**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA HUMANA**

**“ELABORAÇÃO DE MODELOS PARA O ESTUDO DAS
MUDANÇAS DOS PADRÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA
NA BACIA DO TAIAÇUPEBA, REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO
PAULO, COM AUXÍLIO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL”**

Paulo de Almeida Correia Junior

**São Paulo
2006**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA HUMANA**

**ELABORAÇÃO DE MODELOS PARA O ESTUDO DAS MUDANÇAS NOS
PADRÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO TAIACUPEBA,
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, COM AUXÍLIO DE
SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL**

Paulo de Almeida Correia Junior

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia
Humana, do Departamento de
Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Mestre em
Geografia Humana.**

Orientador: Prof. Dr. Mário De Biasi

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

a Deus;

aos meus pais e minha família;

ao meu orientador, Prof. Dr. Mário De Biasi, professor e amigo;

ao Mestre Geógrafo Fernando Shinji Kawakubo, pela parceria e pela ajuda durante todo o período de pós-graduação;

aos professores e aos meus colegas funcionários do Departamento de Geografia, especialmente aos Profs. Drs. Ailton Luchiari e Yuri Tavares da Rocha, pelas sugestões na banca de qualificação e pela ajuda durante o mestrado;

à Karine, pelo amor, pela ajuda e pela paciência;

aos Amigos da “Geo99 & Agregados” e aos amigos poetas concreto-tijolistas;

à Sabesp e ao Daee;

à CAPES, por disponibilizar na Internet os principais periódicos científicos do mundo, gratuitamente para as universidades públicas;

ao Laboratório de Cartografia;

à USP e ao Estado de São Paulo.

I. SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	6
4. BASES TEÓRICAS.....	11
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
6. MATERIAL E TÉCNICAS.....	35
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	93
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
9. GLOSSÁRIO.....	98
10.REFERÊNCIAS.....	101

RESUMO

A elaboração de modelos pode ser entendida como um processo de simplificação da realidade. Desta forma, foram utilizados neste trabalho dados multitemporais estatísticos e de sensoriamento remoto, para que fossem caracterizadas as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra na bacia do Taiaçupeba nos últimos 30 anos. Para uma melhor aferição das informações obtidas a partir de imagens de satélite e uma posterior verificação das mesmas, foi necessária a utilização de dados colhidos durante levantamentos de campo, bem como o uso de estatísticas oficiais e trabalhos científicos sobre a área de estudo, dando ao presente trabalho um papel de complementação e atualização desses últimos.

PALAVRAS-CHAVE: modelo, sistema, uso da terra, sensoriamento remoto, Landsat.

ABSTRACT

Modeling is the process that makes reality simpler. Thus multitemporal statistics and remote sensing data were applied to this work, so that the land use and cover pattern changes in Taiaçupeba basin could be traced during the past 30 years. For a better checking of the remote sensing acquired information and its later comparison, it was necessary to use field data, as well the official statistics and earlier scientific works about the area, which was complemented and updated by this work.

KEYWORDS: model, system, land use, remote sensing, Landsat

1. INTRODUÇÃO

As áreas de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) passam por um sério problema de ocupação irregular, este decorrente da procura cada vez maior por moradia. Por serem as áreas de proteção aos mananciais as últimas disponíveis para a expansão urbana, estas recebem cada vez mais moradores das periferias da metrópole, atraídos pelos baixos preços de loteamentos clandestinos ou ainda pela possibilidade de invasão de terrenos públicos ou privados.

Na borda leste da conurbação da RMSP (Fig. 1.1), um extrato desta problemática é a Bacia do Taiaçupeba, topônimo derivado do tupi *taya'su* 'porco do mato' + *pewa* 'achatado'. Sendo uma das bacias hidrográficas que formam o sistema produtor do Alto Tietê, é atualmente a que necessita de maior atenção por parte dos órgãos que atuam na área, pois nela estão instalados o Reservatório e a Estação de Tratamento de Água (ETA), fazendo do sistema o de terceira maior vazão dentre os sistemas produtores da Grande São Paulo, contribuindo com 4,6 m³/s, o que representa 7,9% do total do abastecimento de água.

Com a implantação do maior parque industrial da América Latina e a conurbação que se estende desde Campinas até a Baixada Santista, o Alto Tietê é uma das áreas mais problemáticas do Brasil no que se refere aos recursos hídricos, atravessando problemas referentes à garantia de qualidade e quantidade de água.

A população marginalizada então encontra solução para o problema da moradia nas autoconstruções em loteamentos periféricos, tornando-se também consumidora do solo urbano. Tais loteamentos fazem a cidade expandir-se horizontalmente, levando-a para áreas ainda não urbanizadas, que passam então a carecer de serviços públicos de infra-estrutura.

No município de Suzano, a Bacia do Taiaçupeba vem enfrentando esse tipo de problema. Exemplo disso é o Jardim Brasil II, no distrito de Palmeiras, que recebeu um contingente de moradores oriundos em sua maior parte da periferia

de São Paulo, que encontraram na cidade melhores condições de emprego e nesse loteamento clandestino, melhores condições de moradia.

A partir do momento em que um bairro se consolida, mesmo clandestino, acaba por se firmar uma demanda por serviços, que devem ser realizados por parte do poder público. No presente caso, uma parte dessa infra-estrutura tem sido garantida, com serviços de telefone e energia elétrica. O saneamento básico, maior problema da área, por se tratar de um manancial, ainda não foi implantado. Com isso, a questão dos mananciais, conforme cita Spörl (1997), é permeada por dois movimentos que se anulam: o movimento pela regulamentação do uso e o movimento do uso pelos moradores pobres, bem como objetivos contraditórios (proteção aos mananciais x habitação) e papéis contraditórios do poder público: controlar o uso e ocupação do solo e fornecer infra-estrutura.

Com a Lei Estadual de Proteção aos Mananciais, criada em 1975, fica oficializado no âmbito estadual, o objetivo de gerir a associação entre o uso do solo e a qualidade das águas destinadas ao abastecimento público. Entretanto, a exemplo do que acontece com os mananciais do sul da capital de São Paulo, os mecanismos que foram implantados permaneceram restringidos ao controle e normatização do parcelamento do solo, não conseguindo controlar a maneira como a cidade vinha crescendo em direção às áreas de proteção, que vêm sendo loteadas, comercializadas e acumuladas pelos especuladores imobiliários.

Levando em conta todos esses fatores, é importante salientar que não é possível tratar os problemas dos mananciais somente do ponto de vista do saneamento, sem também considerar os aspectos sociais.

Para se ter uma idéia da magnitude do problema e se poder fazer um diagnóstico e um planejamento específico para a área, é imprescindível que haja uma espacialização das informações, elaborando modelos de evolução da ocupação e detectando exatamente onde os órgãos públicos deverão agir. Para a elaboração de tais modelos, uma alternativa é o uso de sistemas de informações geográficas (SIGs), vinculando os dados às fotografias aéreas, imagens de satélite e produtos cartográficos, determinando, portanto, quando e onde iniciaram-se as

ocupações irregulares, procurando, a partir daí, mitigar os erros do passado e prever problemas futuros.

Em contrapartida, como já alertavam Chorley & Hagget (1974), é preciso ficar atento quanto à simplificação excessiva da realidade. Talvez este seja o maior problema para quem se propõe a trabalhar com modelos em Geografia. No presente estudo, deparou-se com um problema de classificação, pois o número de classes de uso e cobertura relativamente elevado, característica das áreas periféricas, entremeando classes como agricultura, silvicultura, floresta, capoeira, solo exposto ligado à agricultura, solo exposto ligado ao uso urbano e solo exposto ligado à mineração, levou o trabalho a um rumo inesperado, o da simplificação, o que no início não era o objetivo primordial. Assim, os ruídos, tanto criticados pelos autores supracitados e tantos outros que tratam do tema da modelagem, puderam ser evitados logo na etapa inicial da elaboração dos produtos cartográficos, o que de forma alguma levou a uma sub-utilização do trabalho, mas sim à focalização do real problema: a modificação de um padrão de uso essencialmente agrícola para um padrão urbano, impulsionado pela industrialização.

O material apresentado seria então de grande utilidade para os órgãos públicos, especialmente a prefeitura de Suzano, esta que atualmente destaca o não-conhecimento do município por parte dos governantes e da própria população, o que, no limite, acarreta inclusive em problemas relacionados à questão da identidade.

Figura 1.1: Situação da bacia do Taiaçupeba em relação à RMSP.

2. OBJETIVOS

GERAIS

O presente trabalho objetiva o estudo do Geossistema compreendido pela Bacia do Taiaçupeba, no que diz respeito à evolução do uso e cobertura da terra, utilizando-se modelos cartográficos como instrumento fundamental para o seu diagnóstico e planejamento.

Por se tratar de um sistema, a bacia hidrográfica pode então ser discutida com base na Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 1975), derivando-se em modelos, que nada mais são que representações simplificadas da realidade.

ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, o trabalho pretende:

- Elaborar mapas de uso e cobertura da terra com base em sensoriamento remoto e trabalho de campo, o que servirá para uma melhor caracterização da paisagem da área e, conseqüentemente, uma melhor identificação de seus problemas.
- Testar a viabilidade de técnicas de sensoriamento remoto, no que diz respeito ao uso e cobertura da terra em áreas de uso diverso e cobertura heterogênea, como é característico em áreas periféricas das regiões metropolitanas.
- Determinar os padrões de alteração no uso e cobertura da terra, a partir de informações multitemporais adquiridas em produtos de sensoriamento remoto, levantamentos de campo, dados estatísticos oficiais e trabalhos acadêmicos sobre os dois principais municípios que compõem a área da bacia: Suzano e Mogi das Cruzes.

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área escolhida para o estudo é um retângulo que compreende a Bacia do Taiaçupeba, limitado pelas coordenadas 23°33's; 46°22'w e 23°46's e 46°13'w. Em coordenadas UTM: x1: 359 000, x2: 376 000 m e y1: 7365 000, y2: 7400 000 m. (Fig. 3.1) Subdivide-se em três sub-bacias: sub-bacia do rio Taiaçupeba I (19,70km²); sub-bacia do Ribeirão Balainho (38,70km²); e sub-bacia do rio Taiaçupeba-Mirim, do tupi *mirim* 'pequeno' (49,70km²) (Fig. 3.2). Todos esses rios juntos formam o Taiaçupeba-Açu, do tupi *áçu* 'grande', marcando a divisão administrativa entre os municípios de Suzano e Mogi das Cruzes e finalmente desaguando no Rio Tietê.

Quanto ao uso e ocupação da terra, a área da bacia possui um assentamento urbano consolidado, principalmente nos distritos de Palmeiras, em Suzano, e de Jundiapéba, em Mogi das Cruzes. Nas proximidades do reservatório verificam-se amplas várzeas formadas pelos cursos do Taiaçupeba e Taiaçupeba-Mirim, cuja vegetação é composta por gramíneas que raramente ultrapassam 1m. Nas cotas mais altas são encontradas pastagens e culturas de ciclos curtos, entremeadas por plantações de eucalipto e *pinus*. As áreas de mata densa nativa, mais comuns à montante da bacia, são pouco vistas nas proximidades do reservatório, prevalecendo aí as capoeiras, vocábulo do tupi *ko'pwera*, de *ko* 'roça' + *pwera* 'que já foi', estas em diferentes estádios de regeneração.

Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo "Cfa", com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente inferior a 22°C e o total de chuvas no mês mais seco é sempre superior a 30mm (SETZER, 1966). A classificação pode ser traduzida como um clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações e com verão quente (AYOADE, 1986).

Por encontrar-se no domínio dos mares de morros florestados do Brasil Tropical Atlântico (Ab'Saber, 2003), esta área encontra-se no meio físico mais complexo em relação às construções humanas de todo o país, tanto para se encontrar sítios urbanizáveis, quanto para se construir e conservar estradas, pois,

além de sua morfologia característica, também é aqui conveniente ressaltar o regime de chuvas, o que acarreta em enxurradas e escorregamentos de encostas. Vale ressaltar que Ab'Saber (*op. cit.*) por diversas vezes cita o domínio dos mares de morros como “outrora florestados”, ou seja, esta característica não é a que atualmente melhor representa esse domínio.

De acordo com ROSS (1997), a área em questão é classificada como pertencente à província geomorfológica do Planalto Atlântico. O Planalto Paulistano, uma das zonas da província do Planalto Atlântico na qual a bacia está inserida, apresenta extensas áreas de relevos relativamente suavizados, desfeitos em morros e espigões serranos, configurando-se como áreas de cabeceiras de drenagem das principais bacias hidrográficas da região.

As Planícies Aluviais são terrenos baixos, mais ou menos planos, que ocorrem junto às margens dos rios e são sujeitos a inundações periódicas. As Colinas Pequenas com Espigões Locais ocorrem no contato com as Planícies Aluviais e estão densamente ocupadas, sobretudo junto aos eixos viários principais. Entretanto, essas não são incompatíveis com o assentamento urbano, desde que sejam respeitados critérios básicos de preservação ambiental.

De acordo com estudos contidos no Plano Diretor do Município de Suzano, o Sistema Morros Paralelos que está a leste da planície do Taiaçupeba-Mirim apresenta características geomorfológicas bastante marcadas pela litologia. A presença de rochas migmatíticas e gnáissicas, associadas à presença da Falha de Cubatão, determinam o estabelecimento de uma drenagem de alta densidade, padrão em treliça e localmente dendrítico. A ação da drenagem sobre a litologia com essas características originou um padrão de relevo altamente vulnerável à ocupação urbana descontrolada.

Os setores de relevo que representam maior fragilidade do ponto de vista geomorfológico, inadequados ao denso assentamento urbano no âmbito da bacia, correspondem às seguintes áreas:

- Planícies Aluviais do Taiaçupeba-Mirim, Balainho e Taiaçupeba-Açu;
- Espigão granítico e entorno próximo, que cumpre o papel de divisor de águas entre afluentes da margem esquerda do Taiaçupeba-Mirim.

- Área correspondente ao relevo de Morros Paralelos ao Sul de Suzano entre os rios Taiaçupeba-Mirim e Taiaçupeba-Açu.
- Área de inundação prevista para o preenchimento do reservatório de Taiaçupeba.

Fig. 3.1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Fig. 3.1: Mapa de Localização da Área na Região Metropolitana de São Paulo.

Elaboração: CORREIA JR., P. A. (2004).

Fig. 3.2. MAPA HIDROGRÁFICO COM A TOPONÍMIA DOS CURSOS D'ÁGUA

Fig. 3.2: Mapa hidrográfico da Bacia do Taiaçupeba sobre imagem de satélite.

Fonte: Sabesp / IPT (1997). Elaboração:
CORREIA JR., P. A. (2006)

4. BASES TEÓRICAS

TEORIA DOS SISTEMAS

Para Bertalanffy (1975), a Teoria Geral dos Sistemas tem como objeto formular princípios válidos para sistemas em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou forças existentes entre eles.

Segundo o mesmo autor, a estrutura da realidade permite a aplicação dos conceitos da Teoria Geral dos Sistemas, pois não se apresenta tão caótica a ponto de não permitir a formulação de esquemas relativamente simples. Para ele, as leis científicas representam apenas algumas abstrações sobre certos aspectos da realidade, ou seja, trabalham com modelos.

São bem conhecidas as vantagens e os perigos dos modelos. A vantagem é o fato de que este é o modo de criar uma teoria, isto é, o modelo permite deduções com base em premissas, explicações e previsões muitas vezes com resultados inesperados. O perigo é o excesso de simplificação. Para torná-lo conceitualmente manejável, temos de reduzir a realidade a um esqueleto conceitual, o que leva à questão de saber se procedendo desta maneira não são cortadas partes vitais dessa anatomia, o quanto mais variado e complexo for o fenômeno. (BERTALANFFY, 1975)

De acordo com ZAVOIANU (1985), a Geografia teve de alargar seus recursos metodológicos para resolver problemas referentes à interação entre os fenômenos espaciais. No caso da análise quantitativa de uma bacia hidrográfica, problemas de sistematização dos dados foram resolvidos com base na Teoria dos Sistemas, enquanto que a fase de processamento e inter-relacionamento dos mesmos podem ser tratados estatisticamente.

Por “sistema” entende-se um arranjo de entidades (elementos ou coisas) relacionadas ou conectadas, de tal forma que constituem uma unidade ou um todo organizado, com características próprias e interdependentes. Os elementos são as diversas partes de um sistema, como o leito de um rio, as vertentes de um vale, etc. Na verdade, essa é uma forma encontrada para dividir o ambiente devido à complexidade da natureza como um todo.

Os sistemas podem ser classificados em Isolados (onde não há troca de massa e energia, existentes apenas em laboratório) e Não-Isolados. Estes últimos podem ser classificados em Fechados (quando a entrada de massa é impedida, mas não a saída) e Abertos, onde há troca de massa e energia com os sistemas adjacentes.

A bacia de drenagem é um sistema aberto, havendo troca permanente de matéria e energia com o ambiente, sendo a precipitação o maior elemento contribuinte para a entrada de matéria nesse sistema, em conjunto com a radiação solar. Em contrapartida, os principais elementos na saída de matéria e energia do sistema bacia hidrográfica são o escoamento e a evapotranspiração.

As características da bacia são definidas pelo embasamento rochoso, relevo, solo (tipo e profundidade) e a cobertura vegetal, os quais são variáveis com inter-relações bem definidas, mas de difícil separação e quantificação.

MODELOS

CHRISTOFOLETTI (1999) destacou as principais características dos modelos:

- 1) Seletividade: implica na eliminação dos ruídos, sendo fundamental o contexto da relevância significativa das variáveis discernidas e a orientação da prioridade em função dos valores concebidos para integrá-los;
- 2) Estruturação: salienta que os aspectos selecionados da realidade são explorados em termos de suas conexões;
- 3) Enunciação: essa característica diz respeito ao potencial de sugestões que cada modelo deve ter para sua ampliação e generalização;
- 4) Simplicidade: o modelo deve ser suficientemente de simples manipulação e compreensão por parte do usuário, mas não comprometer a compreensão da totalidade das implicações que possa ter e a complexidade necessária para representar o sistema em estudo;
- 5) Analogia: os modelos não são a realidade e mostram apenas uma maneira aproximada de compreendê-la, ou seja, são representações (em escala) da realidade;

6) Reaplicabilidade: os modelos devem possibilitar seu uso para outros casos da mesma categoria.

Por constituírem um elo necessário entre os níveis da observação e as proposições teóricas, os modelos também têm diversas funções, descritas pelo autor supracitado:

- 1) Psicológica: possibilita a visualização de certas categorias de fenômenos, que sem os modelos estariam “mascaradas” dentro da complexidade do sistema;
- 2) Comunicativa: os modelos são estruturas onde as informações podem ser definidas;
- 3) Promissora: possuem um sentido gerador e fértil para novos enunciados e percepção de relações, tornando-se instrumentos promissores para se extrair o máximo de informações dos dados;
- 4) Logicidade: essa função ajuda a explicar como acontecem e se encadeiam determinados fenômenos;
- 5) Normativa: função que possibilita formular uma representação que permite a comparação de uma categoria de fenômenos com outras;
- 6) Adequação: a elaboração de modelos inserida no contexto dos procedimentos metodológicos possibilita a enunciação e a verificação de hipóteses, levando à validação ou refutação de leis e teorias, devendo apresentar adequabilidade à análise pretendida. Isso não permite que os modelos sejam avaliados como verdadeiros ou falsos, mas sim como apropriados, corretos, ajustados etc.
- 7) Previsibilidade: a previsão serve para ser comparada com a realização do fenômeno em outra situação, geralmente elaborada com base nas análises de regressão, mas que também podem ser derivados de modelos mais abrangentes.
- 8) Simulação de cenários possíveis em função de mudanças ambientais: a simulação pode ser realizada por meio de uma simples projeção ou tendência para sistemas complexos em sua distribuição espacial. A partir daí, se as previsões forem corretas, pode-se tomar decisões e fazer escolhas entre os cenários simulados pela modelagem.
- 9) Relacionar as mensurações dos processos em curto prazo com a evolução das formas em longo prazo: os modelos são necessários para extrapolar informações

adquiridas num período relativamente curto para outras escalas temporais. A eficácia desse processo se dará de acordo com a magnitude dos eventos, pelas modificações nos controles ambientais e pela ação antrópica.

10) Condensação têmporo-espacial: a função anterior mostra que os modelos têm a função de comprimir escalas espaciais e temporais.

11) Desenvolver “explicações” aplicáveis a todas as escalas: essa função é a que permite melhorar a compreensão do sistema que o modelo tenta descrever.

Para CHORLEY & HAGGETT (1975), a ciência é o processo de se usar a experiência anterior como base para a previsão. Também o objetivo de qualquer ciência (nomotética) é fazer previsões precisas sobre o estado futuro de determinado sistema, o que só pode ser feito com base em um conhecimento do sistema em questão ou de outros semelhantes. Isso serve para que se tenha controle sobre o sistema, tendo-se portanto que estar apto a fazer previsões.

Pelo princípio da indução, isto é, a tentativa de generalização mediante uma lógica dedutiva, indo da experiência à teoria, a ciência seria então o processo de tentar-se descobrir todas as generalizações necessárias para se ter um mínimo controle sobre o sistema estudado (no presente caso, o Geossistema delimitado pelos divisores de águas da bacia hidrográfica). Ao tentar-se descobrir todas as generalizações indutivas necessárias, é provável que a busca continue para sempre. Além disso, uma dificuldade reside em saber se a generalização se mostra ou não como verdadeira.

Para que os estudos sobre a previsão do comportamento de um sistema sejam efetuados, é então proposta a construção de modelos, dos quais se pode distinguir os estáticos (representam estruturas) e os dinâmicos (representam função).

De acordo com CHORLEY & HAGGETT (1975), os mapas são exemplos de representações estáticas, enquanto que as representações dinâmicas são feitas por meio de rotinas, como por exemplo, as programações feitas em computadores.

Esses autores afirmam ainda que nenhum mapa representa perfeitamente a realidade. Todavia, não fazendo isso, tornam-se mais úteis ainda, pois quando é

essencial que a representação de uma característica da paisagem seja firmemente gravada na mente de um usuário, são mais eficientes os mapas mais simples, os quais contêm um máximo de informação e um mínimo de ruído. Detalhes supérfluos apenas obstruem a transmissão da mensagem para o receptor.

A única representação perfeitamente fiel da realidade seria a cópia idêntica da própria realidade (em escala 1:1 e atualizada a cada instante), pois os mapas trazem consigo todos os problemas referentes à redução à escala, à perda da tridimensionalidade devido à projeção utilizada, ao artifício humano na criação de convenções, à falta de capacidade do receptor ao ler a representação de forma satisfatória, entre outros fatores. Em outras palavras, um mapa que contém toda a realidade que representa seria indistinguível da própria realidade.

Também abordando o tema sobre precisão na base cartográfica, ROSA & ROSS (1999) afirmam que não é necessário que se tenha uma base de dados perfeita, mas o importante é que seja adequada à aplicação proposta. No ato da seleção de detalhes a serem retratados é empregada a decisão por parte do geógrafo, que acaba por introduzir a arte no produto final. Se a redução da escala resultar em perda de fidelidade com a qual a realidade aparece no mapa, fator importante também é a escolha do grau de generalização a ser empregado.

Assim como outros autores, JOLY (1990) também considera que uma das grandes vantagens da modelização (sic) é sua aptidão teórica na previsão de acontecimentos, resultante do funcionamento do sistema modelado.

Para JOLY (1990), a Cartografia é a arte de conceber, de levantar, de redigir e de divulgar os mapas. Por mais confusa que essa definição possa parecer, interessa a este trabalho pelo fato de privilegiar não somente o trabalho científico para os cientistas, mas também a divulgação deste para os leigos.

Mesmo o mapa mais detalhado pode ser entendido como uma simplificação da realidade, pois é uma construção seletiva e representativa, a qual necessita de símbolos e sinais específicos e apropriados, cujas regras são decorrentes da Semiologia Gráfica.

O mapa também pode ser entendido como uma mensagem de informação sobre os objetos, as formas, os fatos e as relações contidas no espaço estudado que se expressa por meio de um sistema de símbolos, alguns de uso corrente e outros, mais complexos e/ou sutis, que devem ser explicitados por meio de uma legenda.

A partir disso, temos que a Cartografia é uma linguagem universal, pois procura sempre utilizar uma gama de símbolos compreensíveis por grande parte das pessoas, que tenham um mínimo de iniciação no ensino fundamental.

Segundo o mesmo autor, o mapa não é de total liberdade de quem o elabora, pois, para ser inteligível, implica numa certa lógica e, para ser claro, uma certa elegância na apresentação. Nessas condições, o mal-uso da simbologia cartográfica pode levar a graves erros de interpretação.

Para que um mapa então tenha seu papel comunicativo plenamente cumprido, necessita-se de algumas qualidades de forma, técnicas e didáticas que o tornem expressivo e facilmente legível. Um mapa se torna expressivo quando é capaz de atrair a atenção do usuário para os aspectos mais significativos do tema a ser abordado. A legibilidade do mapa significa a facilidade de se encontrar o aspecto procurado, diferenciando-o no meio de outros e o memorizando sem esforço.

A eficácia de um mapa significa sua perfeita adaptação aos seus objetivos, dentro dos limites de seu sistema de projeção e de sua escala, este último sendo mais relevante ao presente trabalho. Este aspecto implica que o produto seja conciso (excluindo qualquer digressão supérflua); completo (cobrindo a totalidade da superfície de referência); verdadeiro (mantendo-se dentro dos limites impostos pela documentação ou observação).

As reduções são perdas de detalhe, mas ganhos na maneabilidade do mapa. A escala então determina o nível de análise em função do espaço a cobrir e dos detalhes a serem atingidos, no plano da pesquisa e dos levantamentos de campo. Na fase da elaboração do mapa, a escala é condição de precisão, de legibilidade, de boa apresentação e da eficiência do produto. A seleção de

símbolos e a abstração da simbologia aumentam de acordo com a redução da imagem terrestre, ou seja, de acordo com a escala.

A escala, além de uma simples forma de relação de redução, é também um meio de interceptar sobre uma dada superfície de papel uma maior ou menor porção do espaço.

Quanto à generalização, esta é uma operação pela qual os elementos de um mapa são adaptados ao desenho de um mapa de escala inferior, que não ocorre sem uma certa deformação ou deslocamento dos objetos cartografados.

Tecnicamente, ela compreende:

- Uma seleção dos detalhes que é necessário conservar em função do assunto do mapa de seu valor significativo ou do seu papel como referência;
- Uma esquematização do desenho, chamada “generalização estrutural que, conservando a implantação dos diferentes grafismos, consiste em apagar ou atenuar características desprezíveis para acentuar, ao contrário, os caracteres importantes que, com a redução, correriam o risco de desaparecer. Entretanto, quando a escala diminui muito, é preciso apelar para uma generalização conceitual, ou seja, uma mudança radical da representação cartográfica, utilizando símbolos mais sintéticos e menos numerosos.
- Um deslocamento da posição original dos objetos para manter uma harmonização entre os elementos e as relações espaciais observadas em campo.

O conceito de generalização é muito importante para o presente trabalho, que pretende elaborar modelos cartográficos simplificados. A generalização, porém, não pode ser entendida como apenas uma redução mecânica, mas ela implica numa interpretação lógica e requer um certo “senso geográfico” (JOLY, 1990).

MONMONIER (1982), discorrendo sobre a generalização cartográfica, afirma que a generalização da base de dados é talvez a tarefa intelectual mais desafiadora para o cartógrafo. Para ele, o objetivo da generalização é a preservação das características essenciais do mapa e, para algumas feições, essa essência é mais dependente da escala.

ESTUDO DA PAISAGEM

É grande o número de autores que se dedicaram ao estudo da paisagem. Entretanto, essa diversidade também é refletida nas definições do termo, bem como em suas classificações. Estão citados aqui alguns dos autores que mais contribuíram para a ciência geográfica.

SOCTCHAVA (1978) define Geossistema como a organização do meio natural em termos de hierarquias funcionais. As ordens dimensionais do Geossistema podem ser: planetária, regional e topológica (sic).

De acordo com esse autor, o meio natural caracteriza-se pela homogeneidade e pela diferenciação, sendo os Geossistemas classificados em estruturas homogêneas (geômeros) e estruturas diferenciadas (geócoros). A área homogênea elementar (geômero elementar ou biogeocenose) exprime-se em pequenos espaços, enquanto que a área de diferenciação elementar (geócoro elementar) constitui o menor número de parcelas de combinações territoriais de áreas elementares, assegurando o mínimo de condições para o seu funcionamento e a manutenção específica do caráter (tônus) da geografia física.

TRICART (1979) define ecossistema como “um conjunto constituído por um grupo de seres vivos de diversas espécies e por seu meio natural, conjunto que é estruturado pelas interações que esses seres vivos exercem uns sobre os outros e que existem entre eles e seu meio”.

Em seu texto “Paisagem e Ecologia”, traduzido pelo professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro em 1981, Tricart (1979) critica os trabalhos de Soctchava (1978) e Bertrand (1972). Sobre o primeiro, afirma que o estudo dos soviéticos contém diversos problemas quanto à classificação das unidades de paisagem, pois os táxons, bem como seus princípios de classificação não são definidos com clareza.

Em outro trabalho, Monteiro (2001) destaca sua insistente busca por relacionar fatos físicos e humanos. Segundo ele, a tríplice “potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, proposto por Bertrand em 1968, é aceitável, porém não esclarece a conjunção e, segundo ele, não se difere muito do esquema do ecossistema, interligando fatores abióticos, bióticos e antrópicos. O

autor também destaca as diferenças entre as abordagens de Bertrand (ligada mais ao relevo) e Soctchava (ligada à biogeografia) e as relaciona com os locais de atuação dos dois cientistas.

Para TROPPEMAIR (2000), o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado, onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Três características fundamentais compõem o Geossistema: Morfologia, Dinâmica e Exploração Biológica.

Em “Geossistemas do Estado de São Paulo”, Troppmair critica o trabalho de Bertrand (1972), por considerar que este autor se refere a áreas relativamente pequenas para definir o Geossistema. Isto talvez seja devido ao autor referir-se ao território francês, de dimensões pequenas em relação ao Brasil.

Por fim, BERTRAND (1972), define as escalas de abordagem no estudo das unidades da paisagem, indo da escala zonal (pouca influência do homem), aumentando para domínio, região natural, geossistema, geofácies e geótopo, que seria o limite da visão humana em campo.

Em sua classificação, Bertrand situa o Geossistema entre a 4ª e a 5ª grandeza têmporo-espacial, compreendido entre alguns quilômetros quadrados a algumas centenas de quilômetros quadrados, não representando necessariamente uma grande homogeneidade fisionômica, sendo formado por paisagens diferentes que representam os diversos estágios da evolução do Geossistema.

Para o presente trabalho, o conceito dado por Bertrand (1972) mostrou-se como sendo o mais aplicável, pois define claramente as características e dimensões de um Geossistema. A Bacia do Taiaçupeba então será tratada como um Geossistema, por estar dentro das especificações descritas por Bertrand, possuindo características morfoclimáticas e funcionais específicas, devendo haver um estudo dirigido devido às suas peculiaridades.

GEOPROCESSAMENTO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são definidos por ROSA & ROSS (1999), como sistemas computacionais que armazenam e manipulam informações georreferenciadas, o que compreende capturar, armazenar, gerenciar, analisar e exibir dados com um componente espacial, de localização e atributos que os descrevem, chegando-se a um modelo digital de representação do espaço.

Sobre os Sistemas de Informações Geográficas, CHRISTOFOLETTI *et alli* (1992) afirmam que os mesmos são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial.

Os objetivos dos CADs (Computer Aided Design), programas para elaboração de desenhos com auxílio do computador, têm sido muitas vezes confundidas com aqueles atribuídos aos SIGs. A diferença entre um SIG e um CAD está no fato que este último é estritamente um instrumento digital de desenho e não necessariamente um processamento de informação espacial.

Geralmente, um CAD traz funções que permitem a representação de entidades geométricas, como o ponto, a linha e o polígono, sendo usado na entrada de dados, ou seja, no processo de digitalização de mapas, quando as informações da imagem matricial (*raster*) são passadas para o formato vetor, no qual será possível a atribuição de valores para os elementos do mapa, como no caso do valor das cotas altimétricas, no caso da representação das curvas de nível.

Por esse motivo, apesar das restrições de uso, os CADs são utilizados em conjunto com SIGs, por conservarem os atributos dos elementos da representação espacial, que são trabalhados posteriormente pelos Sistemas de Informação Geográfica, os quais possuem ferramentas que permitem relacionar informações de diferentes temas, bem como diferentes tipos de análise entre os elementos. Apesar disso, os dois sistemas possuem tratamento individualizado para cada tipo de entidade. O CAD aceita a mistura de entidades gráficas (pontos, linhas e polígonos) num só *layer* (camada ou plano de informação), enquanto nos SIGs as

entidades a serem representadas têm de ser definidas em cada plano de informação individual.

De acordo com ROSA & ROSS (1999), ao elaborar-se um determinado mapa, deve ter-se em mente o modelo de dados, dentro do qual devem ser considerados os tópicos referentes 1) aos temas, 2) aos sistemas de projeção cartográfica, 3) à escala e precisão, 4) à atualização, 5) aos atributos, 6) às formas de armazenamento e 7) à topologia.

- 1) Os temas contêm as características gráficas e descritivas de um determinado tipo de informação.
- 2) Os sistemas de projeção são representações planas da superfície da Terra feitas com o auxílio de um sólido geométrico, como o cilindro e o cone.
- 3) A escala é definida como sendo a razão entre as distâncias no mapa e na realidade. Serve para definir a precisão necessária para cada tipo de trabalho.
- 4) A atualização depende do tema a ser estudado. Dependendo do elemento da realidade estudado, o mapa deve ser atualizado com mais ou menos frequência. Por exemplo, um mapa de uso e ocupação do solo em periferias de áreas urbanas é um tema que demanda atualizações constantes.
- 5) Os atributos são definidos de acordo com cada tema, sendo importante definir uma codificação que identifique e individualize cada entidade gráfica como um único elemento ou como uma única classe de elementos, como curvas de nível, hidrografia, sistema viário, etc.
- 6) Dentre as formas de armazenamento dos dados em formato digital, existem dois modelos possíveis: o matricial, varredura ou *raster* e o vetorial (Fig. 4.1).

O modelo *raster* armazena os dados em malhas de células definidas por linhas e colunas perpendiculares entre si. Esses formatos são utilizados para armazenar imagens, como fotografias, imagens de satélite e de radar. O cotidiano está amplamente permeado por modelos de dados matriciais, como a televisão e os monitores de computador. Levando esse fato em conta, pode-se dizer que inclusive os vetores são expressos por meio desses modelos matriciais, ou seja, o homem torna essas variáveis em discretas, o que significa que entre uma célula e

outra não existe um caminho intermediário, ou seja, cada variável discreta é um indivíduo.

As características mais importantes de um modelo *raster* é a simplicidade na estrutura de dados, na análise espacial, na criação de mapas-síntese e na utilização de imagens de satélite. Nas imagens *raster* um *pixel* pode ocupar a tela inteira do computador. Entre os inconvenientes de se trabalhar com esse tipo de modelo estão o fato de se aumentar o tamanho do *pixel* sem interferir na qualidade da imagem; estabelecer conectividade em fluxos de redes; e manter uma precisão semelhante a um modelo vetorial e também o tamanho demasiado grande das imagens, devido à sua opacidade.

O modelo vetorial representa a realidade por meio de figuras geométricas, como o ponto, a linha e o polígono, sempre no plano cartesiano. São espacialmente estruturados por sua direção e distância, o que define os atributos compulsórios do vetor, ou seja, não são podem ser alterados.

7) Entende-se por topologia o fator que identifica as relações espaciais (vizinhança, conectividade, contenção e adjacência) estabelecidas entre os elementos gráficos, que são diferenciados e identificados, associando-lhes atributos descritivos.

O SENSORIAMENTO REMOTO

O termo sensoriamento remoto é definido por NOVO (1989) e por SABINS JR. (1987) como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos (alvos) sem que haja contato direto com os mesmos. SCHOWENGERDT(1997) define mais objetivamente o termo como sendo a medida de propriedades de objetos na superfície terrestre, utilizando dados obtidos por aeronaves e satélites.

Essa aquisição de informações é feita a partir da detecção do fluxo de energia radiante refletido ou emitido por objetos, que neste caso, encontram-se na superfície terrestre. O Sol é a principal fonte de radiação eletromagnética, seguida pela própria Terra, que reflete parte dessa energia.

Os diversos tipos de material são diferenciados pelo que se chama de “assinatura espectral”, ou seja, a soma das diferentes intensidades nos processos de emissão, absorção, reflexão e transmissão da radiação emitida pela matéria em diferentes comprimentos de onda (λ) (Fig. 4.2) (I).

Para a detecção dessa energia, que deve ser feita em determinada faixa do espectro eletromagnético (Fig. 4.3), faz-se uso de sistemas sensores, os quais devem possuir alguns componentes necessários para detectar a radiação emitida pelo objeto, que são: coletor, que recebe a energia; o detector, que capta a

energia coletada; o processador, que transforma os dados coletados em um formato inteligível; e finalmente o produto, neste caso uma imagem, que será utilizado pelo usuário.

COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS ALVOS

O comportamento espectral da superfície a ser estudada, também chamado de “assinatura espectral”, refere-se à relação que a REM pode ter com os alvos, podendo ser absorvida, transmitida ou refletida. Entretanto, a simples constatação da curva de reflectância de determinado objeto no espectro eletromagnético não é suficiente, pois existem diversos fatores que interferem na resposta deste no sensor. Entre esses fatores, estão as condições de coleta de dados, a distribuição do fluxo da radiação incidente sobre o alvo, a relação entre o ângulo de

observação do sistema sensor e a radiação, os efeitos atmosféricos e, obviamente, as propriedades físicas de cada material que compõe o alvo.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS SENSORES

Os sistemas sensores podem ser classificados em função da fonte de energia ou em função do tipo de produto. Quanto à sua fonte de energia, podem ser passivos (não possuem fonte própria de energia) ou ativos. Quanto ao produto gerado, podem dividir-se em não-imageadores e imageadores, estes discriminados a seguir:

- Sistemas Fotográficos;
- Sistemas de Imageamento por Quadros (Vidicon): adquirem a imagem da cena em sua totalidade num mesmo instante. São estes os que geraram as imagens RBV das séries Landsat 1, 2 e 3;
- Sistemas de Varredura (Eletrônica ou Mecânica): neste tipo de sistema, um sistema óptico grande-angular faz a imagem da cena em sua totalidade por meio de um arranjo linear de detectores, utilizados pelos sensores TM, MSS (Mecânica) e SPOT (Eletrônica).

NÍVEL DE AQUISIÇÃO DE DADOS

De acordo com NOVO (1989), o nível de aquisição de dados consiste na altitude do sensor em relação ao alvo. Esses tais níveis de observação podem ser genericamente chamados de: nível de laboratório / campo; nível de aeronave; nível orbital.

Neste trabalho as medições de laboratório não foram utilizadas, pois aí seriam coletadas as respostas de reflectância de cada tipo de material envolvido. Por outro lado, o campo foi de extrema importância, pois serviu de comparação às respostas do terreno nas imagens orbitais.

O nível de aeronave se faz presente nos levantamentos aerofotográficos, dos quais foram utilizadas fotografias aéreas para a comparação com as imagens orbitais

A aquisição de dados por meio de sensores a bordo de satélites artificiais é conhecida como “nível orbital”. Os produtos utilizados, oriundos de satélites como o Landsat e o SPOT, podem ser classificados como satélites civis ocidentais para aplicação em recursos terrestres, não tripulados, que operam na faixa do visível e IR. (CURRAN, 1985 *apud* NOVO, 1989)

SISTEMAS ORBITAIS

LANDSAT

O sistema Landsat foi desenvolvido pela NASA e já está em sua 7ª edição desde 1972, ano em que foi lançado. Primeiramente, os satélites Landsat 1 e 2 levavam a bordo o sensor RBV (Return Beam Vidicon), o qual captava a imagem semelhantemente a uma câmera de televisão, permitindo um registro instantâneo da cena. O sensor MSS (Multispectral Scanner) também era utilizado, com imageamento do terreno por varredura de linhas (line-scanner).

O Landsat 3, utilizava o sistema RBV modificado, gerando dados com melhor resolução espacial em uma única faixa do espectro e uma faixa espectral adicionada ao sistema MSS, operando na região do infravermelho termal.

A partir do Landsat 4 e 5, o sensor TM (Thematic Mapper) foi utilizado, em substituição ao MSS, operando em 7 faixas espectrais. Em relação ao sensor MSS, é um sistema de varredura multiespectral que obtém melhor resolução espacial, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica. A radiação captada da superfície atinge o espelho de varredura que oscila perpendicularmente à direção de deslocamento do satélite em sentido leste-oeste e oeste-leste. O sinal atravessa um telescópio e um conjunto de espelhos, cuja função principal é corrigir o sinal coletado pelo espelho de varredura. Dessa maneira, o sinal detectado em cada matriz de detetores de cada canal é transferido para um amplificador e convertido em sinal digital através de um sistema A/D (analógico/digital). A saída de dados é, então transmitida via telemetria (DPI-INPE, 2002).

O sensor utilizado a partir do Landsat 6 é o ETM (Enhanced Thematic Mapper), o qual também está a bordo do Landsat 7, o qual também opera com o ALS (Advanced Landsat Sensor), operando no VNIR e no SWIR.

CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS

O produto final desses sistemas é a imagem digital, que possui certas características como vistas a seguir:

Radiância: fluxo radiante que provém de uma fonte, numa determinada direção, por unidade de área. A quantificação da radiância contínua de uma cena é representada pelos níveis de cinza discretos na imagem digital, é dada por um número de bits por "pixel" para produzir um intervalo de radiância (INPE, 2002).

Banda espectral: intervalo entre dois comprimentos de onda no espectro eletromagnético.

Resolução: medida da capacidade que um sistema sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou espacialmente próximas. Pode ser classificada em espacial, espectral e radiométrica. **Resolução espacial:** mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. **Resolução espectral:** é uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. **Resolução radiométrica:** está associada à sensibilidade do sistema sensor em distinguir dois níveis de intensidade do sinal de retorno. (INPE, 2002).

LUCHIARI (2005) ainda faz uma abordagem histórica da utilização do sensoriamento remoto para a caracterização das atividades humanas sobre a superfície terrestre. Segundo o autor, o homem não modifica a natureza visando sua simples alteração, mas sim atribuir uma utilidade ao espaço modificado.

Neste trabalho, também salienta o procedimento que envolve o levantamento de uso e cobertura da terra, que envolve a utilização de imagens de sensoriamento remoto, bem como levantamento de campo, sob a forma de dados tabulares.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Existem diversas leis, resoluções e decretos, nos âmbitos federal, estadual e municipal, que abordam o tema do meio ambiente. Não se trata aqui de esgotar todo o assunto sobre legislação ambiental, que é bastante extenso, mas de abordar algumas leis que tiveram sua importância para o trabalho, principalmente as que tratam de recursos hídricos e de uso e ocupação da terra.

A Lei Federal N.º 4.771 de 15 de setembro de 1965, a qual institui o novo Código Florestal, apesar de relativamente antiga em relação a outros dispositivos legais, ainda é bastante atual e útil para a aplicação em questões de utilização da terra em bacias hidrográficas. Em seu Artigo 2.º, consideram-se de preservação permanente as florestas e formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1 – de 30m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10m (dez metros) de largura;

2 – de 50m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50m (cinquenta metros) de largura;

3 – de 100m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200m (duzentos metros) de largura;

4 – de 200m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600m (seiscentos metros) de largura;

5 – de 500m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m (seiscentos metros);

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos-d'água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros) de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% na linha de maior declive.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, entre outras disposições, constitui como algumas de suas diretrizes gerais, a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem a dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, bem como a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturas das diversas regiões do país.

De acordo com SÃO PAULO (Estado) – Secretaria do Meio Ambiente (1997), dos 185 km² do município de Suzano, 135 km² estão dentro da Área de Proteção aos Mananciais, o que representa, 73% do município.

No âmbito estadual, a Lei N.º 9.866/97, que dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo, afirma que a gestão dos mananciais deve adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, o que é uma das recomendações da Agenda 21, que é um documento de diretrizes ambientais elaborado durante a conferência da ONU para o meio ambiente - Rio-92. Também alerta quanto à tendência ao adensamento populacional em cidades de porte médio, o que acarretará em futuros problemas de abastecimento de água. Um dos fatores que mais contribuem para isso é a falta de articulação entre as políticas setoriais e a falta de participação dos agentes locais, que vêem na legislação um empecilho ao desenvolvimento da região.

A Lei Estadual nº 898 de 18 de dezembro de 1975, que disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e a Lei Estadual nº 1.172 de novembro de 1976, que delimita as áreas de proteção relativa aos mananciais, cursos e reservatórios de água a que se refere o artigo 2º da Lei nº 898/75 e estabelece normas de restrição de uso do solo em tais áreas, estabeleceram parâmetros de uso e ocupação do solo para as áreas de proteção aos mananciais, correspondentes a 54% da Região Metropolitana de São Paulo, pela criação de duas categorias de proteção, estabelecendo parâmetros

urbanísticos, usos permitidos e critérios para a implantação dos sistemas públicos de abastecimento de água, coleta e disposição de resíduos sólidos e de esgotos.

As áreas de primeira categoria são as de maior restrição de uso, situadas às margens das represas, dos rios e dos córregos, as áreas cobertas por matas, as áreas inundáveis próximas às represas e cursos d'água e as áreas de grande declividade.

As áreas de Segunda categoria correspondem ao restante das sub-bacias, apresentando as seguintes subdivisões:

- Classe A: Área urbana com densidade superior a 30 hab/ha. Para empreendimentos posteriores às leis, a densidade máxima permitida passou a ser de 50 hab/ha.
- Classe B: Áreas situadas no entorno daquelas consideradas urbanas e as destinadas à expansão urbana. A densidade de ocupação varia entre 25 hab/ha e 34 hab/ha.
- Classe C: As demais áreas, com densidade entre 6 hab/ha e 24 hab/ha.

Na esfera municipal, a lei mais importante para se tratar de problemas referentes às áreas de proteção aos mananciais e ao uso e ocupação da terra é o Plano Diretor, instrumento básico que deve ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade e dispor sobre os princípios e objetivos da política urbana, definindo os instrumentos urbanísticos a serem aplicados.

Sua elaboração depende do inter-relacionamento da Constituição Federal (Artigos 182 e 183), que condiciona o direito da propriedade à função; da Lei Federal nº 10.257, o Estatuto da Cidade, que consiste num conjunto de princípios e instrumentos que visam garantir as funções sociais da cidade e da propriedade; e da Lei Orgânica do Município, que são os princípios que estabelecem normas para o desenvolvimento municipal.

A lei do Estatuto da Cidade foi criada em 2001, alterando a concepção do Plano Diretor, o qual deve ser revisto ao menos a cada dez anos, buscando o aperfeiçoamento da realidade urbana, sendo essencial a participação popular.

No presente trabalho foi utilizado o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Suzano, Lei Municipal nº 145/04. Entre suas disposições, destacam-se as seguintes:

- promoção de usos das áreas urbanas e rurais compatíveis com a preservação ambiental;
- garantia do desenvolvimento ambiental sustentável;
- implementação de programas de remoção e reassentamento da população nas áreas consideradas de risco e de preservação permanente;
- preservação das áreas de interesse ambiental, em especial aquelas localizadas nos perímetros da várzea do Rio Tietê e de proteção aos mananciais;
- complementação da ação dos órgãos federais e estaduais responsáveis pelo controle ambiental;
- a Macrozona de Preservação Ambiental e Ocupação Restrita compreende as áreas legalmente protegidas por legislação estadual - Leis nº 898/75 e 1172/76 (Área de Proteção de Mananciais) e é caracterizada pela predominância de patrimônio natural, constituindo elemento fundamental para a preservação da rede hidrográfica do Município e para o processo de desenvolvimento sustentável.
- assegurar a qualidade ambiental e paisagística das Áreas de Preservação Ambiental (APAs) do Rio Tietê, da Represa de Taiaçupeba e dos Mananciais.
- A lei de uso e ocupação do solo considerará os seguintes aspectos para definir parâmetros e índices urbanísticos:
 - I - características do Meio, sua importância do ponto de vista ecológico, paisagístico ou histórico-cultural;
 - II - topografia do Terreno;
 - III - qualidade ambiental existente - a capacidade do meio receber novas cargas poluidoras;
 - IV - unidades de paisagem - compatibilidade de usos com os diversos tipos de solo;
 - V - a infra-estrutura existente ou projetada;
 - VI - as relações entre as características ambientais e os aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos.

- A Lei de Uso e Ocupação do Solo definirá:

I - taxas de ocupação;

II - taxas de permeabilidade;

III - índices de elevação;

VIII - áreas a serem preservadas ou de uso restrito;

IV - promover ação articulada com as Secretarias envolvidas, na gestão de Planejamento Urbano, uma efetiva fiscalização, quanto a ocupação irregular na zona de produção agrícola, em especial nas abrangências das microbacias do Rio Guaió e do Ribeirão Balainho (parte da bacia do Taiaçupeba), conservando a sua aptidão produtiva;

- Descrição da Macrozona de Preservação Ambiental e Ocupação Restrita: Região sul do município constituída pela área legalmente protegida por legislação estadual (Leis n. 898/75 e 1172/76) denominada Área de Proteção de Mananciais.

Como foi observado, as leis municipais, estaduais e federais são complementares, aumentando a objetividade de acordo com a diminuição da área em direção ao município, a última esfera política da federação.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em trabalhos desta natureza, é comum encontrar nos procedimentos metodológicos os níveis da pesquisa geográfica (compilatório, correlatório, semântico e normativo), propostos por LIBAULT (1971). Entretanto, como parte dos procedimentos metodológicos, no presente trabalho foi utilizado o conceito de modelagem, que de acordo com o proposto por CHRISTOFOLETTI (1999), pode ser considerada como instrumento da pesquisa científica.

A elaboração de modelos para os sistemas ambientais pode ser tida como uma hipótese, cuja avaliação funcionaria como um teste de hipóteses. Por esse motivo, a elaboração de modelos é um procedimento que pertence à pesquisa científica, que deve ser realizada segundo os critérios e normas da metodologia científica.

O procedimento pode ser seguido passo-a-passo, avaliando cada etapa seqüencialmente pelos caminhos da retroalimentação, podendo o mesmo procedimento ser aplicado para analisar e avaliar os modelos existentes e na sua reaplicação. Os passos são os seguintes:

a) Objetivos: o procedimento inicia-se pelo enunciado dos propósitos do modelo a ser elaborado:

- Qual o sistema a ser modelizado? (sic) - Bacia hidrográfica do Taiaçupeba
- Quais são as principais questões a serem focalizadas pelo modelo? (como o modelo poderá ser aplicado?) – As modificações no uso e cobertura da terra.
- Qual é a regra para finalizar a atividade da modelagem? (quão bom o modelo deve ser? Aos quais outros modelos ele deverá ser comparado?) – Cada modelo gerado deve ser comparado com o seu anterior, mostrando as modificações constatadas pelo sensoriamento remoto, pelos trabalhos de campo, pelas estatísticas oficiais e pela literatura existente sobre a área.
- Como os produtos (outputs) do modelo serão analisados, sumarizados e usados? – Os produtos do modelo poderão ser úteis, entre outras coisas, na determinação de áreas problemáticas quanto ao uso incompatível com a bacia e sobre a tendência de mudança de tipos de uso e cobertura.

- b) Hipóteses: essa etapa consiste em transladar os objetivos e o conhecimento disponível do sistema em enunciados de hipóteses. Neste caso, no início dos trabalhos, não era possível saber quais eram os tipos de uso e cobertura da terra predominantes na área nas décadas estudadas. As hipóteses giravam em torno de uma diminuição de atividades agrícolas e um aumento na área urbana.
- c) Formulação matemática: pode-se converter as hipóteses qualitativas em relações mais específicas, redefinindo sob o critério da precisão e do rigor matemático as formulações e os conceitos vagos. Este passo foi cumprido com o tratamento e calibração das imagens de diversas datas, para que depois fossem estudadas em conjunto, dando uma idéia precisa, em área, dos tipos de uso e cobertura.
- d) Verificação: a precisão dos enunciados é verificada nessa etapa, onde os projetos de modelagem que não necessitam de soluções numéricas devem ser verificados pela revisão das atividades realizadas durante a fase da formulação. Esta fase foi utilizada quando feito o trabalho de campo.
- e) Calibragem: essa fase consiste em estabelecer parâmetros para as entradas e condições internas para os sistemas, a fim de se verificar a adequação das respostas, pois essa etapa já é parte da produção de resultados. A técnica de calibração dos modelos foi utilizada e está devidamente descrita no capítulo de materiais e técnicas.
- f) Análise e avaliação do modelo: após a calibração do modelo, este pode ser utilizado para produzir as respostas almejadas nos objetivos que foram determinados, que se refere à execução do projeto. Este projeto, depois de pronto, servirá aos órgãos públicos, que carecem de maiores informações sobre a bacia, com suas características modificadas ao longo dos anos e suas tendências para o futuro.

6. MATERIAL E TÉCNICAS

MATERIAL BÁSICO DE TRABALHO

Hardware: Computador PC Pentium 4;

Software: Ilwis; Spring; Idrisi; AutoCAD Map; Excel;

Dados: Imagens Landsat MSS, TM e ETM+; Base Planialtimétrica em dwg;

TÉCNICAS

VETORIZAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

A vetorização consiste no processo de passagem de uma imagem matricial (formato varredura), constituída de *pixels*, cada um com valor único, para um modelo de dados vetorial, formado por entidades geométricas como o ponto, a linha e os polígonos. Este procedimento é importante para que cada feição da superfície, como por exemplo, os rios, as vias e os tipos de uso recebam, cada um deles, um atributo na tabela de dados, fator imprescindível para um SIG.

O programa utilizado para o referido foi o Autocad Map 2002, o qual permite, além da trivial vetorização, também um rápido georreferenciamento e o estabelecimento de relações topológicas entre os elementos do mapa, tais como a conectividade, a contigüidade e a proximidade.

Existem três tipos fundamentais de topologia numa representação espacial bidimensional: de nós (pontos), de redes (linhas) e de polígonos (áreas). Na base cartográfica, foi utilizada principalmente a de redes, para estabelecer as verdadeiras conexões entre os cursos d'água na bacia, pois os elementos do mapa podem estar corretos visualmente, mas não topologicamente, do ponto de vista do programa de computador. Da mesma forma, um polígono pode não estar topologicamente fechado, constituindo assim num arco, necessitando então de uma topologia poligonal.

Portanto, cabe salientar que existe uma grande diferença entre os desenhos feitos com auxílio de CADs e os desenhos feitos com o mesmo tipo de software, mas que sirva para uma análise geográfica. Este deve vir acompanhado de uma certa experiência do usuário em geometria e computação.

A parte final desta etapa consistiu em separar os arquivos em diferentes planos de informação (PI) temáticos e numéricos, para serem posteriormente importados para o Ilwis 3.3 e implementados no banco de dados geocodificado.

PROCESSAMENTO DAS IMAGENS MATRICIAIS

CALIBRAÇÃO RADIOMÉTRICA

Os procedimentos para calibração das bandas reflectivas do Landsat (1,2,3,4,5 e 7), propostos por CHANDER & MARKHAM (2003) são baseados numa curva de duração da calibração radiométrica para o instrumento (TM), derivada de seu calibrador interno, do cruzamento com o calibrador do ETM+ e medições experimentais (*vicarious measurements*). Tais procedimentos, que devem ser adotados pelos usuários que queiram comparar dados de diferentes instrumentos, tornarão melhor a precisão na calibração, a sua consistência dos dados ao longo do tempo e a consistência destes com o instrumento ETM+.

A calibração radiométrica é em procedimento de grande importância, pois, desde o lançamento do Landsat 5 em março de 1984, as características do método de calibração radiométrica tornaram-se obsoletas, devido a modificações em seu calibrador interno ao longo do tempo. As unidades de radiância para a calibração dos dados do Landsat 5 TM então tiveram de ser modificadas, para se manterem coerentes com os dados do Landsat 7 ETM+. Houve então um fator de conversão de 1:10, passando das unidades de radiância $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ para $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$.

O primeiro passo para a calibração das imagens é a conversão para valores de Radiância, o que é fundamental para colocar imagens de diferentes sensores e plataformas numa única escala radiométrica. Durante a geração de produtos no Nível 1 (*Level 1* – L1), valores dos pixels (Q) do nível zero (*Level 0* – L0), da imagem pura, ainda não processada, são convertidos para unidades de radiância

absoluta. Esses valores são dessa forma colocados numa escala de valores de 8 bits, o que representa os números digitais calibrados (Q_{cal}), antes de sua saída.

A conversão de valores Q_{cal} para valores de radiância para o produto L1 é obtida a partir da equação:

$$L_{\lambda} = [(L_{max_{\lambda}} - L_{min_{\lambda}}) / Q_{cal \ max}] Q_{cal} + L_{min_{\lambda}}$$

Onde:

L_{λ} : radiância espectral, em $W/(m^2.sr. \mu m)$;

Q_{cal} : valor pixel calibrado em Número Digital (*Digital Number – DN*);

$Q_{cal \ min}$: o valor mínimo do pixel calibrado ($DN=0$), correspondente a $L_{min_{\lambda}}$;

$L_{min_{\lambda}}$: radiância espectral medida para o $Q_{cal \ min}$, em $W/(m^2.sr. \mu m)$;

$L_{max_{\lambda}}$: radiância espectral medida para $Q_{cal \ max}$, em $W/(m^2.sr. \mu m)$.

Neste trabalho foram utilizadas imagens de diferentes datas do satélite Landsat, dos sensores MSS, TM, da seguinte forma:

Tabela 6.1: Imagens utilizadas no trabalho		
SENSOR	BANDAS	DATA
MSS	4, 5, 6, 7	12/10/1976
TM	1,2,3,4,5,7	12/09/1988
		17/06/2000

Até agora, o procedimento apresentou os parâmetros para a calibração das imagens TM em relação às imagens ETM+. Portanto, aqui não serão citadas as imagens ETM+. Quanto às imagens MSS, estas terão seu procedimento de calibração descrito mais adiante.

As imagens TM deverão ser trabalhadas utilizando os alguns parâmetros, fornecidos no cabeçalho da imagem, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):

TABELA 6.2 DADOS DA IMAGEM DO SENSOR TM DE 12/09/1988
Satélite L5 Sensor TM Órbita 219 Ponto 76 Data de Passagem 1988-09-12 (aa/mm/dd) Azimute Solar 56.62 Elevação Solar 45.56
Fonte: INPE, 2004. Org.: CORREIA JR., P. A.

Para as imagens de 2000, os parâmetros são os seguintes:

TABELA 6.3 DADOS DA IMAGEM DO SENSOR TM DE 17/06/2000
Satélite L5 Sensor TM Órbita 219 Ponto 76 Data de Passagem 2000-17-06 (aa/mm/dd) Azimute Solar 39.32 Elevação Solar 32.34
Fonte: INPE, 2004. Org.: CORREIA JR., P. A.

Esses valores são importantes para os cálculos, pois são variáveis das equações descritas anteriormente. Já os valores de L_{min} e L_{max} , que nesse caso são válidos para imagens de 01 de março de 1984 a 04 de maio de 2003, foram fornecidos por Chander & Markham (2003)

TABELA 6.4 VALORES DE Lmin e Lmax para as bandas espectrais 1-7, em $W/(m^2.sr.\mu m)$ (de 01/03/1984 a 04/05/2003)		
Banda	Lmin	Lmax
1	-1,52	152,10
2	-2,84	296,81
3	-1,17	204,30
4	-1,51	206,20
5	-0,37	27,19
6	1,2378	15,303
7	-0,15	14,38
Modificado de Chander & Markham (2003). Org.: CORREIA JR., P. A.		

Inserindo os valores na fórmula, obtém-se as imagens radiância:

$$L1 = 0,60 \times B1 - 1,52$$

$$L2 = 1,18 \times B2 - 2,84$$

$$L3 = 0,81 \times B3 - 1,17$$

$$L4 = 0,81 \times B4 - 1,51$$

$$L5 = 0,11 \times B5 - 0,37$$

$$L7 = 0,06 \times B7 - 0,15$$

Tais operações aritméticas com as diversas bandas espectrais do sensor TM (exceto a banda termal) foram realizadas com auxílio do programa Ilwis 3.3, por meio da operação “*Map Calculation*”. Ainda é possível, com o mesmo programa, realizar diversas operações matemáticas no campo específico no alto da tela, com relativa facilidade.

A partir da obtenção das imagens radiância, o próximo passo é utilizar mais essa variável para, finalmente, obter-se as imagens reflectância. Essas correções são referentes ao topo da atmosfera, portanto não corrigindo o efeito atmosférico.

Este último não foi considerado devido à dificuldade na obtenção de dados, principalmente quando se trata de imagens multitemporais.

De acordo com CHANDER & MARKHAM (2003), há duas vantagens no uso da reflectância, em vez de radiância, quando se trabalha com imagens de diferentes datas. A primeira delas é a eliminação do efeito co-seno, devido a diferenças de horário entre as aquisições das imagens, do ângulo zenital solar. Segundo, há compensação para diferentes valores de irradiação solar exoatmosférica, que surgem com diferentes bandas espectrais. Essa combinação entre reflectância na superfície e na atmosfera terrestres pode ser calculada a partir da fórmula:

$$\rho_p = (\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2) / (ESUN_\lambda \cdot \cos\theta_s)$$

Onde:

ρ_p : Reflectância aparente (adimensional)

L_λ : Radiância espectral

d : Distância Terra-Sol em unidades astronômicas (aprox. 1,0)

$ESUN_\lambda$: Irradiância espectral média solar no topo da atmosfera

θ_s : Ângulo zenital solar (em graus)

Os valores de $ESUN_\lambda$ foram obtidos a partir do espectro CHKUR, que é tido como uma melhoria do valor de Neckel and Labs, ambos descritos por CHANDER & MARKHAM (2003). A seguir serão apresentados os valores CHKUR:

TABELA 6.5 $TM - ESUN = W/(m^2 \cdot \mu m)$		
BANDA	LANDSAT 4	LANDSAT 5
1	1957	1957
2	1828	1826
3	1557	1554
4	1033	1036
5	214,9	215,0
7	80,72	80,67
Modificado de Chander & Markham (2003)		

Utilizando os dados apresentados na fórmula da reflectância, obteve-se os seguintes resultados:

$$\rho_1 = [(\Pi \cdot L_1 \cdot 1) / (1870)] \times 255$$

$$\rho_2 = [(\Pi \cdot L_2 \cdot 1) / (1748)] \times 255$$

$$\rho_3 = [(\Pi \cdot L_3 \cdot 1) / (1473)] \times 255$$

$$\rho_4 = [(\Pi \cdot L_4 \cdot 1) / (991,8)] \times 255$$

$$\rho_5 = [(\Pi \cdot L_5 \cdot 1) / (2144,4)] \times 255$$

$$\rho_7 = [(\Pi \cdot L_7 \cdot 1) / (77,96)] \times 255$$

Neste caso, a equação descrita anteriormente foi multiplicada pela constante 255, para que a imagem fosse convertida para 8 bits. Após todo o procedimento concluído, espera-se uma precisão de aproximadamente 5%, reprocessando os dados puros com os parâmetros atualizados para sua calibração (Chander & Markham, 2003).

Com o procedimento anterior descrito minuciosamente, os dados MSS foram calibrados de maneira distinta, mais rápida e tão eficaz quanto a anterior, com auxílio do programa ENVI RT 3.5. Por meio da ferramenta básica de calibração (*Calibration Utilities*, no menu *Basic Tools*), é possível escolher o instrumento imageador, no caso, o Landsat MSS. A partir disso, alguns parâmetros utilizados nas fórmulas vistas anteriormente também serão

necessários, como: satélite, dia, mês e ano da aquisição dos dados, e o ângulo de elevação solar (em graus). Ainda é possível escolher o resultado final da calibração, se em radiância ou reflectância.

Apesar da rapidez do método, é importante que as fórmulas sejam conhecidas, pois os parâmetros ficam ocultos quando o programa o faz automaticamente. Os parâmetros para a calibração das imagens MSS são discriminados a seguir:

TABELA 6.6 DADOS DA IMAGEM DO SENSOR MSS DE 12/10/1976
Satélite L1 Sensor MSS Órbita 235 Ponto 76 Data de Passagem 1976-10-12 (aa/mm/dd) Azimute Solar 79.1096 Elevação Solar 41.3319
Fonte: INPE, 2004. Org.: CORREIA JR., P. A.

CORREÇÃO GEOMÉTRICA E REGISTRO

Após a calibração radiométrica, que é feita para toda a cena e não só para o recorte que envolve a área de estudo, foi feita a correção geométrica das imagens multitemporais.

Imagens geradas por sensores remotos possuem distorções em relação à base cartográfica, necessitando de correção. Este procedimento envolve a transferência das coordenadas da imagem de linhas e colunas para o sistema de coordenadas da base cartográfica de referência, com coordenadas geográficas ou cartesianas.

A técnica mais utilizada para realizar a correção geométrica é por meio do georreferenciamento das imagens, a partir dos pontos de controle do terreno,

envolvendo uma grande interatividade do usuário com o software, neste caso, o Ilwis 3.2 (ITC).

Neste procedimento, uma imagem é aberta lado a lado com a base cartográfica previamente vetorizada e georreferenciada. O sigma (ajuste obtido entre os pontos) foi inferior a 0,5 *pixels*, o que pode ser considerado um valor satisfatório. Após o georreferenciamento, todas as imagens foram reamostradas, utilizando o interpolador bilinear. Nesta etapa, além do tamanho do pixel de saída, foram definidos os limites superiores e inferiores da área útil da imagem, neste caso, as coordenadas UTM x_1 359000m, x_2 376000m, y_1 7370780m e y_2 7394000m.

Após escolher o tipo de transformação, neste caso, o bi-linear, são escolhidos os pontos de controle. É necessário pelo menos 30 pontos, distribuídos homogeneamente por toda a área da imagem a ser trabalhada, para obter-se um limiar (sigma) inferior a 0,5 *pixels*, o que é considerado um valor preciso. Este procedimento exige uma grande acuidade visual, pois é preciso identificar os pontos homólogos entre a imagem e a base cartográfica, necessitando, para isso, um certo tempo de experiência com o material utilizado. As feições de maior facilidade para serem utilizados como pontos de controle são os cruzamentos de estradas e cursos d'água. Este procedimento torna-se mais difícil com as imagens mais antigas, pois se diferem das feições representadas na carta topográfica, além de sua resolução espacial e espectral ser menor.

Feita a correção geométrica, depara-se com o problema de qual o valor do DN, ou *digital number* (nível de cinza) deverão assumir os pixels redefinidos na nova imagem. Para isso, a opção de reamostragem (Resample) é utilizada. A partir daí, os novos pixels passam a possuir um novo valor de nível de cinza e a imagem assume um tamanho menor, definido pelos limites do sistema de coordenadas, eliminando-se partes da cena que não são necessárias ao estudo, facilitando também o processamento da imagem.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

De acordo com FORESTI *et al* (1987), os índices de vegetação (IV) são modelos numéricos que visam indicar a densidade de vegetação (fitomassa) através de razões e combinações, lineares ou não, das respostas espectrais do alvo nas regiões do vermelho e do infravermelho próximo.

O NDVI é um indicador de vigor vegetal, onde sua magnitude é relacionada com o nível de atividade fotossintética na vegetação e pode ser empregado para avaliar o vigor da vegetação, monitorar a cobertura vegetal, auxiliar na detecção de desmatamentos e queimadas, dar suporte à previsão da produtividade agrícola etc. O número obtido é adimensional, numa escala de que vai de -1 até +1. Os valores muito baixos, próximos a -1, correspondem aos corpos d'água, pois os valores de reflectância desta no visível são maiores que no infra-vermelho próximo. Valores intermediários correspondem às áreas altamente urbanizadas e às baixas densidades de vegetação, enquanto que os valores próximos de +1 correspondem à vegetação densa e sadia. Este comportamento deve-se ao fato de que a vegetação normalmente tem reflectância baixa na banda do vermelho e alta no infravermelho próximo. No primeiro caso, é a clorofila que absorve a radiação solar para permitir a fotossíntese, enquanto que o tecido das folhas tem baixa absorção no IVP. Já a cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo.

Este índice é obtido pela fórmula $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$, onde IVP e V são respectivamente os valores de reflectância das bandas do infravermelho próximo e do vermelho.

Como descrito em XUEGONG *et al.* (2002), trabalho onde são utilizadas imagens multitemporais, para os dados do instrumento MSS, o NDVI é calculado utilizando-se a seguinte relação:

$$NDVI_{MSS} = (B7 - B5) / (B7 + B5)$$

Já para os valores obtidos a partir do TM, a relação é a seguinte:

$$NDVI_{TM} = (B4 - B3) / (B4 + B3)$$

Os produtos do Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada para os anos de 1976, 1988 e 2000 podem ser vistos a seguir:

CLASSIFICAÇÃO

Segundo Crósta (1992), a distinção e identificação das composições de diferentes materiais na superfície terrestre é um dos principais objetivos do sensoriamento remoto. Tais ações só são possíveis devido ao comportamento distinto dos materiais no espectro eletromagnético.

Os materiais de superfície, representados na imagem por meio de pixels, podem então ser agrupados em classes. Essa classificação pode ser entendida como uma associação do valor (DN) do *pixel* a um “rótulo”, o qual designará o objeto na realidade.

Entretanto, o processo de agrupamento apresenta alguns problemas. Por exemplo, objetos totalmente distintos podem ter a mesma intensidade de brilho na imagem. Por esse motivo, a precisão na classificação dependerá de um maior número de bandas espectrais, além de operações de realce, pois objetos que possuem um mesmo comportamento num espaço de atributos, ou seja, no cruzamento entre duas bandas espectrais, pode ter suas características diferenciadas em outras combinações de bandas. Assim, cada classe terá sua área específica dentro de um espaço de atributos (Crósta, 1992).

O conteúdo da imagem, além dos níveis de cinza (DN), também deve ser interpretado pelo seu arranjo espacial na imagem (textura e forma). É por esse artifício que áreas de comportamento espectral semelhante, como área urbana e solo exposto, podem ser diferenciadas na classificação. Na grande maioria dos casos, o levantamento de campo pode trazer informações importantes para o processo.

Existem três tipos de classificação: a supervisionada, a não-supervisionada e a híbrida. Na primeira, o usuário identifica previamente alguns pixels (amostragem) e o programa de computador localiza os demais e os relaciona a determinada classe. No segundo, o próprio programa define as classes, agrupando os pixels de acordo com critérios estatísticos. No terceiro caso, adota-se uma classificação não-supervisionada e, a partir dos resultados desta, amostras são selecionadas para uma classificação supervisionada.

FATIAMENTO DE NÍVEIS

O fatiamento de níveis (*level slicing*) é tido como o processo mais simples de classificação de padrões de uma imagem de sensoriamento remoto. Este processo unidimensional de classificação, aplicado a apenas uma banda de cada vez, consiste no realce de pixels situados dentro de um intervalo, onde os níveis de intensidade mínimo e máximo são definidos pelo usuário para cada classe (fatia).

Os limiares foram definidos da seguinte forma:

Tabela 6.7: Valores máximos de níveis de cinza para cada fatia, baseados no NDVI.	
FATIAMENTO	LIMITES SUPERIORES
MSS 1976	
AV (Ausência de vegetação)	-0,31
BD (Baixa densidade de vegetação)	0,24
MD (Média densidade de vegetação)	0,61
AD (Alta densidade de vegetação)	1,00
TM 1988	
AV (Ausência de vegetação)	-0,25
BD (Baixa densidade de vegetação)	0,35
MD (Média densidade de vegetação)	0,50
AD (Alta densidade de vegetação)	1,00
TM 2000	
AV (Ausência de vegetação)	-0,07
BD (Baixa densidade de vegetação)	0,32
MD (Média densidade de vegetação)	0,48
AD (Alta densidade de vegetação)	1,00

O fatiamento, obtido a partir dos NDVI, elaborado a partir das imagens multitemporais dos sensores MSS e TM foi dividido em quatro classes: AV

(Ausência de Vegetação), BD (Baixa Densidade de Vegetação), MD (Média Densidade de Vegetação) e AD (Alta Densidade de Vegetação), representadas respectivamente pelas cores azul, vermelho, verde claro e verde escuro.

Com este pequeno número de classes, eliminaram-se os problemas de classificação e confusão de classes, bem como se agilizou o processo de obtenção de dados que mostram as modificações nos padrões de uso da terra e cobertura vegetal da área da bacia do Taiaçupeba.

Os produtos do fatiamento estão representados a seguir:

Fig. 6.3: Imagens-fatiamento de 1976, 1988 e 2000 e respectivas áreas (em ha).

A próxima tabela apresenta os valores totais de área (em ha) por fatia, obtidos pela técnica do sensoriamento remoto:

Tabela 6.8: Área das fatias em hectares (1976, 1988 e 2000).	
Fatias	Área (ha)
1976	
Ausência de Vegetação	1533,15
Baixa Densidade de Vegetação	8340,66
Média Densidade de Vegetação	16468,92
Alta Densidade de Vegetação	13073,22
1988	
Ausência de Vegetação	527,67
Baixa Densidade de Vegetação	5881,23
Média Densidade de Vegetação	17796,96
Alta Densidade de Vegetação	15291,36
2000	
Ausência de Vegetação	783,72
Baixa Densidade de Vegetação	5583,15
Média Densidade de Vegetação	9756,18
Alta Densidade de Vegetação	23374,17

Fig. 6.4. FAT 1976

Fig. 6.5. MAPA FAT 1988

Fig. 6.6: MAPA FAT 2000

Para uma melhor análise multitemporal, os dados foram padronizados, convertidos para valores percentuais e representados em setogramas:

Os dados de 1976, 1988 e 2000 foram também comparados com os de 2001, que serão tratados posteriormente, quando será abordada a técnica de fusão e segmentação de imagens.

Nota-se que a fatia de baixa densidade (BD) aumentou 5% de 1988 até 2001. Por outro lado, a fatia de alta densidade (AD) aumentou 3%, enquanto a fatia de média densidade (MD) diminuiu em 8%. Esses dados mostram que as

áreas de média densidade, descritas como “capoeiras”, deram lugar a uma vegetação mais densa, pelo processo de regeneração.

TÉCNICA DE FUSÃO DE IMAGENS PARA REALCE DE DIFERENTES CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA

A título de comparação de técnicas, foi elaborada, sobre uma imagem de 2001, uma fusão, para posterior segmentação, resultando num mapa de uso e cobertura da terra mais detalhado, como descrito em CORREIA JR. *et al* (2004).

A sétima edição do programa Landsat, com o nome de Landsat-7 ETM+ possui praticamente as mesmas características do seu antecessor Landsat-5 TM. Além do padrão de órbita e tempo de repetição de imageamento, o sistema continua adquirindo imagens com 30 metros de resolução espacial em suas bandas multiespectrais.

A técnica da fusão de imagens foi então aplicada para se integrar as qualidades multiespectrais das diversas bandas do instrumento ETM, mas com a qualidade pictórica da ETM8, com 15m de resolução espacial. A possibilidade de trabalhar com imagens multiespectrais e pancromáticas geradas pelo mesmo sensor tem a grande vantagem das imagens terem sido adquiridas no mesmo instante de imageamento. Ou seja, sobre as mesmas condições de iluminação da cena.

Sendo assim, houve um ganho de qualidade para a posterior classificação, pois se trata de uma área de estudo com diversos tipos de uso da terra e cobertura vegetal, o que é característico das áreas onde a ocupação urbana indevida é mesclada com áreas de diferentes tipos de uso e que possuem diversos tipos de vegetação, o que consiste um grande desafio para o sensoriamento remoto.

Para o processamento digital das imagens, foram utilizadas as bandas ETM1 (Blue), ETM2 (Green), ETM3 (Red), ETM4 (Near IR), ETM5 (Mid IR) e ETM8 (Pan) do satélite Landsat 7 ETM+ (órbita 219 ponto 77 de julho de 2001).

Todas as etapas do trabalho foram realizadas no *software* ILWIS 3.2 (ITC-Holanda).

AMENIZAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS

A metodologia adotada foi a da subtração do pixel escuro proposto por Chaves (1988). Este método seleciona um valor a ser subtraído da imagem por meio da análise do histograma de cada banda. Os níveis de cinza (DNs) escolhidos geralmente são aqueles que apresentam uma variação abrupta de sua frequência em relação aos níveis de cinza mais baixos.

CORREÇÃO GEOMÉTRICA

As imagens ETM1, ETM2, ETM3, ETM4 e ETM5 foram corrigidas definindo 20 pontos de controle identificados na imagem e na carta topográfica de referência (Sabesp/IPT, 1997). Tomou-se o cuidado de distribuir os pontos homólogos ao longo de toda a área de estudo com o objetivo de obter uma boa precisão de ajuste.

O registro da ETM8 foi feito utilizando as imagens corrigidas com a base cartográfica.

O interpolador utilizado para a reamostragem das imagens foi o vizinho mais próximo, por este conservar o valor do pixel da imagem original.

FUSÃO MULTIESPECTRAL + PAN

A fusão multiespectral + pan explora o espaço de representação de cores denominado de HSI. Uma alternativa ao espaço RGB (Vermelho, Verde e Azul, do inglês Red, Green e Blue).

No sistema HSI as cores são formadas pelos atributos H (Matiz) que define a cor do objeto, S (Saturação) que determina a pureza e o I (Intensidade) que é responsável pela sensação de brilho da imagem.

Crósta (1999) descreve a Matiz como a medida do comprimento de onda médio da luz que reflete ou emite. A Saturação expressa os intervalos de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida. A Intensidade é a medida de energia total envolvida em todos os comprimentos de onda.

A grande vantagem na utilização do HSI é a possibilidade de três atributos responsáveis pela representação de cores serem analisados e manipulados individualmente (Crósta, 1999; Lillesand et al. 2004), ao contrário do sistema RGB onde eles são intrinsecamente interligados.

Como forma de melhorar a qualidade textural das bandas multiespectrais (30m), associando a suas estruturas a resolução espacial da banda pancromática. (15m), a transformação HSI foi realizada.

Esta técnica, denominada de fusão de imagens, é implementada de forma generalizada em três etapas. Em primeiro lugar, calcula-se o Matiz, a Saturação e a Intensidade do conjunto de imagens. Na segunda etapa, substitui-se a componente Intensidade pela banda pancromática. Por último, aplica-se a transformação para o espaço RGB.

O calculo da intensidade média (INT) do conjunto de imagens foi feito utilizando a seguinte a seguinte relação:

$$INT = (ETM1 + ETM2 + ETM3 + ETM4 + ETM5) / 5$$

Utilizando o programa Ilwis 3.2, foi realizada a substituição da componente INT pela ETM8 individualmente para cada banda aplicando a formula:

$$IT1 = ETM1 / INT * ETM8$$

$$IT2 = ETM2 / INT * ETM8$$

$$IT3 = ETM3 / INT * ETM8$$

$$IT4 = ETM4 / INT * ETM8$$

$$IT5 = ETM5 / INT * ETM8$$

O produto desta abordagem são 6 imagens com duas características básicas: a primeira é que possuem 15 metros de resolução espacial herdadas da substituição da componente Intensidade pela ETM8; a segunda é que guarda as características de cores das bandas multiespectrais.

ANÁLISES VISUAIS E ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Para verificar o resultado da fusão de imagens, foram realizadas análises visuais e estatísticas.

A análise visual baseou-se na geração de inúmeras composições coloridas RGB com o intuito de encontrar uma triplete que melhor discrimine os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal.

Valores de média ($\bar{x}$), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (cv) foram calculados para cada banda antes e depois do procedimento de fusão para verificar as modificações decorridas do processamento.

Um índice de correlação de bandas denominado “Índice de Fator Ótimo” (IOF) foi aplicado para ranquear as tripletes de imagens que possuem as maiores quantidades de informações estatísticas, ou seja, as combinações que possuem as somas mais altas de desvio padrão e de menor correlação.

O número de triplete que pode ser formada para um determinado conjunto de n bandas é definido aplicando a relação n bandas com arranjo de 3 a 3. Ou seja:

$$N!/(3!(N-3)!)$$

O Índice de Fator Ótimo (IOF) é calculado dividindo o valor obtido pela soma dos desvios padrões pelo resultado da soma dos coeficientes de correlação. Ou seja:

$IOF = Std_i + Std_j + Std_k / Corr_{i,j} + Corr_{i,k} + Corr_{j,k} $
--

Onde:

Std_i desvio padrão da banda i

Std_j desvio padrão da banda j

Std_k desvio padrão da banda k

$Corr_{ij}$ coeficiente de correlação da banda i e j

$Corr_{ik}$ coeficiente de correlação da banda i e k

$Corr_{jk}$ coeficiente de correlação da banda j e k

RESULTADOS DA FUSÃO DE IMAGENS

O método de subtração do pixel escuro deslocou os histogramas das imagens brutas para o lado esquerdo, escurecendo as imagens. Os valores subtraídos de cada banda são descritos na tabela 1.

Tabela 6.9: Valores subtraídos de cada banda para a atenuação dos efeitos atmosféricos						
Bandas	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM8
Valor Subtraído	41	25	18	9	5	10

Observa-se que os valores são maiores nas bandas do visível, diminuindo em direção ao infravermelho próximo. Isso ocorre basicamente por dois motivos: a metodologia utilizada não corrige os efeitos atmosféricos, mas apenas ameniza os efeitos do espalhamento atmosférico; e o espalhamento atmosférico é inversamente proporcional ao comprimento de onda.

Os resultados das análises estatísticas mostraram que houve diminuição nos valores de média, de desvio padrão e de coeficiente de variação na maior parte das bandas após a aplicação da fusão, com exceção das imagens INT4 e INT5, onde houve um aumento no coeficiente de variação. (Tabela 6.9 e 6.10).

Tabela 6.10: Valores estatísticos das imagens antes da fusão			
Bandas	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
ETM1	10,75	6,02	0,56
ETM2	14,65	8,09	0,55
ETM3	17,15	12,58	0,73
ETM4	38,21	10,77	0,28
ETM5	43,56	15,55	0,35
ETM8	26,57	7,34	0,27

Tabela 6.11: Valores estatísticos das imagens depois da fusão			
Bandas/Estat.	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
INT1	9,92	4,32	0,43
INT2	13,49	5,99	0,44
INT3	15,34	9,4	0,61
INT4	38,06	14,87	0,39
INT5	41,07	11,7	0,28

Este resultado pode estar relacionado às características dos tipos de uso e ordenamento da área estudada. A aplicação da fusão aumentou a variabilidade estatística das áreas urbanas, melhorando a resolução e o conseqüente detalhamento. Por outro lado, a área de estudo possui uma grande área de vegetação natural, a qual teve suas informações pouco realçadas pelo procedimento, devido à redundância no aumento do número de *pixels*.

O ranqueamento da IOF mostrou que o procedimento de fusão alterou a ordem das triplete que possuem os maiores conteúdos de informação estatísticas. Para as imagens ETM, os seguintes valores foram obtidos: 33,22 para a tríplete ETM3, ETM4 e ETM5; 30,77 para ETM1, ETM4 e ETM5; 30,57 para ETM1, ETM3 e ETM4.

Para as imagens fusão, o conjunto que obteve a menor correlação entre bandas foi a mesma obtida na fatoração com as imagens brutas. Ou seja, a menor correlação foi encontrada com a tríplete IOF3, IOF4 e IOF5, com 38,25. Os conjuntos IOF1, IOF3, IOF4 e IOF2, IOF3 e IOF4 possuem respectivamente 34,84 e 31,27.

O IOF é a melhor escolha estatística, o que não significa que seja a melhor combinação em termos de aplicação. A escolha depende principalmente dos objetivos do trabalho.

Os diversos testes de composição colorida mostraram que as duas melhores combinações foram: INT5R, INT3G e INT1B, que realçou

consideravelmente as áreas urbanas, distinguindo espacialmente os diferentes ordenamentos com relação às áreas de assentamento urbano consolidados por mais tempo e as áreas de expansão mais recente; a combinação INT5R, INT4G, INT3B forneceu informações a respeito dos tipos de cobertura vegetal e dos seus limites com as áreas urbanas.

Os resultados mostraram eficiência nos procedimentos adotados. A técnica de fusão melhorou a qualidade textural das imagens nas áreas de uso urbano. Todavia, nas áreas de cobertura vegetal mais homogênea, o procedimento apresentou poucos resultados relevantes. A análise do IOF indicou que as combinações de maior conteúdo estatístico foi a INT3, INT4 e INT5. Por outro lado, os testes de composições coloridas mostraram que, em termos de análise visual, a combinação que melhor realçou as diferenças urbanas foi a composição INT5, INT3 e INT1, associados aos filtros Vermelho (R), Verde(G) e Azul(B), respectivamente.

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL PELA TÉCNICA DA SEGMENTAÇÃO

Ainda como uma técnica comparativa às anteriores para a caracterização do uso e ocupação da terra, como descrito em KAWAKUBO *et al* (2004), foi utilizada a técnica de segmentação, a qual consiste na divisão da imagem em partes que apresentam uma homogeneidade em relação aos atributos espectrais, geométricos e contextuais. Esta característica diferencia-se da técnica de classificação *pixel a pixel*, a qual baseia-se apenas nos atributos espectrais. Assim, apresenta características básicas como uniformidade interna e diferenciação de sua vizinhança.

O método escolhido é baseado no crescimento de regiões, pois permite extrair um conjunto mais rico de atributos e selecionar amostras mais representativas de cada classe. Pode ser dividido em quatro etapas: em primeiro lugar, a segmentação da imagem em regiões; após essa, é feita a comparação dos segmentos vizinhos e a agregação daqueles estatisticamente semelhantes, atualizando-se a média dos níveis de cinza da nova região; a terceira etapa

consiste no crescimento do segmento por meio da comparação com seus vizinhos até não haver mais segmentos que possam ser agrupados; e por último, o início de uma nova região.

O método por crescimento de regiões utiliza um algoritmo que considera a similaridade, no qual, definidos os limiares de similaridade e de área, os *pixels* adjacentes são agrupados. O limiar de similaridade é definido como a distância euclidiana máxima entre os centros espectrais de duas regiões, enquanto que o limiar de área é o tamanho mínimo em *pixels* da região a ser delimitada.

A análise visual mostrou que a segmentação não separou as classes como o esperado, provavelmente devido à grande diversidade de usos entremeados em toda a área, formando pequenas “ilhas” nas matrizes das classes que interessariam ao trabalho, o que na elaboração de um modelo poderia ser considerado como um ruído. Para comparar a exatidão do procedimento, foi elaborada uma matriz de confusão, na qual os resultados obtidos foram comparados aos pontos aleatórios gerados para aferir as classes. Essa matriz é importante, pois identifica tanto a natureza quanto a quantidade dos erros de classificação:

Tabela 6.12: Matriz de confusão

	AGUA	AREA URB.	CAMPO	CAPOEIRA	MATA	SOLO EXP.	SOMBRA	TOTAL
AGUA	2	0	0	0	0	0	0	2
AREA URB.	0	32	0	2	0	7	0	41
CAMPO	0	16	8	20	1	28	1	74
CAPOEIRA	0	6	3	68	7	24	2	110
MATA	0	0	0	4	1	0	0	5
SOLO EXP.	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMBRA	6	4	3	34	6	10	11	68

Primeiramente a imagem raster foi classificada, tendo como base a interpretação da imagem de satélite e conhecimento de campo. Posteriormente, foi gerada outra imagem (teste), com 300 pontos distribuídos aleatoriamente por toda sua área, por meio de operação algébrica do próprio programa, neste caso, o programa Idrisi. Cada um dos 300 pontos também foi devidamente classificado

para aferição com a imagem previamente classificada.

Após a classificação dos pontos aleatórios na imagem (teste), as duas imagens foram cruzadas, gerando uma tabela de cruzamentos (*cross table*), para então ser gerada a matriz de confusão (*confusion matrix*).

Na matriz de confusão, as linhas correspondem às classes na imagem que possui os pontos aleatórios (teste). As colunas correspondem às classes da imagem previamente classificada. Os elementos na diagonal representam o número de *pixels* corretamente classificados em cada classe, ou seja, o número de *pixels* (aleatórios) com determinada classe, que receberam o mesmo nome durante a classificação. A diagonal sempre corresponderá ao cruzamento de uma coluna e uma linha com a mesma classe.

Os elementos que estão fora da diagonal representam pixels classificados incorretamente, ou seja, mostra o número de *pixels* na imagem (teste) que foram alocados em outra classe durante a classificação.

Também elementos que estejam nas linhas, mas fora da diagonal, representam *pixels* (aleatórios) da imagem (teste) que foram excluídos daquela classe durante a classificação. Tais erros são conhecidos como erros de omissão ou exclusão.

Nas colunas, os elementos (que não os da diagonal) representam os *pixels* aleatórios (teste) de outras classes que foram incluídos numa classe, ou seja, ocorreu um erro de inclusão.

A seguir são apresentados dois gráficos, sendo o primeiro referente à área total em hectares de cada classe e o segundo com os valores percentuais de cada classe no total da área:

Apesar de ser uma técnica mais complexa e precisa que a do fatiamento, a segmentação a partir de imagens-fusão não se mostra muito apropriada para a detecção de mudanças ao longo do tempo, pois seu número de classes e seus conseqüentes erros de omissão e inclusão comprometeriam a análise.

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

O mapeamento do uso da terra foi feito utilizando-se imagens híbridas geradas a partir da fusão dados de bandas multiespectrais e pancromáticas do satélite Landsat 7, a partir de técnica de classificação semi-automática.

Tradicionalmente, os mapeamentos detalhados de uso da terra são elaborados a partir de fotointerpretação e, apesar de mais precisos que os feitos por meio de técnicas de geoprocessamento, são mais trabalhosos e necessitam de um período de tempo imensamente maior. Por outro lado, a técnica aqui apresentada, em conjunto com os trabalhos de campo, forneceu resultados satisfatórios para os propósitos da dissertação, com relativa rapidez.

A área de estudo apresenta características inerentes à periferia da metrópole, isto é, no que concerne ao sensoriamento remoto, há uma grande variabilidade espacial e espectral, devido aos diferentes tipos de uso, desde pequenas hortas às áreas de silvicultura, das florestas e capoeiras às várzeas e pastagens, do solo exposto ao assentamento urbano consolidado, alvos esses que apresentam comportamento espectral semelhante entre si, o que dificulta o sensoriamento remoto.

Com base em levantamentos de campo feitos com auxílio de um GPS (ver Tabela 6.13 e Fig. 6.10) e de uma carta topográfica na escala de 1: 25000 em pontos estratégicos, posteriormente correlacionados com informações obtidas por meio de geoprocessamento - segmentação e classificação (Fig. 6.11), foram definidas oito classes, como descrito a seguir:

Fig. 6.10 MAPA PONTOS GPS

Fig. 6.10: Mapa contendo os pontos do levantamento de campo (2005).

Fonte: Landsat TM 2000.

Elaboração: CORREIA JR., P. A. (2006)

TRABALHO DE CAMPO – BACIA DO TAIACUPEBA

Tabela 6.13: Coordenadas de pontos do levantamento de campo.					
N.º	Ponto	x (m)	y (m)	Uso	Fig.
1	ETA (Sabesp)	367803	7392530	Urbano	
2	Raffo (Início I. Tibiriçá Ant.)	366889	7389175	Urbano	
3	Cruz. Ferrovia / Rodovia	367468	7388398	Várzea / Mata	
4	Manikraft	367631	7388068	Urbano (Indústria)	
5	Jd. Brasil II	366841	7382463	Urb/Silvic Eucalipto	
6	Jd. Brasil I	366474	7382673	Urb.	
7	Palmeiras (Passarela)	365133	7384556	(ponto de aferição)	
8	Refratários IBAR	365748	7385358	Várzea/ Capoeira	6.19
9	em frente à Manikraft	367280	7388104	Campo (Pastagem)	
10	Lagoa (Jundiapéba)	371928	7392842	Várzea	6.18
11	Entrada DAEE	371908	7392513	Urbano	
12	Barragem (curva)	370037	7392642	Várzea	
13	Barragem (ponta Suzano)	368455	7392780	Várzea	6.13
14	Barragem (ponta Mogi)	371303	7392112	Pinus	
15	Est. Elétrica Sto. Angelo	371829	7391081	Eucalipto	6.15
16	Est.Varinhas – “Capoeirão”	371916	7387983	Capoeirão sec.	6.17
17	Est. Varinhas – Lago art.	371823	7386296	Campo / Várzea	
18	Est. Varinhas – Várzea	371993	7388621	Várzea	
19	Itapiserra Mineração	371210	7393964	Mineração - Areia	6.23
20	Estrada ETA	367618	7392510	Mata / Capoeirão	6.14
21	I. Tibiriçá (sent. R. Pires)	366657	7389720	Mata / Capoeirão	
22	I. Tib. (Raffo)	366964	7389135	Solo Exposto	6.22
23	Estradinha para Represa	367670	7388335	Veg. Várzea	
24	Estr. Ferro	367454	7388544	Mata / Capoeirão	
25	Estr. Ferro (Pastagem)	367255	7388060	Pastagem	6.20
26	Estr. Varinhas	370250	7387976	Silvic Euc / Várzea	

27	Estr. Varinhas 870	368565	7387115	Agricultura	
28	Estr. Varinhas	370688	7384458	Agricultura	
29	Estr. Do Oura	368525	7386695	Agricultura	6.21
30	Í. Tibiriçá Velha Sentido R.Pires	367133	7387280	Pastagem / Capoeira	
31	I. Tibiriçá Velha	367803	7387058	Mata / Capoeirão	
32	I. Tibiriçá	366204	7388705	Mata / Capoeirão	
33	Jd. Ikeda	366204	7388705	Urbano	6.24
34	Palmeiras	364852	7385993	Urbano	

Fig. 6.11: MAPA DE USO E COBERTURA – SEGMENTAÇÃO

DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

Classe 1 – Água: esta classe foi definida agrupando tanto as linhas de cursos fluviais quanto as manchas que vão desde pequenas lagoas até o reservatório;

Fig. 6.12: Reservatório de Taiaçupeba. Autor: CORREIA JR., P.A. (1999)

Fig. 6.13: Barragem (1º plano) e reservatório (à direita da fotografia). Autor: CORREIA JR., P. A. (2001).

Classe 2 – Mata: De acordo com ROMARIZ (1996), floresta é um tipo de vegetação que se caracteriza pela predominância de árvores, quase sempre em densos agrupamentos (Fig. 6.14). Esta constitui uma formação clímax e ocorre sempre onde o balanço hídrico do solo tem saldo favorável, tanto por serem abundantes as precipitações (nos climas quentes), quanto por ser fraca a evaporação (nos climas frios). Esta classe refere-se à cobertura vegetal original da área, a mata atlântica, que cobre a maior parte da imagem. Esta classe muitas vezes é confundida na imagem, ora com a capoeira, ora com a silvicultura, tendo de ser feita uma distinção visual de cada uma delas, onde o apoio de campo é necessário. No caso da silvicultura, foram levadas em consideração as formas geométricas da mancha na imagem, enquanto que na capoeira, foram consideradas as proximidades da várzea e também os levantamentos “*in situ*”.

Pela análise das imagens de satélite da área de estudo e também tendo como base os levantamentos de campo, as plantações florestais ocupam uma parte considerável da bacia hidrográfica (Fig. 6.15).

Existem diversas críticas sobre esse tipo de cultivo, principalmente no que se refere ao eucalipto, pois o mesmo poderia empobrecer o solo ou mesmo levar à desertificação. De fato, as extensas monoculturas, por apresentarem baixa diversidade ecológica, podem resultar em instabilidade ou vulnerabilidade, em mudanças climáticas, no ataque de pragas e doenças, entre outros problemas, inclusive sociais, como a escassez de alimento e trabalho, o que pode vir a provocar conflitos.

No presente caso, por se tratar de um ecossistema de floresta tropical, que apresenta alta diversidade e em condições naturais são bastante estáveis, pode também, por outro lado, ser bastante vulnerável a perturbações em comparação com ecossistemas de floresta temperada, pois está mais sujeita a danos irreparáveis quando é desmatada, provocando erosão e lixiviação dos solos, devido à grande quantidade e intensidade das chuvas, além da invasão de gramíneas, o que dificulta ainda mais a regeneração da floresta.

De acordo com LIMA (1996), o processo de interceptação das chuvas é o efeito mais significativo da floresta no que diz respeito à precipitação, no qual parte da chuva que incide sobre a floresta é redistribuída pela copa e outra parte sofre evaporação direta. A perda por interceptação é, em média, menor em plantações de eucalipto que em plantações de outras espécies florestais ou em florestas naturais, tanto de eucalipto como de outras espécies.

Em geral, uma bacia hidrográfica que apresenta cobertura florestal natural não alterada possui uma ciclagem de nutrientes bastante equilibrada, no que diz respeito ao ciclo biogeoquímico, ou seja, a entrada de nutrientes via precipitação e a saída de nutrientes via deflúvio. Segundo LIMA (1996), o balanço de nutrientes de bacias hidrográficas que contêm florestas de eucalipto mostra-se bastante conservador e o desenvolvimento desses tipos de plantação apresentam efeito positivo sobre o controle do escoamento superficial e das perdas de solo por erosão nas microbacias. Por outro lado, nas extensas áreas de silvicultura, o solo permanece praticamente sem proteção durante o preparo do plantio e o período de crescimento das mudas. Além disso, o regime de corte raso ao final do período

de rotação é um fator que pode acarretar numa perda considerável de solo por erosão e aumentar a concentração de nutrientes na água.

Considerando todos esses fatores sobre a silvicultura, é necessário atenção quando se trabalha com dados multitemporais de sensoriamento remoto, pois uma área que outrora fora identificada como de plantação florestal, com alta densidade de vegetação, pode em outra imagem apresentar-se como solo exposto, ou baixa densidade de vegetação.

Fig. 6.14: Floresta. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Fig. 6.15: Silvicultura. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Classe 3 – Capoeira: Em relação à capoeira, RIZZINI (1997) salienta que,

*...destruído um trato de mata, se o terreno for abandonado não ficará desnudado: instala-se nele a chamada **capoeira**; e que esta vai transformando em **capoeirão**, tipo que lembra já uma floresta.*

A esse desenvolvimento dá-se o nome de sucessão, começando pelos organismos mais simples e indo até os mais complexos.

Assim que uma floresta é derrubada, esta tende a regenerar-se, pois o solo não está totalmente degradado e ainda há sementes nas circunvizinhanças. De um conjunto formado pelas próprias espécies outrora presentes e outras heliófilas vulgares, vai-se constituindo a capoeira que, se poderá dar origem a um capoeirão (Fig. 6.17) e, finalmente, a uma mata secundária, cujo aspecto pode ser igualado ao da mata primitiva, mas nunca a composição (RIZZINI, 1997).

Segundo algumas observações citadas pelo mesmo autor, o tempo de regeneração da mata derrubada para uma capoeira seria de 15 a 20 anos, enquanto que um capoeirão explorável necessitaria do dobro do tempo.

Esta classe aparece como uma mancha verde mais clara que a mata e mais heterogênea que a silvicultura, apresentando uma variação de tons maior. Com base em levantamentos de campo, constata-se que esta fisionomia é encontrada em sua maior parte no contato com a vegetação de várzea (Fig. 6.16), como uma forma de sucessão, o que pôde auxiliar no momento de classificação visual na imagem.

Fig. 6.16: Capoeira. Autor: CORREIA JR., P. A. (2003).

Fig. 6.17: “Capoeirão”. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Classe 4 – Vegetação de várzea: esse tipo de classe aparece na composição trabalhada como manchas que apresentam textura mais suave que as anteriores, assemelhando-se muito ao campo antrópico, a não ser pela sua coloração que mistura tons de verde e marrom e diferenciando-se deste último por acompanharem os cursos dos rios principais.

Fig. 6.18: Vegetação de Várzea. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Fig. 6.19: Vegetação de Várzea. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Classe 5 – Campo antrópico: os campos antrópicos são encontrados em ocorrências esparsas, principalmente ao longo das principais vias de acesso da bacia – Rodovia Índio Tibiriçá, em Suzano e Estrada das Varinhas, em Mogi das Cruzes. Sua identificação pontual no campo e coleta de suas coordenadas com o auxílio do GPS (*Global Positioning System*, ou Sistema de Posicionamento Global) contribuiu de certa forma para a classificação na imagem de satélite, já que sua ocorrência é esparsa, aparecendo com textura suave, tons de verde claro e apresentando formas geométricas melhor definidas, inseridas num contexto geral de mata e capoeira.

Fig. 6.20: Campo antrópico. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Classe 6 – Agricultura: esta classe tem ocorrência esparsa em relação às feições dominantes, apresentando inclusive manchas menores ainda que as de campo antrópico. Suzano e Mogi das Cruzes, os dois principais municípios que compõem a Bacia do Taiaçupeba, fazem parte do “Cinturão Verde” e possuem um grande número de pequenas chácaras produtoras de hortifrutigranjeiros. Apesar de não ser a principal atividade desses municípios, tendo perdido muito espaço para a

indústria, as atividades agrícolas ainda são perceptíveis na paisagem. É a classe mais difícil de ser definida, devido à sua heterogeneidade nos cultivos e também devido à proximidade com outras classes, principalmente o campo antrópico e a vegetação de várzea.

Fig. 6.21: Agricultura. Autor: CORREIA JR., P. A. (2003).

Classe 7 – Solo exposto: por ser a área de estudo inserida numa região metropolitana, já é de se esperar que suas áreas de mananciais, antes preservadas, sejam alvo da nova expansão urbana, por estarem ainda disponíveis. Esta classe apresenta-se com alvos de alta reflectância nas imagens de satélite e também nas fotografias aéreas, sendo as áreas mais claras e brilhantes. Além do solo exposto devido à expansão urbana (Fig. 6.22), na área de estudo também são encontradas áreas de mineração, como visto na figura 6.23.

Fig. 6.22: Solo exposto. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Fig. 6.23: Solo exposto (mineração). Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

Classe 8 – Urbano: como tem sido visto ao longo do trabalho, os municípios de Suzano e Mogi das Cruzes vêm recebendo um grande contingente de famílias, atraídas pela indústria. Este fato refletiu-se na área de estudo, onde áreas de agricultura deram lugar ao assentamento urbano.

Fig. 6.24: Uso urbano. Autor: CORREIA JR., P.A. (2003).

UTILIZAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DA TERRA

PONTUSCHKA (1979) mostrava em seu trabalho, concluído ainda na década de 1970, que a principal atividade econômica de Suzano não era mais a agricultura, mas sim a industrial. A intensificação do processo de industrialização em Suzano deu-se a partir da década de 1950, com a instalação de empresas de dimensões relativamente grandes, capazes de mobilizar elevado capital inicial. De acordo com a autora, nessa década a municipalidade suzanense proporcionou facilidades à penetração das indústrias, como isenção de impostos e doação de terrenos.

Suzano passou então a ter dois eixos industriais: um que acompanhava a estrada de ferro Central do Brasil, acompanhando a tendência de Mogi das Cruzes e o segundo eixo, Suzano-Ribeirão Pires, que teve início com a instalação das Indústrias Químicas Cubatão e da Cerâmica Gyotoku, mais tarde intensificada pelo asfaltamento da rodovia Índio Tibiriçá, contribuindo para a instalação de diversas indústrias, inclusive a Manikraft, indústria de papel que foi instalada no que viria a ser a área de preenchimento do reservatório de Taiaçupeba, criando diversos problemas com os órgãos públicos.

Assim, no período entre os anos de 1970 e 1974, a concentração industrial foi de tal ordem que áreas até então rurais passaram a ser substituídas por grandes construções destinadas às unidades fabris (PONTUSCHKA, 1979).

Para comprovar as hipóteses de PONTUSCHKA (1979) foram utilizados os dados sobre a participação dos municípios de Mogi das Cruzes e Suzano nos entrepostos da Grande São Paulo. Esses dados foram extraídos dos anuários da SAA (1980) e do trabalho de DE LA CORTE (1985), este que veio somar para a análise dos dados obtidos por sensoriamento remoto e o trabalho obtido por meio de documentos e entrevistas de PONTUSCHKA (1979).

As tabelas apresentadas são uma combinação de dados de diversos anos, comparando os dois municípios concomitantemente. A partir daí, foi possível verificar o declínio acentuado na participação do município de Suzano,

principalmente em verduras, que já tiveram nesse município seu principal representante.

Para ilustrar os dados das tabelas, foram elaborados gráficos de barras, contendo no eixo das abscissas (x) os anos e, no eixo das ordenadas (y) a porcentagem da participação do município no total do produto no entreposto.

As porcentagens foram calculadas por grupos de produtos. Para cada ano, as porcentagens da participação dos municípios para cada grupo (verduras, legumes e raízes e frutas) foram somadas e depois divididas pelo total de produtos:

$\begin{aligned} &\% \text{ TOTAL (VERDURAS)} / 7 \\ &\% \text{ TOTAL (LEGUMES E RAÍZES)} / 19 \\ &\% \text{ TOTAL (FRUTAS)} / 18 \end{aligned}$
--

A partir do ano de 1981, os dados das entradas de produtos no CEAGESP passaram a ser apresentados por região e não mais por município, impossibilitando assim a continuação da mesma análise.

CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE SUZANO E MOGI DAS CRUZES NAS ENTRADAS DE VERDURAS, LEGUMES E RAÍZES E FRUTAS NOS ANOS DE 1964/65, 1971 E 1972 NOS ENTREPOSTOS DE SÃO PAULO.

Tabela 6.14: VERDURAS I				
PRODUTO	1964-65	1971	1972	1979
AGRIÃO	2º MOGI	3º SUZANO	3º SUZANO	3º SUZANO 5º MOGI
ALMEIRÃO	1º SUZANO	4º SUZANO	4º SUZANO	1º SUZANO 5º MOGI
ESPINAFRE	1º SUZANO 2º MOGI	X	X	5º SUZANO 7º MOGI
MOSTARDA	4º SUZANO 5º MOGI	X	X	3º MOGI 5º SUZANO
RABANETE	2º SUZANO 4º MOGI	2º SUZANO 3º MOGI	2º MOGI 3º SUZANO	1º MOGI 4º SUZANO
RÚCULA	4º SUZANO	2º SUZANO	2º SUZANO	1º MOGI 3º SUZANO
SALSA	2º SUZANO 4º MOGI	3º SUZANO	3º SUZANO	5º SUZANO 6º MOGI
CEBOLINHA	X	3º SUZANO	3º SUZANO	3º SUZANO 6º MOGI
Org. CORREIA JR., 2006 – Fonte: DE LA CORTE, 1985; CEAGESP, 1979.				

Tabela 6.15: VERDURAS II				
PRODUTO	1964-65 (%)	1971-72 (%)	1979 (%)	
ACELGA	1º SUZANO 26,17 5º MOGI 11,75	2º SUZANO 24,61 3º MOGI 10,71	X	
ALFACE	1º MOGI 38,01 2º SUZANO 23,00	1º MOGI 31,11 3º SUZANO 16,54	1º MOGI 27,96 4º SUZANO 4,94	
BRÓCOLIS	1º SUZANO 34,06 6º MOGI 4,35	4º SUZANO 10,34	4º MOGI 4,44 8º SUZANO 2,34	
COUVE	2º SUZANO 10,67 8º MOGI 2,28	X	8º SUZANO 3,00 12º MOGI 0,69	
ESCAROLA	1º SUZANO 26,00 2º MOGI 20,17	1º MOGI 28,84 2º SUZANO 25,79	1º MOGI 17,74 5º SUZANO 6,63	
COUVE- FLOR	1º SUZANO 23,20 2º MOGI 15,35	3º SUZANO 10,56 6º MOGI 8,22	1º MOGI 4,27 5º SUZANO 1,22	
REPOLHO	2º MOGI 19,50 3º SUZANO 12,66	6º SUZANO 5,02 8º MOGI 3,62	5º MOGI 3,27 8º SUZANO 0,75	
Org. CORREIA JR. – Fonte: DE LA CORTE, 1985; CEAGESP, 1979.				

Tabela 6.16: LEGUMES E RAÍZES			
PRODUTO	1964-65 (%)	1971-72 (%)	1979 (%)
MILHO VERDE	1º SUZANO 15,75 2º MOGI 11,32	2º SUZANO 10,64 6º MOGI 4,82	1º MOGI 8,22 8º SUZANO 0,52
ABÓBORA	3º MOGI 7,79 8º SUZANO 3,82	11º MOGI 3,36	
CARÁ	4º MOGI 3,23		2º MOGI 0,12 7º SUZANO 0,01
MANDIOCA		2º MOGI 12,97	1º MOGI 15,8 6º SUZANO 0,72
MANDIOQUINHA	3º MOGI 12,21	4º MOGI 4,59	3º MOGI 0,73 8º SUZANO 0,03
BATATA DOCE	1º MOGI 28,06 3º SUZANO 11,91	6º MOGI 3,81	2º MOGI 1,95 7º SUZANO 0,09
CENOURA	4º MOGI 7,17 11º SUZANO 3,34	5º MOGI 6,98 13º SUZANO 1,22	1º SUZANO 25,68 3º MOGI 7,34
BETERRABA	1º MOGI 32,19 3º SUZANO 23,05	1º SUZANO 26,94 3º MOGI 15,04	2º SUZANO 12,60 3º MOGI 11,56
ALCACHOFRA			
CHUCHU			
ABOBRINHA	1º MOGI 21,16 5º SUZANO 5,54	1º MOGI 9,25 10º SUZANO 1,92	3º MOGI 2,26 4º SUZANO 0,80
BERINJELA			4º MOGI 0,28 13º SUZANO 0,03
ERVILHA	1º MOGI 21,08 6º SUZANO 4,13	2º MOGI 9,92	1º MOGI 3,57 11º SUZANO 0,16
VAGEM	1º MOGI 26,54 4º SUZANO 5,40	2º MOGI 8,72	1º MOGI 0,77 2º SUZANO 0,68

QUIABO			2º MOGI 0,13 8º SUZANO 0,01
PIMENTA	1º MOGI 19,29 2º SUZANO 17,75	6º SUZANO 5,01 9º MOGI 2,74	3º MOGI 6,46 9º SUZANO 1,25
PIMENTÃO	10º MOGI 2,40 13º SUZANO 1,92	11º MOGI 2,25	2º MOGI 1,73 9º SUZANO 0,61
PEPINO	4º MOGI 5,38 12º SUZANO 2,03	9º MOGI 2,66	2º MOGI 1,29 11º SUZANO 0,33
TOMATE			4º MOGI 0,12 5º SUZANO 0,11
Org. CORREIA JR. – Fonte: DE LA CORTE, 1985; CEAGESP, 1979.			

Tabela 6.17: FRUTAS						
PRODUTO	1964-65 (%)		1971-72 (%)		1979 (%)	
AMEIXA	1º MOGI	45,47	4º MOGI	16,33	4º MOGI	14,86
	4º SUZANO	6,11			10º SUZANO	0,01
CAQUI	1º MOGI	31,01	1º MOGI	21,87	1º MOGI	20,00
	5º SUZANO	6,72	6º SUZANO	3,30	10º SUZANO	0,21
FIGO						
GOIABA	2º MOGI	30,35	3º MOGI	12,93	4º MOGI	10,71
	4º SUZANO	4,48			10º SUZANO	0,36
MAÇÃ						
MELÃO						
MORANGO						
UVA						

PÊSSEGO	1º MOGI 41,06	3º MOGI 12,71	2º MOGI 1,89 10º SUZANO 0,00
NÊSPERA	1º MOGI 88,11	1º MOGI 76,57 3º SUZANO 2,61	1º MOGI 46,22 3º SUZANO 1,89
PERA	5º MOGI 6,08		
MAMÃO			
ABACATE			11º MOGI 0,03
MANGA			
LARANJA			2º MOGI 0,03
LIMÃO	1º MOGI 19,85 3º SUZANO 8,35	5º MOGI 3,30 10º SUZANO 2,27	1º MOGI 0,40 2º SUZANO 0,31
PONKAN	1º MOGI 40,74 6º SUZANO 4,92	4º MOGI 10,86	
TANGERINA	2º MOGI 8,07		
Org. CORREIA JR. – Fonte: DE LA CORTE, 1985; CEAGESP, 1979.			

A partir desses dados, foram elaborados gráficos entre os grupos de produtos (verduras, legumes e frutas). Estes mostraram claramente o que PONTUSCHKA (1979) já salientava em seu trabalho, sobre o declínio da agricultura no município.

**PARTICIPAÇÃO DE MOGI E SUZANO
NOS ENTREPOSTOS DE SÃO PAULO
(VERDURAS)**

Este gráfico mostra a liderança do município de Suzano nas entradas de verduras no entreposto da Cantareira (1964) e seu gradual declínio, até sua perda de quase 20 pontos percentuais num período de 15 anos. Também é importante considerar o declínio do município de Mogi das Cruzes, o que mostra uma tendência para estes municípios do leste da Grande São Paulo.

**PARTICIPAÇÃO DE MOGI E SUZANO
NOS ENTREPOSTOS DE SÃO PAULO
(LEGUMES E RAÍZES)**

O gráfico de legumes e raízes mostra que o município de Suzano sempre teve uma participação tímida nesses produtos, embora também mostrando um declínio relativamente maior na participação de Mogi das Cruzes.

**PARTICIPAÇÃO DE MOGI E SUZANO
NOS ENTREPOSTOS DE SÃO PAULO
(FRUTAS)**

Este gráfico mostra que a participação de Suzano em frutas não foi tão importante em nenhum dos anos amostrados, provavelmente devido ao seu território bem menor em comparação ao do município de Mogi das Cruzes, mas mostra a grande tendência ao declínio de ambos os municípios.

Fig. 6.25: Participação em produtos hortifrutícolas. Org.: CORREIA JR. – Fonte: DE LA CORTE, 1985; CEAGESP, 1979.

Em complemento aos dados apresentados acima sobre a participação dos municípios de Mogi das Cruzes e Suzano na quantidade de produtos hortifrutícolas no entreposto da capital, foram comparados dados de área total, fornecidos pelo IBGE (1980) e SAA (1995/96).

Tabela 6.18: Área total de cultivo dos municípios de Suzano e Mogi das Cruzes		
MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL DE CULTIVO (ha)	
	1980	1995/96
Suzano	4 725	4 511
Mogi das Cruzes	38 528	27 323
Fonte: IBGE (1980); SAA (1995/96). Org.: CORREIA JR., P. A.		

Apesar da escassez desses tipos de dados sobre a área, os dados existentes mostram claramente uma diminuição das áreas de cultivo, principalmente no município de Mogi das Cruzes, superior a 10 000 ha. A superioridade em área de cultivo deste município em relação a Suzano deve-se também às suas dimensões territoriais, imensamente maiores, o que explica também a liderança de Mogi das Cruzes no cultivo de frutas, pois esse tipo de atividade necessita de uma área maior que para o cultivo de verduras e legumes, pois em sua maioria, as frutas são produtos arborícolas e possuem um ciclo maior, sendo portanto economicamente inviável cultivá-las em pequenas áreas.

Como constatado pelas imagens de satélite, trabalhos de campo e trabalhos científicos sobre a área, há uma tendência geral à diminuição das áreas de cultivo nesses municípios da Grande São Paulo, os quais outrora foram os principais fornecedores de grande parte dos gêneros hortifrutícolas.

Esta análise poderia ser melhor trabalhada, se os agrônomos da Diretoria de Agricultura e Abastecimento da Prefeitura de Suzano não se negassem a fornecer os dados sobre área de cultivo, pois assim estariam contribuindo para um melhor conhecimento sobre o município.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização de diversos tipos de dados foi imprescindível para a elaboração do presente trabalho. Como já constataram XUEGONG *et al* (2002), além das imagens de sensoriamento remoto, dados estatísticos oficiais e levantamentos de campo podem contribuir imensamente para a comparação de resultados e assim se chegar a uma conclusão mais próxima possível da realidade.

Os mapas com as imagens fatiadas apresentam um aumento da densidade de vegetação na bacia como um todo, em relação à fatia referente à média densidade de vegetação (MD), havendo também um aumento da baixa densidade (BD), que corresponde à urbanização e ao solo exposto, alvos que possuem como característica uma altíssima reflectância. Percebe-se que esse aumento se deu ao longo das margens das principais rodovias: Rodovia Indio Tiribicá, em Suzano e Estrada das Varinhas, esta no município de Mogi das Cruzes.

Há de se considerar o perigo da simplificação exagerada dos modelos, como salientado por CHORLEY & HAGGET (1975), pois a escala não permite visualizar alguns problemas locais, tornando o conhecimento de campo algo imprescindível para o devido diagnóstico dos problemas da bacia, tanto por parte dos pesquisadores, como por parte dos órgãos públicos.

O mapa de uso e cobertura da terra, anteriormente classificado por meio de segmentação, já havia mostrado o problema de se detectar pequenas mudanças em áreas tão heterogêneas em questão de uso e cobertura, como são as periferias, que possuem diversos tipos de uso e cobertura, por estarem localizadas entre a conurbação da região metropolitana e a área de proteção aos mananciais, com vegetação mais preservada, havendo entre esses dois extremos um mosaico de tipos de uso.

O processo de fatiamento da imagem, bem mais simples que a segmentação, só veio confirmar a dificuldade que a área de estudo apresenta para a determinação de classes de uso e cobertura da terra.

O aumento considerável da densidade de vegetação veio ocorrendo gradualmente ao longo das décadas de 1980 e 1990, o que pode ser consequência das leis de proteção.

Pelo tamanho aparentemente reduzido das áreas que possuem uso indevido, como os loteamentos ilegais, os órgãos públicos responsáveis não devem perder de vista sua evolução, tornando a fiscalização uma necessidade emergente.

O fato da aparente insignificância dos usos indevidos pode ser fruto de interpretações errôneas, devido à inadequação dos produtos cartográficos aqui gerados, os quais podem levar a ações igualmente inadequadas. Assim como um mapa das bacias hidrográficas brasileiras pode levar à interpretação equivocada de que não existem regiões secas, devido à aparente boa distribuição dos cursos d'água sobre o território, a escala das imagens, por também se tratarem de modelos da realidade e não a própria realidade, pode mascarar os fatos.

A diminuição de áreas com média densidade de vegetação (MD), onde estão as atividades rurais, é fruto do abandono dessas áreas, ao longo das décadas de 60 e 70, devido à industrialização do município que, de acordo com Pontuschka (1979), está relacionada com a expansão industrial de São Paulo e da satelitização urbana e industrial de Mogi das Cruzes.

Foi a partir da década de 1950, quando a atividade principal ainda era a agricultura, que as indústrias tradicionais (têxteis e curtumes) e também dinâmicas (químicas, farmacêuticas, papel e celulose) começaram a se instalar no eixo da São Paulo – Rio, paralela à ferrovia, depois se expandindo para o eixo Suzano – Ribeirão Pires, inclusive dentro da área da bacia do Taiaçupeba.

Assim como no início do século XX, a expansão urbana da capital do Estado levou Suzano e Mogi das Cruzes a expandirem suas áreas de cultivo de produtos hortifrutícolas, incrementados pela chegada dos imigrantes japoneses, na metade do século estes mesmos municípios foram incentivados a mudarem suas atividades, devido à expansão industrial de São Paulo.

Assim, as indústrias beneficiavam-se de grandes terrenos, adquiridos inclusive de antigos agricultores, o que permitiu a expansão posterior de suas

instalações. Além disso, havia energia em abundância, além de dois eixos rodoviários para escoamento de mercadorias: um que liga o município a São Paulo e outro que o liga ao ABC e, conseqüentemente, à Baixada Santista.

Pode-se afirmar que a concentração industrial dos municípios de Suzano e Mogi das Cruzes, na década de 1970, foi desencadeada principalmente pelas empresas estrangeiras e multinacionais, que se aproveitaram das diretrizes econômicas do governo federal e das facilidades oferecidas pelos poderes públicos locais.

Pontuschka (1979) salienta diversos problemas gerados pela concentração industrial do município de Suzano, embora não desse destaque aos problemas dos mananciais, provavelmente por este ser secundário na época em que seu trabalho foi escrito. Entretanto, atualmente esta é uma questão que deve ser tratada como prioritária, pois a concentração urbana devido à expansão industrial gerou no município sérios problemas referentes à habitação e poluição dos recursos hídricos.

Sobre a migração para o município, a autora mostrou que, entre as décadas de 1950 e 1970, ocorria um grande movimento pendular de trabalhadores das cidades vizinhas e também uma grande migração interna, tendo o município 41,1% da população oriunda de outros municípios no ano de 1974.

Na época da grande expansão, os trabalhadores migrantes concentravam-se, em sua maior parte, em bairros operários. Com essa tendência, os migrantes passaram a ocupar áreas ainda não urbanizadas, vítimas da especulação imobiliária. Sobre esse fato, Pontuschka (1979) afirma:

As áreas pior localizadas, mas cuja densidade de ocupação não é grande, vão ser escolhidas pela população de baixa renda e certamente será ocupada dentro dos próximos anos. (PONTUSCHKA, 1979).

Portanto, a industrialização acelerada, principalmente do município de Suzano, contribuiu para um afluxo de migrantes, que encontravam e ainda encontram uma cidade despreparada para recebê-los.

Outro trabalho de pesquisa na década de 1970 foi o de Judith De La Corte, que mostrou o declínio da participação dos produtores do Cinturão Verde da Grande São Paulo e o aumento no número de remetedores, principalmente de municípios ao oeste da capital paulista.

Dois fatores contribuíram para a diminuição na participação de Suzano e Mogi das Cruzes nas entradas de produtos hortifrutícolas: a industrialização desses municípios e a melhoria dos meios de transporte e das vias de circulação. Enquanto os municípios do leste da Grande São Paulo já possuíam vias de acesso suficientes, facilitando sua industrialização, outras estradas também foram sendo construídas, ligando a capital aos municípios do interior, possibilitando a entrada de seus produtores no abastecimento da capital.

Por se tratarem de culturas de ciclo curto, os produtos escolhidos para análise poderiam ser substituídos por outros. Entretanto, DE LA CORTE (1985) salientou uma diminuição sistemática da participação dos municípios ao leste da capital (Suzano, Mogi das Cruzes) e um aumento da participação dos municípios a oeste (Ibiúna, Cotia).

A valorização das glebas provocada pela urbanização dos municípios provocou uma diminuição na atividade agrícola dos principais municípios da bacia do Taiaçupeba. Verifica-se na série temporal de imagens que as áreas antes ocupadas por atividades rurais hoje estão ocupadas por uma vegetação mais densa, devido à regeneração da mata e, por outro lado, pelo uso urbano, devido à industrialização.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os estudos em Geografia, é evidente a falta de uma teoria para o planejamento, ou ao menos uma teoria geográfica que preencha todos os vazios e anseios vividos pelos geógrafos.

O estudo das unidades de paisagem mostra-se indispensável, tendo em vista diversos estudos já feitos, a exemplo de planos diretores e macrozoneamentos, onde mapas de diferentes temas são utilizados como simplificações da realidade do sistema estudado, o qual é estratificado e tem seus estratos correlacionados, obtendo-se os modelos de síntese.

Verifica-se que para se obter um planejamento e uma gestão que atendam às necessidades dos moradores, necessita-se da discussão dos problemas da área com todos os setores da sociedade. Para tanto, é necessário que se tenha uma simplificação das informações, a partir da geração de modelos inteligíveis a uma maior parte da população, a qual deve estar consciente de sua participação dentro do sistema. Além disso, os órgãos públicos devem mudar sua mentalidade e disponibilizar os dados do município, para que estes sejam transformados em informação e passem a servir à população como um todo.

O presente trabalho foi elaborado a partir dos dados disponíveis. Apesar de não mostrarem a realidade atual em sua totalidade, devido à falta de atualização, mostram uma tendência, obtida por meio de dados empíricos, tratados com rigor científico.

9. GLOSSÁRIO

ARQUIVO DWG (DWG FILE): *DRAWING FILE* - Tipo de arquivo usado pelo software AutoCAD (Autodesk) para armazenamento de desenhos em CAD.

ARQUIVO DXF (DXF FILE): *DRAWING EXCHANGE FORMAT FILE* - Tipo de arquivo utilizado para o intercâmbio de dados gráficos em formato vetorial. Padrão popular, bastante difundido mundialmente, sendo adotado pela grande maioria dos sistemas CAD.

ARQUIVO TIFF (TIFF FILE): *TAGGED IMAGE FILE FORMAT* - Grupo de formatos de arquivos para armazenamento e intercâmbio de imagens raster, utilizado por diversos programas.

ARQUIVO BMP (BMP FILE): *BIT MAP FILE* - Arquivo que contém um conjunto de bits em forma de matriz, usado para gerar uma imagem raster.

BANDA: intervalo de comprimento de onda no espectro eletromagnético em que as imagens são obtidas.

BIT: Dígito binário, um único 0 ou 1, ativado ou desativado, armazenado no computador. O conjunto de 8 bits forma um *byte*, equivalente a um único carácter.

DADO: símbolo utilizado para a representação de fatos, conceitos ou instruções em forma convencional ou pré-estabelecida e apropriada para a comunicação, interpretação ou processamento por meios humanos ou automáticos, mas que não têm significado próprio.

DN: valor atribuído a um pixel numa imagem digital. O nível de cinza.

ECOSSISTEMA: totalidade integrada e sistêmica, que envolve fatores abióticos e bióticos, em sua funcionalidade e processos metabólicos.

ENTIDADE: elementos ou objetos tomados como unidades básicas para a coleta dos dados.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: seqüência contínua de energia eletromagnética arranjada de acordo com o comprimento de onda ou a frequência.

ETM: *Enhanced Thematic Mapper*

ETM+: *Enhanced Thematic Mapper Plus* – instrumento do Landsat 7.

FREQÜÊNCIA: quantidade de oscilações de uma onda por unidade de tempo

GEOPROCESSAMENTO: Conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

INFORMAÇÃO: significado que o homem atribui aos dados, utilizando-se de processos pré-estabelecidos para sua interpretação; conjunto de dados que possuem significado para determinado uso ou aplicação.

ILWIS: *Integrated Land and Water Information System*, programa desenvolvido pelo ITC (Holanda).

ITC: *International Institute of Aerospace Survey and Earth Sciences* (Holanda).

LAYER: Cada um dos níveis de informação (camadas) em uma representação gráfica, no caso, um mapa.

MSS: *Multispectral Scanner System*, instrumento do satélite Landsat que adquire imagens em quatro bandas nos comprimentos de onda do espectro visível e regiões do infravermelho refletido.

MODELO MATRICIAL OU *RASTER*: modelo o qual a imagem é definida por *pixels*, formado por células definidas por linhas e colunas.

MODELO VETORIAL: modelo de imagem que armazena um plano cartesiano para representar três formas de implantação (ponto, linha e polígono).

OVERLAY: Em SIG, é o processo de sobrepor vários níveis temáticos de tal forma que cada elemento possa ser analisado em termos dos diferentes dados existentes na área de interesse.

REM: radiação eletromagnética.

SIG: sistema que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies.

SISTEMA: arranjo de entidades (elementos ou coisas) relacionadas ou conectadas, de tal forma que constituem uma unidade ou um todo organizado, com características próprias e subordinadas a processos de transformação conhecidos.

TM: *Thematic Mapper*, instrumento de aquisição de dados do satélite Landsat.

10. REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. N. *Os Domínios de Natureza do Brasil – Potencialidades Paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

ACIESP. *Glossário de Ecologia*. São Paulo, 1997. 352p.

ARKIN, Herbert; COLTON, Raymond R. *Gráficos – Construção e Emprego*. Trad. Paulo Mesquita Lara. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do IBGE, 1946.

AUDIGIER, François. *Construction de l'espace géographique*. Paris: INRP, 1995. 182p.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. São Paulo: DIFEL, 1986. 332p.

Base Planialtimétrica da Bacia do Taiaçupeba. São Paulo. Sabesp/IPT. 1997. Escala: 1: 25 000.

BASE S.A. Projeto 550: fotografias aéreas. São Paulo, 1994. Fx. 20, n. 19 – 28. Escala 1: 25 000.

BERTALANFFY, L. V. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Ed. Vozes, 1975. 351p.

BERTIN, Jacques. *La graphique et le traitement graphique de l'information*. Paris: Flammarion, 1977.

BERTRAND, G. *Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico*. Trad. Olga Cruz. São Paulo: IGEOG – USP. Série Caderno de Ciências da Terra. n. 13, p. 1 – 27, 1972.

BONIN, Serge. *Initiation a la graphique*. Paris: EPI Editeurs, 1983.

BRAGA, R. ; CARVALHO, P. F. (org). *Estatuto da cidade – política urbana e cidadania*. Rio Claro: LPM / DEPLAN / IGCE / UNESP, 2000.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, já alterada pelas Leis Federais nº 7.803/89 e 9.605/98. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>

BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>

BÜRGI, Matthias; TURNER, Monica G. *Factors and Processes Shaping Land Cover and Land Cover Changes Along the Wisconsin River*. *Ecosystems* (2002) n. 5, p. 184-201. Springer-Verlag. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em 28. jul. 2005.

Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo: Folha Santos. São Paulo: IGC, 1980. Escala: 1: 250 000.

CEAGESP. *Anuário Estatístico*. São Paulo: CEAGESP. 1979.

CENSO AGROPECUÁRIO. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 1983-1984. Vols. 2. Tomo 3. Número 19. 1ª, 2ª e 3ª partes. 1251p.

CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian. *Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges*. Disponível em <<http://landsat7.usgs.gov/documents/lstmcal2003.pdf>>. Acesso em 06. jul. 2003.

CHAVEZ, P. S. *An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data*. Remote Sensing of Environment, v.24, n.3, pp.459-479, 1988.

CHORLEY, R. J. *A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais*. Not. Geomorfológica. Campinas. 11 (21), p. 3 – 22. Jun. 1971.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. *Modelos Físicos e de Informação em Geografia*. São Paulo: EDUSP; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975. 260p.

_____. *Modelos Integrados em Geografia*. São Paulo: EDUSP; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1974. 222p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1999. 236p.

CONGALTON, R. G. *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. Remote Sense of Environment. n. 37. p. 35 – 46, 1991.

CORREIA JR., P. A.; KAWAKUBO, F. S.; DE BIASI, M.; LUCHIARI, A. *Aplicação Da Técnica de Fusão de Imagens para Realce de Diferentes Classes de Uso e Cobertura Vegetal na Bacia do Taiaçupeba – Suzano (SP)*. In: VI Congresso Brasileiro de Geógrafos. Anais... Goiânia, 2004.

CRACKNELL, A. P.; HAYES, L. W. B. *Introduction to remote sensing*. London: Taykir & Francis, 1991. 293p.

CRÓSTA, Álvaro Penteado. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: IG – Unicamp, 1992. 170p.

CURRAN, Paul J. *Principles of remote sensing*. New York: Longman Scientific and Technical, 1985. 282p.

DE LA CORTE, Judith. *Contribuição ao Estudo do Abastecimento da Cidade de São Paulo em produtos hortifrutícolas*. Série Teses e Monografias n. 31. IGEOG – USP, São Paulo, 1985. 242p.

EMPLASA. *Região Metropolitana de São Paulo – Proteção aos Mananciais – Legislação – Roteiro para implantação de projetos*. São Paulo: EMLASA, 1984. 99p.

FORESTI, C.; BITENCOURT, M. D. *Utilização de índices vegetativos obtidos com dados do sistema TM-Landsat no estudo da qualidade ambiental urbana: cidade de São Paulo*. São José dos Campos. INPE: 1997.

IBC – GERCA. Projeto SP – 72. São Paulo, 1973. n. 41197, 41198, 41230, 41231, 41232, 41258, 41259, 41260, 41276, 41277, 41278, 41365, 41366, 41367, 41468, 41469, 41470. Escala 1: 25 000.

INPE. *Manual de ajuda do Spring*. São José dos Campos: INPE, 2002.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). Carta de utilização da terra do Estado de São Paulo. Folha Santos. SF-23-Y-D. Esc.: 1:25000. 1980.

JENSEN, John R. *Introductory digital image processing – a remote sensing perspective*. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 318p.

JOLY, F. *A Cartografia*. Campinas: Papirus, 1990.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CORREIA JR., P. A.; LUCHIARI, A. Utilização de imagens híbridas geradas a partir da transformação IHS e aplicação de segmentação no mapeamento detalhado do uso da terra. *Terra Livre*, Goiânia, Ano 20, v.2, n. 23, p. 111-122, jul-dez. 2004.

_____. *Caracterização atual do uso da terra e da cobertura vegetal na região da Terra Indígena Sangradouro/Volta Grande – Mato Grosso, Brasil*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, n. 53, 2004, pp. 27-38.

LANDSAT MSS1. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1976. Imagem de Satélite. Escala: 1:100 000.

LANDSAT TM3. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1988. Imagem de Satélite. Escala: 1:100 000.

LANDSAT ETM+. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Imagem de Satélite. Escala: 1:100 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha Jundiapéba. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha Pau a Pique. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha Palmeiras. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha Suzano. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha São João das Palmeiras. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Aerofotogramétrico: Folha Granja Suzano. São Paulo: Emplasa, 1982. Escala: 1: 10 000.

Levantamento Planialtimétrico: Folhas 432/434. São Paulo. Emplasa. 1981. Escala: 1: 25 000.

LEGG, Christopher A. *Remote sensing and geographic information systems*. West Sussex: Praxis Publishing Ltd., 1994. 166p.

LIBAULT, André. *Os quarto níveis da pesquisa geográfica*. Métodos em questão, Instituto de Geografia – USP, São Paulo, n.1, 1971.

_____. *Geocartografia*. São Paulo: Ed. Nacional - Edusp. 1975. 388p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. *Remote sensing and image interpretation*. (fifth edition). New York, John Wiley & Sons. 2004, 763p.

LIMA, José Juarez Tavares. *A comunicação cartográfica como instrumento aplicável à sociedade: o mapa como expressão da realidade observada pelo cartógrafo*. Tese de Doutorado. DG – FFLCH – USP. São Paulo, 1999.

LIMA, Walter de Paula. *Impacto Ambiental do Eucalipto*. São Paulo: Edusp, 1996. 301p.

LUCHIARI, A. *Algumas considerações sobre a aplicação dos produtos do sensoriamento remoto para levantamento do uso e revestimento da terra*. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina. 2005, Anais. São Paulo / USP, 2005. pp. 8191-8218.

MARTINELLI, Marcello. *Comunicação cartográfica e os atlas de planejamento*. Tese de Doutorado. DG – FFLCH – USP. São Paulo, 1984.

MATIAS, L. F. *Por uma cartografia geográfica – uma análise da representação gráfica na Geografia*. Dissertação de Mestrado. DG – FFLCH – USP. São Paulo, 1996.

MONMONIER, Mark S. *Computer-assisted cartography – principles and prospects*. New Jersey: Englewood Cliffs, 1982. 214p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2001. 127p.

NEWSON, Malcolm. *Land, water and development – sustainable management of river basin systems*. Nova Iorque: Routledge. 1997.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações*. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308p.

ODUM, Eugene. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, L. *Estudo Metodológico e Cognitivo do Mapa*. Série Teses e Monografias. n. 32. São Paulo: IGEOG – USP. 1978, 128p.

PONTUSCHKA, Nídia N. *Suzano e o impacto da industrialização*. Tese de Doutorado. DG – FFLCH – USP. São Paulo. 1979, 120p.

RIZZINI, Carlos Toledo. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997. 747p.

ROMARIZ, Dora de Amarante. *Aspectos da vegetação do Brasil*. São Paulo: Edição da Autora, 1996. 60p.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. S. *Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade*. In: Revista do Departamento de Geografia. n. 13. Humanitas / FFLCH / USP. São Paulo, 1999.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo: DG – FFLCH – USP / Laboratório, de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada. IPT – FAPESP, 1997.

SABINS JR., Floyd F. *Remote Sensing – principles and interpretation*. New York: W. H. Freeman and Company, 1987. 449p.

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 898/75. Disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo. Disponível em: <<http://www.sma.sp.gov.br>>

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 1.172 de novembro de 1976, que delimita as áreas de proteção relativa aos mananciais, cursos e reservatórios de água a que se refere o artigo 2º da Lei nº 898/75 e estabelece normas de restrição de uso do solo em tais áreas. Disponível em: <<http://www.sma.sp.gov.br>>

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 9.866/97. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas de interesse regional do

Estado de São Paulo e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.sma.sp.gov.br>>

SÃO PAULO (Estado) – Secretaria do Meio Ambiente. *Lei Estadual nº 9.866/97 – Uma nova política de mananciais*. São Paulo, 1997. 23p.

SÃO PAULO (Estado) – Secretaria de Agricultura e Abastecimento. *Projeto LUPA*. São Paulo. 1996.

SETZER, J. *Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai / CESP, 1966.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez, 2002. 335p.

SCHOWENGERDT, Robert A. *Remote Sensing – models and methods for image processing* New York: Academic Press, 1997. 522p.

SOCTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*, Instituto de Geografia – USP, n.12, 1978.

SPÖRL, A.; SEABRA, O. C. L. A lei e proteção aos mananciais versus a prática social de ocupação na bacia do Guarapiranga. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 11, 1997.

SUZANO. Câmara Municipal. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Suzano. Disponível em: <<http://www.camarasuzano.sp.gov.br>>. Acesso em: 17 abr. 2006.

TRICART, J. I. *Paisagem e Ecologia*. Trad. Preliminar: C. A. F. Monteiro. *Geomorph. Dynam.* XXVIII (3): 81 – 95. 1979.

TROPPMAIR, H. *Geossistemas e Geossistemas Paulistas*. Rio Claro: DG – IGCE – UNESP, 2000. 104p.

WELCH, R. *Spatial resolution requeriments for urban studies*. International Journal of Remote Sensing, v.3, n.2, p.139-146, 1982.

XUEGONG, Xu; HONGHAI, Guo; XIAOLING, Chen; HUIPING, Lin; QIAOLING, Du. *A multi-scale study on land use and land cover quality change: The case of the Yellow River Delta in China*. *GeoJournal* 56: 177–183, 2002. 2003 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*. Disponível em <<http://landsat7.usgs.gov/documents/lstmcal2003.pdf>>. Acesso em 06. jul. 2003.

ZAVOIANU, I. *Morphometry of Drainage Basins*. Developments in water science, 20, Amsterdam, Elsevier, 1985.

Contato:

paulogeo@usp.br