

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE IBITINGA-SP, COMO SUBSÍDIO A PLANEJAMENTOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

COELHO, J. O. M.¹

¹-Graduando em Geografia Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SP. julianotatoo@yahoo.com.br

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.²

²-Prof. Dr. Agrólogo, Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista -UNESP-Rio Claro/SP. jairojr@rc.unesp.br

MATTOS, J. T.³

³-Prof. Dr. Geólogo, Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SP. juercio@feg.unesp.br

CAETANO, N. R.⁴

⁴-Prof. Dr. Engº Civil, Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista -UNESP-Rio Claro/SP. nortonrc@rc.unesp.br

MOURA, C. A.⁵

⁵-Graduando em Geografia Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SPcristimoura@hotmail.com

PUPIM, F. N.⁶

⁶-Graduando em Geografia Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SPfabianopupim@yahoo.com.br

GUIMARÃES, P. L.⁷

⁷-Graduando em Geologia Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SP patilugui@yahoo.com.br

RESUMO

A finalidade deste trabalho é realizar o Zoneamento Geoambiental da região de Ibitinga, foz dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu no Rio Tietê, localizada no Centro-Oeste Paulista, como subsídio para trabalhos em diversas áreas do planejamento territorial. As particularidades ambientais desta região fizeram com que no ano de 1987 fosse criada a APA Ibitinga, pela Lei Estadual nº 5.536, declarando como Área de Proteção Ambiental a área urbana e rural do município, tornando necessária uma ocupação mais racional e planejada do espaço, de modo a causar o mínimo impacto ao meio ambiente. Na primeira fase do trabalho foi realizada a extração da rede de drenagem através de cartas topográficas em escala de 1:50.000, posteriormente complementada a partir da análise das curvas de nível, resultando em um adensamento da rede. A partir das cartas de drenagem complementada foi feita a identificação dos parâmetros indicadores de morfoestruturas, representados pelas feições de drenagem tais como assimetria, anelares, radiais e lineamentos estruturais. O resultado desta interpretação foi registrado na forma de cartas de assimetria de drenagem, que serviram de base para a elaboração do Mapa Morfoestrutural, com traçado de linhas de forma aparentes não cotadas, onde ficaram definidos os altos e baixos estruturais (antiformes e sinformes). Partindo do mapa morfoestrutural foi realizada a análise morfométrica, que consistiu em relacionar a morfoestrutura com a topografia. Na segunda etapa foram aplicadas técnicas de interpretação de imagens orbitais do sistema sensor ETM+/Landsat-7 para caracterização do meio físico, tendo como base a análise de elementos de relevo e de drenagem, da forma resultante e de suas propriedades. A interpretação das imagens orbitais consistiu na identificação de Unidades Geoambientais, onde as unidades foram individualizadas com base nas densidades texturais de imagem, e posteriormente realizada uma equivalência com suas propriedades e fatores físicos classificando-as em zonas homólogas. As propriedades selecionadas para o Zoneamento Geoambiental da Região de Ibitinga foram: Densidade Textural, Tropicidade, Permeabilidade e Alterabilidade do maciço. O resultado é um Mapa de Unidades Geoambientais, onde são contemplados aspectos do meio físico, com objetivo de modelar as interações entre a ocupação e o meio, definindo as potencialidades e limitações do meio físico segundo suas propriedades geológico/geotécnicas, obtidas através da análise das unidades geoambientais e da

morfoestrutura/morfometria. Esta técnica, aplicada a bacias recobertas e/ou relevos aplainados por pedimentação ou peneplanação, permite fazer inferências do arcabouço tectônico, aspectos geoquímicos, fisiográficos, geopedológicos e aplicações em diversos ramos da engenharia (civil, sanitária e ambiental).

Palavras-chave: Zoneamento Geoambiental, Morfometria, Fotointerpretação.

1. INTRODUÇÃO

A finalidade deste trabalho é realizar um Zoneamento Geoambiental, tomando ciência da situação do meio físico mediante o Diagnóstico Zero, como subsídio a trabalhos em diversas áreas do planejamento da região de Ibitinga, localizada no Centro-Oeste Paulista (Figura 1). Esta análise pretende determinar a capacidade de suporte do meio físico a partir da interpretação do Zoneamento Geoambiental da Região de Ibitinga, avaliando se as Unidades Geoambientais identificadas são mais, ou menos, suscetíveis às ações intempéricas.

As particularidades ambientais da região de Ibitinga fizeram com que no ano de 1987 fosse criada a APA Ibitinga, pela Lei Estadual nº 5.536, declarando como Área de Proteção Ambiental a parte urbana e rural do município, tornando necessária uma ocupação mais racional e planejada do espaço, de modo a causar o mínimo impacto ao meio ambiente. Anteriormente às restrições estabelecidas quanto à ocupação da área, advindas da criação da APA Ibitinga, o município já contava com passivos ambientais de considerável magnitude devido à instalação da Usina Hidrelétrica de Ibitinga e da malha viária do município. Posteriormente ao decreto da lei foi implantado um trecho do Gasoduto Bolívia-Brasil, cruzando justamente a área de maior interesse ecológico da APA, a várzea do rio Jacaré-Guaçú, conhecida localmente como “Pantaninho”. Assim, qualquer atividade implantada na região terá um impacto ambiental maior que o esperado, devido ao efeito acumulativo, quando somado aos passivos pré-existentes.

É evidente que a criação da APA e da Estância Turística de Ibitinga não devem impossibilitar o desenvolvimento regional e sim fazer com que este aconteça de maneira mais racional e com mínimo de impacto ambiental possível. Frente a esta necessidade, de controle no uso e ocupação da área em questão, o presente trabalho visa desenvolver o Diagnóstico Zero, através do uso da sistemática de trabalho de Zoneamento Geoambiental, como subsídio a atividades de planejamento da região em questão, pelo fornecimento de informações técnicas, para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas no desenvolvimento regional e local e definição de prioridades em obras de engenharia compatíveis com a vulnerabilidade do sistema ambiental.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A região de Ibitinga encontra-se no planalto ocidental paulista, seu relevo é suave, com leve caimento de Leste para Oeste, formando uma extensa plataforma suavizada, nivelada em cotas próximas a 500 m (Ponçano, 1981). As formações geológicas encontradas na região são a Formação Adamantina, Formação Botucatu e Formação Serra Geral. O domínio é da Formação Adamantina, com predomínio de arenitos finos, podendo apresentar cimentação carbonática, com forte tendência à erosão. O clima é típico do estado de São Paulo, com verões chuvosos e estiagem no inverno.

A área compreende os rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, afluentes Rio Tietê que se encontra represado em função da instalação da Usina Hidrelétrica de Ibitinga, concluída em 1969. A formação do lago da usina no Rio Tietê causou o alargamento do curso dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, fomentando o uso de parte das margens do rio Jacaré-Guaçu principalmente, para construção de chácaras de lazer, “ranchos”, e prática de esportes náuticos. A motivação para a criação da APA Ibitinga foram as várzeas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, conhecidas localmente como “Pantaninho” e “Varjão”, respectivamente, que formam um importante ecossistema onde são encontradas muitas espécies de mamíferos, alguns em risco de extinção, como a onça-parda e o tamanduá-mirim entre outros. A criação da APA limita o uso e ocupação da terra quanto à implantação de atividades potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais, solo e ar, bem como atividades que possam acelerar a erosão do solo ou acentuar o assoreamento dos corpos d’água, como a realização de obras de terraplanagem e abertura de canais, o que torna o município principal alvo deste estudo.

No ano de 1992 o município é elevado a Estância Turística segundo Lei nº 8.199, baseado em sua potencialidade balneária e na beleza cênica de seus recursos naturais, bem como sua tradição em artigos de confecção bordados que formam uma ocupação urbana muito particular. A principal atividade econômica do município é esta produção de bordados, com destaque na confecção de enxovais, seguida da atividade agrícola produtora de cana-de-açúcar e laranja observada em toda a região.

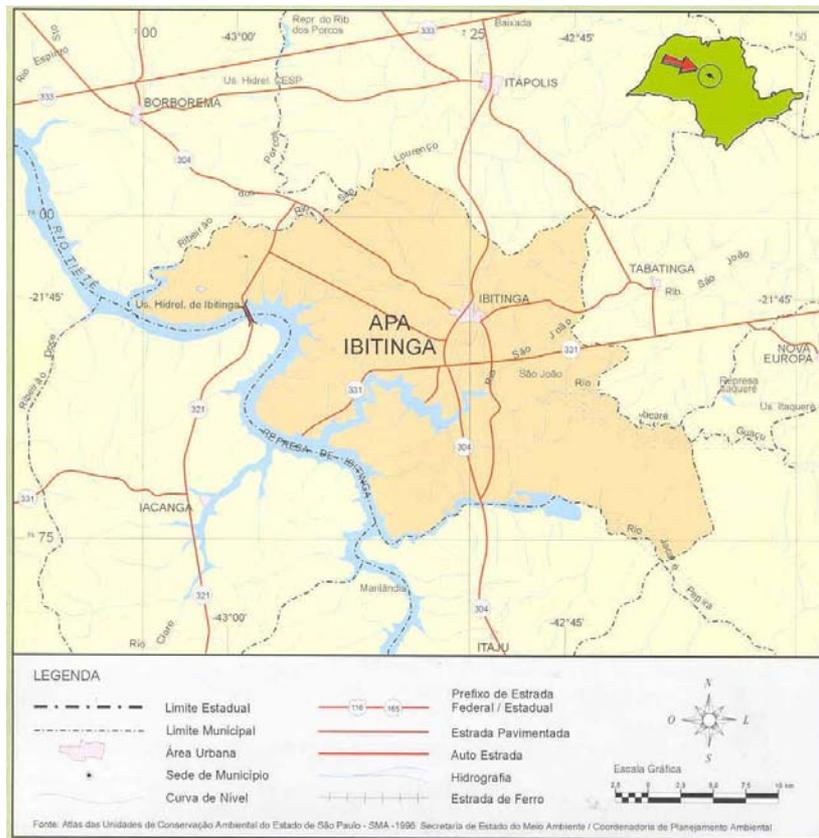


Figura 1 – Município e APA de Ibitinga Fonte: APAs do Estado de São Paulo

3. METODOLOGIA

3.1. Análise da Rede de Drenagem

O traçado da rede de drenagem foi desenvolvido a partir das folhas topográficas do IBGE em escala de 1:50.000 do ano de 1972. Porém as cartas topográficas apresentam baixa densidade de informações, pois no ato de sua confecção são representadas apenas as principais drenagens, normalmente aquelas que apresentam escoamento superficial. Para melhorar a visualização faz-se necessária a complementação dos canais, com um adensamento a partir da análise das curvas de nível. Esse adensamento da rede de drenagem é imprescindível para se definir, com maior confiabilidade, as feições anelares e radiais, alinhamentos e assimetrias, possibilitando posteriormente, estabelecer as linhas de forma aparentes e elaborar as cartas morfoestruturais (altos e baixos estruturais). Para a análise da rede de drenagem, as cartas básicas de drenagem foram reduzidas a uma escala de aproximadamente 1:140.000, possibilitando uma visão regional do padrão de drenagem e evidenciando as principais feições indicadoras do arranjo morfoestrutural (lineamentos, altos e baixos estruturais). Em um papel *terkron* (*over-lay*) sobreposto às cartas de drenagem, foram traçados as feições anômalas anelares e radiais, as feições de assimetria

de drenagem e os alinhamentos de drenagem, segundo critérios expostos por Lima (1995), e que se baseiam principalmente na forma, grau e ordem de estruturação dos elementos da drenagem.

3.2. Mapa Morfoestrutural

O método de análise morfoestrutural desenvolve-se após a análise sistemática da rede de drenagem, estabelecendo suas feições de assimetrias e/ou simetrias, o que permite definir a sua tendência direcional aparente e identificar as feições estruturais existentes: os altos estruturais (positivas) e os baixos estruturais (negativas), (Mattos 2002). Assim, esta técnica, aplicada a bacias recobertas e/ou a relevos aplainados, seja por pedimentação ou peneplanação, permite realizar inferências relacionadas ao arcabouço tectônico, aspectos geoquímicos, fisiográficos, geopedológicos e aplicações em diversos ramos das engenharias civil, sanitária e ambiental (Jiménez-Rueda *et al*, 1993). Segundo Ohara *et al* (2002), o conhecimento da morfoestrutura (alto e baixo estrutural), quando conjugadas com outros dados temáticos, pode prover subsídios para estudos de recursos hídricos, proteção ambiental, se determinado local é favorável ou não para implantação de obras de engenharia, usos agrícolas direcionados planejamento territorial e outras aplicações.

3.3. Morfometria

Após a definição das linhas de formas das morfoestrutura elas são relacionadas com a topografia da área. Nesta fase se relacionamos altos e baixos estruturais e se estabelece a sua correspondência com relevos altos ou baixos topograficamente. Conforme Jiménez-Rueda, *et al* (1993), dos cruzamentos entre morfoestrutura e morfometria, resultam as seguintes considerações: Alto estrutural / Alto topográfico (+/+): pedogênese maior que morfogênese, forte intemperismo, fertilidade baixa, baixa erosão, argilominerais dominantes gibbsita e pode encontrar-se associada a caulinita ou, quando mais jovem, apresenta domínio de caulinita e gibbsita, intensa oxidação, hidrólise total, processos de alitização, latossolização, laterização e plintificação ou monossialitização.

- ✓ Alto estrutural / Baixo topográfico (+/-): pedogênese maior que morfogênese, forte intemperismo, fertilidade baixa a média, erosão moderada a forte, argilominerais dominantes caulinita, gibbsita e esmectita quando das mudanças climáticas e maior concentração de sílica e elementos calco-alcalinos, em função de reações de oxidação e hidrólise parcial/total, moderada redução, processos de monossialitização, alitização, latossolização, laterização, bissialitização e

melanização.

- ✓ Baixo estrutural / Alto topográfico (-/+): pedogênese maior que morfogênese, intemperismo moderado/forte, fertilidade média/alta, erosão forte/moderada, argilominerais caulinita e esmectita, hidrólise parcial/total, moderada oxido-redução, processos de argilização (monossilização, bissialitização) e latossolização quando presença de *trends*.
- ✓ Baixo estrutural / Baixo topográfico (-/-): morfogênese maior que pedogênese, fraco intemperismo, fertilidade alta, argilominerais esmectita e caulinita (monossilização, bissialitização), intensa redução, hidrólise parcial/incipiente, processos de melanização, gleização e argilização, concentração de Na, Ca, Mg, CO₃, SO₄.

3.4. Interpretação de Imagens

A interpretação das imagens foi realizada tendo como base imagem orbital do ETM+/Landsat-7. Este tipo de interpretação de imagens para a caracterização do meio físico, também denominada de fotointerpretação, tem como fundamento a análise de elementos de relevo e de drenagem, das formas resultantes e de suas propriedades. Esses elementos são analisados nas imagens a partir de suas características espectrais e radiométricas traduzidas pelo arranjo dos elementos tonais na forma de diferentes texturas. O princípio metodológico da interpretação parte do proposto por Guy (1966), transcrito por Rivereau (1969), para fotografias aéreas, adaptado por Soares *et al* (1978), para imagens de satélite e sistematizado por Veneziani e Anjos (1982). O método possui uma lógica e sistemática de interpretação, sendo dividido em três fases distintas: fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação.

A seqüência lógica de extração de dados pelo método sistemático, faz com que se analise na imagem as características de textura, estrutura e forma da feição, atribuindo-se a ela, na etapa de fotointerpretação, um significado de acordo com o objetivo da análise. Com esta interpretação busca-se identificar os materiais, os fenômenos e os processos do meio físico presentes na área de estudo, alcançando após a fotointerpretação um diagnóstico do meio.

3.5. Zoneamento Geoambiental

O Zoneamento Geoambiental contempla a análise, avaliação e a compartimentação do meio físico visando a identificação de unidades geoambientais. Essas unidades foram individualizadas com base na textura de imagem e posteriormente realizou-se uma equivalência com suas propriedades e fatores físicos. Para o presente trabalho as propriedades selecionadas foram a Tropa, Permeabilidade e Alterabilidade do maciço, as quais são qualificadas, em função da intensidade de organização (grau de estruturação) e da complexidade de organização (ordem de estruturação), em quatro categorias: baixa, moderada, alta e muito alta. Portanto, uma zona homóloga com as quatro propriedades acima listadas, definidas em seus limites, passa a ser uma unidade geoambiental. A correlação destas propriedades com a textura da imagem estão descritas em Mattos (2002). A Permeabilidade relaciona-se com a capacidade de infiltração das águas das chuvas no terreno, devendo-se principalmente à porosidade primária (intergranular) em materiais sedimentares e à porosidade secundária (fraturas) em materiais metamorfizados ou ígneos. Portanto em áreas de rochas sedimentares a análise baseia-se na densidade da rede de drenagem, quanto maior a densidade menor a Permeabilidade. Já em áreas de rochas metamórficas e ígneas a análise baseia-se na densidade de traços de juntas (elementos de drenagem lineares de 1º ordem), quanto maior a densidade maior a Permeabilidade. A Tropa é a característica da orientação ou não das formas de relevo e drenagem, podendo ser indicativos de fraturamento, foliação, gnaissificação, xistosidade. Alterabilidade do maciço é a suscetibilidade do mesmo a se alterar química e fisicamente sob a ação dos agentes intempéricos (clima, tempo, organismos). A classificação segundo a Alterabilidade versa sobre o domínio deste processo em relação à erosão, ou seja, áreas em que predomina a Alterabilidade alta existe uma baixa resistência à erosão, formando um espesso manto de alteração intempérica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise das quatro propriedades do meio físico, pode-se concluir que a condição mais crítica encontrada é a combinação de densidade textural muito alta (Dma), feições muito orientadas (Tma), material muito permeável (Pma), com muito alta alterabilidade (Ama). Analogamente, a condição mais favorável encontrada é a combinação de densidade textural baixa (DTb), feições não orientadas (Ob), material não permeável (Pb), com baixa alterabilidade (Ab). A Unidade I oferece poucas restrições à ocupação, pois já atingiu um alto grau de alteração intempérica, possuindo espessas

camadas de solo com uma coesão significativa. Assim as intervenções por obras de engenharia pouco tem a afetar o equilíbrio do meio físico, desde que não deixe o solo exposto, o que poderia vir a desenvolver ravinamentos e voçorocamentos, principalmente nos altos estruturais/altos topográficos (+/+). A Unidade II apresenta capacidade de suporte baixa por estar relacionada a sedimentos com alta alterabilidade e com densidade textural alta, por apresentar tropia moderada pode ainda se comportar de maneira rúptil. Esta unidade exige maiores investimentos para sua ocupação como cortes e aterros devido à sua alta densidade textural. Observa-se nesta unidade um processo de alteração mais recente em relação às demais, e interferências em sua estrutura pode acelerar este processo, desencadeando processos erosivos de considerável relevância. A Unidade III apresenta severas restrições à ocupação e se refere às partes mais baixas do relevo, onde os canais de drenagem convergem. Nestas unidades espera-se que o material encontrado seja a porção inferior do Arenito Adamantina, com maior teor de argila ou a parte superior da Formação Serra Geral, aflorando em pontos onde a drenagem teve capacidade de retirar a cobertura arenítica atingindo as rochas duras, estabelecendo assim níveis de base locais. Ações que interfiram no equilíbrio desta unidade pode vir a desencadear processos erosivos remontantes e assoreamento dos canais de drenagem menos competentes. A Unidade IV foi a unidade geoambiental que apresentou menor capacidade de suporte, por possuir alterabilidade e permeabilidade muito altas, sendo representada por sedimentos não consolidados componentes da várzea dos rios Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira. Esta unidade é uma área pantanosa em constante deposição de sedimentos e suscetível a alagamentos. Outra característica desta unidade é seu grande interesse ecológico, sendo que sua ocupação deve ser completamente descartada.

A Unidade V é um caso especial, pois, apesar de suas propriedades indicarem a melhor capacidade de suporte da área de estudo, deve-se levar em conta o fato dela estar circundada pelas unidades de maior instabilidade (Unidades III e IV). Assim, seu comportamento afeta diretamente a estabilidade das unidades circunvizinhas, podendo inclusive causar assoreamento nos rios Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, principalmente quando se leva em consideração sua composição litológica, com presença de arenitos da Formação Botucatu em sua base.

5. CONCLUSÕES

A aplicação neste trabalho da sistemática de Zoneamento Geoambiental à região de Ibitinga teve como objetivo realizar um diagnóstico zero, para direcionar futuras ações de planejamento regional ou local, porém de maneira alguma pode ser considerada como único instrumento diagnóstico. O Diagnóstico Zero aqui apresentado deve servir para posterior definição das prioridades de estudo ou complementação das informações básicas do meio físico, litológicas, tectônicas, geomorfológicas e pedológicas bem como climáticas, bióticas e sócio-econômicas.

Um dos fatos importantes nesta direção é que a cobertura vegetal original da região foi quase totalmente retirada, restringindo-se atualmente a estreitas matas galeria e às áreas pantanosas, dando lugar à ocupação por culturas de cana-de-açúcar e laranja principalmente. Frente a este quadro o “Pantaninho” e o “Varjão” constituem redutos da vida florística e faunística regional, onde levantamentos das espécies presentes seriam de grande importância para o planejamento e ações de preservação. Outro estudo que se faz necessário é acerca da presença de aloformações quaternárias, sobrepondo os arenitos da Formação Adamantina, que hoje se limitam às porções mais elevadas do relevo, mostrando intenso desequilíbrio com as condições atuais do meio físico. Assim ficam perguntas a respeito de que condições paleoclimáticas regiam a deposição destes sedimentos e se o seu desequilíbrio foi determinado por novas condições climáticas ou atividades tectônicas. Estudos baseados em horizontes diagnósticos soterrados ou exumados poderiam trazer à luz respostas a estas questões e ajudariam a entender a complexidade dos processos erosivos e deposicionais atuantes hoje na região e em seu entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAETANO, N.R.; OHARA, T.; MATTOS, J.T. Identificação de áreas de risco geológico para construção de rodovias utilizando sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. **Anais:** XLI Congresso Brasileiro de Geologia. João Pessoa-PB : SBG. p. 127, 2002.

GUY, M. Quelques principes e quelques expériences sur la methodologie de la photo-interpretation. **In:** Symposium International de Photo-Interpretation, 2., Paris : Acte, v.1, p.21-41. 1966.

IBGE - EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil**. Escala de 1:5.000.000. 2001.
JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. NUNES, E. MATTOS, J. T. Caracterização Fisiográfica e

Morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN. **Geociências**. São Paulo. v.12, n.2, p.481-491, 1993.

LIMA, M. I. C. **Introdução à interpretação radargeológica**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995, 124p.

MATTOS, J. T. de. **Caracterização do compartimento geológico estrutural na região da Represa de Furnas (MG), com dados de sensoriamento remoto**. 1986. 181f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

MATTOS, J.T.de **Sensoriamento Remoto Aplicado a Mapeamentos Geoambientais**. Rio Claro : UNESP. (notas de aula do curso de pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente). 2002.

OHARA, T.; MATTOS, J. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; Integração de informações do meio físico obtidas com sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. **Anais: XLI Congresso Brasileiro de Geologia**. João Pessoa-PB : SBG. p. 164. 2002.

RIVEREAU, J.C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação**. Curitiba : Instituto de Geologia da UFPR. 128p. 1969.

Secretaria de Estado do Meio-Ambiente – CPLA – Coordenadoria de Planejamento Ambiental; **APAs Área de Proteção Ambiental no Estado de São Paulo**, CPLA, São Paulo, 2005.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; MATTOS, J.T.de A lógica de interpretação de fotografias aéreas convencionais aplicada a imagens de satélite. **Anais: I Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, volume 2. São José dos Campos : CNPq/INPE. 616-618p. 1978.