

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE TEMPORAL DA TRANSGRESSÃO EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE E USO RESTRITO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIJUCAS**

**Clarisse Post Darella**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE TEMPORAL DA TRANSGRESSÃO EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE E USO RESTRITO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIJUCAS**

**Clarisse Post Darella**

**Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina como requisito para  
Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientadora  
Janaina Sant'Ana Maia Santos**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

ANÁLISE TEMPORAL DA TRANSGRESSÃO EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE E USO RESTRITO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIJUCAS

CLARISSE POST DARELLA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos  
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental – TCC II

BANCA EXAMINADORA :



---

**Doutoranda Janaina Sant'Ana Maia Santos**  
(Orientadora)



---

**Msc. Celso Moller Ferreira**  
(Membro da Banca)



**Doutorando José Antonio Silvestre Fernandes Neto**  
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)**  
**JULHO/2008**

**Dedico este trabalho à minha família**

## **Agradecimentos**

À vida.

Aos meus pais, pelos exemplos de dedicação, integridade, luta e amor.

Ao meu irmão que trouxe momentos de descontração.

À minha família extensa, pessoas importantes no conjunto que cerca minha vida.

À minha orientadora, Janaina, pelos conhecimentos transmitidos, dedicação, competência e amizade.

A todos os meus queridos amigos da ENS 011, pessoas incríveis que comigo percorreram os caminhos acadêmicos e que se tornaram amigos para a vida.

Aos bons professores que tive durante o curso.

A todos os amigos pela força da amizade.

A todos os que de alguma forma participaram deste trabalho.

**RESUMO:** A manutenção das florestas e dos recursos hídricos deve ser prioridade dos governos de todos os países no intuito de proteger e conservar os recursos naturais e a diversidade biológica. No Brasil, o Código Florestal (Lei 4.771, de 15.09.1965) estabelece critérios para a proteção das matas ciliares e nascentes e das florestas de encostas e topos de morro, e a lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433, de 08.01.1997) possui como pressuposto básico a água como um bem de domínio público dotada de valor ecológico e econômico. Dessa forma, o presente trabalho visa realizar uma análise temporal de áreas em transgressão ao Código Florestal localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, no litoral catarinense. Tal análise consiste em comparar dados de sensoriamento remoto e geoprocessamento dos anos de 1985 e 2006 e para tanto foram criados mapas temáticos, que contribuem para o diagnóstico da eficácia do Código Florestal e da ressonância da “Lei das Águas”. Espera-se que os resultados deste estudo subsidiem ações de gestão e planejamento já estão sendo realizadas pelo Comitê de Gerenciamento da referida bacia, assim como na proposição de estratégias para a recuperação de áreas degradadas.

**PALAVRAS CHAVE:** Bacia Hidrográfica, Código Florestal, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento.

**ABSTRACT:**

The maintenance of forests and water resources should be priority of governments of all countries in order to protect and conserve natural resources and biological diversity. In Brazil, the Forest Protection Law (Law 4.771, of 15.09.1965) establishes criteria for the protection of the riparian zone, the headwater protection, the hillsides forests and the top of mount and the National Politics of Water Resource's law institutes (Law 9.433, of 08.01.1997) as basic assumptions the water as a public property endowed with ecological and economic value. In this way, the present work aims to achieve a temporal analysis of transgressions areas to the Forest Protection Law in the Tijucas Basin, on Santa Catarina coast line. Such analysis consists of comparing remote sensing and geoprocessing data, the years of 1985 and 2006 and for both thematic maps were created, contributing to the diagnostic effectiveness of Forest Protection Law and the resonance of water resources Law. It is expected that this study's results contribute and subsidize actions of management and planning that are already being undertaken by the Tijucas River Management Committee, and to propose strategies for the recovery of degraded areas.

**KEY WORDS:** Basin, Forest Protection Law, Remote Sensing, Geoprocessing.

## ÍNDICE GERAL

1 INTRODUÇÃO .....	9
1.2 Objetivos .....	10
1.2.1 Objetivo Geral.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
1.3 Justificativa .....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.2 Gestão e Planejamento de Bacias Hidrográficas .....	11
2.2 Código Florestal x Lei das Águas.....	12
2.3 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento .....	13
2.3.1 Conceitos Gerais .....	13
2.3.2 Processamento Digital da Imagem .....	14
2.3.3 Mapas Numéricos .....	17
2.4 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Gestão de Bacias Hidrográficas	17
2.5 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Aplicação do Código Florestal	18
3 MATERIAS E MÉTODOS .....	23
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	23
3.2 Materiais .....	27
3.3 Metodologia .....	27
3.4 Saída de Campo .....	30
3.5 Análise da Transgressão ao Código Florestal.....	31
3.5.1 Georreferenciamento .....	31
3.5.2 Correção dos Efeitos Atmosféricos .....	32
3.5.3 Realce.....	33
3.5.4 Segmentação e Classificação .....	33
3.5.5 Representação cartográfica do Código Florestal .....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4.1 Imagem com Correção Atmosférica .....	37
4.2 Imagem com Realce.....	38
4.3 Classificação das Imagens .....	39
4.4 Mapas de APP e AUR .....	41
4.5 Comparação das Transgressões ao Código Florestal.....	43
4.6 Conclusões .....	47
4.7 Considerações Finais .....	48
5 REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção das florestas e dos recursos hídricos deve ser prioridade dos governos de todos os países, no intuito de preservar a qualidade de vida das populações, manter o equilíbrio ambiental e conservar a biodiversidade. Com esse propósito são criadas leis ambientais que delimitam áreas nas quais a retirada de cobertura vegetal é proibida.

No Brasil, a partir da década de 1930, foram criadas as primeiras leis ambientais estabelecendo parques nacionais, leis para a proteção da flora e fauna, da água, entre outras medidas de prevenção e defesa do patrimônio natural. No entanto, somente na década de 1960, quando começaram a aparecer graves problemas ambientais no mundo inteiro, é que ocorreu o fortalecimento das ações do governo brasileiro no sentido de proteger e conservar os recursos naturais (LEITE, 2002). Com isso, estabeleceu-se o Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 4.771, de 15.09.1965, que é consequência da redefinição do modelo de desenvolvimento do país, ainda que no plano teórico. No referido código, são determinadas áreas de preservação permanente ao longo de rios, ao redor de nascentes, em topos de morros e em encostas com declividades acentuadas (CÓDIGO FLORESTAL, 1965).

A degradação dos recursos hídricos causada pela poluição e contaminação dos despejos industriais, esgotos domésticos, agrotóxicos, desmatamentos etc., compromete os mananciais de abastecimento. Esses impactos que afetam diretamente as populações, aliados aos conflitos crescentes/\* sobre os aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos afetam a qualidade de vida dos seres vivos, provocando desequilíbrios ambientais das áreas drenadas, como aumento de erosões no solo, da velocidade de escoamento das águas, das enchentes e do assoreamento dos corpos d'água, entre outros aspectos (COSTA E COLABORADORES, 1996). Desta forma, denota-se o desafio da sociedade brasileira no que diz respeito à conjunção de ambas as leis para efetivar uma forma de desenvolvimento compatível com a sustentabilidade ambiental.

O trabalho em questão é composto por uma análise temporal da evolução das áreas em transgressão a alguns critérios do Código Florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas (BHRT). Tal análise utilizará as tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto para criação de mapas temáticos com dados cartográficos e imagens do satélite Landsat para os anos de 1985 e 2006.

A BHRT localiza-se no litoral centro de Santa Catarina, é composta por 13 municípios e possui Comitê de Gerenciamento de Bacias instituído pelo Decreto nº 2.918, de 04 de setembro de 2001 (SANTA CATARINA, 2006). Os municípios que constituem a bacia possuem três realidades e características socioeconômicas distintas, o Baixo, o Médio e o Alto Vale do Rio Tijucas (SANTOS E COLABORADORES, 2006).

Os ecossistemas predominantes da bacia em questão são: a Floresta Tropical Atlântica (Mata Atlântica) e a Floresta de Araucária (inserida no Bioma Mata Atlântica). A Mata Atlântica possui atualmente apenas 7% de sua cobertura original no Estado e a Floresta de Araucárias sofreu enormes devastações, devido ao plantio de espécies exóticas para fim econômico (SANTA CATARINA, 2006).

De acordo com o artigo 2º da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006), consideram-se integrantes do Bioma Mata Atlântica as seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1988): Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste.

É importante citar a presença de cinco comunidades indígenas Guarani (Mbiguaçu, Itanhaê, Amâncio e Kuri'y, em Biguaçu e Tava'i, em Canelinha) na BHRT, fato que poderá contribuir nos estudos ecológicos, considerando a visão de mundo e os conhecimentos tradicionais deste povo indígena. Existe ainda, a presença de uma Comunidade Quilombola no município de Porto Belo.

Na Bacia em estudo existe a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de Caraguatá, institucionalizada em 1990, que foi estabelecida em local anteriormente utilizado como pastagem, área agrícola e de extração de madeiras nobres (RPPN – Caraguatá, 2008).

O presente trabalho é parte de um projeto de tese de doutorado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tem como objetivo a proposta do planejamento e da gestão da água como um processo de governança da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, com o auxílio de tecnologias de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Modelagem Ambiental (SANTOS, 2007).

## **1.2 Objetivos**

### *1.2.1 Objetivo Geral*

O objetivo geral do presente trabalho é fornecer subsídios para auxiliar o processo de gestão e planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas através das ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

### *1.2.2 Objetivos Específicos*

1- Construir mapas temáticos das áreas em transgressão a algumas normas do Código Florestal Brasileiro, com base nos dados de geoprocessamento e sensoriamento remoto, da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas;

2- Analisar e comparar as áreas em transgressão com alguns critérios de definição de Área de Preservação Permanente e de Áreas de Uso Restrito, segundo o Código Florestal para os anos de 1985 e 2006.

### **1.3 Justificativa**

O presente trabalho justifica-se através de três argumentos, o científico, o legal e o local, tomados de forma articulada:

O argumento científico se apóia na importância da proteção das margens de corpos hídricos (matas ciliares) e encostas para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, diminuição das erosões, diminuição do risco de enchentes e manutenção da disponibilidade hídrica.

O argumento legal trata da avaliação da eficácia do Código Florestal Brasileiro, que possui a finalidade de prevenir e corrigir os danos causados pelo desmatamento. Pode-se dizer que a transgressão ao Código Florestal deve-se, entre outros fatos, à deficiência em meios e materiais para apurar com rigor a aplicação do referido código (SANTOS, 2002). A Lei das Águas (Lei nº 9.433), aliada ao Código Florestal, constitui importante e indispensável instrumento jurídico para a gestão e planejamento de bacias hidrográficas, uma vez que constrói o conceito de gestão integrada do meio ambiente.

O terceiro argumento considera a importância da produção de trabalhos e estudos, considerando a bacia em questão como unidade de gestão e planejamento, tendo em vista que esta é um ponto estratégico de reserva de recursos hídricos para o futuro. Ressalta-se ainda a que a bacia pertence à Reserva da Biosfera e possui três ecossistemas em extinção: as Matas de Araucárias, a Mata Atlântica e os campos de altitude, além de ecossistemas costeiros (SANTOS E COLABORADORES, 2006).

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.2 Gestão e Planejamento de Bacias Hidrográficas**

A gestão de bacias hidrográficas deve considerar algumas metas estabelecidas no II Fórum Mundial da Água (2000) que são: garantir a disponibilidade de água para atender as necessidades básicas das pessoas; garantir a produção de alimentos para todos; preservar a integridade dos ecossistemas; compartilhar os recursos hídricos com as regiões e/ou períodos de escassez; valorar a água; melhorar os conhecimentos de base e realizar a gestão integral.

A história da gestão das águas no Brasil se desenvolveu de maneira fragmentada. Os setores de saneamento, agricultura irrigada, energia elétrica etc. realizavam seus planejamentos separadamente, não considerando os planejamentos dos outros setores. A gestão das águas era centralizada pelo fato dos governos estaduais e federal definirem a política sem a participação dos governos municipais, dos usuários e da sociedade civil (ABERS; JORGE, 2005).

O Código das Águas de 1934, que pode ser considerado um ponto de partida na gestão da água no Brasil, constitui-se no principal instrumento jurídico federal de regulamentação e medição dos múltiplos usos da água no país até a criação da Lei das Águas (Lei nº 9.433/97) (SILVA, 2004). Com isso pode-se dizer que a gestão das águas foi centralizada e fragmentada até a edição da referida lei.

A Lei nº 9.433/97 criou os Comitês de Gerenciamento de Bacias, órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica de forma descentralizada e participativa. No Brasil existem 110 comitês de bacias estaduais e 7 comitês federais instituídos (MMA/ANA, 2006). No Estado de Santa Catarina existem 16 comitês instituídos (SANTA CATARINA, 2008).

A participação nos processos de gestão de bacias hidrográficas, garantida pela Lei das Águas através dos comitês, traz uma nova perspectiva de cidadania, que contrapõe o poder de governança local com o de governo. O primeiro trata da capacidade efetiva de atuação da comunidade nos processos de gestão e o segundo considera apenas os representantes legais na tomada de decisões (TEIXEIRA, 2004).

Segundo Silva (2006) a governança da água pode ser assumida como uma estratégia para a sustentabilidade baseada na valorização de experiências locais, na participação de representantes da comunidade, que através do estudo se tornam capazes de definir planos de ação e responsabilidades na gestão local, com a comunidade atuando no processo de implementação dos planos estabelecidos.

## **2.2 Código Florestal x Lei das Águas**

O Código Florestal Brasileiro juntamente com a “Lei das Águas”, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, compõem importantes e indispensáveis instrumentos jurídicos para a gestão de bacias hidrográficas. A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental constitui uma das diretrizes gerais de ação da Lei nº 9.433/97 que, apesar de instituir a gestão da água de forma participativa e descentralizada, ainda ocorre de forma fragmentada e com pouca articulação setorial, dificultando a integração das políticas e sistemas de gestão de recursos hídricos e florestais e restringindo o alcance das iniciativas de desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas (PROGRAMA ÁGUAS E FLORESTAS DA MATA ATLÂNTICA, 2003).

As leis estabelecem critérios a serem obedecidos e que, em conjunto, podem contribuir para uma “cultura hidroflorestal”, termo utilizado no Programa de Águas e Florestas da Mata Atlântica, que tem como objetivo subsidiar a formulação e implementação de políticas integradas de conservação e gestão de recursos hídricos e florestais, resgatando a compreensão e a utilização do papel estratégico das florestas para o equilíbrio do ciclo hidrológico (PROGRAMA ÁGUAS E FLORESTAS DA MATA ATLÂNTICA, 2003).

Para prevenir e corrigir os impactos causados pelo desmatamento de áreas frágeis, o Código Florestal Brasileiro regulamenta a ocupação do solo ao longo de margens de corpos d’água, nascentes, reservatórios artificiais ou naturais, topos de morro, encostas com declividades acentuadas (CÓDIGO FLORESTAL, 1965). A recuperação e a preservação dessas áreas contribui para garantir a qualidade e quantidade de água da bacia.

Em relação às margens, tal código determina como área de preservação permanente, que deve permanecer com a vegetação original, limites ao longo das margens dos rios desde o seu nível mais alto, diferenciados de acordo com a largura destes. Para rios de

até 10 (dez) metros de largura, estabelece-se uma faixa marginal mínima de proteção de 30 (trinta) metros, que aumenta para 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura (CÓDIGO FLORESTAL, 1965).

A vegetação natural localizada ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais deve ser preservada, assim como as áreas ao redor de nascentes, mesmo quando estas são intermitentes e nos chamados "olhos d'água", num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (CÓDIGO FLORESTAL, 1965).

A Lei nº 9.433/97 possui como pressuposto básico ser a água um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. A valoração da água estimula seu uso racional, que contribui para assegurar sua disponibilidade para as futuras gerações, objetivo da referida lei.

Outro fundamento da Lei da Águas é a definição da bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A gestão passa a ser descentralizada e a contar com a participação do Poder Público, dos usuários de água e das comunidades.

Os objetivos da Lei nº 9.433/97 são garantir a disponibilidade dos recursos hídricos, considerando qualidade de acordo com os respectivos usos e a quantidade através da prevenção da poluição e do uso consciente.

As diretrizes gerais da Lei prevêm que as características qualitativas e quantitativas da água não devem ser dissociadas uma da outra, de acordo com os múltiplos usos. Esses usos devem estar adequados com a realidade local, considerando os aspectos demográficos, econômicos, sociais, físicos, bióticos e culturais de cada bacia.

### **2.3 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**

Para utilizar as ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto faz-se necessário compreender alguns de seus conceitos, etapas e componentes.

#### *2.3.1 Conceitos Gerais*

→ Sensoriamento remoto – definido como a tecnologia para obtenção de informação de um objeto sem estar em contato físico com ele. A captura da informação ocorre através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Os dados obtidos por sensoriamento remoto são imagens de satélites, de aviões (fotografias aéreas) ou imagens de fotografias tiradas com uma máquina fotográfica comum (FLORENZANO, 2002).

→ Geoprocessamento – denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (SANTOS, 2002).

→ Sistema de Informação Geográfica SIG – o conjunto denominado SIG é a ferramenta para realizar o geoprocessamento (MOREIRA, 2003).

Os componentes do SIG são: interface; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial; visualização e plotagem; e Banco de Dados Geográficos. A interface fornece suporte e integra os dados de entrada. A entrada contempla a aquisição dos dados espaciais contidos em fotografias aéreas, mapas, imagens de satélites, dados de campo, dados digitalizados etc. A conversão de formato e a identificação do local do objeto nos formatos originais são tarefas de integração de dados. A consulta e análise espacial envolvem os aplicativos de tratamento de dados e são constituídos de algoritmos que realizam operações de pré-processamento, de classificação e de pós-processamento. O Banco de Dados Geográficos é o conjunto de dados estruturados para facilitar o acesso às informações alfanuméricas e de localização geográfica das entidades do mundo real (MOREIRA, 2003).

### *2.3.2 Processamento Digital da Imagem*

O termo processamento digital de imagem refere-se a um conjunto de técnicas e operações realizadas nas imagens para facilitar a identificação e extração de informação (INPE, 2007).

O processamento de imagem para obtenção de mapa de uso do solo se divide em dois: o pré-processamento e o processamento propriamente dito.

#### **a) Pré-Processamento**

A etapa de pré-processamento consiste em corrigir as distorções radiométricas e geométricas de uma imagem bruta. Essas correções devem ser feitas antes das técnicas de realce, já que estas além de enfatizarem feições de interesse, realçam também as imperfeições da imagem. As imperfeições podem ser inerentes e dependentes do sistema sensor utilizado para gerar a imagem digital. Isto faz com que algoritmos específicos de remoção ou redução de ruídos sejam desenvolvidos, dependendo do tipo de ruído presente. Os ruídos são áreas que possuem radiância zero (SANTOS, 2001).

a.1) Correção Radiométrica – ruído radiométrico ou degradação podem ser classificados como do tipo coerente e aleatório. Ruídos coerentes são aqueles que possuem um padrão sistemático. Os aleatórios são aqueles que não possuem nenhum padrão (SANTOS, 2001).

a.2) Restauração de Imagens – a resolução de imagens de sensores a bordo de satélites é degradada por: filtragem eletrônica, difração ótica e tamanho do detector. Com isso, a resolução espacial efetiva é, em geral, pior que a resolução espacial nominal, que corresponde à projeção do detector na superfície da terra e não considera as imperfeições do sensor (SANTOS, 2001).

A restauração de imagens é uma técnica para reduzir as distorções introduzidas pelos sensores, melhorando a resolução efetiva do sensor até certo nível. O processo de restauração considera as características do sensor, portanto para cada sensor e banda espectral existe um filtro adequado (SANTOS, 2001).

A restauração da imagem realça suas feições tais como ruas, estradas bordas etc. Os métodos de restauração usam informações do próprio sensor para fazer as correções, possuindo critérios objetivos. Os métodos de realce convencionais, pelo contrário, usam critérios subjetivos (olho humano) que é difícil de ser modelado (SANTOS, 2001).

A restauração e reamostragem espacial podem ser combinadas em uma única operação de filtragem, desta forma, o custo computacional e o borrimento introduzido pelo processo de interpolação, quando realizado separadamente, são reduzidos. Assim, pode-se gerar imagens restauradas em diferentes tamanhos de pixels (SANTOS, 2001).

a.3) Correção Geométrica – trata da remoção dos erros sistemáticos presentes nas imagens. A justificativa para a correção geométrica de imagens é a integração com mapas e outras informações (SANTOS, 2001).

A escolha do modelo matemático mais adequado ao tratamento de cada caso depende de se conhecer os erros que interferem no processo de formação das imagens. Um SIG deve propiciar ferramentas para que o resultado de uma correção geométrica possa ser avaliado e validado (SANTOS, 2001).

De uma maneira geral, o processo de correção geométrica de imagens compreende três etapas. A primeira é uma transformação geométrica ou mapeamento direto, que estabelece uma relação entre coordenadas de imagem (linha e coluna) e coordenadas geográficas (latitude e longitude). Nesta etapa, as distorções são eliminadas e se define o espaço geográfico ocupado pela imagem corrigida. Em seguida, faz-se o mapeamento inverso, retorna-se à imagem original para que se definam os níveis de cinza que comporão a imagem corrigida. Esta definição de níveis de cinza ocorre na última etapa, chamada de reamostragem, que nada mais é que uma interpolação sobre os níveis de cinza da imagem original (SANTOS, 2001).

a.4) Registro de Imagens – as transformações polinomiais, que são usadas no registro de imagens, fazem o vínculo entre as coordenadas de imagem e as coordenadas do sistema de referência (geográficas ou de projeção) através de pontos de controle. Pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são candidatos naturais a pontos de controle (SANTOS, 2001).

A determinação dos parâmetros da transformação polinomial selecionada é feita através da resolução de um sistema de equações. Os sistemas aceitam medições feitas diretamente no terreno (GPS), dados vetoriais existentes e imagens georreferenciadas como fontes de extração de coordenadas de referência (SANTOS, 2001).

a.5) Correção Atmosférica – a absorção atmosférica subtrai valores de brilho de energia radiante do alvo, enquanto o espalhamento atmosférico adiciona valores à resposta original (SANTOS, 2001).

No método mais comum para minimizar o efeito atmosférico, o valor digital mais baixo encontrado entre os "pixels" é subtraído de uma banda dos *pixels* restantes na imagem. Geralmente, os valores de brilho mais baixos da imagem são de áreas com sombreamentos de relevo ou água limpa (lagos, rios etc.). Considera-se que os valores encontrados nestes alvos são da contribuição aditiva da atmosfera (SANTOS, 2001).

## **b) Processamento**

O processamento propriamente dito é composto da segmentação e classificação da imagem.

b.1) Segmentação – consiste em parcionar a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões, um conjunto de *pixels* adjacentes, que apresentam um dado atributo uniforme, como: área, forma, parâmetros estatísticos e textura, que podem ser extraídos e usados posteriormente no processo de análise (SANTOS, 2001).

O particionamento da imagem pode ser realizado de três formas: (1) por crescimento de regiões; (2) detecção de bordas e (3) combinação das outras duas.

A técnica de crescimento de regiões divide a imagem em regiões homogêneas, cada uma identificada por um rótulo. O resultado final é uma imagem rotulada. No método de detecção de bordas, as bordas entre regiões homogêneas são extraídas gerando como resultado um mapa de bordas (SANTOS, 2001).

b.2) Classificação – é o processo de extração de informação de uma imagem para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado da classificação é uma imagem na qual cada *pixel* contém informação de uma classe ou tema. Esta imagem é chamada de imagem temática (mapa), onde os *pixels* classificados são representados por símbolos gráficos ou cores. Cada cor ou símbolo corresponde a uma classe (área urbana, tipos de florestas etc.) definida pelo usuário (SANTOS, 2001).

A classificação automática (feita por computador) analisa os atributos numéricos de cada *pixel* na imagem, por isso é considerada uma análise quantitativa (SANTOS, 2001).

Na classificação não automática, conhecida como foto-interpretação, um especialista humano extrai as informações baseando-se na inspeção visual da imagem. As duas abordagens são importantes e muitas vezes complementares (SANTOS, 2001).

A classificação automática pode ser dividida em dois grupos: supervisionada e não supervisionada.

Na classificação não supervisionada, cada *pixel* da imagem é associado a uma classe sem que o usuário tenha conhecimento do número ou identificação das classes da imagem (SANTOS, 2001). Os classificadores não-supervisionados são indicados quando o usuário não conhece a área de estudo (MOREIRA, 2003).

Na abordagem supervisionada são utilizados algoritmos que reconhecem os padrões espectrais de uma amostra de área de treinamento fornecida pelo usuário (MOREIRA, 2003).

Existem ainda os classificadores *pixel a pixel*, que utilizam apenas a informação espectral isolada de cada *pixel* para identificar as regiões homogêneas e os classificadores por região (SANTOS, 2001).

A classificação por regiões é feita primeiramente dividindo a imagem em regiões (segmentação). Depois, cada região é integrada a uma classe. Este método pode ser comparado à foto-interpretação, que reconhece as áreas homogêneas nas imagens, baseando-se nas propriedades espectrais e espaciais destas imagens (SANTOS, 2001).

### 2.3.3 Mapas Numéricos

O modelo numérico do terreno (MNT) é utilizado para representar quantitativamente uma grandeza que varia no espaço e pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y) em que um referencial descreve a variação contínua da superfície. Um exemplo de MNT são as isolinhas de topografia (SANTOS, 2002).

A representação do MNT pode ser feita através de grades regulares ou de redes triangulares:

→ Grade Regular – modelo digital representado por uma matriz na qual cada um de seus elementos está associado a um valor numérico referente à cota do local ou ao valor de qualquer propriedade que está sendo representada (teor de argila, concentração de minério, temperatura etc.).

→ Rede Triangular (TIN) – Estrutura vetorial. Com topologia arco-nó se representa uma superfície utilizando um conjunto de facetas triangulares justapostas. Cada vértice da face triangular armazena as coordenadas de localização (x, y) e o atributo de elevação (z).

## 2.4 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Gestão de Bacias Hidrográficas

As imagens geradas a partir de sensores instalados a bordo de satélites orbitais, possibilitam a extração de muitas informações sobre o meio ambiente e, principalmente, sobre o uso que temos feito dos recursos disponíveis, seja em escala local, regional ou até mesmo em escala global (FLORENZANO, 2002).

As ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento auxiliam a compreensão do meio ambiente e proporcionam informações necessárias para o uso sustentável e gerenciamento dos recursos naturais (SANTOS, 2002; CRISCUOLO; BACCI, 2007; DI MAIO, 2007; GONÇALVES E COLABORADORES, 2007).

Guimarães (1999) afirma ainda que os processamentos de imagens e dados cartográficos podem subsidiar o processo de tomada de decisões e orientação de políticas públicas.

As imagens geradas a partir de sensores instalados a bordo de satélites orbitais podem ser utilizadas para diversos fins como: subsidiar planos de manejo e de Zoneamento Econômico-Ecológico, prevenir a degradação do meio ambiente, indicar e/ou corrigir áreas degradadas, avaliar a evolução do uso do solo (FLORENZANO; SANTOS, 2002; CRISCUOLO E BACCI, 2007; DI MAIO, 2007; GONÇALVES E COLABORADORES, 2007).

Na literatura são encontrados exemplos práticos do uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento para gestão e planejamento de bacias hidrográficas (BATISTA E COLABORADORES, 2005).

## 2.5 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Aplicação do Código Florestal

As técnicas utilizadas para a identificação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) podem ser realizadas com o emprego de dados de Sensoriamento Remoto em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (MAIA, 2001; RIBEIRO E COLABORADORES, 2005).

Diversos trabalhos utilizando geotecnologias têm sido desenvolvidos com o objetivo de identificar as Áreas de Preservação Permanente em transgressão ao referido Código (SIQUEIRA, 1999; RIBEIRO E COLABORADORES, 2005; ALVES, 2007; PINTO, 2003; SANTOS, 2002).

Costa e colaboradores (1996), delimitaram e caracterizaram APPs, elaborando um diagnóstico qualitativo e quantitativo de uso da terra em uma área no município de Viçosa, Minas Gerais.

Maia (2001) apresenta metodologia para delimitação de áreas em transgressão ao Código Florestal com imagens de satélite e processamento de dados cartográficos.

Em artigo apresentado na revista *Ciência Florestal*, Nascimento e colaboradores (2005) identificaram os conflitos de uso da terra em APPs na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, no município de Alegre, Espírito Santo, com base em dados de sensoriamento remoto e dados cartográficos digitalizados.

Hott e colaboradores (2005) identificaram as APPs em topos de morro no Estado de São Paulo através de ferramentas de sensoriamento remoto e do modelo de elevação do Estado de São Paulo, gerado na missão de mapeamento do terreno terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da NASA.

Altoé e colaboradores (2005) e Santos (2002) utilizaram imagens Landsat ETM+ para criação de mapas temáticos e identificação das áreas em transgressão ao Código Florestal para proposição de corredores ecológicos.

O Código Florestal possui a finalidade de prevenir e corrigir os danos causados pelo desmatamento. Foi instituído segundo a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 e alterado pela Lei nº 7.802, de 18 de julho de 1989, pelas Resoluções do CONAMA nº 302 e 303, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002), pela Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001, pela Lei nº 11.284 de 2 de março de 2006, pela Resolução CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006 e pelo Decreto nº 5.975 de 30 de novembro de 2006. O texto da referida Lei e a possibilidade de auxiliar sua implementação com Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica seguem abaixo:

**Art. 1º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.**

**Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais 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 será: *(Redação da Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; *(Redação da Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; *(Redação da Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; *(Redação da Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; *(acrescentado pela Lei n° 7.511, de 7.7.1986 e alterado pela Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; *(acrescentado pela Lei n° 7.511, de 7.7.1986 e alterado pela Lei n° 7.803 de 18.7.1989)*

O cruzamento do mapa de cobertura da terra, obtido com uso de dados de sensoriamento remoto com resolução adequada com o mapa fatiado de distância da rede de drenagem (que delimita os limites da APP), detecta a transgressão ao Código Florestal em relação ao artigo 2º (SIQUEIRA, 1999).

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

**Lagoas e lagos naturais:**

1) de 30 (trinta) metros para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas; *(Redação da Resolução n° 303 de 20.03.2002)*

2) de 100 (cem) metros para os que estejam situados em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; *(Redação da Resolução n° 303 de 20.03.2002)*

**Lagos e lagoas artificiais:**

1) de 30 (trinta) metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e 100 (cem) metros para áreas rurais; *(Redação da Resolução n° 302 de 20.03.2002)*

2) de 15 (quinze) metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até 10 (dez) hectares, sem prejuízo da compensação ambiental; *(Redação da Resolução n° 302 de 20.03.2002)*

3) de 15 (quinze) metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até 20 (vinte) hectares de superfície e localizados em área rural. *(Redação da Resolução n° 302 de 20.03.2002).*

O processo de detecção das áreas em transgressão ao Código Florestal referentes ao artigo 2a e 2b é feito a partir da sobreposição da informação cartográfica da rede de drenagem, extraindo os pontos referentes a lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais

ou artificiais com as informações de ocupação da terra com o uso de dados de sensoriamento remoto com resolução adequada (SIQUEIRA, 1999).

**c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação da Lei nº 7.803 de 18.7.1989)**

A transgressão ao Código Florestal pode ser detectada através da análise da Área de Preservação Permanente (APP), obtida a partir do fatiamento de um mapa de distância da rede de drenagem extraíndo os pontos referentes às nascentes e “olhos d’água” e o tipo de cobertura encontrado na faixa de preservação pode ser obtido do cruzamento do mapa de APP com o mapa de cobertura da terra (SIQUEIRA, 1999).

**d) no topo de morros, montes, montanhas e serras, em áreas delimitadas a partir de curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima de elevação em relação à base; (Redação da Resolução nº 303 de 20.03.2002)**

**e) nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços da altura), em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros; (Redação da Resolução nº 303 de 20.03.2002)**

**Define-se como:**

- **Cume ou topo – parte mais alta do morro montes, montanhas ou serras;**
- **Linha de cumeada – linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morro ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;**
- **Morro ou monte – elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre 50 (cinquenta) a 300 (trezentos) metros e encostas com declividade superior a 30% (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade; o termo “monte” se aplica de ordinário a elevações isoladas na paisagem;**
- **Serra – vocábulo usado de maneira mais ampla para terrenos acidentados com fortes desníveis, freqüentemente aplicados a escarpas assimétricas possuindo uma vertente abrupta e outra menos inclinada;**
- **Montanha – grande elevação de terreno, com cota em relação à base superior a 300 (trezentos) metros e freqüentemente formada por argumentos de morros;**
- **Base de morro, monte ou montanha – plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d’água adjacente ou nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor.**

**Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue: (Redação da Resolução nº 303 de 20.03.2002)**

**I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;**

**II - identifica-se o menor morro ou montanha;**

**III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e**

**IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.**

Com relação ao item (d) e (e) do artigo 2, a detecção de transgressão ao Código Florestal é feita delimitando-se o terço superior da altura de morros e montanhas a partir da função extração de topo de morro do aplicativo SPRING. A determinação dessa categoria de APP é subjetiva e exige grande esforço interpretativo do analista. (CATELANI E BATISTA, 2007).

**e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;**

O mapa com os dados de altimetria da área de estudo para obtenção de uma grade retangular de declividade em graus é cruzado com o mapa de cobertura da terra para determinar as áreas dentro desta classe de Áreas de Proteção Permanente sem a cobertura adequada (SIQUEIRA, 1999).

**f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;**

Para a detecção da transgressão do Código Florestal em relação às áreas de restingas e mangues é necessária a classificação da imagem. (SANTOS, 2002).

**g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais; (Redação da Lei nº 7.803 de 18.7.1989)**

Para a detecção da transgressão do Código Florestal em relação às áreas dos tabuleiros e chapadas é necessário o fatiamento de um mapa distância a partir de linhas de quebra de declividade, realizado através de um aplicativo, derivado da altimetria e um mapa de cobertura da terra (SANTOS, 2002).

**h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação. (Redação da Lei nº 7.803 de 18.7.1989)**

A detecção da transgressão do Código Florestal em relação às áreas com altitude superior a 1800 metros é feita utilizando a altimetria da área de estudo para obtenção de um Modelo Numérico de Terreno (MNT), o qual deverá ser fatiado em classes temáticas de interesse e integrado a uma imagem classificada para determinar as áreas em que ocorrem desmatamentos dentro das Áreas de Proteção Permanente (SIQUEIRA, 1999).

**Parágrafo único.** No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo. *(Incluído pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)*

**Art. 3º** Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

a) a atenuar a erosão das terras; b) a fixar as dunas; c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares; e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; h) a assegurar condições de bem-estar público.

§ 1º A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

§ 2º As florestas que integram o Patrimônio Indígena ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra g) pelo só efeito desta Lei.

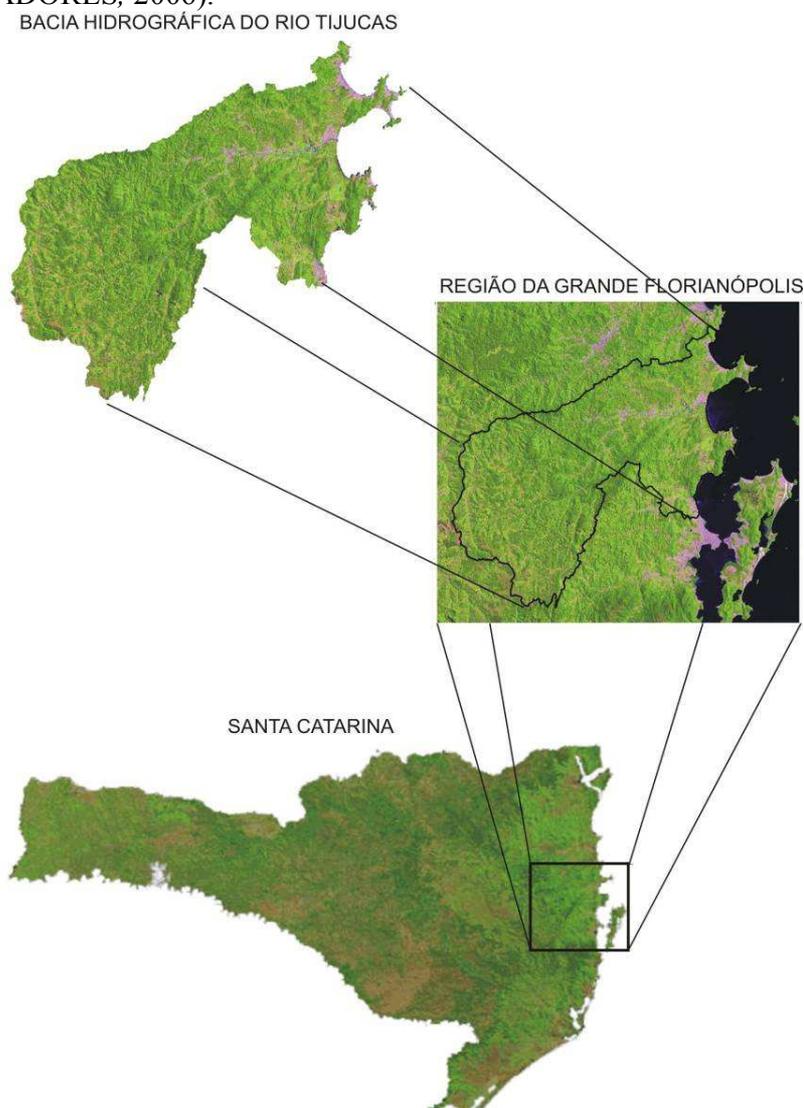
**Art. 10** Não é permitida a derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre 25 e 45 graus, só sendo nelas tolerada a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes.

Nas Áreas de Uso Restrito com declividade entre 25º 45º a detecção da transgressão do Código Florestal é realizada com o auxílio da altimetria da área de estudo para obtenção de uma grade retangular de declividade em graus, que é dividida em classes temáticas e integrada a uma imagem classificada para determinar as áreas em que ocorrem o desmatamento dentro das Áreas de Preservação Permanente (SIQUEIRA, 1999).

### 3 MATERIAS E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

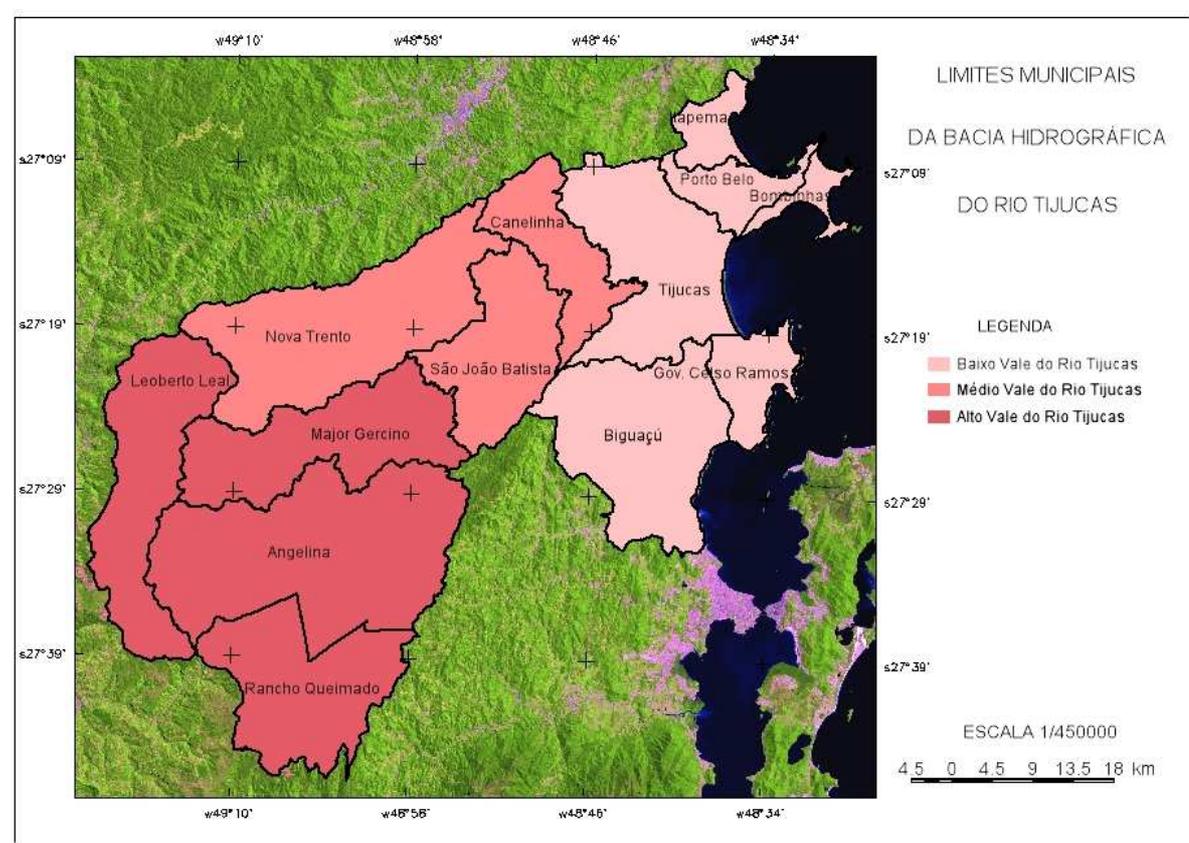
De acordo com a classificação estadual, a Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas pertence à região hidrográfica RH8 e localiza-se no litoral centro de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2006). A bacia possui uma área de aproximadamente 3.015 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 447 Km entre as coordenadas geográficas de longitude oeste 49°19'43" e 48°27'42", latitude sul 27°46'36" e 27°02'35" (Figura 1) (SANTOS E COLABORADORES, 2006).



**Figura 1** - Localização estadual e regional da área de estudo. (Fonte: SANTOS, 2007).

A região apresenta temperaturas médias anuais de 20,65°C, umidade relativa do ar de 82,20% e precipitação anual total de 1.600 mm. Os relevos predominantes são forte-ondulado e montanhoso e os solos são rasos e mediamente profundos, apresentando baixa disponibilidade de nutrientes e desenvolvidos à partir de rochas graníticas e xistos (Santa Catarina, 2006).

A Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas é formada por 13 municípios (Angelina, Biguaçu, Bombinhas, Canelinha, Governador Celso Ramos, Itapema, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Porto Belo, Rancho Queimado, São João Batista e Tijucas), que possuem três realidades socioeconômicas e culturais. As regiões estão delimitadas de acordo com a Figura 2 (SANTOS E COLABORADORES, 2006).



**Figura 2** - Mapa dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas com a divisão dos municípios e três regiões distintas, Baixo, Médio e Alto Vale do Rio Tijucas (Fonte: SANTOS E COLABORADORES, 2006).

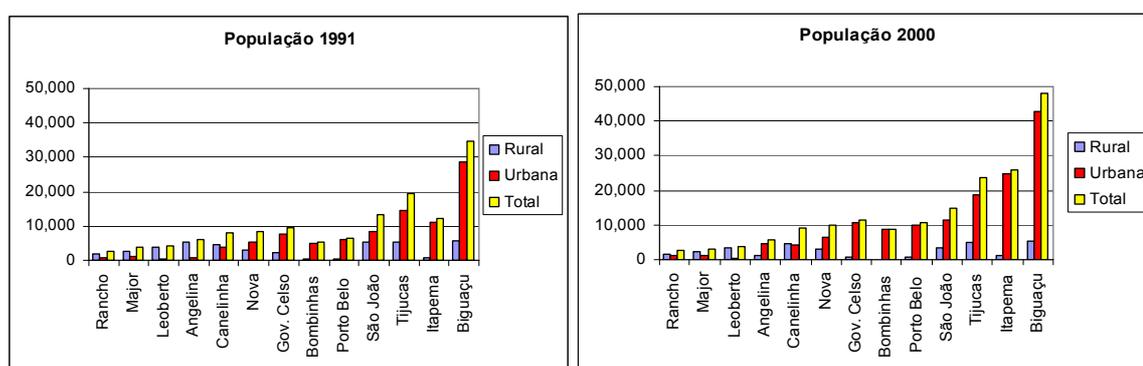
Com relação à população da bacia, os municípios que compõem o Baixo Vale (Itapema, Porto Belo, Bombinhas, Tijucas, Governador Celso Ramos e Biguaçu) e Médio Vale (Canelinha, São João Batista e Nova Trento), da BHRT apresentaram aumento no número de habitantes, com destaque para o município de Itapema que apresentou crescimento de 112 % de 1991 a 2000. A região do Baixo Vale teve aumento de 31,7 % neste mesmo período (Figura 3) (IBGE, 1991; 2000).

A região do Alto Vale, por outro lado, teve decréscimo populacional: Rancho Queimado, com uma taxa de evasão de 6,22%; Major Gercino, com evasão de 16,96%; Leoberto Leal com 12,39% e Angelina com 5,82% (IBGE, 1991; 2000).

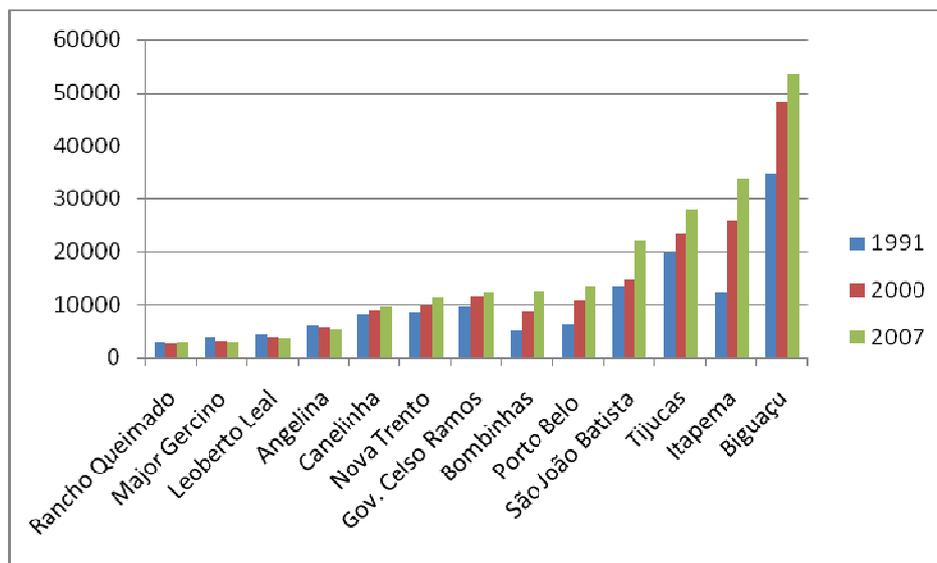
Segundo os dados da contagem da população realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a tendência permanece a mesma até o ano de 2007, exceto Rancho Queimado que de 2000 para 2007 teve aumento demográfico (Quadro 1 e Figura 4).

Municípios	População		
	1991	2000	2007
Rancho Queimado	2.812	2.637	2.772
Major Gercino	3.785	3.143	2.842
Leoberto Leal	4.268	3.739	3.589
Angelina	6.133	5.776	5.322
Canelinha	8.165	9.004	9.696
Nova Trento	8.346	9.852	11.325
Gov. Celso Ramos	9.629	11.598	12.175
Bombinhas	5.246	8.716	12.456
Porto Belo	6.443	10.704	13.301
São João Batista	13.541	14.861	22.089
Tijucas	19.650	23.499	27.944
Itapema	12.176	25.869	33.766
Biguaçu	34.639	48.077	53.444

**Quadro 1** – Número de Habitantes por Município. (Fonte: IBGE, 1991; 2000; 2007).



**Figura 3** - População total, urbana e rural dos municípios da BHRT em 1991 e 2000. (Fonte: IBGE, 1991; 2000; 2007).



**Figura 4** - População total dos municípios da BHRT em 1991, 2000 e 2007. (Fonte: IBGE, 1991; 2000; 2007).

A Região do Baixo Vale do Rio Tijucas (Itapema, Porto Belo, Bombinhas, Tijucas, Governador Celso Ramos e Biguaçu) é predominantemente urbana e destaca-se pela economia voltada para o turismo e a pesca. A pesca artesanal é um importante patrimônio cultural das comunidades litorâneas. Os principais problemas da região estão relacionados à contaminação da água pelos esgotos domésticos, principalmente devido ao grande aumento da população nos meses de verão. Outro problema da região é a ocupação irregular de Área de Preservação Permanente e o crescimento e turismo sem nenhum tipo de planejamento que considere a sustentabilidade ambiental. Nessa região existem reservatórios artificiais devido à extração de areia em cava e problemas ambientais relacionados com a extração de areia no leito do rio (SANTOS E COLABORADORES, 2006).

A Região do Médio Vale do Rio Tijucas, composta pelos municípios de Canelinha, São João Batista e Nova Trento, é caracterizada pelas atividades industrial, agrícola, reflorestamento, fabricação de produtos coloniais e turismo religioso. Existem ainda remanescentes florestais significativos que protegem os efluentes do Rio Tijucas (SANTOS E COLABORADORES, 2006).

Nos municípios de Angelina, Major Gercino, Leoberto Leal e Rancho Queimado, localizados no Alto Vale, os moradores vivem basicamente da agricultura e do turismo rural. Na região ocorre o problema do desmatamento e reflorestamento com espécies exóticas, principalmente o *Pinus spp.* Outro problema localizado é a exploração imobiliária visando à implantação de condomínios rurais, hotéis e pousadas do tipo fazenda (SANTOS E COLABORADORES, 2006).

### 3.2 Materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

1) Imagem Landsat com órbita-ponto 220/79, bandas 3, 4 e 5, nas datas 14 de novembro de 1985 e 05 de setembro de 2006.

2) Curvas de nível e rede hidrográfica, com escala 1:50.000, referentes às cartas topográficas Aguti, Biguaçu, Camboriú, Rancho Queimado, Alfredo Wagner, Botuverá, Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, Vidal Ramos, Anitápolis, Brusque e São João Batista, digitalizadas e disponibilizadas pelo CIRAM – EPAGRI (EPAGRI/CIRAM, 2006).

3) Aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.3.3 para WINDOWS.

4) Aplicativo Google Earth.

### 3.3 Metodologia

O presente trabalho aplicou a metodologia desenvolvida por Santos (2002) que consiste em atividade de processamento de dados de sensoriamento remoto e dados cartográficos, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 5. As etapas estão descritas a seguir:

1) Processamento de Imagens para obtenção do Mapa de Cobertura do Solo seguindo os seguintes procedimentos:

1. Pré-processamento de Imagem.

1.1. Georreferenciamento.

1.2. Correção dos efeitos atmosféricos.

1.3. Realce.

2. Processamento de Imagem.

2.1. Segmentação e Classificação da Imagem.

2.2. Mapeamento e interpretação da classificação não-supervisionada e supervisionada em classes.

2.2.1. Geração de mapa temático de Cobertura do Solo.

2) Processamento de dados cartográficos para avaliação do Estado Normativo da Cobertura do Solo com a finalidade de detectar áreas em transgressão ao Código Florestal.

1. Construção de mapa temático.

- 1.1. Dados cartográficos digitalizados e disponibilizados pelo CIRAM – EPAGRI (EPAGRI/CIRAM, 2007).
  - 1.1.1. Curvas de nível.
  - 1.1.2. Hidrografia.
- 1.2. Geração de rede triangular (TIN) e grade regular.
- 1.3. Geração de grade de declividade.
- 1.4. Geração de grade de distância.
- 1.5. Geração do mapa de área de preservação permanente em margens de rios e ao redor de nascentes.
- 1.6. Geração do mapa de área de proteção permanente em função da presença de reservatórios artificiais.
- 1.7. Geração do mapa de área de preservação permanente e uso restrito em função da declividade.
- 1.8. Identificação da transgressão ao Código Florestal para APP e AUR.
- 1.9. Cruzamento dos mapas gerados para avaliação do estado normativo da cobertura do solo.
- 1.10. Análise do estado normativo da cobertura do solo nos anos 1985 e 2006.
- 1.11. Análise temporal das áreas em transgressão à algumas normas do Código Florestal para os anos de 1985 e 2006.

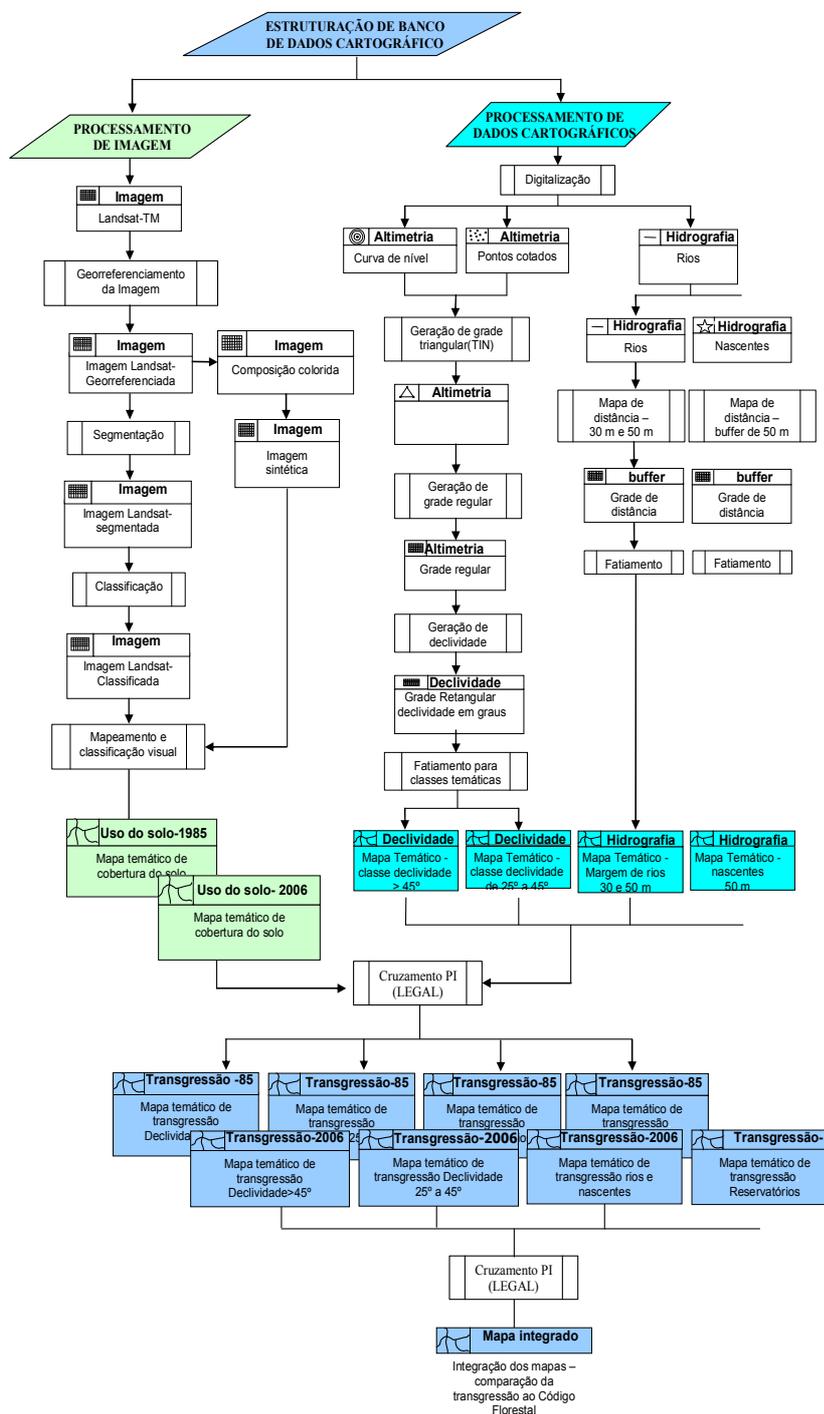


Figura 5 - Fluxograma das atividades para identificação da transgressão a algumas normas do Código Florestal. (Adaptado de SANTOS, 2002)

### 3.4 Saída de Campo

Nos dias 20, 21, 22 e 28 de fevereiro de 2008 foram efetivadas saídas de campo aos municípios de Leoberto Leal, Rancho Queimado, Angelina, Porto Belo e Bombinhas com o intuito de coletar pontos de controle com o GPS, realizar entrevistas com alguns moradores e funcionários das Prefeituras envolvidos com as questões ambientais e fazer o reconhecimento territorial de parte da área em estudo.

Tais pontos coletados poderiam esclarecer possíveis dúvidas quanto à cobertura do solo na região de estudo, no entanto, não foram utilizados no presente trabalho.

A saída possibilitou a observação das transgressões ao Código Florestal na prática, sendo importante para compreensão da complexidade dos problemas socioambientais dos municípios visitados.

Em uma das entrevistas realizadas, um morador antigo da área rural de Angelina colocou que as áreas de mata haviam aumentado na região substituindo as plantações existentes no passado.

Outro ponto que foi relatado durante entrevista com agricultora foi a questão das penalidades aplicadas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), que a multaram por retirar vegetação em área de preservação permanente, fato positivo no sentido da aplicabilidade da lei. No entanto, os fiscais do IBAMA não voltaram com as prometidas mudas nativas que deveriam ser plantadas no local em que foi retirada vegetação.

Algumas áreas em transgressão ao Código Florestal podem ser observadas nas Figuras 6 e 7:



**Figura 6** – Área de Preservação Permanente ao longo de rio ocupada por domicílios.



**Figura 7** – Área de Preservação Permanente em topo de morro coberta com vegetação exótica.

### **3.5 Análise da Transgressão ao Código Florestal**

Para a análise das áreas em transgressão ao Código Florestal nos anos 1985 e 2006 na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca foi realizado o mapeamento da cobertura do solo, no qual diferentes coberturas do solo foram classificadas.

Os processamentos realizados na imagem de 1985 foram feitos por Santos (2007).

A metodologia aplicada para a produção do mapa de cobertura do solo de 2006 foi:

#### *3.5.1 Georreferenciamento*

O georreferenciamento das imagens foi realizado por Santos (2007) para tese de doutorado, utilizando o “registro de imagem” do SPRING e tendo como base uma imagem georreferenciada fornecida pela NASA para a coleta e análise de pontos de controle via tela, verificando os resíduos dos pontos e editando-os quando necessário.

### 3.5.2 Correção dos Efeitos Atmosféricos

A partir das imagens georreferenciadas procedeu-se à correção do efeito de espalhamento atmosférico, utilizando o método de subtração proposto por Chavez Jr. (1988).

O valor mínimo de nível de cinza da banda 1, com o menor número de *pixels*, observado no histograma de distribuição foi de 34, o que, segundo Chavez Jr. (1988), significa condição atmosférica muito limpa (valores abaixo de 56). Para a banda 2 foi encontrado como valor mínimo o nível de cinza 9.

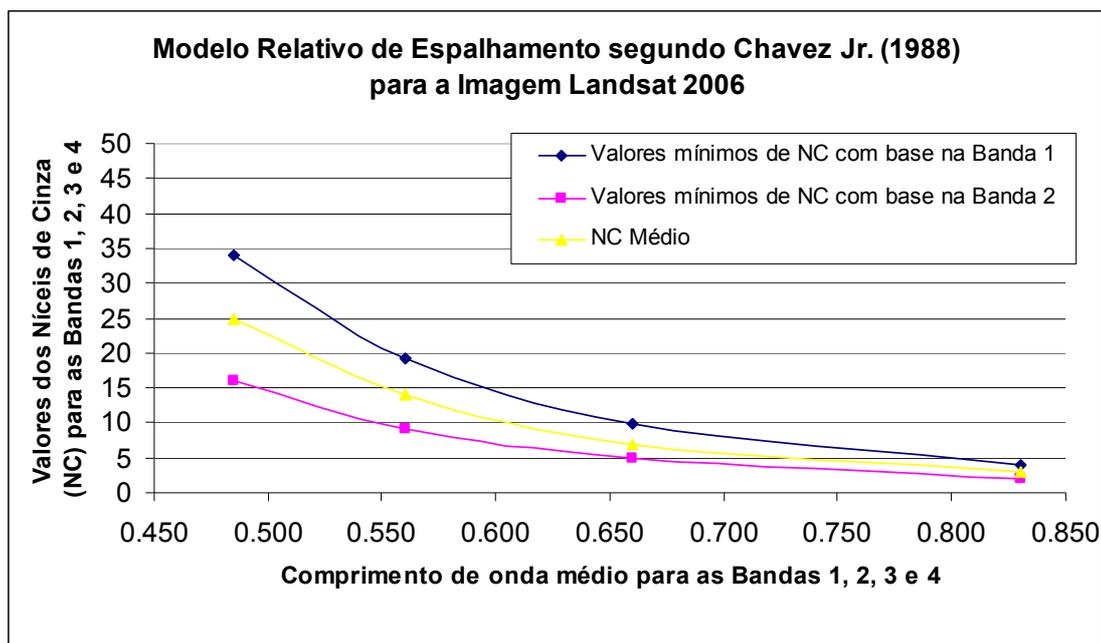
Os valores extraídos da análise do histograma foram utilizados para a escolha dos modelos relativos de espalhamento, dos quais foi extraída a média para obter o valor a ser usado no cálculo de subtração dos níveis de cinza das demais bandas (Figura 4). Este cálculo utiliza valores de *offset* específicos para cada banda, valores estes obtidos em Chavez Jr. (1988) (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1** – Valores dos níveis de cinzas subtraídos das bandas 3 e 4, com base no modelo de Chavez Jr. (1988).

Bandas TM	$\lambda$ médio	Níveis de cinza	Valores de referência - cálculo B1	Níveis de cinza	Valores de referência - cálculo B2	Média dos níveis de cinza
B1	0.4 85	<b>34</b>	1.000	16	1.777	25
B2	0.5 60	19	0.563	<b>9</b>	1.000	14
B3	0.6 60	10	0.292	5	0.518	7
B4	0.8 30	4	0.117	2	0.207	3

Na Tabela 3.1 observa-se os valores 34 e 9 em negrito, que são valores mínimos encontrados nas bandas 1 e 2 respectivamente pela análise do histograma, os quais foram multiplicados pelos valores de referência B1 e B2 para obtenção dos valores das demais bandas do sensor TM.

Os valores utilizados no cálculo de *offset* foram obtidos pela média dos resultados das bandas 1 e 2 e a subtração foi realizada em ambiente SPRING, através da função Operações Aritméticas (Figura 6).



**Figura 8** - Gráfico do Modelo Relativo de Espalhamento com os valores mínimos dos níveis de cinza encontrados nas bandas 1, 2, 3 e 4 e com os valores médios calculados, segundo Chavez Jr. (1988).

### 3.5.3 Realce

A técnica de realce utilizada nas imagens foi a filtragem com função linear chamada Realce de Imagem TM do SPRING.

### 3.5.4 Segmentação e Classificação

Tanto a segmentação quanto a classificação da imagem de 1985 foram efetuadas por Santos (2007), utilizando a mesma metodologia aplicada à imagem de 2006, descrita a seguir.

Para a segmentação das imagens foi utilizado o método “crescimento de regiões”, utilizando as bandas 3, 4 e 5. Realizaram-se testes para verificar os parâmetros de similaridade para agrupar os *pixels* em regiões adjacentes e o número mínimo de *pixels* por área que melhor se aplicaram às imagens utilizadas. Os parâmetros de segmentação testados foram os seguintes:

- a) similaridade 5 e área mínima do segmento de 20 *pixels*,
- b) similaridade 10 e área mínima do segmento de 20 *pixels*,
- c) similaridade 10 e área mínima do segmento de 30 *pixels* e
- d) similaridade 20 e área mínima do segmento de 30 *pixels*.

Das quatro combinações, o melhor resultado de segmentação, observado através de inspeção visual, foi o segundo, ou seja, o parâmetro de similaridade 10 e área mínima do segmento de 20 *pixels*.

A classificação foi realizada utilizando as imagens segmentadas e os atributos foram extraídos das imagens a partir da banda 4. As classes discriminadas foram: Floresta, Rural, Campos de Altitude, Reflorestamento (*pinus* e eucalipto), Área Urbana e Água. A classe rural abrange pastos, áreas de agricultura, pequenas propriedades rurais e áreas com vegetação rasteira. As áreas urbanas dos municípios Major Gercino, Leoberto Leal, Rancho Queimado e Angelina não foram delimitadas na classificação por serem municípios com áreas urbanas pequenas que são confundidas com áreas rurais. Sendo colocados pequenos retângulos vermelhos nas sedes desses municípios para identificar suas localizações.

Nos processos de classificação foram testados três limiares de aceitação (99.9%, 99% e 95%) e para cada classe optou-se por aquele que melhor conseguiu distinguir suas feições.

Os processos de classificação utilizados foram:

a) classificação não supervisionada com a segmentação por regiões (ISOSEG), com limiar de aceitação 99.9% para determinar a classe Floresta;

b) as demais classes foram definidas a partir da classificação supervisionada, a partir do classificador Bhattacharya, com limiares de aceitação de 99% para Campos de Altitude e Água, 95 e 99.9% para Reflorestamento e 95% para Área Urbana. Esta classificação deve ser feita com aquisição de amostras na imagem a partir da etapa “treinamento” do aplicativo SPRING, na qual o usuário cria classes e seleciona as amostras na imagem segmentada pertencentes a estas classes.

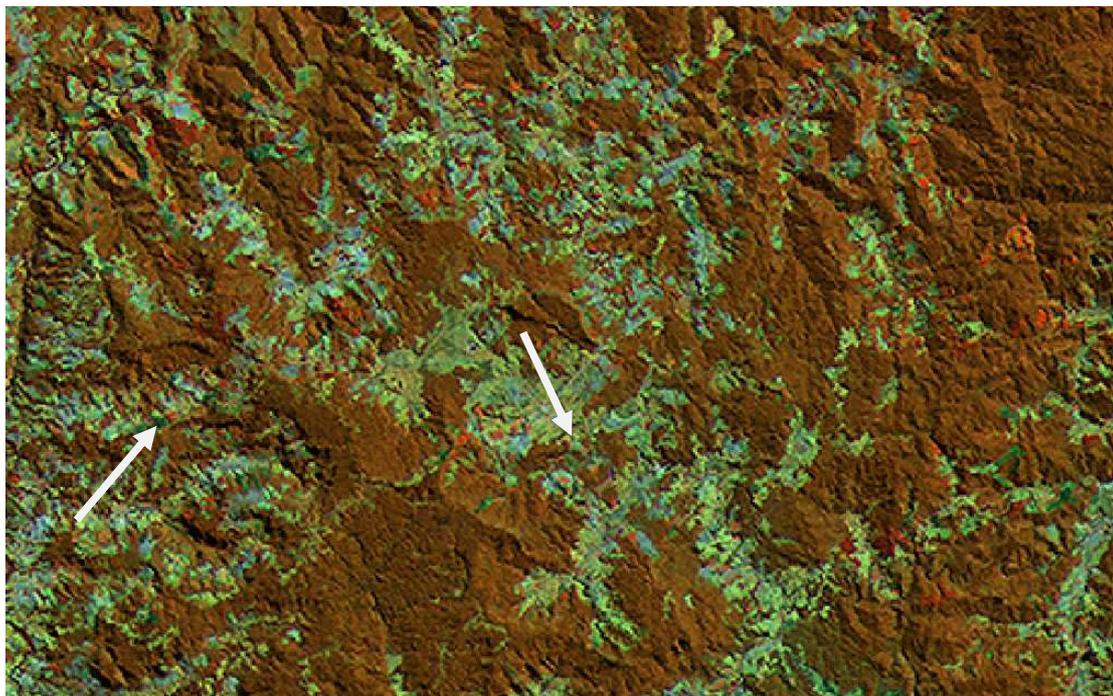
Após a classificação foi realizado o mapeamento das classes geradas que consistiu em separar cada classe em planos de informação diferentes, obtendo seis planos de informações. Cada classe foi analisada com o auxílio da imagem gerada pela composição colorida das bandas 4, 5 e 3 nos canais RGB (*red, green, blue*), respectivamente.

A análise das classes baseou-se na identificação e interpretação dos elementos da imagem, que considerou fatores como a textura, as formas e as tonalidades de cinza ou de cores das feições existentes na imagem. Após as análises, muitos polígonos precisaram ser editados, pois muitas vezes coberturas diferentes foram agregadas em uma mesma classe.

O processo de edição da classe Reflorestando foi feito com o auxílio do aplicativo Google Earth devido à falta de tempo para efetivar saídas de campo durante o processo final de produção do mapa de cobertura do solo.

A edição de áreas de reflorestamento e dos reservatórios artificiais foi realizada manualmente através da ferramenta “edição matricial” do SPRING.

Deve-se ressaltar que a quantidade de áreas de reflorestamento por *pinus* e eucalipto é maior que a encontrada neste trabalho. Este fato ocorreu devido ao grande número de pequenas áreas de reflorestamento, existentes na Bacia, conforme mostrado na figura abaixo.



**Figura 9** – Imagem Landsat (2006) composição colorida RGB-453 com exemplos de pequenas áreas com reflorestamentos indicados pelas setas.

Após a análise de todas as classes e das edições necessárias, os resultados foram colocados em um mesmo plano de informação, contendo a totalidade das classes de interesse, a qual sofreu uma última análise e edições.

### *3.5.5 Representação cartográfica do Código Florestal*

Os processamentos cartográficos possuem como objetivo avaliar a evolução das áreas em transgressão ao Código Florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas nas datas analisadas. Essa avaliação possibilita a comparação da evolução de fatores como desmatamentos, áreas agrícolas, infrações ao Código Florestal, introdução de vegetação exótica, entre outros aspectos.

A finalidade dessa avaliação é detectar áreas em transgressão ao Código Florestal, realizada através de dados cartográficos, como curvas de nível e hidrografia.

Através da altimetria foi gerada uma rede triangular (TIN) com tolerância de isolinhas de 10 m, distância entre ponto de isolinhas igual a 200, tolerância de linha de quebra com tolerância de 20 m e menor aresta do triângulo de 2 m. A partir da rede triangular, foi gerada uma grade regular com resolução de 10x10 m, da qual foram obtidas as grades de declividade possibilitando a geração de mapas de declividades, com parâmetros de fatiamento de 0-25, 25-45 e >45 (graus).

A seguir encontra-se a metodologia utilizada para representar cartograficamente o Código Florestal, sendo que para espacialização das áreas de proteção permanente

(APP) e uso restrito (AUR) foram utilizados diferentes métodos de geoprocessamento (SANTOS, 2002).

**a) Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Uso Restrito (AUR) em função da declividade**

Os mapas de APP e AUR, em função da declividade, foram gerados através do fatiamento do mapa de declividade. O mapa de declividade (em graus), gerado a partir da derivada do MNT na direção do gradiente das encostas, é fornecido pelo operador “declividade” do SPRING. As classes foram definidas de acordo com o Código Florestal em AUR de 25° a 45° e APP acima de 45°.

**b) APP em função da presença de rios e nascentes**

A determinação de APP nas margens dos rios foi feita a partir da hidrografia da área de estudo. O mapa de APP ao longo das margens dos rios e nascentes foi gerado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável. O fatiamento do mapa de distância da hidrografia foi feito criando-se a classe das áreas distantes até 30 metros da margem do rio para rios de até 10 metros de largura e 50 metros para os rios com largura acima de 10 metros.

**c) APP em função da presença de reservatórios artificiais**

A determinação de APP nas margens dos reservatórios artificiais foi feita a partir do mapa de Uso do Solo. O mapa de APP ao longo das margens dos reservatórios foi gerado a partir do fatiamento do mapa de distância criando-se a classe das áreas distantes até 100 metros da margem dos reservatórios de extração de areia e argila no município de Tijucas, pois encontram-se fora do perímetro urbano. A APP no entorno do reservatório da Barragem Angelina foi gerada com 30 metros, pois o reservatório excede 10 ha.

**d) APP em topo de morro**

As APPs em topos de morros e linhas de cumeada não foram delimitadas por dificuldades de processamento e falta de metodologia adequada.

**e) APP em função da presença de mangues**

As APPs em mangues não foram identificadas devido a falta de tempo para saída de campo para certificação e outros processamentos de classificação que possibilitassem a identificação dessas áreas nas imagens.

Os mapas de APP e AUR foram cruzados com os mapas temáticos de cobertura do solo através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) originando os oito mapas temáticos de APP e AUR.

Os programas LEGAL utilizados encontram-se no Apêndice 01.

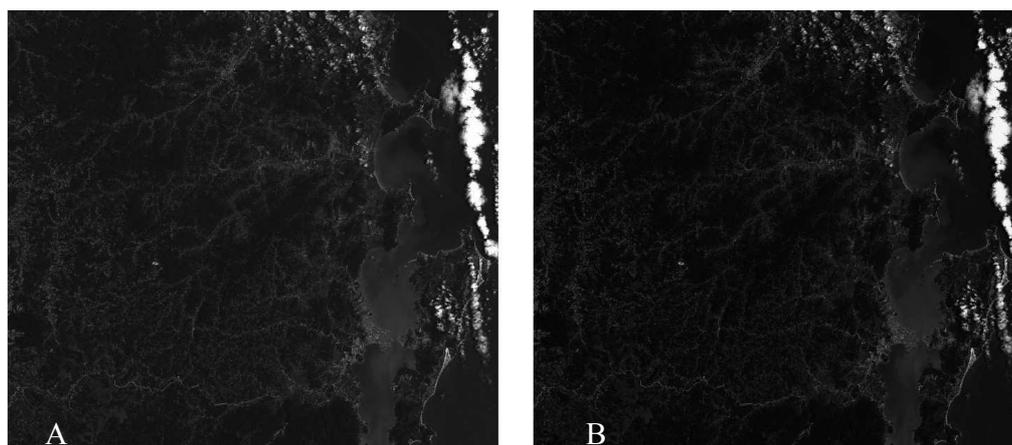
Os resultados dos cruzamentos foram integrados em dois mapas, um para cada ano, que receberam o título Mapa APP e AUR 1985 e Mapa APP e AUR 2006 com classes definidas como Adequado e Transgressão. A classe Adequado é resultado do cruzamento das APPs e AURs com as classes de cobertura do solo Floresta e Campos de Altitude. A classe transgressão é resultado do cruzamento das APPs e AURs com as classes Área Urbana, Área Rural e Reflorestamento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

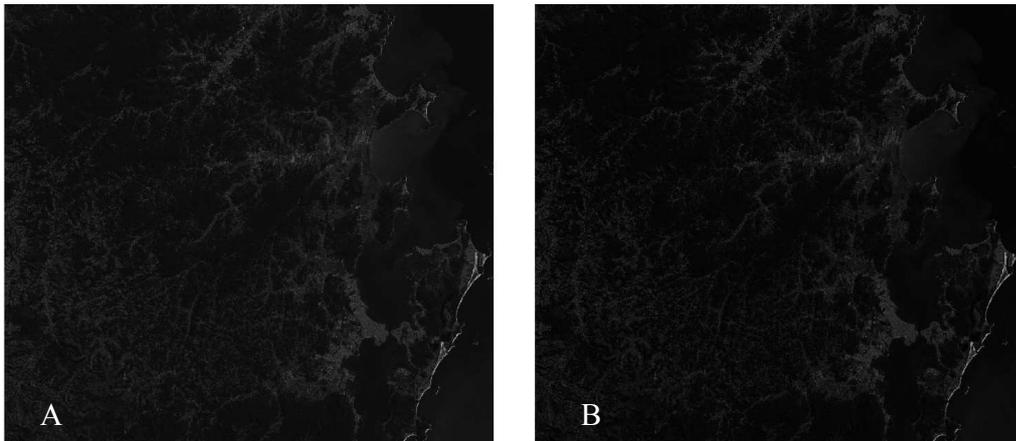
### 4.1 Imagem com Correção Atmosférica

As Figuras 10 (A) e 11 (A) mostram as imagens Landsat TM3 original dos anos 1985 e 2006, respectivamente, sem correção dos efeitos atmosféricos que causam aspecto de névoa, mesmo em condições atmosféricas limpas.

As Figuras 10 (B) e 11 (B) sofreram as subtrações de valores de níveis de cinza e não apresentam mais o efeito de névoa causado pela atmosfera.



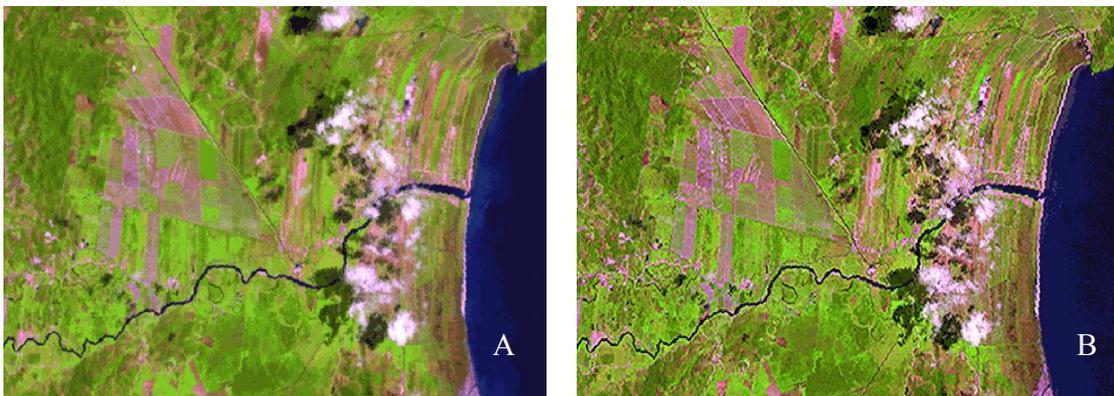
**Figura 10** – Imagem Landsat TM3 (1985) sem correção atmosférica (A) e com correção atmosférica (B) (Fonte: SANTOS, 2007).



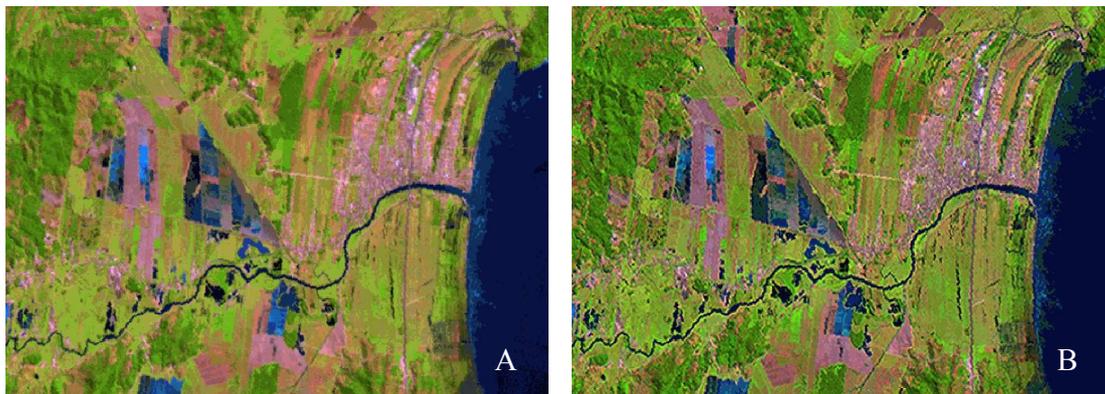
**Figura 11** – Imagem Landsat TM3 (2006) sem correção atmosférica (A) e com correção atmosférica (B).

#### 4.2 Imagem com Realce

O resultado da operação de Realce de Imagem TM do aplicativo SPRING pode ser visto nas Figuras 12 e 13, dos anos de 1985 e 2006, respectivamente.



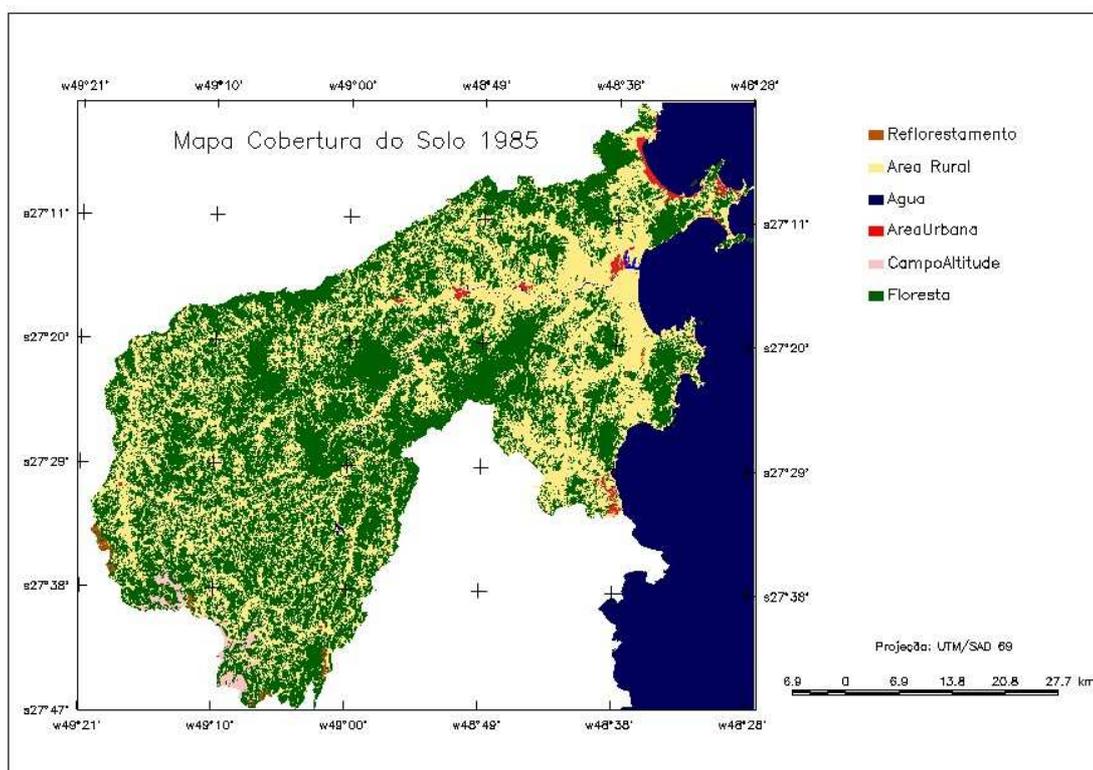
**Figura 12** – Imagem Landsat composição colorida RGB-543 (1985) sem realce (A) e com realce (B) (Fonte: SANTOS, 2007).



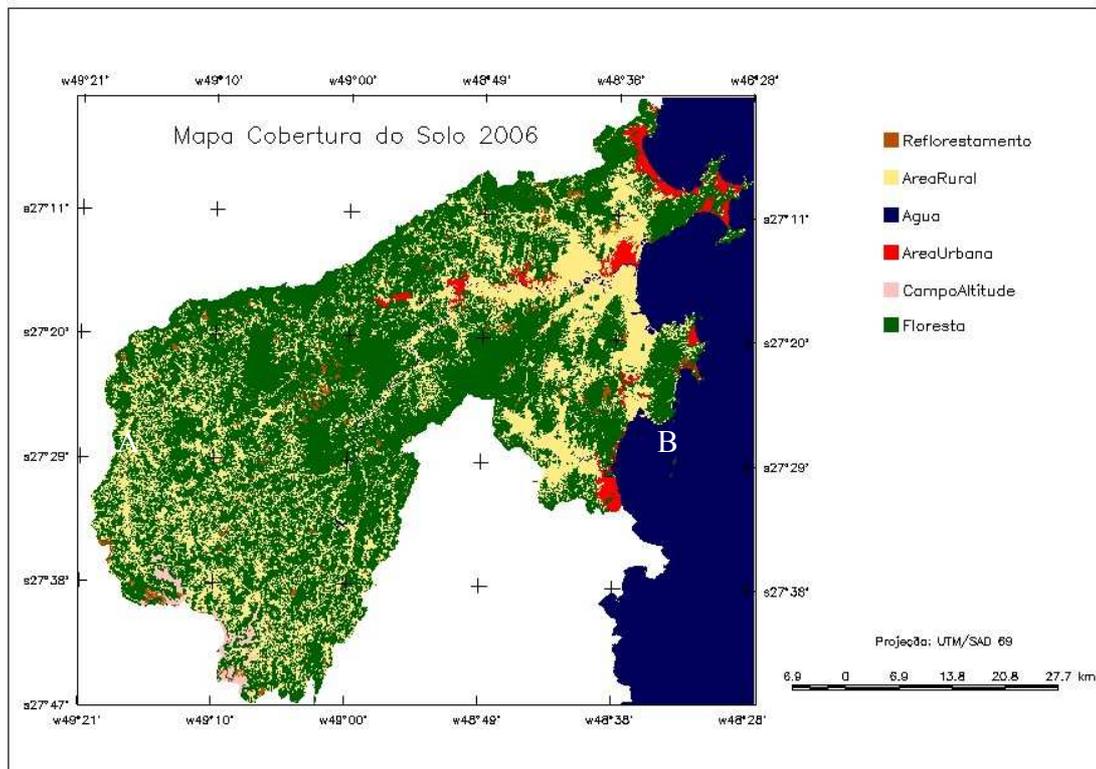
**Figura 13** – Imagem Landsat composição colorida RGB-543 (2006) sem realce (A) e com realce (B).

### 4.3 Classificação das Imagens

Os mapas de Cobertura do Solo encontram-se no Apêndice 02, todavia para melhor visualização e compreensão do trabalho, foram colocados também na forma de figura no texto.

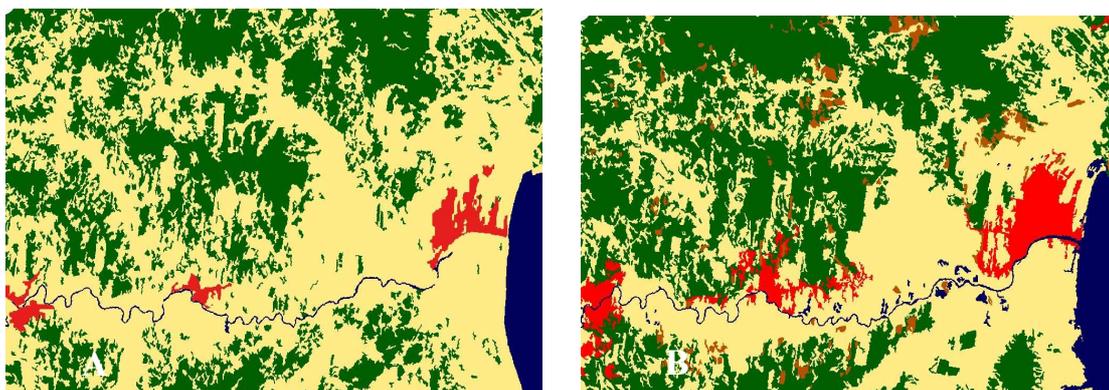


**Figura 14** – Mapa Temático de Cobertura do Solo de 1985. (Fonte: SANTOS, 2007).



**Figura 15** – Mapa Temático de Cobertura do Solo de 2006.

Para melhor observação das mudanças na cobertura do solo ocorridas entre o período de 1985 e 2006 foram aproximados os dois mapas e colocados lado a lado (Figura 16).



**Figura 16** – Mapas de Cobertura do Solo de 1985 (A) e 2006 (B) aproximados.

#### 4.4 Mapas de APP e AUR

Os mapas APP e AUR encontram-se no Apêndice 02, todavia para melhor visualização e compreensão do trabalho, foram colocados também na forma de figura no texto.

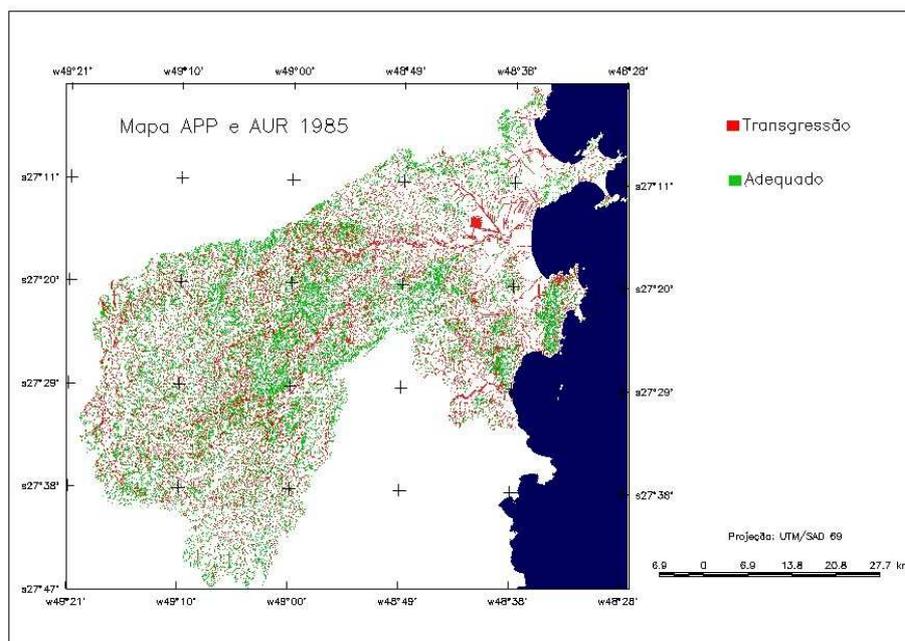


Figura 12 – Mapa Temático de APP e AUR de 1985.

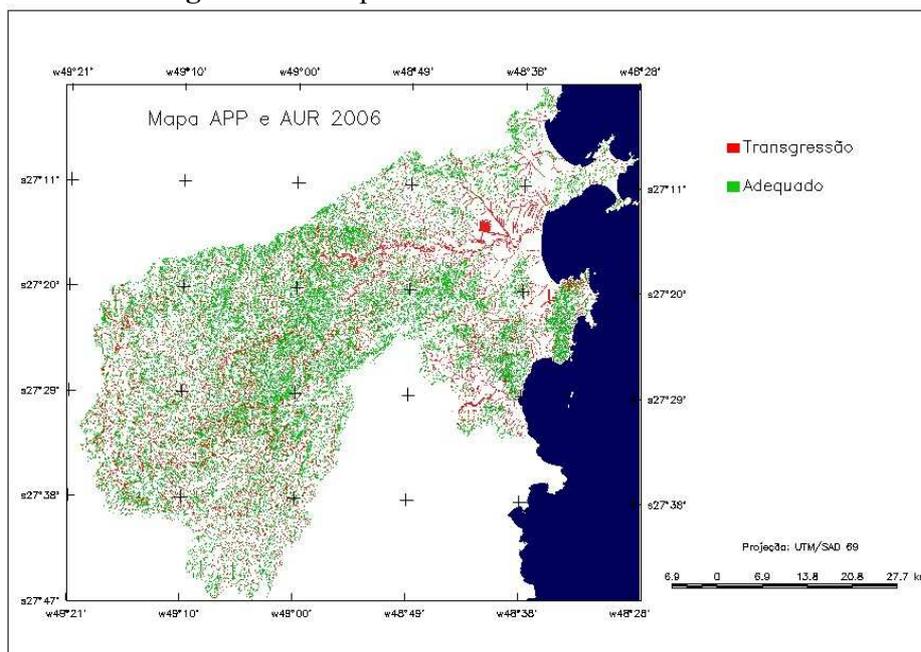
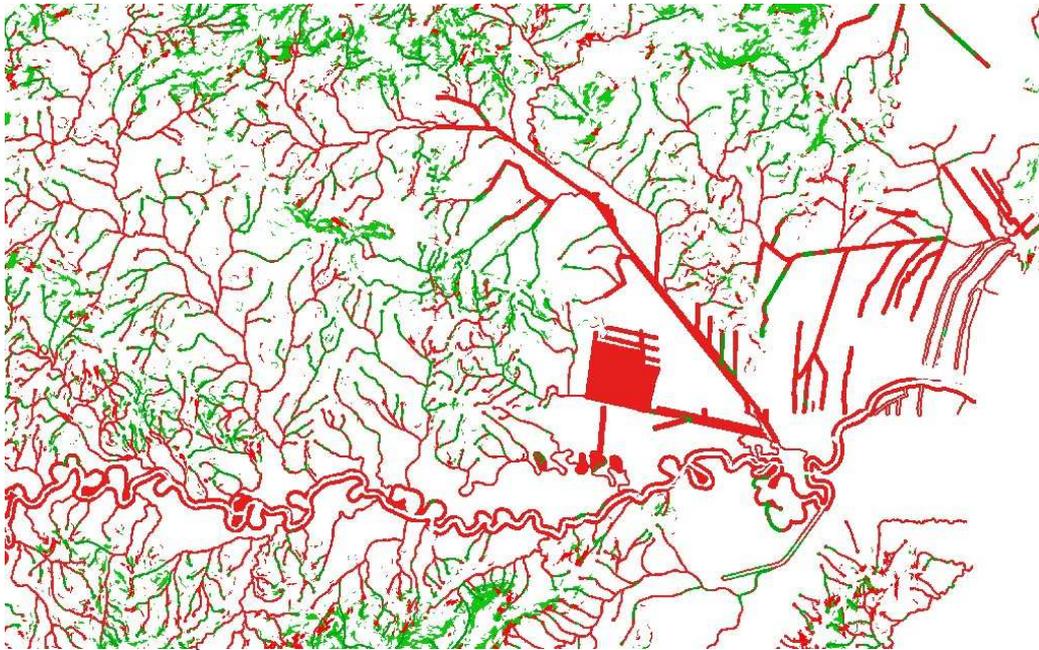
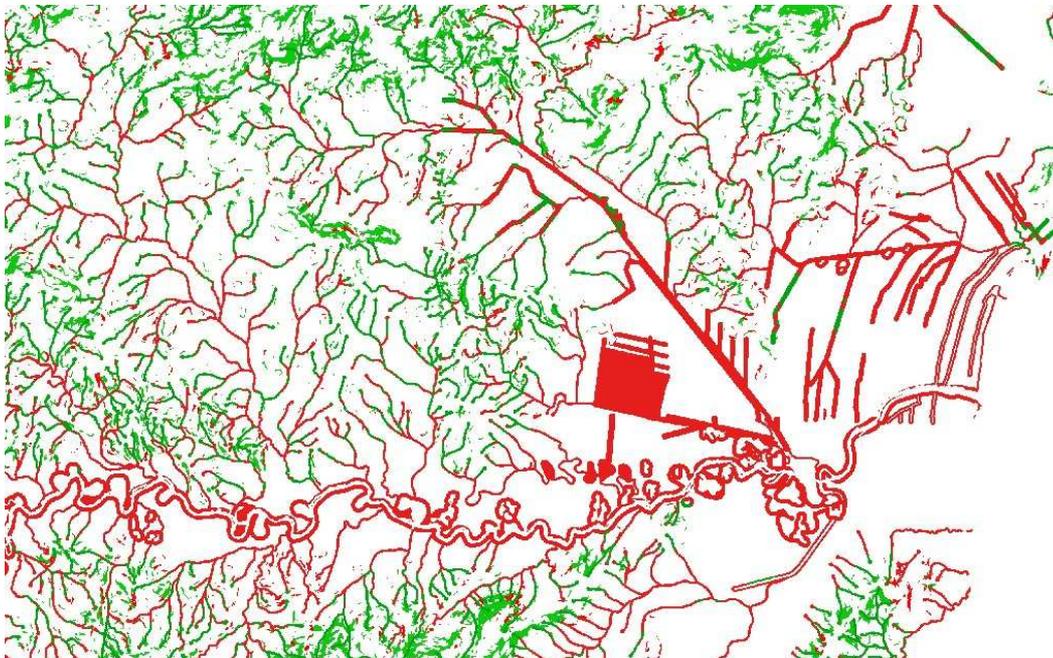


Figura 13 – Mapa Temático de APP e AUR de 2006.

Para melhor visualização das modificações no estado normativo das APPs e AURs ocorridas entre o período de 1985 e 2006 foram aproximadas áreas dos dois mapas de APP e AUR e colocadas um abaixo do outro (Figuras 17 e 18).



**Figura 17** – Área Preservação Permanente e Uso Restrito de 1985 aproximada.



**Figura 18** – Área de Preservação Permanente e Uso Restrito de 2006 aproximada.

#### 4.5 Comparação das Transgressões ao Código Florestal

A Tabela 4.1 apresenta o resultado da análise temporal das áreas em transgressão as normas do Código Florestal abordadas neste trabalho: em margens de rios e ao redor de nascentes, ao redor de reservatórios artificiais, em áreas com inclinação superior a 45° e com inclinação entre 25° e 45°. Nota-se que no ano 1985, de um total de 951,96 km<sup>2</sup> da área que deveria ser de preservação permanente e uso restrito, aproximadamente 370,46 km<sup>2</sup> estavam sendo utilizada indevidamente. No ano de 2006 houve redução dessas áreas que passaram para 258, 51 km<sup>2</sup>.

**Tabela 4.1** - Análise temporal das áreas em transgressão da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas.

ANO	1985	2006	Diferença 2006-1985	Alteração da Área em %	Alteração em relação à área da Bacia
Estado Normativo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (Km <sup>2</sup> )			
Transgressão Rios/Nascentes	252,23	186,97	-65,26	-25,87	-2,16
Adequado Rios/Nascentes	271,6	334,87			
Transgressão Declividade 25-45	117,12	66,76	-50,36	-43,00	-1,67
Adequado Declividade 25-45	306,75	356,91			
Transgressão Reservatórios	0	4,2	4,2	100	0,14
Adequado Reservatórios	0	0,16			
Transgressão Declividade >45	1,11	0,58	-0,53	-47,75	-0,018
Adequado Declividade > 45	3,15	3,68			
<b>Transgressão Total</b>	<b>370,46</b>	<b>258,51</b>	<b>-111,95</b>	<b>-30,22</b>	<b>-3,70</b>
<b>Adequado Total</b>	<b>581,5</b>	<b>695,46</b>			
<b>APP e AUR Total</b>	<b>951,96</b>	<b>956,32</b>			

De acordo com os processamentos, as áreas em transgressão às normas do Código Florestal analisadas diminuíram 30,22 %. Esse decréscimo está associado à evasão das áreas rurais que aconteceu em nove municípios da Bacia entre os anos 1991 e 2000 de acordo com o (IBGE, 1991; 2000).

Outro fator que causou tal redução foi o fato de que muitas áreas de reflorestamento foram classificadas erroneamente como floresta. As plantações de *Pinus* e eucaliptos têm crescido na região e a metodologia utilizada para classificação no presente trabalho não foi satisfatória para separabilidade das classes Floresta e Reflorestamento. A edição da classe Reflorestamento foi feita manualmente e muitos polígonos pequenos deixaram

de ser reclassificados, devido à grande quantidade e ao pequeno tamanho dessas áreas. As áreas que foram classificadas indevidamente ocultam áreas em transgressão.

Além disso, a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de Caraguatá, possivelmente contribuiu para a redução das áreas em transgressão no período estudado já que foi estabelecida em local anteriormente utilizado como pastagem, área agrícola e de extração de madeiras nobres.

As áreas de preservação em transgressão nas margens de rios e ao redor de nascentes representam as maiores áreas de preservação analisadas neste trabalho, resultado já esperado, pois a Bacia do Tijuca tem a hidrografia bastante densa. Essas áreas que em 1985 ocupavam a extensão de 252,23 km<sup>2</sup> (8,33% da área da Bacia) sofreram redução de 25,87%.

As áreas de uso restrito em transgressão, que perfaziam um total de 117,12 km<sup>2</sup> em 1985, tiveram seu tamanho reduzido em aproximadamente 43%, chegando à extensão de 66,76 km<sup>2</sup> em 2006.

As áreas de preservação ao redor de reservatórios artificiais para extração de areia e argila não existiam em 1985. No conjunto com as áreas de preservação do reservatório da Barragem Angelina essas áreas somam 4,36 km<sup>2</sup>, dos quais 4,2 km<sup>2</sup> encontravam-se em transgressão ao Código Florestal no ano 2006.

Na região de estudo as áreas com declividade acima de 45° não são significativas, somando no total uma área de 4,36 km<sup>2</sup>, destes 1,11 km<sup>2</sup> encontravam-se em transgressão no ano de 1985 e 0,58 km<sup>2</sup> no ano de 2006.

A Tabela 4.2 mostra as Áreas de Preservação Permanente em função da presença de rios e nascentes para cada município da BHRT. Observa-se que em todos os municípios houve redução dessa categoria de APP, com destaque para Nova Trento, Bombinhas e Governador Celso Ramos, onde as áreas em transgressão foram reduzidas em 50,93%, 33,48% e 32,55%, respectivamente.

**Tabela 4.2** – Área de Preservação Permanente nas margens de rios e nascentes por município.

Municípios	Área Município	APP Margem Rios/Nascentes					
		Área Total	Transgressão 1985	Transgressão 2006	Diferença 2006-1985	Alteração da APP em %	Alteração em relação à área do município
Angelina	512,55	94,912	42,855	33,318	-9,537	-22,25	-1,86
Tijucas	298,08	46,011	31,196	26,973	-4,223	-13,54	-1,42
Biguaçu	322,79	59,167	33,348	24,456	-8,892	-26,66	-2,75
Nova Trento	408,03	78,030	34,481	16,918	-17,563	-50,93	-4,30
São João Batista	220,86	46,278	23,548	16,063	-7,485	-31,78	-3,39
Rancho Queimado	272,22	43,778	17,464	15,965	-1,499	-8,58	-0,55
Major Gercino	286,30	58,773	21,148	15,749	-5,399	-25,53	-1,89
Leoberto Leal	296,13	38,743	16,562	13,293	-3,269	-19,74	-1,10
Canelinha	153,11	24,189	14,994	11,851	-3,143	-20,96	-2,05
Gov. Celso Ramos	87,41	19,890	8,232	5,553	-2,679	-32,55	-3,07
Porto Belo	76,17	7,525	4,603	4,002	-0,600	-13,04	-0,79
Itapema	57,67	5,111	2,946	2,276	-0,670	-22,73	-1,16
Bombinhas	36,51	1,880	1,188	0,790	-0,398	-33,48	-1,09

Analisando a Tabela 4.3 chega-se a conclusão que todos os municípios obtiveram redução das áreas em transgressão a norma de Área de Uso Restrito. Pode-se destacar os municípios de Bombinhas, Nova Trento e Rancho Queimado, que tiveram suas áreas em transgressão reduzidas em 76,8%, 61,74% e 58,09%, respectivamente.

**Tabela 4.3 – Área de Uso Restrito em função da declividade por município.**

Municípios	Área Município	Área de Uso Restrito					
		Área Total	Transgressão 1985	Transgressão 2006	Diferença 2006-1985	Alteração da AUR em %	Alteração em relação à área do município
Leoberto Leal	512,55	88,02	25,93	18,30	-7,63	-29,43	-1,49
Nova Trento	408,03	82,83	21,46	8,21	-13,25	-61,74	-3,25
Angelina	296,13	46,78	19,41	13,16	-6,25	-32,20	-2,11
Major Gercino	286,30	55,19	11,84	7,64	-4,20	-35,47	-1,47
Biguaçu	322,79	34,21	10,83	4,91	-5,92	-54,62	-1,83
São João Batista	220,86	33,38	7,42	3,72	-3,70	-49,87	-1,68
Tijucas	298,08	22,96	5,99	2,67	-3,32	-55,43	-1,11
Canelinha	272,22	16,96	4,53	3,68	-0,85	-18,76	-0,31
Gov. Celso Ramos	87,41	14,02	3,26	1,49	-1,77	-54,29	-2,02
Porto Belo	153,11	12,91	2,96	1,42	-1,54	-52,03	-1,01
Rancho Queimado	36,51	3,28	1,36	0,57	-0,79	-58,09	-2,16
Bombinhas	57,67	7,73	1,25	0,29	-0,96	-76,80	-1,66
Itapema	76,17	5,70	1,04	0,69	-0,35	-33,65	-0,46

A Tabela 4.4 mostra os valores das Áreas de Preservação Permanente em função da declividade acentuada (valores > 45°) em cada município. Percebe-se que existem poucas áreas na região de estudo, no entanto as infrações ao Código Florestal se fazem presentes.

**Tabela 4.4** – Áreas de Preservação Permanente em função da declividade por município.

Municípios	Área Município	APP Declividade >45°					
		Área Total	Transgressão 1985	Transgressão 2006	Diferença 2006-1985	Alteração da APP em %	Alteração em relação à área do município
Leoberto Leal	296,13	0,754	0,312	0,1778	-0,134	-43,01	-0,05
Nova Trento	408,03	1,061	0,247	0,0987	-0,148	-60,04	-0,04
Angelina	512,55	0,057	0,162	0,0895	-0,073	-44,75	-0,01
Major Gercino	286,30	0,621	0,110	0,0778	-0,032	-29,27	-0,01
Biguaçu	322,79	0,326	0,129	0,0563	-0,073	-56,36	-0,02
São João Batista	220,86	0,264	0,043	0,0159	-0,027	-63,02	-0,01
Tijucas	298,08	0,270	0,054	0,0149	-0,039	-72,41	-0,01
Canelinha	153,11	0,196	0,017	0,0139	-0,003	-18,24	0,00
Gov. Celso Ramos	87,41	0,134	0,019	0,0135	-0,006	-28,95	-0,01
Porto Belo	76,17	0,010	0,002	0,0022	0,000	-4,35	0,00
Rancho Queimado	272,22	0,036	0,009	0,00183	-0,007	-79,67	0,00
Bombinhas	36,51	0,002	0,001	0,0004	-0,001	-55,56	0,00
Itapema	57,67	0,025	0,003	0	-0,003	-100,00	-0,01

#### 4.6 Conclusões

As principais conclusões do presente trabalho estão destacadas abaixo:

- Os objetivos foram atingidos.
- Mapeamentos de APP e AUR são importantes para a gestão ambiental integrada, principalmente para subsidiar ações de planejamento de ocupação do solo.
- Os resultados por municípios são válidos para que cada administração municipal desenvolva seus projetos para recuperação de áreas degradadas e conservação dos recursos hídricos e florestais.
- A metodologia utilizada para classificação no presente trabalho não foi satisfatória para separabilidade das classes de cobertura do solo Floresta e Reflorestamento.
- A análise temporal contribui para apontar tendências de ocupação das terras da bacia e pode fornecer elucidaciones para a tomada de decisões no âmbito do planejamento territorial.

#### 4.7 Considerações Finais

Durante a pesquisa bibliográfica para a composição deste projeto percebeu-se que existe uma infinidade de trabalhos que utilizam dados de sensoriamento remoto e cartográficos para analisar a ocupação de áreas urbanas e rurais. Isso se deve principalmente ao fato de se tratar de um método viável de monitoramento e entendimento do ambiente, facilitando as atividades de gestão e planejamento.

A redução significativa no período de 1985 e 2006 das áreas em transgressão às normas analisadas neste trabalho apresenta uma perspectiva de melhora na questão ambiental da região. Trata-se, sem dúvida, de um dado absolutamente positivo. No entanto, é necessário sublinhar que muitas áreas ainda encontram-se em transgressão e devem ter sua cobertura recuperada, necessitando para tanto da implantação de programas de recuperação de áreas degradadas em Área Preservação Permanente e Área de Uso Restrito.

O aplicativo SPRING mostrou ser uma ferramenta eficaz no trabalho com Informações Geográficas, integrando simultaneamente Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Além disso, é um sistema computacional livre, disponibilizado gratuitamente através da internet através do endereço eletrônico <http://www.dpi.inpe.br/spring/>.

Sendo assim, a possibilidade de inserção de novos pesquisadores nesta área do conhecimento é facilitada e estudos que eram economicamente inviáveis tornam-se viáveis, além da participação de pessoas da comunidade, uma vez que o aplicativo está disponível em português, o que facilita a utilização e compreensão do mesmo, principalmente mediante curso de capacitação.

Destaca-se a importância da gestão e planejamento considerando como unidade a Bacia Hidrográfica e levando-se em conta a integração de ações para conservação dos recursos hídricos e florestais.

Em trabalhos futuros devem-se considerar as APPs em topos de morro que representam a maior parte das APPs e que vem sofrendo forte pressão por parte das plantações de espécies exóticas.

Considera-se necessário que se busquem outras metodologias para classificação de áreas de reflorestamento com espécies exóticas.

Os resultados gerados pelo presente trabalho serão encaminhados para o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca no sentido de contribuir nas ações de gestão e planejamento da referida bacia que já estão sendo desenvolvidas pelo Comitê.

A tese de doutorado que está sendo desenvolvida por Santos na região é relevante quanto ao futuro da Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca, já que apresenta uma oportunidade de participação comunitária na criação de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do rio Tijuca.

A produção dos mapas de cobertura do solo pode ser aprimorada pelo uso de imagens geradas por sensores com melhor resolução espacial e espectral.

Espera-se que os estudos tenham continuidade a fim de identificar alterações no comportamento do meio e auxiliar na busca de soluções para os problemas ambientais locais.

Após a conclusão da tese de doutorado (SANTOS, 2007) o banco de dados utilizado para a realização desse trabalho e os mapas produzidos ficarão disponíveis para futuros trabalhos a serem desenvolvidos na região.

## 5 REFERÊNCIAS

ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da Gestão da Água: Por que os Comitês de Bacias Estão Sendo Criados? *Ambientes & Sociedade*, v. 13, n. 2, jul/dez, 2005.

ALTOÉ, R. T.; OLIVEIRA, J. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra – ES. In *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Goiânia, abril de 2005, INPE. p. 1995-2002.

ALVES, H. Q.; ROSSETE, A. N. Áreas de uso e de conflito em APP na microbacia hidrográfica do Córrego Murtinho, Nova Xavantina – MT. In *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3701-3708.

BATISTA, G. T.; TARGA, M. S., DIAS, N. W. CATELANI, C. S. Modelo de Bancos de Dados Ambientais Georreferenciados voltado à Recuperação e Preservação de Recursos Hídricos de uma Bacia de Médio Porte, o Modelo da Bacia do Rio Uma, Paraíba do Sul. In *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. João Pessoa, maio de 2005. p 1-16.

BRASIL. Lei n.º. 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Institui o Código Florestal*. Presidência da República Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L4771compilado.htm> Acesso em: Out.2007.

BRASIL. Lei n.º. 9.433, de 08 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 n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989*. Presidência da República Federativa do Brasil. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>> Acesso em: Out. 2007.

BRASIL. Resolução n.º. 302 e 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente e de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. *Diário Oficial da União*, n. 90, seção 1, maio 2002.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) no município de Santo Antonio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. *Revista Ambi-Água*, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007.

CHAVEZ JR., P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v.24, n.2, p. 459-479, Feb. 1988.

COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e Caracterização de Áreas de Preservação Permanente, por meio de Sistema de Informações Geográficas. In *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Salvador, abril de 1996, INPE. p. 121-127.

CRISCUOLO, C.; BACCI, D. L. C. Outros olhares de Campinas: imagens de satélites nas séries iniciais do ensino fundamental. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, abril de 2007, INPE. p. 1453-1455.

DI MAIO, A. C. *GEODEN*. Geotecnologias digitais no ensino básico por meio da Internet. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, Brasil, abril 2007. INPE. p. 1457-1464.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. (EPAGRI); CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DE SC (CIRAM). *Mapas Digitais de Santa Catarina: Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina* (Convênio e cooperação técnica IBGE/EPAGRI). Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br/>> Acesso em Out. 2007.

FLORENZANO, T.G. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

II Fórum Mundial da Água. (2000). Haia, Holanda.

GONÇALVES, E. C.; CRISTAL, L. B.; CARVALHO, W. L. P. Estudos Ambientais do Rio São José dos Dourados Associados a Geotecnologias no Ensino Médio. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, Brasil, 21-26 de abril 2007, INPE. p. 1491-1498.

GUIMARÃES, M. *Cartografia Ambiental da Região de Vitória da Conquista – BA*. Dissertação (Mestrado em Ecologia), São Paulo: USP-IB-DGE, 1999. 200 p.

HOTT, M. C.; GUIMARAES, M.; MIRANDA, E.E. Um método para a Determinação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro para o Estado de São Paulo. In *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, abril de 2005, INPE. p. 3061-3068.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de Vegetação do Brasil, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico, 1991 e 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contagem da População, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Introdução ao SPRING*. Apostila de Curso, 2007.

LEITE, J. R. M. *Anotações de sala de aula*. Disciplina: Direito Ambiental (Semestre 2002-2).

MAIA, J. S.; VALERIANO, D. M. Transgressão do Código Florestal no município de Piquete – SP. [CD-ROM]. In *Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Foz do Iguaçu, 2001. São Paulo: Imagem Multimídia, 2001. Seção Pôster – Monitoramento Ambiental, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2006. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/srh/sistema/comites.html> > Acesso em: Maio/2008.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2003.

MOREIRA, M. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação de Áreas de Preservação Permanente em uma Microbacia Hidrográfica a partir de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato. In *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Belo Horizonte, abril de 2003, INPE. p. 1381-1389.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do Geoprocessamento na Identificação de Conflito de Uso da Terra em Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, p. 207-220, 2005.

PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO S. A.; DAVIDE, A. C. Delimitação e Uso Conflitivo do Solo das Áreas de Preservação Permanentes da Sub-Bacia do Ribeirão Santa Cruz. In *Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte, Brasil, abril 2003, INPE, p. 595-601.

PROGRAMA ÁGUAS E FLORESTAS DA MATA ATLÂNTICA. *Águas e Florestas da Mata Atlântica: Por uma Gestão Integrada*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, - São Paulo: CNRBMA/SOS, 2003.

RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL – CARAGUATÁ. Disponível em: <<http://www.caraguata.com.br>> Acesso em: junho/2008.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O. Desafio da Determinação de Áreas de Preservação Permanente. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

SANTA CATARINA (Estado). (2006). Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável. Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural. *Estudo dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implantação – Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina*. Santa Catarina, 315 p.

SANTA CATARINA (Estado). *Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos*. Disponível em <<http://www.aguas.sc.gov.br>> Acesso em: Maio/2008.

SANTOS, J. S. M. Mini-curso “*Introdução à Utilização de Sensoriamento Remoto para Análises Ambientais*”. Semana da Biologia, Universidade de Taubaté – UNITAU. Taubaté – SP, Setembro de 2001.

SANTOS, J. S. M. *Análise da Paisagem de um Corredor Ecológico na Serra da Mantiqueira*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 174p.

SANTOS, J. S. M.; MEURER, C. C. B. S; ATANAZIO, Z. D. *Diagnóstico participativo dos recursos hídricos e seus usos da Bacia Hidrográfica dos rios Tijucas, Perequê, Bela Cruz, Santa Luzia e Inferninho*. Tijucas, Santa Catarina: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, 2006. 149p.

SANTOS, J. S. M. *Utilização de Tecnologias de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Construção de Cenários Ambientais para a Governança da Água em Bacias Hidrográficas*. Projeto de Tese de Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SILVA, D. J. *Desafios para a gestão social da água: um pouco da experiência brasileira*. Universidade Federal de Santa Catarina: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2004. 8p. (Canadá, Trabalho não publicado).

SILVA, D. J. *Desafios sociais da gestão integrada de bacias hidrográficas: uma introdução ao conceito de governança da água*. 74º Congresso de L'ACFAS, Montreal: Université MacGill, 2006.

SIQUEIRA, A. D. *Metodologia de análise de dados cartográficos e de Sensoriamento Remoto para o diagnóstico de preservação da cobertura vegetal em regiões montanhosas*. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. 116p.

TEIXEIRA, P. F. P. *Governo, Governança e (Des)envolvimento*. Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças (ABDL). p. 1-8, 2004. Disponível em: [http://www.abdl.org.br/filemanager/download/175/governo%20governanca%20e%20\(de desenvolvimento](http://www.abdl.org.br/filemanager/download/175/governo%20governanca%20e%20(de%20envolvimento)> Acesso em: Out. 2007.

## APÊNDICE 1

Programas LEGAL utilizados no presente trabalho.

Programa LEGAL utilizado para fazer o cruzamento do mapa de APP ao longo das margens dos rios e nas nascentes com o mapa de Cobertura do Solo 1985 e 2006 para gerar os mapas de APP em margem de rios/nascentes.

```
{
Tematico uso("UsoCobertura1985");
Tematico app("Hidrografia");
Tematico cruz ("Hidrografia");

uso = Recuperere(Nome="UsoCobertura1985Final");
app = Recuperere(Nome="BufferHidrografia");
cruz = Novo(Nome="APP-Rio1985", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);

cruz = Atribua(CategoriaFim="Hidrografia")
{
"Adequado":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="Reflorestamento"
)),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}

{
Tematico uso("UsoCobertura2006");
Tematico app("Hidrografia");
Tematico cruz ("Hidrografia");

uso = Recuperere(Nome="UsoCobertura2006Final");
app = Recuperere(Nome="BufferHidrografia");
cruz = Novo(Nome="APP-Rio2006", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);

cruz = Atribua(CategoriaFim="Hidrografia")
{
"Adequado":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
```

```

"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="Reflorestamento"
)),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferHidrografia")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}
}

```

.....

Programa LEGAL utilizado para fazer o cruzamento do mapa de APP em áreas com declividade superior a 45 graus com o mapa de Cobertura do Solo 1985 e 2006 para gerar os mapas de APP em declividades superiores a 45 graus.

#### Cruzamento Mapa Cobertura do Solo 1985

```

{
Tematico uso("UsoCobertura1985");
Tematico app("Declividade");
Tematico cruz ("Declividade");

uso = Recupere(Nome="UsoCobertura1985Final");
app = Recupere(Nome="45-79");
cruz = Novo(Nome="1985APP45", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);

cruz = Atribua(CategoriaFim="Declividade")
{
"Adequado":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="Reflorestamento")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}
}

```

#### Cruzamento Mapa Cobertura do Solo 2006

```

{
Tematico uso("UsoCobertura2006");
Tematico app("Declividade");
Tematico cruz ("Declividade");

uso = Recupere(Nome="UsoCobertura2006Final");
app = Recupere(Nome="45-79");
cruz = Novo(Nome="2006APP45", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);

```

```

cruz = Atribua(CategoriaFim="Declividade")
{
"Adequado":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="Reflorestamento")),
"Transgressao":((app.Classe=="45-79")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}

```

\*\*\*\*\*

Programa LEGAL utilizado para fazer o cruzamento do mapa de AUR em áreas com declividade entre 25 e 45 graus com o mapa de Cobertura do Solo 1985 e 2006 para gerar os mapas de AUR.

#### Cruzamento Mapa Cobertura do Solo 1985

```

{
Tematico uso("UsoCobertura1985");
Tematico app("Declividade");
Tematico cruz ("Declividade");

uso = Recuperar(Nome="UsoCobertura1985Final");
app = Recuperar(Nome="25-45");
cruz = Novo(Nome="1985AUR", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);

cruz = Atribua(CategoriaFim="Declividade")
{
"Adequado":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="Reflorestamento")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}

```

#### Cruzamento Mapa Cobertura do Solo 2006

```

{
Tematico uso("UsoCobertura2006");
Tematico app("Declividade");

```

```
Tematico cruz ("Declividade");
```

```
uso = Recupere(Nome="UsoCobertura2006Final");
app = Recupere(Nome="25-45");
cruz = Novo(Nome="2006AUR", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);
```

```
cruz = Atribua(CategoriaFim="Declividade")
{
"Adequado":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="Reflorestamento")),
"Transgressao":((app.Classe=="25-45")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}
```

```
*****
```

Programa LEGAL utilizado para fazer o cruzamento do mapa de APP ao redor de reservatórios artificiais com o mapa de Cobertura do Solo 2006 para gerar os mapas de APP desta categoria.

```
{
Tematico uso("UsoCobertura2006");
Tematico app("Hidrografia");
Tematico cruz ("Hidrografia");
```

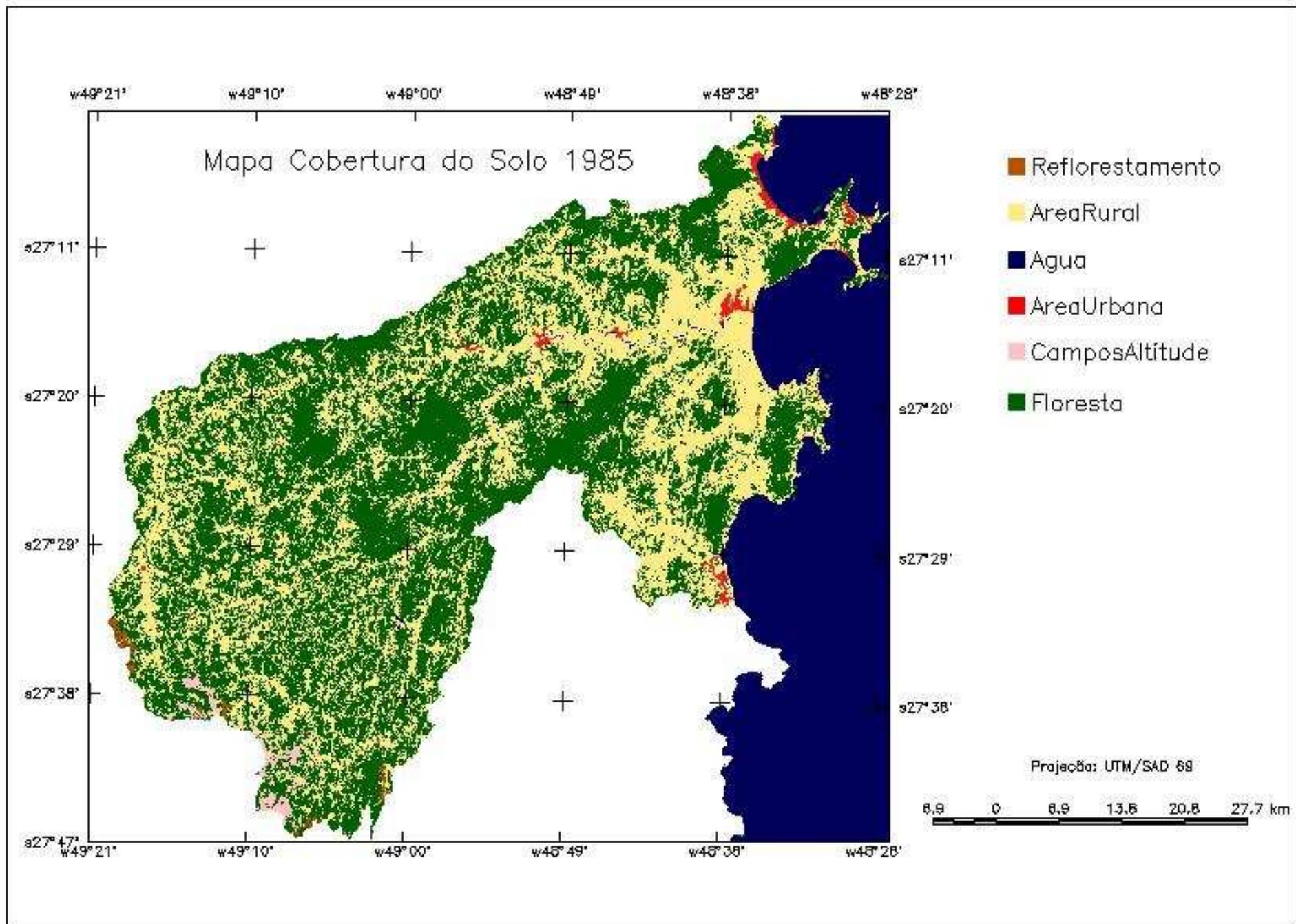
```
uso = Recupere(Nome="UsoCobertura2006Final");
app = Recupere(Nome="BufferHidrografia");
cruz = Novo(Nome="APP-Reservatorios2006", ResX=10,ResY=10,Escala=50000);
```

```
cruz = Atribua(CategoriaFim="Hidrografia")
{
"Adequado":((app.Classe=="BufferReser")&&(uso.Classe=="Floresta")),
"Adequado":((app.Classe=="BufferReser")&&(uso.Classe=="CampoAltitude")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferReser")&&(uso.Classe=="AreaRural")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferReser")&&(uso.Classe=="Reflorestamento")),
"Transgressao":((app.Classe=="BufferReser")&&(uso.Classe=="AreaUrbana"))
};
}
}
```

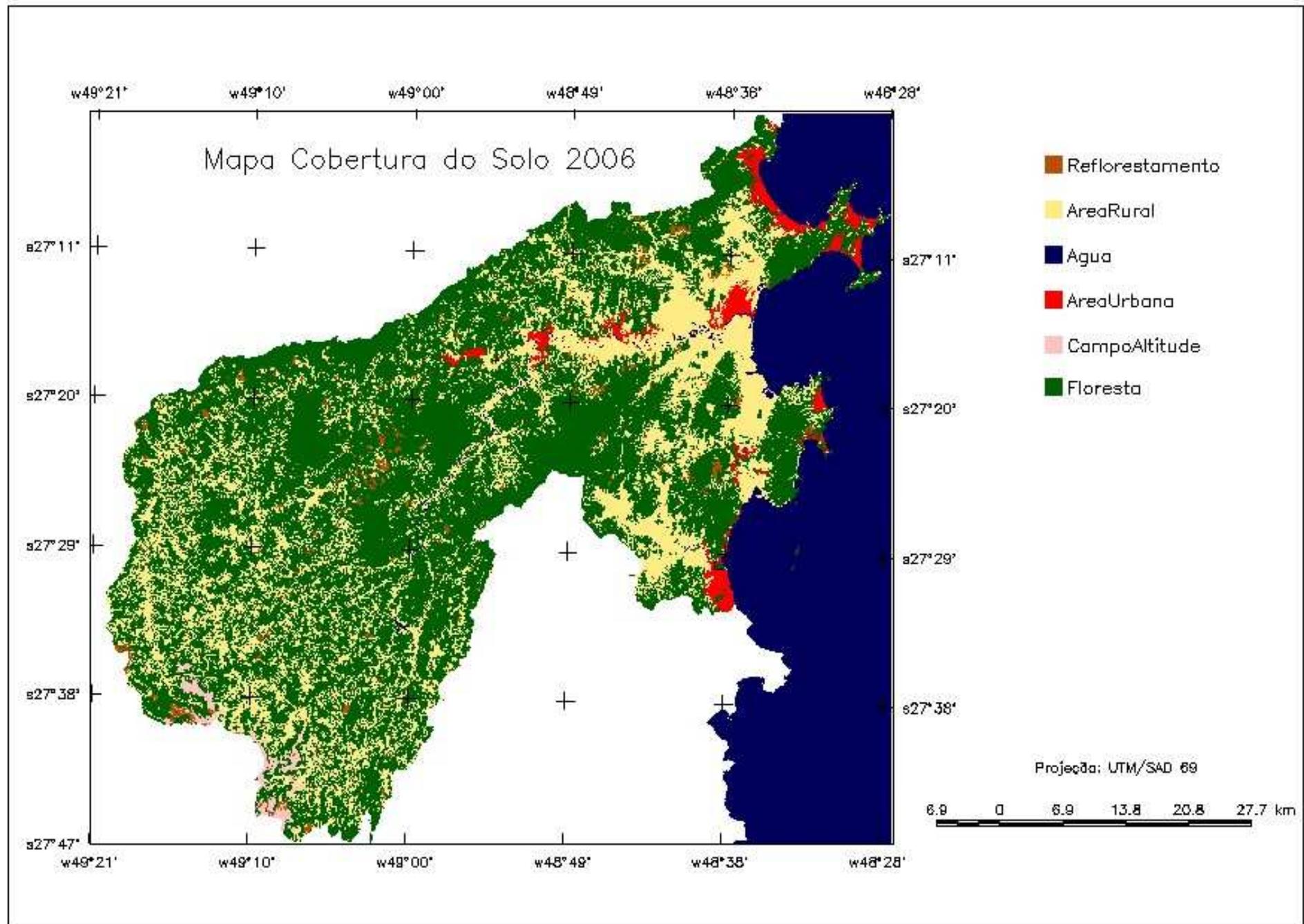
## APÊNDICE 02

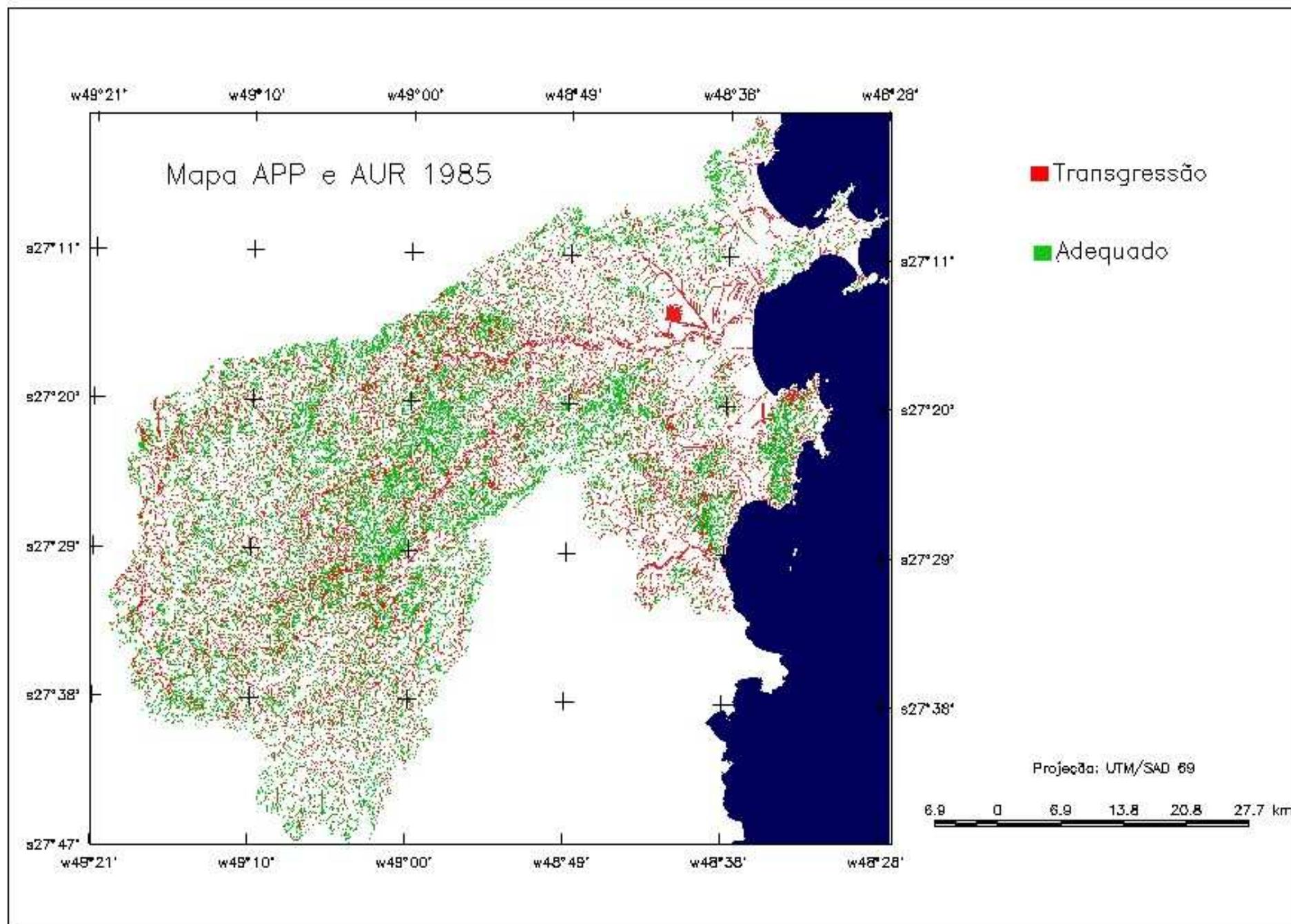
Mapas de Cobertura do Solo de 1985 e 2006.

Mapas de APP e AUR de 1985 e 2006.



(Fonte: SANTOS, 2007)





# Mapa APP e AUR 2006

- Transgressão
- Adequado

