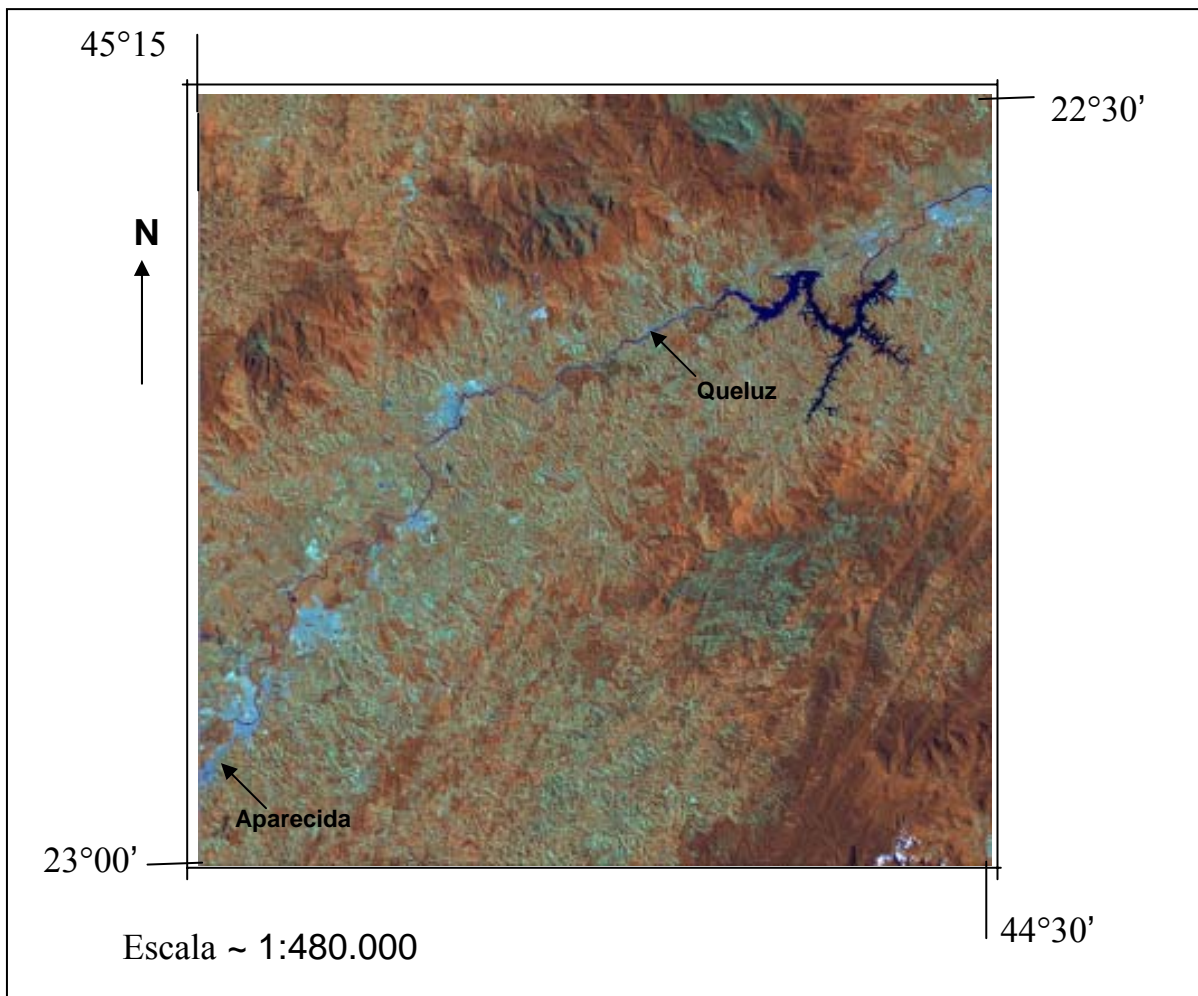


## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA.....	9
4. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO.....	14
5. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO.....	22
6. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
6.1. Geologia e Geomorfologia.....	26
6.2. Aspectos Climáticos.....	29
6.3. Solos.....	30
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
8. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO 1: MAPA DE ZONAS HOMÓLOGAS (Z.H.s)	
ANEXO 2: MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS (U.G.s)	
ANEXO 3: MAPA DE SETORES DE VIABILIDADE PARA TRAÇADO DE OBRAS LINEARES ENTERRADAS	

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo foi realizado sobre uma porção do Vale do Paraíba, que se encontra entre as latitudes  $22^{\circ}30'S$  e  $23^{\circ}00'S$  e entre as longitudes  $44^{\circ}30'W$  e  $45^{\circ}15'W$ , entre as cidades de Aparecida (SP) e Queluz (SP), localizadas na bacia sedimentar de Taubaté e na bacia sedimentar de Resende (Figura 1). Na parte central da área estudada está localizada a Rodovia Presidente Dutra e o Rio Paraíba do Sul.



**Figura 1 - Mapa da Área de Estudo**

Fonte: LANDSAT ETM+ 7

As linhas de dutos mais antigas nesta região foram construídas pela Comgás no início do século XX e pela Petrobrás, nos anos cinquenta, mas foi no ano de 1990 que estas empresas construíram o maior número de dutos.

Segundo Almeida (1964) a área de estudo encontra-se em uma depressão alongada e apresenta relevo de colinas e baixos morros separando os planaltos do Paraitinga e da Bocaina, das elevadas escarpas da Serra da Mantiqueira.

A caracterização do meio físico é de fundamental importância para a definição do traçado de obras lineares enterradas (tubulações instaladas na porção subsuperficial ou próximo à superfície do solo), pois causará um melhor custo-benefício na implantação destas, bem como para a futura manutenção da área submetida a essas obras de engenharia, porque deve-se levar em consideração que em um período posterior a instalação dessas obras a estrutura do local pode ser alterada por fatores que serão aqui comentados, tais como clima e movimentação de antigas falhas.

Em virtude da possibilidade de vazamentos faz-se necessário realizar a compartimentação do meio físico e a definição de zonas homólogas da área em estudo, para facilitar a escolha e a definição do melhor traçado e controlar uma futura manutenção dessas obras, visando a preservação, a conservação e a recuperação do meio ambiente.

O presente estudo poderá ser utilizado para o planejamento e gestão ambiental, em Estudos de Impacto Ambiental e em Estudos de Análise de Risco, tanto por instituições privadas como pelos órgãos públicos.

## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar os setores com níveis favoráveis ou níveis de restrição para a construção de obras lineares enterradas na área que se encontra entre as latitudes 22°30'S e 23°00'S e entre as longitudes 44°30'W e 45°15'W. Mais especificamente, visa:

- Definir zonas homólogas (ZHs) e suas propriedades físicas;
- Caracterizar o meio físico e definir unidades geoambientais (UGs);
- Elaborar um mapa de setores de viabilidade para o traçado de obras lineares enterradas.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA**

Segundo Vedovello (2000), uma compartimentação fisiográfica, em linhas gerais, consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das áreas adjacentes. Tal

compartimentação pode ser efetuada em diferentes escalas, sendo comum a determinação de “classes” de unidades fisiográficas que englobam outras (em escalas maiores) ou por outras são englobadas (em escalas menores).

De acordo com Vedovello (2000), a classificação hierárquica entre classes de unidades, quando determinada por uma relação natural específica (de natureza genética, por exemplo), é referida como taxonomia. Quando essa classificação é determinada apenas em função da escala da finalidade trata-se apenas como hierarquia.

Em relação à compartimentação, propriamente dita, observa-se que ela é efetuada através da análise dos elementos componentes do meio físico, que podem ser de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, vegetacional, e outras, e da identificação de aspectos locais desses elementos, ou seja, das suas formas de ocorrência, como por exemplo: granito ou gnaiss; morrotes ou colinas; florestas ou cerrados. (VEDOVELLO, 2000).

Os produtos de sensoriamento remoto apresentam grande potencial para a realização de compartimentações fisiográficas, uma vez que constituem “objetos” concretos, que refletem a organização espacial do meio físico, sobre os quais é possível se traçar limites. A utilização do sensoriamento remoto para este fim tem se dado normalmente através da identificação de formas da paisagem, em geral do relevo, previamente conhecidas e reconhecidas na imagem pelo fotointérprete (VEDOVELLO, 2000).

A importância do uso da tecnologia do sensoriamento remoto pode ser observada diante das características dos produtos dos sensores remotos, particularmente as imagens de satélite, tais como os caracteres multitemporal, multiespectral, multiespacial e sinóptico de seus dados. Essas características possibilitam a obtenção de uma grande variedade e quantidade de informações sobre os alvos imageados, com minimização de custos e de tempo dos trabalhos de investigação. Possibilitam, também, o monitoramento constante das transformações ambientais. Além disso, os produtos de sensoriamento remoto refletem, através de suas texturas de imagem, interações dos diversos elementos ambientais, o que favorece a análise integrada desses elementos (VEDOVELLO, 2000).

O princípio utilizado para a compartimentação fisiográfica de terrenos, a partir da interpretação sistemática de produtos de sensoriamento remoto, baseia-se na consideração a seguir:

Os elementos fisiográficos se comportam de maneira diferente de área para área em função de variações nos fatores (clima, tectônica, e outros) que regem a sua evolução. Isso faz com que esses elementos apresentem-se sob formas particulares em cada região, determinando assim diferentes cenários. Esses cenários específicos refletem na imagem de satélite texturas também específicas e que são resultados da organização espacial dos

diferentes tipos dos elementos da paisagem. Assim, acontece a identificação de diferentes áreas do meio físico, onde ocorre uma associação dos elementos componentes desse meio (VEDOVELLO, 2000).

Em relação à caracterização de zonas homólogas, destaca-se que são melhor definidas através das propriedades das formas texturais em imagens de satélite, apresentadas na Tabela 1.

<b>Propriedade Textural</b>	<b>Caracterização</b>
<b>Tipo de elemento de textura</b>	Define qual espécie de elemento textural está sendo analisado, se de relevo ou de drenagem ou tonal.
<b>Densidade de textura</b>	Refere-se a quantidade de elementos texturais (de um mesmo tipo) por unidade de área da imagem. Apesar de refletir uma propriedade quantitativa, a densidade textural normalmente é descrita em termos qualitativos e comparativos tais como alta, moderada, baixa, e outras.
<b>Arranjo estrutural</b>	Refere-se a maneira (ordenada ou não) como os elementos texturais se dispõem espacialmente. Assim a análise desta propriedade permite classificar o modo de ocorrência dos elementos texturais segundo padrões que reflitam a disposição espacial desses elementos na imagem. Como exemplo, uma determinada forma ocasionada por elementos de drenagem pode refletir um padrão retangular ou dendrítico ou anelar, e outros.
<b>Grau de estruturação</b>	Refere-se a maior ou menor evidência ou definição da organização espacial dos elementos texturais (em função do seu arranjo textural). Esta propriedade pode ser qualificada em classes tais como alto, médio, baixo, e outros, ou ainda, mal definido, bem definido, e outros.
<b>Ordem de estruturação</b>	Refere-se a complexidade de organização dos elementos texturais. Assim, sua classificação é dada em função da ocorrência (ou não) de uma ou mais estruturas sobrepostas, podendo ser de: ordem um (se ocorre apenas um tipo de estrutura), ordem dois (se ocorrem dois tipos superimpostos), e assim por diante.

Tabela 1 - Caracterização das propriedades das formas texturais em imagens de satélite, segundo (VEDOVELLO, 2000).

O presente trabalho também irá abordar a compartimentação do meio físico através de unidades geoambientais, as quais são usadas no mapeamento geoambiental.

O mapeamento geoambiental contempla a avaliação e caracterização de fatores físicos do meio. Tem como meta o fornecimento de informações do meio físico para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional, compatível com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais. Este mapeamento pode fornecer importantes subsídios para a definição de prioridades em obras de engenharia (OHARA, 1995).

As unidades geoambientais (UGs) são individualizadas com base na textura de imagem e, posteriormente é realizada uma equivalência com suas propriedades e fatores

físicos. As propriedades e fatores físicos são escolhidos previamente em função da necessidade de compartimentação. Os limites entre as unidades geoambientais podem ser por contatos entre litologias, por variação na cobertura de alteração intempérica (CAI), por estruturas geológicas ou por mudança na intensidade dos processos do meio físico (erosão, alteração, sedimentação) atuantes na área (CAETANO, 2006).

Para Crisóstomo (2003), as unidades geoambientais representam os elementos componentes do meio físico. São constituídas, principalmente, pelas litologias predominantes, associadas com informações de relevo e solos, de acordo com a literatura presente.

Para a caracterização de unidades geoambientais é necessária a interpretação das seguintes propriedades do meio físico: resistência à erosão; permeabilidade; plasticidade / ruptibilidade; tropia e assimetria.

Os conceitos de fotointerpretação, que estão descritos abaixo, foram baseados nos seguintes autores: Soares & Fiori (1976); Veneziani (1980); Rivereau (1969) e Mattos (1995).

A resistência à erosão, ou alterabilidade, dos maciços relaciona-se com a susceptibilidade do mesmo se alterar química e fisicamente sob a ação dos agentes intempéricos (clima, organismos, entre outros). Como o instrumento de análise é a imagem do objeto, obtida por sensores remotos orbitais, o que se observa não é a dinâmica, mas o resultado do processo de alteração ocorrido.

A propriedade permeabilidade relaciona-se à capacidade de infiltração das águas precipitadas no terreno. A permeabilidade deve-se principalmente à porosidade primária (intergranular) em materiais sedimentares e à porosidade secundária (fraturas), em materiais cristalinos (metamórficos ou ígneos).

A plasticidade X ruptibilidade do maciço relaciona-se com o módulo elástico ( $\epsilon$ ) dos materiais constituintes. Materiais rígidos expostos a esforços tendem a se romper, já materiais plásticos tendem a se deformar antes de se romper. Para a caracterização da plasticidade / ruptibilidade de uma unidade geoambiental deve-se observar o fraturamento da área, em termos de traços de juntas, ou seja, a densidade de traços de juntas.

Quanto maior a densidade de traços de juntas, mais fraturado e, portanto mais rúptil é o comportamento do material. Há casos em que inexistem traços de juntas na área observada, neste caso deve-se classificá-la como “não fraturada”, essa área caracteriza-se por um comportamento dúctil.

A propriedade tropia relaciona-se com a orientação ou não das formas de relevo e drenagem. Materiais ígneos são isotrópicos, portanto não apresentam orientação das formas de relevo e drenagem. Já materiais metamórficos são anisotrópicos devido a sua foliação, gnaissificação ou xistosidade, e apresentam drenagem e relevo alinhados. As rochas

sedimentares apresentam tropia quando fraturadas. A anisotropia das formas pode também ser resultado de intenso fraturamento.

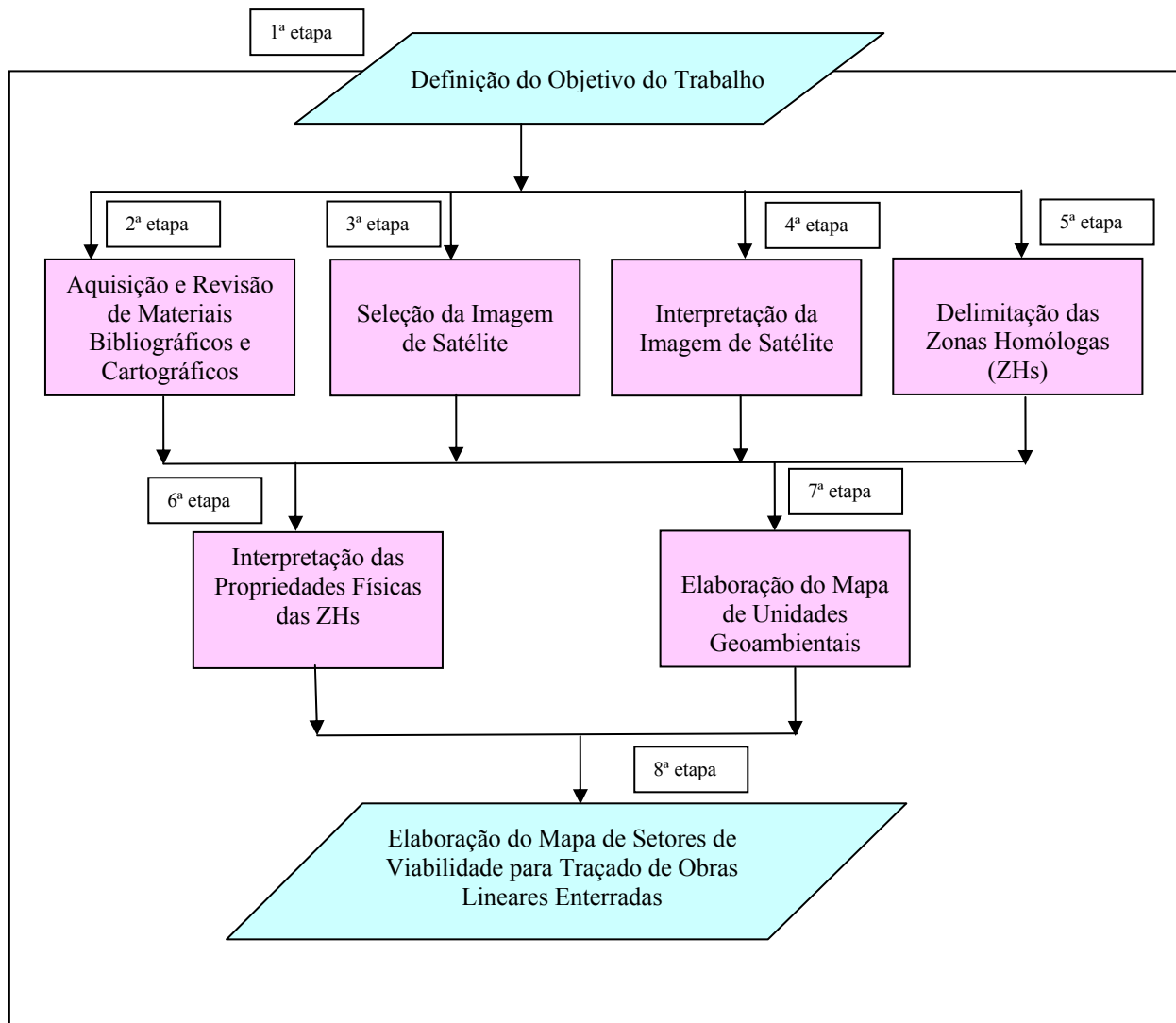
A assimetria de relevo, observada em uma imagem, é o resultado da disposição espacial dos corpos em superfície, podendo variar desde simétrico até assimétrico, em função do grau de deformação que o corpo sofreu.

A identificação de assimetria não se baseia somente na declividade das encostas, já que a percepção da declividade é precária em imagens de satélite, mas também no comprimento das vertentes. Vertentes de igual comprimento denotam relevos simétricos, do mesmo modo, quanto maior a diferença entre os comprimentos das vertentes mais assimétrico é o relevo .

Atualmente dispomos de diversos estudos com objetivo de obter o melhor traçado para obras lineares, como Franzoni (2000) e Caetano (2002), que a partir da utilização de sensores remotos e geoprocessamento, analisam diversos aspectos do meio físico para determinar o melhor traçado e manutenção de redes viárias em Florianópolis (SC) e Vale do Paraíba (SP), respectivamente.

#### 4. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

As etapas deste trabalho estão apresentadas no Fluxograma da Figura 2, e a metodologia para cada etapa está descrita a seguir:



**Figura 2 - Fluxograma das Etapas de Trabalho**

##### ➤ 1ª etapa → Definição do objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é caracterizar o meio físico em relação a sua fragilidade e a sua capacidade de suporte, através das propriedades geológicas e geomorfológicas presentes na área de estudo, preocupando-se fundamentalmente com um planejamento ambiental sustentável para a construção e manutenção de obras lineares enterradas.



➤ **2ª etapa → Aquisição e revisão de materiais bibliográficos e cartográficos**

Essa etapa norteou a pesquisa e foi revisada sempre que necessário. Na pesquisa bibliográfica foram utilizadas teses, livros e outras publicações.

Foram utilizadas, para a definição da área de estudo, as seguintes cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000: Lorena; Guaratinguetá; Cruzeiro; Campos de Cunha; São José do Barreiro e Rio Mambucaba.

➤ **3ª etapa → Seleção da imagem de satélite**

A presente pesquisa utilizou produtos do sistema TM-Landsat. A opção por produtos desse sistema se deve ao fato de que, o conjunto de suas características (temporais, espectrais, espaciais e sinóptica) apresenta boas condições para as interpretações previstas. Além disso, atualmente, os produtos do TM-Landsat apresentam maior acervo de imagens já disponíveis e maiores facilidades de aquisição, em relação aos outros produtos (imagens de radar, imagens SPOT, fotografias aéreas), para as áreas estudadas.

A imagem de satélite utilizada foi a TM/Landsat 7 na escala 1:100.000, com composição colorida (banda 3 vermelho, banda 4 verde e banda 5 azul) impressa em papel fotográfico. A cena utilizada foi imageada no ano de 1998, apresenta órbita/ponto 216/76S.

➤ **4ª etapa → Interpretação da imagem de satélite**

Para extrair dados da imagem de satélite analisou-se os elementos texturais da imagem (estes elementos são definidos como a menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem e passível de repetição).

➤ **5ª etapa → Delimitação das zonas homólogas (ZHs)**

Nesta etapa o procedimento metodológico constituiu-se da fase de Fotoanálise onde caracterizou-se na imagem as diversas formas de arranjo de relevo e drenagem, para definição das diferentes Zonas Homólogas (são zonas de repartição dos elementos texturais onde se repetem e possuem a mesma estrutura).

Para diferenciar Zonas Homólogas (ZHs) na imagem de satélite utilizou-se principalmente a textura da imagem. Para classificar as Zonas a partir dos elementos texturais criou-se níveis distintos de densidade de textura, que foram:

- **muito alta densidade textural (maD):** ocorre na situação em que se presencie na Zona Homóloga 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 Zona Homóloga 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 Zona Homóloga 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 Zona Homóloga um número de repetições de elementos texturais pequeno, sendo a superfície do elemento grande (tamanho);
- **densidade textural nula (nD):** ocorre na situação em que não se presencie na Zona Homóloga um número de repetições de elementos texturais, sendo a superfície do elemento muito grande (tamanho).

#### ➤ 6ª etapa → Interpretação das propriedades físicas das ZHs

Para a interpretação das propriedades físicas das ZHs utilizou-se a Fotointerpretação, onde analisou-se nas ZHs o seu significado em relação às propriedades, caracterizando-se o meio físico. As propriedades físicas analisadas neste trabalho foram: resistência à erosão; permeabilidade; plasticidade X ruptibilidade; tropia e assimetria de relevo.

Resistência à erosão: para classificar na imagem de satélite se um determinado material é resistente ou não a erosão observou-se a densidade textural da imagem. Quanto maior a densidade textural maior será a resistência à erosão, pois as formas mais resistentes apresentam maior densidade de relevo, conforme as categorias abaixo:

- **alta resistência (aR) →** apresenta como características uma velocidade de intemperismo (capacidade de erodir material) baixa e uma forma de encosta côncava alongada.
- **moderada resistência (mR) →** apresenta como características uma velocidade de intemperismo (capacidade de erodir material) menor do que a velocidade de remoção (capacidade de transportar material), ou seja, maior remoção que o volume intemperizado e uma forma de encosta côncava.
- **baixa resistência (bR) →** apresenta como características uma velocidade de intemperismo (capacidade de erodir material) igual a da velocidade de remoção (capacidade de transportar material), 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).

- **resistência nula (nR)** → apresenta como características uma velocidade de intemperismo (capacidade de erodir material) maior do que a velocidade de remoção (capacidade de transportar material), ou seja, uma demanda maior de material que sofreu processos de intemperismo 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.

Permeabilidade: para classificar na imagem de satélite se um determinado material é permeável ou não observou-se a densidade textural da imagem. Quanto maior a densidade textural menor será a permeabilidade, conforme as categorias abaixo:

- **permeável (P)** → apresenta como característica ser uma área plana com muita facilidade para penetração de água, tendo assim, uma grande perda na sua resistência;
- **moderadamente permeável (mP)** → apresenta como característica ser uma área com uma pequena declividade tendo facilidade para penetração de água, tendo assim, uma perda na sua resistência.
- **pouco permeável (pP)** → apresenta como característica ser uma área com uma média declividade tendo restrições para penetração de água, tendo assim, uma pequena perda na sua resistência.
- **não permeável (nP)** → apresenta como característica ser uma área com alta declividade impedindo a penetração de água, não tendo assim, perda na sua resistência.

Plasticidade X Ruptibilidade: A plasticidade (capacidade que o material tem de se deformar) é o inverso da ruptibilidade. Quanto maior a densidade textural maior será a ruptibilidade, conforme as categorias abaixo:

- **fraturado (F)** → 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);
- **moderadamente fraturado (mF)** → 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 fraturado (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 fraturado (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, neste caso não foi encontrado mais de um elemento textural dentro da Zona Homóloga.

Tropia: A Tropia é a propriedade dos elementos se desenvolverem segundo uma direção preferencial (unidirecional, bi, tri ou isotrópica) A sua ocorrência na imagem depende de quantas direções se desenvolve o seu relevo, conforme as categorias abaixo:

- **orientada (O)** → apresenta como característica apenas uma orientação espacial das formas de relevo e drenagem. O relevo desenvolve-se em apenas uma direção.
- **moderadamente orientada (mO)** → apresenta como característica apenas duas orientações espaciais das formas de relevo e drenagem. O relevo desenvolve-se em duas direções.
- **pouco orientada (pO)** → apresenta como característica três orientações espaciais das formas de relevo e drenagem. O relevo desenvolve-se em três direções.
- **não orientada (nO)** → apresenta como característica muitas orientações espaciais das formas de relevo e drenagem. O relevo desenvolve-se em muitas direções, neste caso a propriedade é isotrópica.

Assimetria de Relevo: A identificação de assimetria na imagem se baseia no comprimento das vertentes. Vertentes de igual comprimento denotam relevos simétricos, do mesmo modo, quanto maior a diferença entre os comprimentos das vertentes mais assimétrico é o relevo, conforme as categorias abaixo:

- **fortemente assimétrico (fA)** → apresenta como característica um grande contraste entre as duas faces de um elemento textural (relevo). A sua ocorrência na imagem depende de uma das faces estar na posição horizontal e a outra em uma posição fortemente inclinada;
- **assimétrico (A)** → apresenta como característica uma diferença entre as duas faces de um elemento textural (relevo) em termos da densidade de textura. A sua ocorrência na

imagem depende das duas faces estarem em uma posição com declives elevados, porém diferentes em termos de densidade de textura ou uma face não ser semelhante a outra;

- **moderadamente assimétrico (mA)** → apresenta como característica uma moderada diferença entre as duas faces de um elemento textural (relevo) em termos da densidade de textura. A sua ocorrência na imagem depende das duas faces estarem em uma posição com declives médios, porém diferentes em termos de densidade de textura ou uma face não ser semelhante a outra;
- **simétrico (S)** → apresenta como característica uma perfeita semelhança entre as duas faces de um elemento textural (relevo) em termos da densidade de textura e declividade. A sua ocorrência na imagem depende destes dois fatores mencionados acima.

#### ➤ 7ª etapa → **Elaboração do mapa de unidades geoambientais**

Foi realizada uma equivalência entre as zonas homólogas por simetria e ordem. As zonas homólogas que possuem todas as propriedades em comum foram agrupadas em uma mesma unidade geoambiental.

A textura foi a primeira propriedade a ser classificada, pois foi ela que permitiu definir os limites das Zonas Homólogas. Pela textura classificou-se para cada Zona o grau de densidade textural, conforme explicado anteriormente (5ª etapa).

Após a classificação da textura foi possível avaliar, definir e representar no mapa à partir das teorias mencionadas anteriormente (6ª etapa) as outras propriedades, que foram: resistência à erosão, permeabilidade, plasticidade x ruptibilidade, tropia e assimetria de relevo.

Com a classificação enumerou-se as Zonas Homólogas do mapa Z.H.s, para a construção da Tabela 3 (que será apresentada na discussão dos resultados), mostrando assim, a definição das suas Zonas e tendo as suas respectivas propriedades avaliadas e classificadas em categorias. Feito isso foram agrupadas as Z.H.s, que possuem todas as propriedades iguais, em Unidades Geoambientais (U.G.s), apresentadas na Tabela 4 e elaborado o mapa de U.G.s., apresentado no anexo 2.

➤ **8ª etapa → Elaboração do mapa de setores de viabilidade para traçado de obras lineares enterradas**

Esta etapa constituiu-se da definição dos setores com níveis favoráveis ou níveis de restrição para a construção de obras lineares enterradas. Foi realizada baseada nas etapas anteriores e através de softwares de sistemas de processamento de imagens SIGs.

O Mapa de Setores de viabilidade para traçado de Obras Lineares Enterradas (anexo 3) apresenta os setores com níveis favoráveis ou de restrições para a construção e manutenção de obras lineares enterradas.

Na área estudada definiu-se 4 (quatro) setores diferenciados segundo suas potencialidades e restrições. Para classificar a viabilidade de cada setor criou-se as seguintes categorias associadas a cores:

- cor vermelha: representa um setor com altas restrições para a construção e manutenção de obras lineares enterradas (haverá altos gastos com infra-estrutura para suprir deficiências do meio físico destacadas nas categorias apresentadas por uma determinada classe que se enquadre a esta cor);
- cor laranja: representa um setor com restrições para a construção e manutenção de obras lineares enterradas (haverá gastos com infra-estrutura para suprir deficiências do meio físico destacadas nas categorias apresentadas por uma determinada classe que se enquadre a esta cor);
- cor amarela: representa um setor com poucas restrições para a construção e manutenção de obras lineares enterradas (haverá poucos gastos com infra-estrutura para suprir deficiências do meio físico destacadas nas categorias apresentadas por uma determinada classe que se enquadre a esta cor);
- cor verde: representa um setor favorável para a construção e manutenção de obras lineares enterradas (não havendo a necessidade de gastos em infra-estrutura para suprir deficiências do meio físico destacadas nas categorias apresentadas por uma determinada classe que se enquadre a esta cor).

Para a facilidade da definição e individualização dos Setores desenvolveu-se um modelo apresentado na Tabela 2.

Propriedade Resistência à erosão	Propriedade Permeabilidade	Propriedade Plasticidade X Ruptibilidade	Propriedade Tropa	Propriedade Assimetria de Relevo
aR	P	F	O	fA

<b>mR</b>	<b>mP</b>	<b>mF</b>	<b>mO</b>	<b>A</b>
<b>bR</b>	<b>pP</b>	<b>pF</b>	<b>pO</b>	<b>mA</b>
<b>nR</b>	<b>nP</b>	<b>nF</b>	<b>nO</b>	<b>S</b>

Tabela 2 – Modelo para a definição dos setores de viabilidade.

As propriedades com a cor vermelha indicam alta restrição para a construção e manutenção de obras lineares enterradas. As propriedades com a cor laranja indicam restrição para a construção e manutenção de obras lineares enterradas. As propriedades com a cor amarela indicam pouca restrição para a construção e manutenção de obras lineares enterradas. As propriedades com a cor verde indicam a ausência de restrição para a construção e manutenção de obras lineares enterradas.

Foi realizado um cruzamento entre as propriedades de cada Zona Homóloga para a classificação de viabilidade de cada uma delas, a metodologia adotada foi a seguinte:

- presença de três ou mais cores vermelhas em uma mesma Z.H. → classificada na categoria vermelha;
- presença de três ou mais cores laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria laranja;
- presença de três ou mais cores amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria amarela;
- presença de três ou mais cores verde em uma mesma Z.H. → classificada na categoria verde;
- presença de duas cores vermelha, duas cores verde e uma cor amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria amarela;
- presença de duas cores vermelha, duas cores verde e uma cor laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria laranja;
- presença de duas cores vermelha, duas cores amarela e uma cor verde em uma mesma Z.H. → classificada na categoria amarela;
- presença de duas cores vermelha, duas cores amarela e uma cor laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria vermelha;
- presença de duas cores vermelhas, duas cores laranja e uma cor verde em uma mesma Z.H. → classificada na categoria vermelha;
- presença de duas cores vermelha, duas cores laranja e uma cor amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria vermelha;
- presença de duas cores vermelha, uma cor laranja e uma cor verde e uma cor amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria vermelha;

- presença de uma cor vermelha, duas cores verde e duas cores amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria amarela;
- presença de uma cor vermelha, duas cores verde e duas cores laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria laranja;
- presença de uma cor vermelha, duas cores verde, uma cor amarela e uma cor laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria verde;
- presença de uma cor vermelha, duas cores amarela e duas cores laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria laranja;
- presença de uma cor vermelha, duas cores amarela, uma cor verde e uma cor laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria amarela;
- presença de uma cor vermelha, duas cores laranja, uma cor amarela e uma cor verde em uma mesma Z.H. → classificada na categoria laranja;
- presença de uma cor amarela, duas cores verde e duas cores laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria verde;
- presença de uma cor verde, duas cores amarela e duas cores laranja em uma mesma Z.H. → classificada na categoria verde;
- presença de uma cor laranja, duas cores verde e duas cores amarela em uma mesma Z.H. → classificada na categoria verde e

## 5. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis de densidade de textura descritos na 5ª etapa da Metodologia do presente relatório.

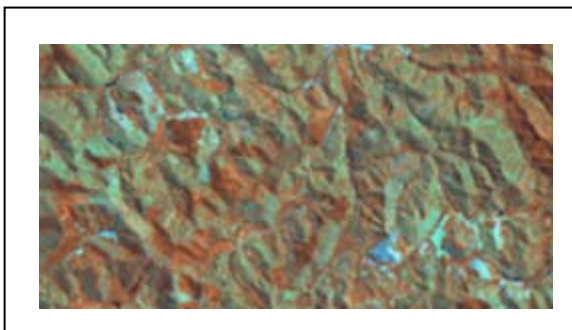


Figura 3 – Categoria muito alta densidade textural

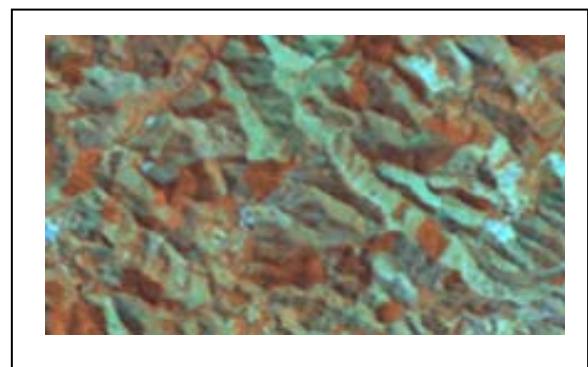


Figura 4 – Categoria alta densidade textural



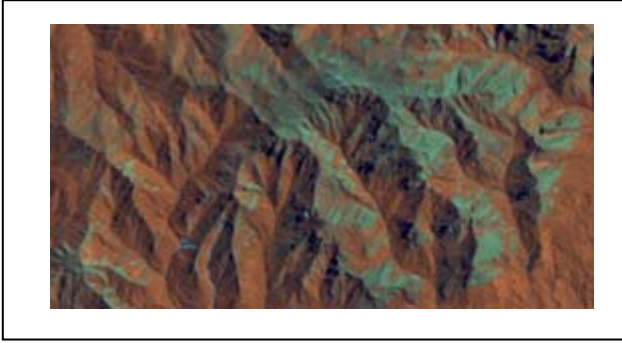


Figura 5 - Categoria moderada densidade textural

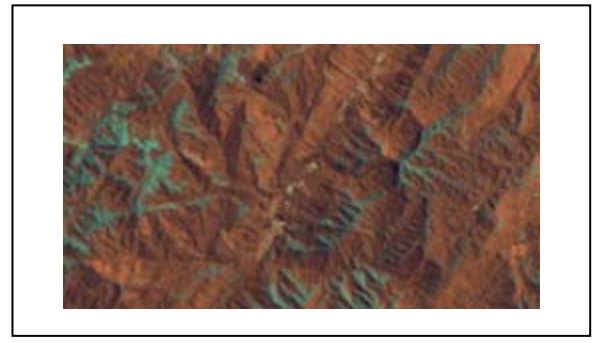


Figura 6 – Categoria baixa densidade textural

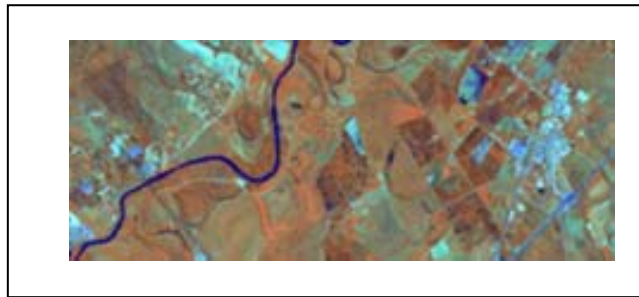


Figura 7 – Categoria nula densidade textural

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis da propriedade resistência à erosão descritos na 6ª etapa da Metodologia do presente relatório.

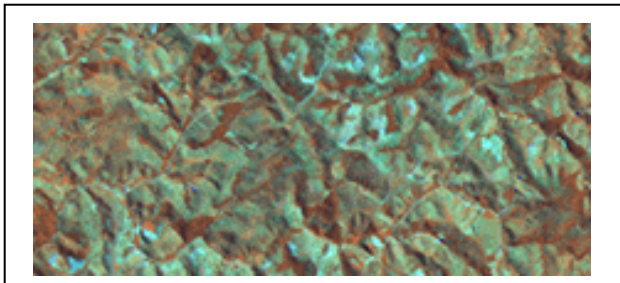


Figura 8 – Categoria alta resistência

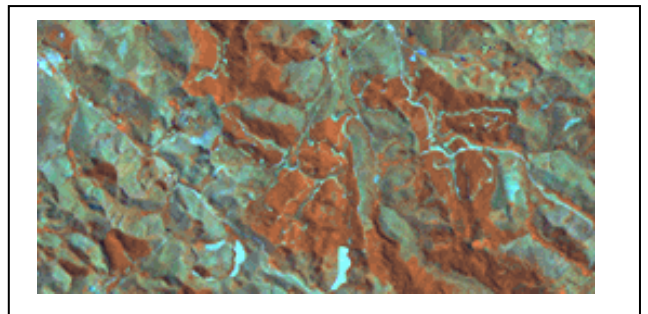


Figura 9 – Categoria moderada resistência

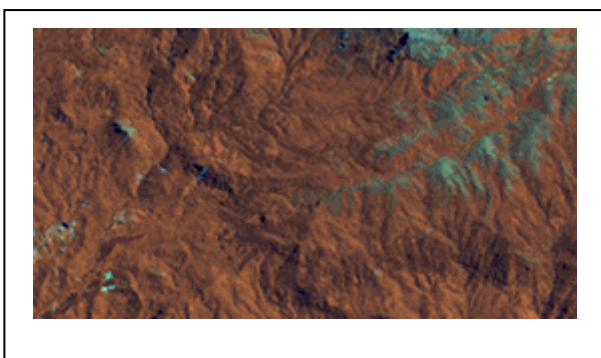


Figura 10 – Categoria baixa resistência



Figura 11 – Categoria resistência nula

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis da propriedade permeabilidade descritos na 6ª etapa da Metodologia do presente relatório.

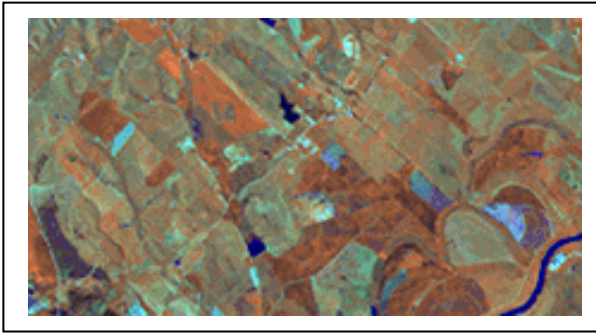


Figura 12 – Categoria permeável

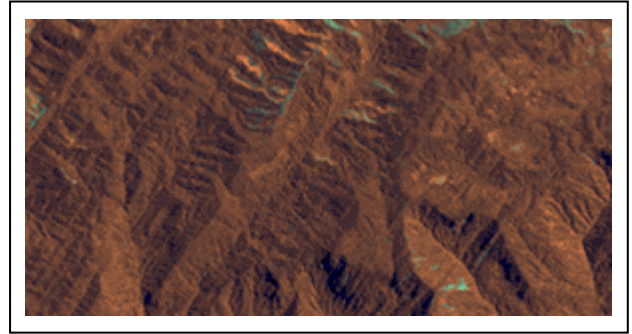


Figura 13 – Categoria moderadamente permeável

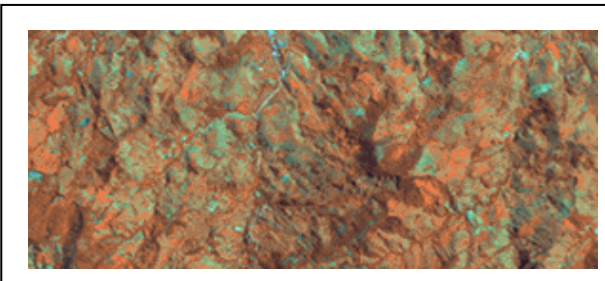


Figura 14 – Categoria pouco permeável

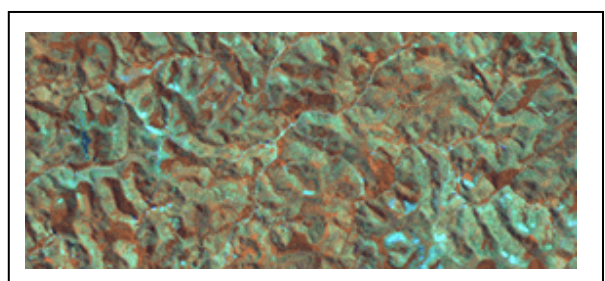


Figura 15 – Categoria não permeável

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis da propriedade plasticidade X ruptibilidade descritos na 6ª etapa da Metodologia do presente relatório.

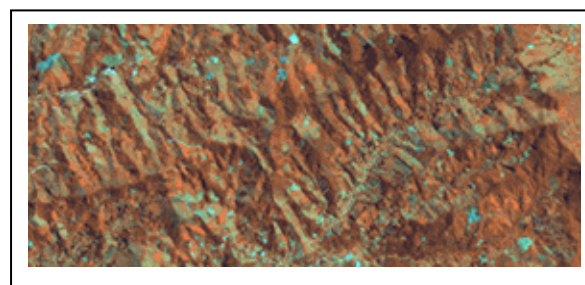


Figura 16 – Categoria fraturado

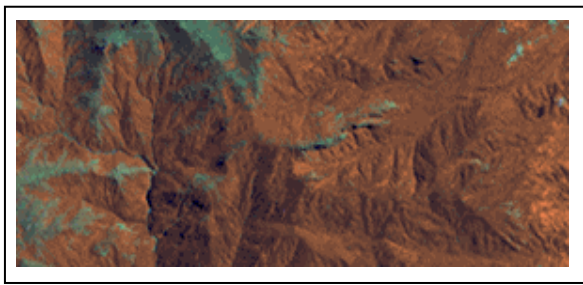


Figura 17 – Categoria moderadamente fraturado



Figura 18 – Categoria pouco fraturado

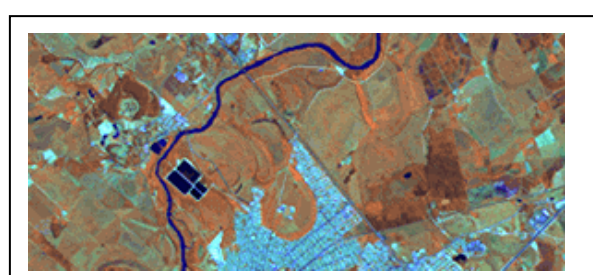


Figura 19 – Categoria não fraturado

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis da propriedade tropia descritos na 6ª etapa da Metodologia do presente relatório.

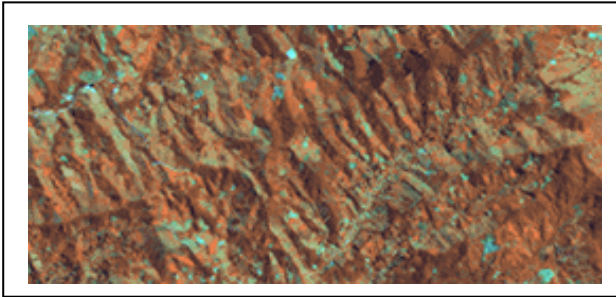


Figura 20 – Categoria orientada

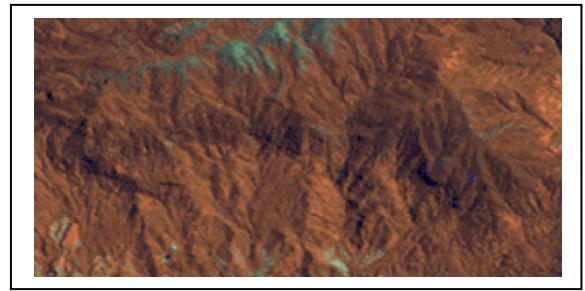


Figura 21 – Categoria moderadamente orientada

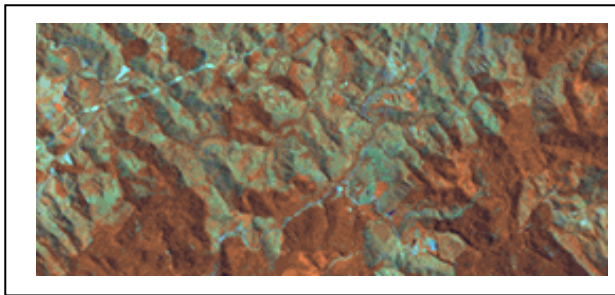


Figura 22 – Categoria pouco orientada

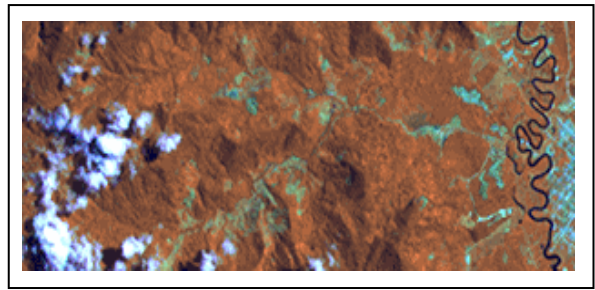


Figura 23 – Categoria não orientada

As figuras aqui apresentadas foram obtidas a partir de interpretações da imagem de satélite da área estudada e representam os níveis da propriedade assimetria de relevo descritos na 6ª etapa da Metodologia do presente relatório.

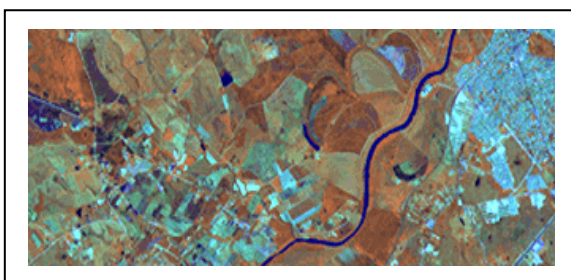


Figura 24 – Categoria fortemente assimétrico

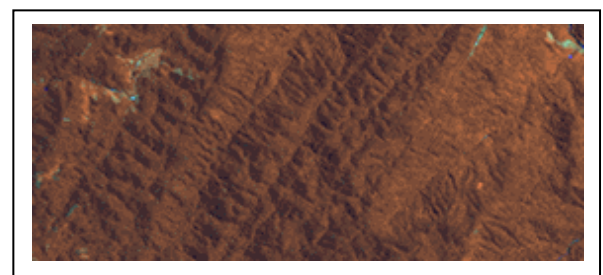


Figura 25 – Categoria assimétrico

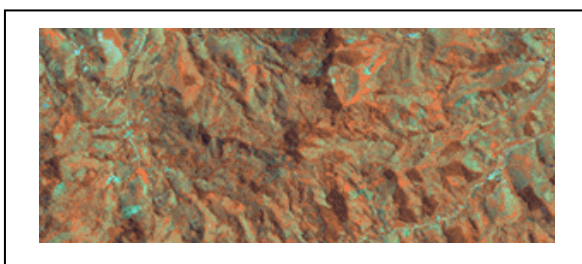


Figura 26 – Categoria moderadamente assimétrico

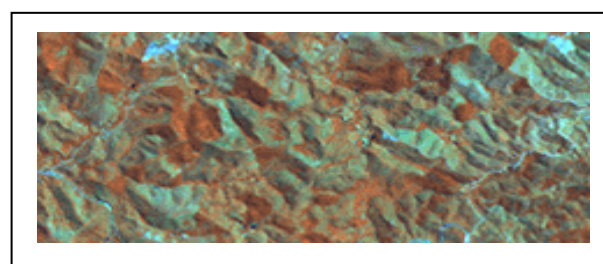


Figura 27 – Categoria simétrico

## 6. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

### 6.1. Geologia e Geomorfologia

A área estudada está situada no contato entre as Províncias Estruturais Mantiqueira e Costeira, mais precisamente no contexto geológico do Gráben do Paraíba e abrangendo as áreas marginais, englobando o Médio Vale do Paraíba (porção central da área), o Planalto da Bocaina (porção SE da área), a Serra do Mar (porção S-SW da área) e a Serra da Mantiqueira (porção N-NW da área).

A formação das estruturas presentes na área está diretamente ligada à abertura do oceano Atlântico, iniciada no Paleoceno e a evolução da Serra do Mar, no Mesozóico (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998).

Segundo Almeida (1964), o Médio Vale do Paraíba é uma depressão alongada, apresentando relevo de colinas e baixos morros que separam os planaltos do Paraitinga e da Bocaina, das elevadas escarpas da Serra da Mantiqueira.

Litologicamente o Vale do Paraíba é composto pelas rochas do Complexo Paraíba do Sul (predominantemente gnaisses e migmatitos) e pelas seqüências sedimentares fluvio-lacustres da Bacia do Taubaté (ALMEIDA, 1964).

Geomorfologicamente, duas subzonas, de estrutura e relevo diversos, deixam-se naturalmente distinguir no vale, que são a dos Morros Cristalinos e a Bacia de Taubaté.

A subzona dos Morros Cristalinos compreende um relevo de morros e serras que separa a bacia de Taubaté da borda norte do Planalto do Paraitinga ou ainda constitui soleira no vale, entre as serras da Bocaina e da Mantiqueira. A Bacia de Taubaté é uma área tectonicamente deprimida que recebeu, possivelmente no Paleoceno, sedimentação fluvio-lacustre. As altitudes dos Morros Cristalinos atingem 1000 m e ainda mais na serra do Quebra-Cangalho, enquanto que o relevo suavizado da Bacia de Taubaté não ultrapassa cerca de 700 m (ALMEIDA, 1964).

A subzona dos Morros Cristalinos tem estrutura predominantemente gnáissica, mas ocorrem micaxistos em área apreciável a SE de Taubaté, e em menores áreas isoladas. Granitos têm participação efetiva na estrutura da subzona, sobretudo à borda sul da bacia sedimentar, onde sustentam os elevados morros prolongados pela via presidente Dutra entre Roseira e Guaratinguetá (IPT, 1981).

De reduzido significado geomorfológico são as ocorrências de mármore dos municípios de Cruzeiro e Lavrinhas. Vários diques de diabásio atravessam os gnaisses, paralelamente às suas direções, mas sem formarem ressaltos topográficos significativos (ALMEIDA, 1964).

Os sedimentos que preenchem a Bacia de Taubaté são quase inteiramente detríticos, dispostos em camadas horizontais ou pouco deformados por falhamentos.

Os Morros Cristalinos sem serem tão elevados, pois raramente se erguem a mais de 200 m sobre o soalho dos vales, também constituem paisagens de “mar de morros”, em que grande quantidade de morros de modesta altura, com perfis muito suavizados, se espalham num labirinto de rios e córregos cujos traçados são muito influenciados pela estrutura (ALMEIDA, 1964).

Após atravessar a Bacia de Taubaté, o rio Paraíba penetra na subzona dos Morros Cristalinos, investindo na soleira gnáissica de Cachoeira Paulista. O relevo extremamente recortado em morros e garupas alongadas ergue-se de 700 a 800 m, crescendo em altura para as escarpas do Planalto da Bocaina (IPT, 1981).

De acordo com Almeida (1964), a Bacia de Taubaté apresenta relevo de baixas chapadas e amplas colinas de perfis pouco inclinados, suavemente convexos, num conjunto topográfico geralmente harmonioso, o que se deve ao caráter pouco consistente dos sedimentos.

A drenagem da Bacia de Taubaté tem predominantemente caráter insequente, nada parecendo refletir das deformações das camadas, o que é atribuível à natureza pouco constante destas (ALMEIDA, 1964).

O Planalto da Bocaina é um elevado planalto cristalino montanhoso, com mil quilômetros quadrados, que no extremo oriental do Estado, separa a Serra do Mar, do Médio Vale do Paraíba. O planalto é composto quase que inteiramente por gnaisses, com direções estruturais orientadas a NE, exibindo sempre camadas de fortes mergulhos (ALMEIDA, 1964).

De acordo com Almeida (1964), a Bocaina não é uma simples serra divisora das águas tributárias do médio rio Paraíba, das que vertem diretamente para o mar, porém um verdadeiro planalto, elevado mais de 900 m acima do rio Paraíba. Sua maior área possivelmente se acha acima de 1200 m de altitude, seus principais interflúvios erguendo-se de 1700 m a 2000 m sobre o mar, para culminarem no mais alto deles, nos 2085 m do pico Tira Chapéu.

Segundo Almeida (1964), os acentuados lineamentos orientados a NE, portanto oblíquos relativamente às bordas do planalto voltadas para o mar e o médio rio Paraíba, e a heterogeneidade litológica, propiciaram à drenagem facilidades para realizarem profundas penetrações no planalto, tendo-o feito sobre tudo a vigorosa drenagem tributária direta do oceano, por meio da bacia do rio Mambucaba, que drena a maior parte da Bocaina. Estabeleceu-se uma drenagem em treliça, com os coletores subseqüentes orientados a NE,

buscando o mar ou o rio Paraíba, escoando em vales embutidos no planalto para se lançarem precipitadamente em fundas gargantas às suas bordas serranas, às vezes orientadas por grandes fraturas, como se observam no vale do rio Mambucaba.

O relevo do Planalto da Bocaina, segundo Almeida (1964), mostra-se como campos ondulados, muito retalhados pelo ravinamento, com amplitudes locais alcançando de 200 a 300 metros. Separam-se nos espigões destacados, dirigidos a NE. É, portanto, um relevo bem movimentado, embora por toda parte suavizado em suas formas. Dada a expansão da bacia do Rio Mambucaba pelo interior do planalto, as maiores elevações deste se acham em sua periferia, nos confins daquela bacia.

O trecho do Planalto da Bocaina a sul de Areias – São José do Barreiro tem altitudes de 1600 a 2000 m nos espigões graníticos, enquanto que os vales são muito profundos em migmatitos, conferindo à drenagem um padrão longitudinal a pinulado, compondo Serras Alongadas, características da bacia do Rio Mambucaba (IPT, 1981).

A serra do Quebra-Cangalha deve ser considerada como o prolongamento ocidental do Planalto da Bocaina, sustentado por gnaisses graníticos, avança pelo divisor de águas dos rios Paraitinga e Paraíba, a sul de Silveiras. Toda a borda ocidental do planalto é um fronte erosivo muito ativo, que vem recuando sob ação de drenagem do rio Paraitinga, que tem seus mais altos mananciais nas proximidades do pico Tira-Chapéu (IPT, 1981).

As escarpas marginais do planalto da Bocaina são originadas devido à viva erosão fluvial aliada aos processos de evolução das vertentes do clima úmido local, atuando sobre uma seqüência heterogênea de rochas cristalinas (ALMEIDA, 1964).

A Serra do Mar, segundo Almeida e Carneiro (1998), é o conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1000 km de extensão, em que termina o Planalto Atlântico, no trecho voltado para a Bacia de Santos. Ela se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto, desfeita que se acha em cordões de serra paralelas e montanhas isoladas que drenam direto para o mar, sobretudo pela bacia do Rio Itajaí.

Em São Paulo impõe-se como típica borda de planalto, freqüentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1200 m. Na região centro-oriental do Rio de Janeiro apresenta-se como uma montanha constituída por blocos de falhas inclinada para norte-noroeste em direção ao Rio Paraíba do Sul, com vertentes abruptas voltadas para a Baixada Fluminense, a sul (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998).

Litologicamente a Serra do Mar é constituída basicamente por gnaisses, migmatitos, granitos e até rochas ultramáficas e metaultramáficas (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998).

A Serra da Mantiqueira em São Paulo é a zona do Planalto Atlântico que corresponde ao conjunto de elevadas escarpas, de acordo com IPT (1981), e morros mais ou menos isolados, em que o planalto sul-mineiro termina diante do vale do rio Paraíba. Os desníveis, compreendidos de 1500 a 2000 m, entre a crista da Mantiqueira e as planícies do vale do Paraíba tornam este relevo o mais abrupto do estado e um dos mais destacados de toda a banda oriental do continente.

Na Serra da Mantiqueira predominam rochas de natureza gnáissica, em sua maioria de origem metassedimentar, pois incluem quartzitos, mármore e mesmo metaconglomerados (ALMEIDA, 1964).

De acordo com Almeida (1964), ao longo de toda a Serra da Mantiqueira têm absoluto domínio às direções vizinhas de 55° NE, dos principais lineamentos, sejam resultantes de orientação das camadas ou de estruturas impostas pelo metamorfismo dinâmico. As estruturas planares inclinam-se quase sempre para o vale do Paraíba, com ângulos superiores a 45°. Disso resulta manifesta assimetria nos perfis das serras e morros testemunhos de erosão, e mesmo de certos detalhes da morfologia das principais escarpas, mostrando-se geralmente mais acentuado os declives que fazem face à grande serra que os voltados para o vale.

## **6.2. Aspectos Climáticos**

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 de estudo, os tipos climáticos predominantes pela classificação de Koeppen (SETZER, 1966) são:

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;

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 são verificados nos pontos mais elevados das serras da Mantiqueira e do Mar.

### 6.3. Solos

Os solos predominantes na área que se encontra entre as latitudes 22°30'S e 23°00'S e entre as longitudes 44°30'W e 45°15'W, são (OLIVEIRA, 1999):

- Argissolos Vermelho-Amarelos;
- Cambissolos Háplicos;
- Cambissolos Húmicos;
- Gleissolos Melânicos;
- Latossolos Amarelos;
- Latossolos Vermelho-Amarelos.

Na área estudada, encontra-se grande variedade de solos, em virtude da diversidade de relevo, vegetação e material de origem.

Na faixa litorânea, de largura variável, compreende-se depósitos arenosos e outros sedimentos de rios bem como de alguns tabuleiros. Nos depósitos arenosos encontram-se os Gleissolos e nas estreitas faixas de tabuleiro situam-se os Latossolos e Argissolos Amarelos (LEPSCH, 2002).

Segundo Lepsch (2002), na área montanhosa o domínio era da Mata Atlântica, hoje em sua maior parte substituída por campos de pastagens. Nos espaços com relevo mamemolar, por vezes referido como “mar de morros” predominam os Argissolos (antes denominados Podzólicos Vermelho-Amarelos) e Latossolos Vermelho-Amarelos, desenvolvidos principalmente em materiais derivados de granitos, gnaisses e xistos. Nas partes serranas, onde os declives são excessivamente fortes, o que impede um bom desenvolvimento de solos, preponderam os Cambissolos diversos. A maior limitação à utilização para a agricultura dos freqüentes Argissolos dessa região deve-se à topografia montanhosa, que dificulta o uso de máquinas e favorece a erosão. Por esse motivo, são mais adequados a culturas perenes, pastagens e reflorestamento.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados provêm de interpretações de imagem de satélite, para avaliar e classificar as principais variáveis envolvidas em um anteprojeto técnico para a definição de melhores áreas para traçado de obras lineares enterradas. Como resultado das



interpretações foi possível a elaboração dos seguintes mapas: Zona Homóloga (anexo 1), Unidades Geoambientais (anexo - 2) e Setores de Viabilidade para traçado de Obras Lineares Enterradas (anexo - 3).

No Mapa de Zonas Homólogas são apresentadas as 133 Z.H.s e as densidades texturais encontradas na área do presente estudo. As Z.H.s foram delimitadas a partir da análise dos elementos texturais da imagem, como explicitado na 5ª etapa da Metodologia.

Após a classificação das propriedades em todas as zonas homólogas, elaborou-se a Tabela 3, que apresenta as Z.H.s e suas características, tendo as suas respectivas propriedades avaliadas.

Z.H.s		Propriedade	Propriedade	Propriedade	Propriedade	Propriedade
	Densidade Textural	Resistência à erosão	Permeabilidade	Plasticidade X Ruptibilidade	Tropia	Assimetria de Relevo
1	mD	mR	mP	mF	nO	mA
2	aD	aR	pP	F	nO	S
3	mD	mR	mP	mF	nO	mA
4	maD	aR	nP	F	nO	S
5	aD	aR	pP	F	mO	S
6	mD	mR	mP	mF	pO	mA
7	aD	aR	pP	F	pO	S
8	aD	aR	pP	F	nO	S
9	mD	mR	mP	mF	pO	mA
10	aD	aR	pP	F	O	S
11	maD	aR	nP	F	O	S
12	aD	aR	pP	F	pO	S
13	mD	mR	mP	mF	pO	mA
14	bD	bR	P	pF	nO	A
15	bD	bR	P	pF	mO	A
16	mD	mR	mP	mF	pO	mA
17	aD	aR	pP	P	nO	S
18	maD	aR	nP	F	O	S
19	aD	aR	pP	F	nO	S
20	mD	mR	mP	mF	nO	mA
21	aD	aR	pP	F	nO	S
22	bD	bR	P	pF	mO	A
23	mD	mR	mP	mF	pO	mA
24	aD	aR	pP	F	O	S
25	bD	bR	P	pF	nO	A

26	mD	mR	mP	mF	mO	mA
27	bD	bR	P	pF	nO	A
28	nD	nR	P	nF	nO	fA
29	mD	mR	mP	mF	pO	mA
30	mD	mR	mP	mF	pO	mA
31	aD	aR	pP	F	mO	S
32	mD	mR	mP	mF	nO	mA
33	aD	aR	pP	F	pO	S
34	maD	aR	nP	F	mO	S
35	mD	mR	mP	mF	nO	mA
36	aD	aR	pP	F	mO	S
37	aD	aR	pP	F	O	S
38	mD	mR	mP	mF	pO	mA
39	maD	aR	nP	F	O	S
40	aD	aR	pP	F	nO	S
41	maD	aR	nP	F	pO	S
42	mD	mR	mP	mF	nO	mA
43	nD	nR	P	nF	nO	fA
44	maD	aR	nP	F	mO	S
45	aD	aR	pP	F	mO	S
46	maD	aR	nP	F	O	S
47	aD	aR	pP	F	O	S
48	maD	aR	nP	F	mO	S
49	aD	aR	pP	F	pO	S
50	maD	aR	nP	F	nO	S
51	aD	aR	pP	F	pO	S
52	maD	aR	nP	F	pO	S
53	aD	aR	pP	F	mO	S
54	mD	mR	mP	mF	O	mA
55	mD	mR	mP	mF	nO	mA
56	aD	aR	pP	F	nO	S
57	bD	bR	P	pF	pO	A
58	mD	mR	mP	mF	mO	mA
59	maD	aR	nP	F	mO	S
60	aD	aR	pP	F	O	S
61	maD	aR	nP	F	mO	S
62	aD	aR	pP	F	pO	S
63	mD	mR	mP	mF	mO	mA
64	bD	bR	P	pF	nO	A
65	aD	aR	pP	F	O	S
66	bD	bR	P	pF	pO	A

67	mD	mR	mP	mF	nO	mA
68	bD	bR	P	pF	nO	A
69	aD	aR	pP	F	pO	S
70	mD	mR	mP	mF	nO	mA
71	bD	bR	P	pF	nO	A
72	mD	mR	mP	mF	nO	mA
73	aD	aR	pP	F	pO	S
74	mD	mR	mP	mF	nO	mA
75	mD	mR	mP	mF	nO	mA
76	aD	aR	pP	F	pO	S
77	nD	nR	P	nF	nO	fA
78	bD	bR	P	pF	nO	A
79	bD	bR	P	pF	nO	A
80	aD	aR	pP	F	pO	S
81	maD	aR	nP	F	O	S
82	aD	aR	pP	F	nO	S
83	maD	aR	nP	F	pO	S
84	aD	aR	pP	F	pO	S
85	aD	aR	pP	F	nO	S
86	maD	aR	nP	F	mO	S
87	mD	mR	mP	mF	nO	mA
88	aD	aR	pP	F	nO	S
89	nD	nR	P	nF	nO	fA
90	bD	bR	P	pF	nO	A
91	mD	mR	mP	mF	nO	mA
92	aD	aR	pP	F	nO	S
93	maD	aR	nP	F	O	S
94	aD	aR	pP	F	pO	S
95	maD	aR	nP	F	mO	S
96	aD	aR	pP	F	pO	S
97	maD	aR	nP	F	nO	S
98	aD	aR	pP	F	pO	S
99	bD	bR	P	pF	pO	A
100	mD	mR	mP	mF	mO	mA
101	bD	bR	P	pF	nO	A
102	mD	mR	mP	mF	nO	mA
103	aD	aR	pP	F	nO	S
104	maD	aR	nP	F	pO	S
105	maD	aR	nP	F	mO	S
106	aD	aR	pP	F	nO	S
107	aD	aR	pP	F	nO	S

108	mD	mR	mP	mF	nO	mA
109	aD	aR	pP	F	mO	S
110	mD	mR	mP	mF	nO	mA
111	aD	aR	pP	F	O	S
112	mD	mR	mP	mF	nO	mA
113	maD	aR	nP	F	mO	S
114	aD	aR	pP	F	pO	S
115	maD	aR	nP	F	mO	S
116	aD	aR	pP	F	pO	S
117	maD	aR	nP	F	O	S
118	bD	bR	P	pF	O	A
119	mD	mR	mP	mF	pO	mA
120	mD	mR	mP	mF	nO	mA
121	aD	aR	pP	F	nO	S
122	maD	aR	nP	F	nO	S
123	aD	aR	pP	F	nO	S
124	aD	aR	pP	F	pO	S
125	maD	aR	nP	F	nO	S
126	maD	aR	nP	F	nO	S
127	aD	aR	pP	F	pO	S
128	aD	aR	pP	F	nO	S
129	maD	aR	nP	F	nO	S
130	aD	aR	pP	F	mO	S
131	mD	mR	mP	mF	pO	mA
132	bD	bR	P	pF	nO	A
133	bD	bR	P	pF	nO	A

Tabela 3 – Zonas homólogas e suas características.

Após a classificação das propriedades em todas as Z.H.s foram definidas as Unidades Geoambientais (U.G.s), de acordo com a 7ª etapa da Metodologia. A Tabela 4, apresenta as 18 U.G.s encontradas na área do presente estudo.

<b>Unidades Geoambientais</b>	<b>Resistência à erosão</b>	<b>Permeabilidade</b>	<b>Plasticidade X Ruptibilidade</b>	<b>Tropia</b>	<b>Assimetria de Relevo</b>	<b>Número de Z.Hs presentes nesta U.G.</b>
I	mR	mP	mF	nO	mA	19
II	aR	pP	F	nO	S	18
III	aR	nP	F	nO	S	7
IV	aR	pP	F	mO	S	7

V	mR	mP	mF	pO	mA	10
VI	aR	pP	F	pO	S	17
VII	aR	pP	F	O	S	7
VIII	aR	nP	F	O	S	7
IX	bR	P	pF	nO	A	12
X	bR	P	pF	mO	A	2
XI	mR	mP	mF	mO	mA	4
XII	nR	P	nF	nO	fA	3
XIII	aR	nP	F	mO	S	10
XIV	aR	nP	F	pO	S	4
XV	mR	mP	mF	O	mA	1
XVI	bR	P	pF	pO	A	3
XVII	nR	P	nF	pO	fA	1
XVIII	bR	P	pF	O	A	1

Tabela 4 – Unidades Geoambientais e suas características.

O mapa de Unidades Geoambientais encontra-se no anexo 2 deste estudo e apresenta a qual unidade geoambiental cada zona homóloga pertence.

Posteriormente a definição das U.G.s, foram classificados os setores de viabilidade para construção de obras lineares enterradas, segundo a 8ª etapa da Metodologia. A Tabela 5 apresenta a viabilidade de cada Unidade Geoambiental.

<b>Unidades Geoambientais</b>	<b>Resistência à erosão</b>	<b>Permeabilidade</b>	<b>Plasticidade X Ruptibilidade</b>	<b>Tropia</b>	<b>Assimetria de Relevo</b>	<b>Viabilidade de cada setor</b>
I	mR	mP	mF	nO	mA	laranja
II	aR	pP	F	nO	S	amarelo
III	aR	nP	F	nO	S	verde
IV	aR	pP	F	mO	S	vermelho
V	mR	mP	mF	pO	mA	laranja
VI	aR	pP	F	pO	S	amarelo
VII	aR	pP	F	O	S	vermelho
VIII	aR	nP	F	O	S	vermelho
IX	bR	P	pF	nO	A	amarelo
X	bR	P	pF	mO	A	laranja
XI	mR	mP	mF	mO	mA	laranja
XII	nR	P	nF	nO	fA	verde
XIII	aR	nP	F	mO	S	laranja
XIV	aR	nP	F	pO	S	amarelo
XV	mR	mP	mF	O	mA	laranja

XVI	bR	P	pF	pO	A	amarelo
XVII	nR	P	nF	pO	fA	amarelo
XVIII	bR	P	pF	O	A	vermelho

Tabela 5 – Setores de Viabilidade de cada Unidade Geoambiental.

Como resultado da classificação de cada setor obteve-se o Mapa de Setores de Viabilidade para traçado de Obras Lineares Enterradas (anexo 3), que apresenta a localização no mapa de zonas homólogas dos setores de viabilidade.

O total de Zonas Homólogas em cada setor de viabilidade está representado na Tabela 6.

Setor de Viabilidade	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Número de Z.H.s em cada Setor	10	55	46	22

Tabela 6 – Total de Z.H.s em cada Setor de Viabilidade

## 8. CONCLUSÕES

Após o término do projeto, foi observada a importância de uma análise detalhada sobre o meio físico, caracterizando-se as suas principais propriedades para a definição de traçado de multidutos.

Foi fundamental no trabalho o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto na interpretação de imagens do satélite TM/Landsat-7, tanto na definição de zonas homólogas, como na análise e interpretação das propriedades: resistência à erosão, permeabilidade, plasticidade X ruptibilidade, tropia e assimetria de relevo, para posterior definição das unidades geoambientais.

Ao final do trabalho elaborou-se um mapa de setores de viabilidade para traçado de obras lineares enterradas, no qual estão representados os setores favoráveis ou com restrições para o traçado de multidutos, a partir da análise e classificação das propriedades do meio físico. Da área deste mapa 7,5% é considerada favorável (setor verde), 41,5% é considerada pouco restritiva (setor amarelo), 34,5% é considerada restritiva (setor laranja) e 16,5% é considerada muito restritiva (setor vermelho) para a construção e manutenção de obras lineares enterradas.

Os setores definidos no mapa acima citado fornecem informações relevantes e fundamentais na fase de elaboração de anteprojetos ou de projetos básicos de traçado de obras lineares enterradas e também para o planejamento e gestão ambiental sustentáveis em outras áreas afins.

Vale ressaltar que os mapas apresentados neste trabalho não levam em consideração o meio antrópico e a legislação ambiental da área estudada. Portanto, é necessária a realização de outros estudos para que a escolha do melhor traçado englobe todos os fatores relevantes.

Com a elaboração dos três mapas, apresentados neste trabalho, é possível visualizar na área de estudo os seguintes problemas: erosão, movimentos de massa (escorregamentos), permeabilidade dos maciços, áreas de inundação entre outros. Isso possibilita um diagnóstico e prognóstico da localização e traçados das futuras obras lineares enterradas através de um conhecimento prévio de como o meio físico irá se comportar com tais obras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1964. 99 p.
- ALMEIDA, F.F.M.;CARNEIRO, C.D.R. **Origem e evolução da Serra do Mar**. Revista Brasileira de Geociências, 28(2), p. 135-150, jun, 1998.
- CAETANO, N. R. **Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental**. 2006. 163f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- CRISÓSTOMO NETO, A.P. **Mapeamento geoambiental por imagem de satélite do vale do Paraíba**. 2003. 67f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- HAMBURGER, D. S. **Utilização de informações derivadas de características texturais de imagens orbitais na definição de classes de uso do solo urbano**. 1995. 123f. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1995. 104 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. v 1. (Séries Monografias).
- JUNIOR, J.A.S. **Propriedades e fatores ambientais na definição de projetos de traçado de rodovias com o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 2002. 57 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2002.

- KURKDJIAN, M.L. N.O et al. **Macrozoneamento da região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo**. São José dos Campos. INPE, 1992. 176p. (INPE-5381-PRP/165).
- LANDSAT ETM+ 7: **Imagem de satélite**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. 1 fotografia aérea. Escala: 1:100.000. Bandas 3, 4 e 5 composição colorida.
- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.
- MASCARENHAS, N.D.A.; VELASCO, F.R.D. **Processamento digital de imagens**. São Paulo, USP, IME, 1v. Apresentada na Quarta Escola de Computação, 1984. P.
- MATTOS, J.T. **Sensoriamento remoto aplicado a mapeamentos geoambientais**. Guaratinguetá: Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, [1995]. Notas de aula.
- NOGUEIRA, J.R.; MARQUES, A. S. Linhas de transmissão e dutovias. In: OLIVEIRA, A. M. dos Santos.; BRITO, S. N. A. de. (Org). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998.p. 475-485.
- OHARA, T. **Zoneamento geoambiental da região do Alto-Médio Paraíba do Sul/SP com sensoriamento remoto**. 1995. 235 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 4 mapas, color., 68 cm x 98 cm. Escala 1:500.000. Acompanha uma legenda expandida.
- RIVEREAU, J.C. Notas de aula do curso de fotointerpretação. Curitiba: Instituto de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 1969. 92 p.
- SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Estadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. 61 p.
- SOARES, P. C. ; FIORI, A. P. . Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, SP, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em



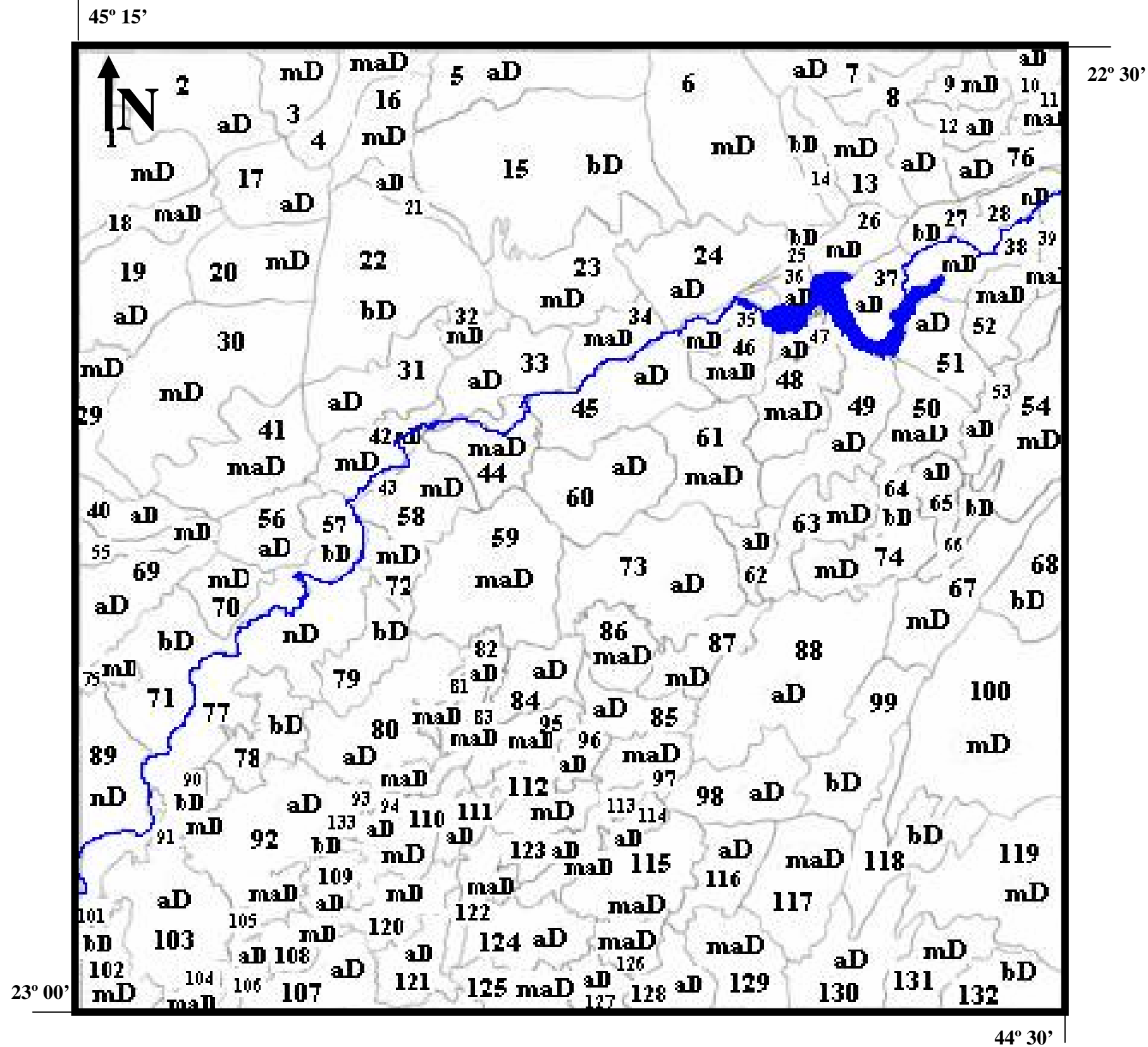
Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

- VENEZIANI, P. Remote sensing applied to the prospecting of geothermal anomaly in Caldas Novas County, State of Goiás-Brazil. São José dos Campos: INPE, 1980.
- VERGARA, O.R. **Avaliação dos produtos de sensoriamento remoto para fins de atualização cartográfica. 1994, 141f. Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - São José dos Campos, INPE, abr. 1994.

ANEXO 1:

MAPA DE ZONAS HOMÓLOGAS (Z.H.s)

# Mapa de Zonas Homólogas (Z.H.s)



## LEGENDA

- maD – muito alta densidade textural
- aD – alta densidade textural
- mD – moderada densidade textural
- bD – baixa densidade textural
- nD – densidade textural nula
- número – indica a localização das 133 Z.H.s no mapa

## CONVENÇÕES



Limites de Zonas Homólogas



Rio Paraíba do Sul

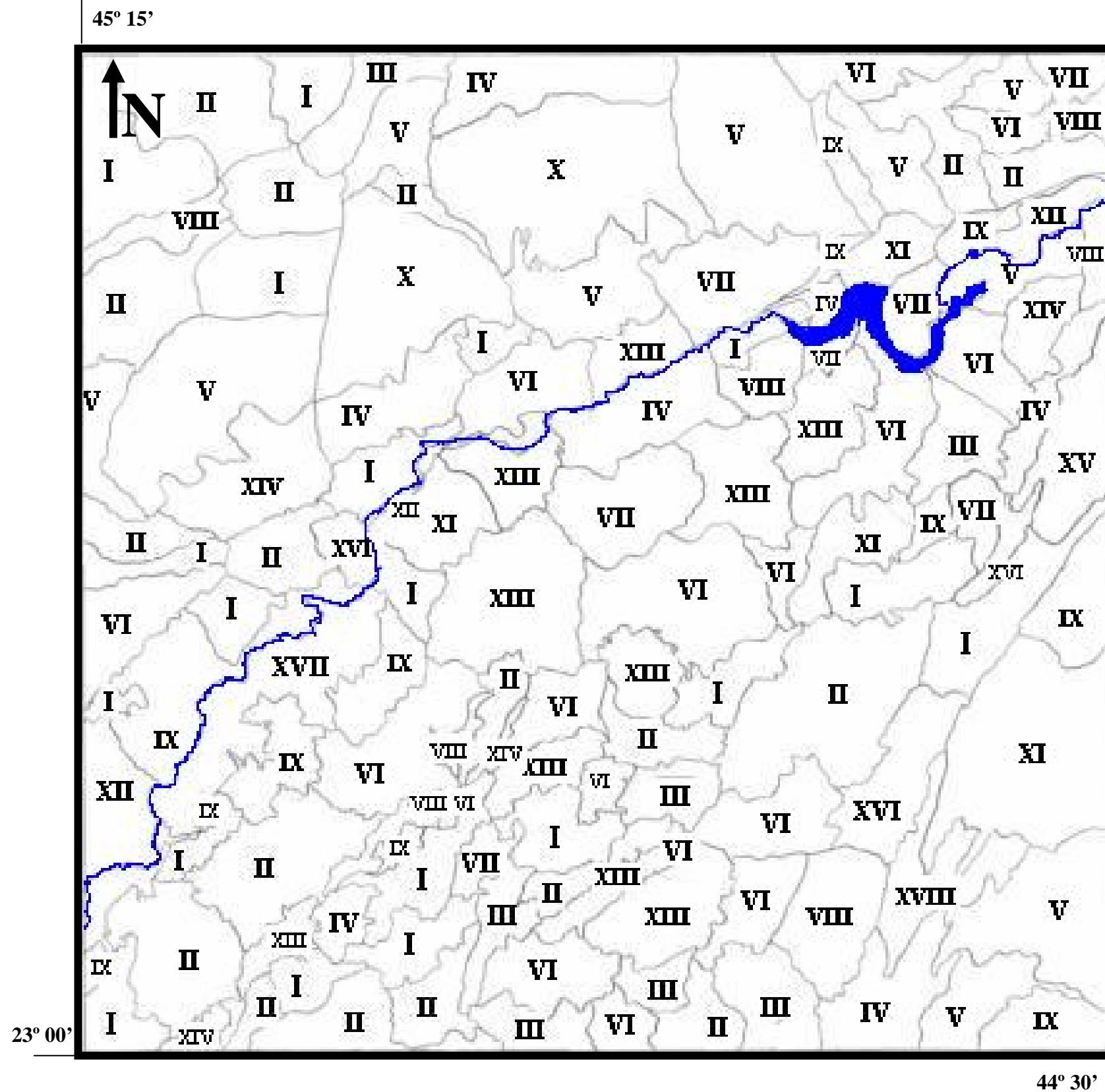
\* Nota: o mapa de Zonas Homólogas foi obtido à partir de interpretação de imagens TM-Landsat 7, órbita/ponto 216/76S de 1998.

Escala ~ 1: 204.000

**ANEXO 2:**

**MAPA DE UNIDADES  
GEOAMBIENTAIS (U.G.s)**

# Mapa de Unidades Geoambientais (U.G.s)



## LEGENDA

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Unidade I → mR, mP, mF, nO, mA   | Unidade II → aR, pP, F, nO, S   |
| Unidade III → aR, nP, F, nO, S   | Unidade IV → aR, pP, F, mO, S   |
| Unidade V → mR, mP, mF, pO, mA   | Unidade VI → aR, pP, F, pO, S   |
| Unidade VII → aR, pP, F, O, S    | Unidade VIII → aR, nP, F, O, S  |
| Unidade IX → bR, P, pF, nO, A    | Unidade X → bR, P, pF, mO, A    |
| Unidade XI → mR, mP, mF, mO, mA  | Unidade XII → nR, P, nF, nO, fA |
| Unidade XIII → aR, nP, F, mO, S  | Unidade XIV → aR, nP, F, pO, S  |
| Unidade XV → mR, mP, mF, O, mA   | Unidade XVI → bR, P, pF, pO, A  |
| Unidade XVII → nR, P, nF, pO, fA | Unidade XVIII → bR, P, pF, O, A |

### Resistência à Erosão:

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| aR – alta resistência  | mR – moderada resistência |
| bR – baixa resistência | nR – resistência nula     |

### Permeabilidade

- |                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| P – permeável        | mP – moderadamente permeável |
| pP – pouco permeável | nP – não permeável           |

### Plasticidade X Ruptibilidade

- |                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| F – fraturado        | mF – moderadamente fraturado |
| pF – pouco fraturado | nF – não fraturado           |



### Tropia

- |                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| O – orientada        | mO – moderadamente orientada |
| pO – pouco orientada | nO – não orientada           |

### Assimetria de Relevo

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| fA – fortemente assimétrico    | A – assimétrico |
| mA – moderadamente assimétrico | S – simétrico   |

## CONVENÇÕES

-  Limites de Zonas Homólogas
-  Rio Paraíba do Sul

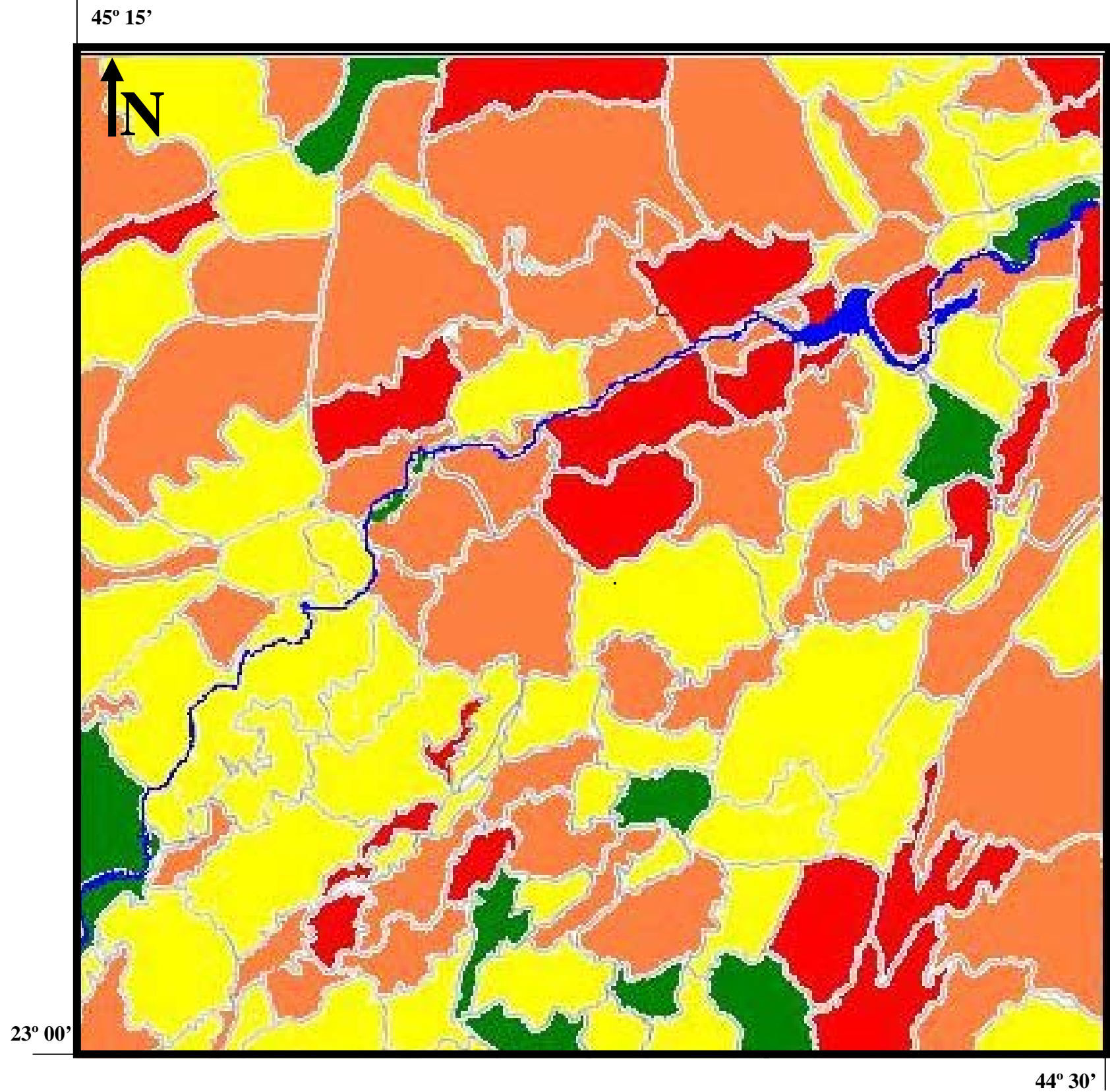
\* Nota: o mapa de Zonas Homólogas foi obtido à partir de interpretação de imagens TM-Landsat 7, órbita/ponto 216/76S de 1998.

Escala ~ 1: 204.000





## ANEXO 3:

# MAPA DE SETORES DE VIABILIDADE PARA TRAÇADO DE OBRAS LINEARES ENTERRADAS



# Mapa de Setores de Viabilidade para Traçados de Obras Lineares Enterradas



## LEGENDA

-  Setor com altas restrições para a construção e manutenção de obras lineares enterradas
-  Setor com restrições para a construção de obras lineares enterradas
-  Setor com poucas restrições para a construção de obras lineares enterradas
-  Setor favorável para a construção de obras lineares enterradas

## CONVENÇÕES

-  Limites de Zonas Homólogas
-  Rio Paraíba do Sul

\* Nota: o mapa de Zonas Homólogas foi obtido à partir de interpretação de imagens TM-Landsat 7, órbita/ponto 216/76S de 1998.

Escala ~ 1: 204.000