

Sensoriamento remoto orbital para classificação da capacidade de suporte de Unidades Geoambientais segundo potencial de desenvolvimento e proteção ambiental.

Lúcio da Silva Barbosa¹
Anderson Rodrigo da Silva²
Juércio Tavares de Mattos¹

¹ Faculdade de Engenharia - UNESP
Caixa Postal 205 - 12516-410 - Guaratinguetá - SP, Brasil
{lucio330, jjttmm}@hotmail.com

² Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA
Caixa Postal 6034 - 12228-900 - São José dos Campos - SP, Brasil
ander_rodrigo@hotmail.com

Abstract. The work was accomplished in the portion east from São Paulo, Vale do Paraíba seeking to obtain interpretative criteria of images Alos for Geoenvironmental Mapping. Starting from the analysis textural of the images, it took place a mapping of the Basic Units of Segment (UBC's) and their properties as: Resistance to the Erosion (Changeability), Permeability, Tropy, Asymmetry of Relief and Plasticidade/Ruptibilidade. Finally they settled down the relationships of Equivalence between UBC's and their properties for Geoenvironmental Units definition (UGA's).

Palavras-chave: remote sensing image, geoenvironmental units, alos image, civil engineering.

1. Introdução

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.

Por outro, lado a necessidade de interpretação e de obtenção de informações múltiplas (sazonais, temporais, espaciais) e confiáveis do meio físico faz com que o uso do Sensoriamento Remoto Orbital, tenha importância relevante na avaliação integrada do meio ambiente, devido a suas características de periodicidade de imageamento, visão sinóptica e informações multiespectrais e multiespaciais, as quais aumentam a capacidade de observação do alvo, minimizando custos e tempo dos trabalhos de investigação, bem como facilitam a realização do monitoramento constante das transformações ambientais.

A estratégia nessa pesquisa é avaliar as metodologias já desenvolvidas frente à diversidade do meio físico e elaborar e ou desenvolver novos critérios interpretativos para dados intrínsecos de produtos de Sensoriamento Remoto Orbital (particularmente de imagens ALOS) que possam constituir informações para Mapeamentos Geoambientais; e criar uma sistemática de tomada de decisão quanto ao uso do meio físico, quando se visa o monitoramento ambiental (regional). A concepção do presente estudo esta centrada na utilização de produtos de sensoriamento remoto orbital, e aplicação de técnicas interpretativas de imagens no sentido de avaliar as formas de relevo e de drenagem que apresentam um significado geológico-estrutural. O objetivo principal

da pesquisa é, portanto, estabelecer critérios interpretativos para as imagens compartimentando e caracterizando o Meio Físico em Unidades Geoambientais para múltiplos usos.

O uso de imagens de satélites (ALOS), devido ao seu caráter sinóptico, radiometria diferenciada por bandas espectrais distintas tem mostrado ser de grande valia para investigações orientadas ao estudo de áreas extensas e com grande diversidade de relevo, vegetação e recursos naturais. As informações que se pode obter com as imagens são de extrema importância e necessárias para a realização de qualquer planejamento integrado dos potenciais naturais de forma rápida e economicamente viável.

O propósito final, do presente trabalho, será uma avaliação da capacidade do Sensoriamento Remoto para Mapeamentos do Meio Físico. Nesta avaliação deverá conter, a definição de quais atributos do meio físico possam ser convertidos em variáveis, fatores e ou propriedades passíveis de serem investigados por Sensoriamento Remoto.

1.1 Área de estudo

A área 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 (Figura 1) situada nas folhas topográficas: Lorena, Guaratinguetá, Cruzeiro, Campos de Cunha, São José do Barreiro e Rio Manbucaba, do IBGE, escala 1:50000, 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 a obras civis lineares aí instaladas.

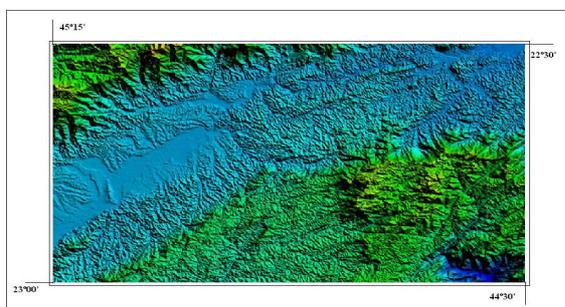


Figura 1: Área de Estudo (imagem ALOS) correspondente à parte do Vale Do Paraíba.

2. Metodologia

2.1. Materiais

Foram utilizados como instrumentos de pesquisa produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite ALOS), cartas topográficas do IBGE na escala 1:50000.

2.2. Procedimentos Metodológicos

O trabalho tem como procedimento metodológico, a utilização de imagem ALOS na qual estão sendo aplicados critérios analíticos e interpretativos dos elementos de relevo e drenagem para compartimentação do Meio Físico em Unidades Geoambientais. As atividades para a aplicação das técnicas interpretativas foram desenvolvidas conforme seqüência descrita a seguir:

- **Definição do Tema de Pesquisa:** A presente pesquisa tem como objetivo estudar e avaliar as técnicas de interpretação de imagem ALOS, visando o estudo do Meio Físico compartimentando-o em Unidades Geoambientais.

- **Aquisição de material bibliográfico e cartográfico:** Para iniciar qualquer pesquisa é preciso estar bem 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.

- **Seleção de imagem de satélite e definição da área de interesse:** O critério da escolha das imagens ALOS, embora sendo uma única passagem, foi à característica apresentada por essas imagens que, operando na faixa das microondas (RADAR) ressaltam a rugosidade do terreno. Em áreas cristalinas, a rugosidade do terreno é uma característica muito importante para analisar as formas de relevo e drenagem. O motivo da escolha da região deve-se ao fato dela se encontrar entre São Paulo e Rio de Janeiro, onde se acumulam grandes atividades industriais e agro-silvopastoril; obras civis lineares (rodovias e multíditos). Além disso, a região em questão apresenta uma rica diversidade de relevo, confronta com problemas de enchentes, processos erosivos além de uma ocupação urbana acelerada e desordenada.

- **Definição de procedimentos analíticos e interpretativos:** Para se obter informação sobre o Meio Físico, utiliza-se como ferramenta 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.

- **Crítérios e propriedades texturais de imagens:** Como já foi visto no item anterior, para diferenciar as UBC's utiliza-se das formas de arranjo de relevo e drenagem, mas além destes recursos usa-se também como elemento principal à textura da imagem. Este elemento é utilizado para definição dos limites das UBC's e tem a sua interpretação relacionada com o número e tamanho da sua textura na imagem. Para classificar as UBC's a partir dos elementos texturais criam-se níveis distintos de densidade de textura, que foram: Muito alta densidade textural (mT); Alta densidade textural (aT); Moderada densidade textural (moT); Baixa densidade textural (bT); Densidade textural nula (nT).

- **Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's):** A partir de uma imagem ALOS em reprodução fotográfica colorida, 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 (versão 2.51). 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).

- **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 são: 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 intempérico 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); Resistente (R); Pouco resistente (pR); Não resistente (nR).

. **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 em obras civis, pois, dependendo do grau de fraturamento nas rochas será preciso um gasto muito maior em obras de infra-estrutura (tirantes, injeção de concreto, drenagem, etc). Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias: Muito fraturada (mF); Fraturada (F); Pouco fraturada (pF); Não fraturada (nF).

. **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); Orientada (O); Pouco orientada (pO); Não orientada (nO).

. **Assimetria de Relevo:** Assimetria de Relevo é uma propriedade muito utilizada para se definir a posição espacial dos corpos, pois em relevos simétricos e acidentados as camadas estão verticalizadas e, todo material que está sendo alterado é removido simultaneamente. 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); Assimétrico (A); Moderadamente assimétrico (mA); Simétrico (S).

. **Permeabilidade:** A Permeabilidade é a propriedade dos materiais de apresentarem maior ou menor facilidade de percolação do fluido 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 (varia com tamanho e seleção do grão), rochas organoquímicas (depende da solubilidade e impurezas) e rochas ígneas (varia com a intensidade de fraturamento). Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias: Muito permeável (mP); Permeável (P); Pouco permeável (pP); Não permeável (nP).

- **Avaliação Preliminar:** Nessa etapa realiza-se uma avaliação dos dados obtidos. Se as informações não forem suficientes, é preciso retornar as fases anteriores para esgotar os conhecimentos sobre o assunto. Esta fase é repetida quantas vezes for necessário até que não haja mais nada a acrescentar.

- **Mapa das Unidades Geoambientais (UGA's):** Elaborar-se um Mapa das Unidades Geoambientais, na escala original de 1:100000, a partir da equivalência entre as UBC's delimitadas na área de estudo. Essa equivalência é estabelecida para reduzir o número das 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.

- **Trabalho de Campo:** Esta fase tem como finalidade verificar em campo as interpretações realizadas em imagens de satélite, são verificados os contatos (limite) entre as UBC's, suas propriedades físicas e químicas, e é feita uma equivalência entre as unidades mapeadas.

- **Avaliação Final:** É feita uma avaliação final sobre todos os aspectos, relacionando o objetivo proposto inicialmente com os resultados obtidos. É uma oportunidade antes da finalização do trabalho, de fazer algumas mudanças vistas como necessárias.

- **Trabalho Final:** É a descrição de todas as fases do trabalho, composto por uma introdução, metodologia, resultados e conclusões em relação aos objetivos propostos.

3. Resultados e Discussões

3.1. Sobre as Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's)

Os resultados preliminares, aqui apresentados, resultaram de interpretações de imagem de satélite ALOS, para avaliar e classificar as principais texturas de imagem e propriedades dos elementos de relevo e drenagem. A partir daí, obteve-se uma compartimentação do meio físico em zonas homólogas caracterizadas como Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's). 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 categorias para classificação, que estão representadas pelas Figuras 2 a 10, a seguir:



Figura 2 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Muito alta densidade textural.**



Figura 3 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Alta a Muito Alta densidade textural.**



Figura 4 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Alta densidade textural.**



Figura 5 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Alta a Moderada densidade textural.**



Figura 6 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Moderada a Alta densidade textural.**



Figura 7 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Moderada densidade textural.**



Figura 8 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Moderada a Baixa densidade textural.**



Figura 9 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Baixa a Moderada densidade textural.**



Figura 10 – Imagem da propriedade textural, classificada na categoria: **Baixa densidade textural.**

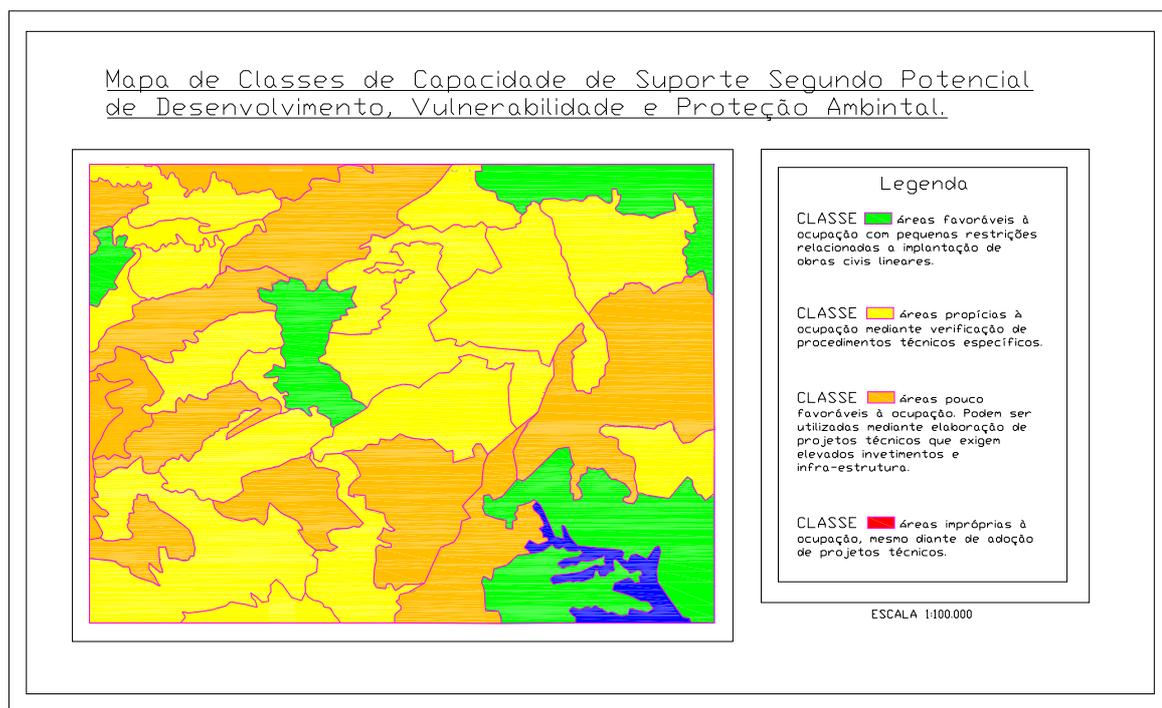


Figura 12 - Mapa das Classes de Capacidade de Suporte Segundo Potencial de Desenvolvimento, Vulnerabilidade e Proteção Ambiental.

4. Conclusão

Após o término do trabalho, foi observado a importância da análise, interpretação do Meio Físico e a caracterização de suas principais propriedades físicas para definição de Classes de Capacidade de Suporte Segundo Potencial de Desenvolvimento, Vulnerabilidade e Proteção Ambiental.

Deve-se destacar que foi fundamental na pesquisa, o uso de técnicas e produtos de Sensoriamento Remoto principalmente as imagens ALOS. A interpretação dessas imagens na faixa de microondas permitiu explorar os atributos espaciais da mesma (texturas) tanto na definição de Unidades Geoambientais como as Classes de Capacidade de Suporte Segundo Potencial de Desenvolvimento, Vulnerabilidade e Proteção Ambiental.

Deve-se lembrar que a pesquisa foi feita em nível de reconhecimento e ou investigação, na escala de mapeamento 1:100000, portanto, as UGA's mapeadas nessa etapa constituem excelente material para fase de planejamento de projetos técnicos e ambientais.

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.

5. Referências Bibliográficas

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.

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 Latinoamericano de Percepcion 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.; 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.

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.