

BRUNA TATHIANE KURIYAMA

**SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) NA ANÁLISE
DOS IMPACTOS REFERENTES À CULTURA
CANAVIEIRA E REFLORESTAMENTO: A
SUBTRAÇÃO DOS BIOMAS NATIVOS NO
MUNICÍPIO DE ITIRAPINA-SP**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia
Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas –
Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das
exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de
Formatura no ano letivo de 2009.*

Orientador: Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Rio Claro (SP)
2009

BRUNA TATHIANE KURIYAMA

**SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) NA ANÁLISE
DOS IMPACTOS REFERENTES À CULTURA
CANAVIEIRA E REFLORESTAMENTO: A
SUBTRAÇÃO DOS BIOMAS NATIVOS NO
MUNICÍPIO DE ITIRAPINA-SP**

Orientador: Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Monografia apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro (SP), para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro (SP)
2009

628.092 Kuriyama, Bruna Tathiane
K96s Sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)
na análise dos impactos referentes à cultura canavieira e reflorestamento: a
subtração dos biomas nativos no município de Itirapina-SP / Bruna
Tathiane Kuriyama. - Rio Claro : [s.n.], 2009
53 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Ambiental)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências
Exatas
Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

1. Engenharia ambiental. 2. Análise temporal. 3. Uso da terra e
cobertura vegetal. I. Título.

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

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Paulinho e Luisa, por toda orientação, carinho e por dedicarem parte de suas vidas na minha formação pessoal e profissional.

Ao meu namorado Fernando pelo apoio, dedicação, cumplicidade e, principalmente, por me entender em todos os momentos.

Às minhas queridas amigas de república por todas as alegrias e anseios compartilhados.

Aos amigos de Rio Claro e São Paulo por todos os momentos divididos ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Sérgio dos Anjos pela correção e orientação desse trabalho.

A todos os órgãos, instituições e pessoas que me auxiliaram, agradeço pela atenção, ajuda, informações e dados fornecidos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Um dia descobrimos que apesar de viver quase um século esse tempo todo não é suficiente para realizarmos todos os nossos sonhos, para dizermos tudo o que tem de ser dito... O jeito é: ou nos conformamos com a falta de algumas coisas na nossa vida ou lutamos para realizar todas as nossas loucuras...”

(Mário Quintana)

SUMÁRIO

	Página
1 Introdução.....	9
2 Objetivo	12
3 Revisão Bibliográfica	13
3.1 Uso da Terra e Impactos Ambientais	13
3.2 As Técnicas de Sensoriamento Remoto	15
3.2.1 Fotogrametria e Fotointerpretação	16
3.3 Os Sistemas de Informações Geográficas	17
3.4 Geoprocessamento e Planejamento Ambiental	18
4 Material e Métodos.....	20
4.1 Levantamento Bibliográfico.....	20
4.2 Descrição Geral da Área de Estudo.....	20
4.3 Organização e Elaboração do Banco de Dados.....	23
4.4 Imagens Aerofotogramétricas	24
4.5 Imagens Orbitais.....	24
4.6 Pré-Processamento das Imagens	24
4.6.1 Georreferenciamento	24
4.6.2 Realce de Contraste	25
4.6.3 Composição de Bandas Espectrais	26
4.6.4 Mosaicagem.....	26
4.7 Processamento das Imagens	27
4.7.1 Segmentação.....	27
4.7.2 Classificação.....	28
5 Resultados e Discussão.....	31
5.1 Resultados da Análise Interpretativa dos Mapeamentos	31
5.1.1 Mapeamento do Uso da Terra - 1962	31
5.1.2 Mapeamento do Uso da Terra - 2000	35
5.1.3 Mapeamento do Uso da Terra - 2008	37
5.2 Análise Comparativa	42
6 Conclusões.....	48
Referências Bibliográficas.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reconstituição da cobertura florestal do estado de São Paulo.....	9
Figura 2: Localização da área de estudo, município de Itirapina-SP.	21
Figura 3: Mapa de classes hipsométricas do município de Itirapina-SP.....	22
Figura 4: Processo de ajuste de contraste na imagem ALOS (banda 2).....	26
Figura 5: Sobreposição do mosaico de fotografias aéreas de 1962 com a rede de drenagem do município de Itirapina-SP.	32
Figura 6: Sobreposição do mosaico de fotografias aéreas de 2000 com a rede de drenagem do município de Itirapina-SP.	33
Figura 7: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina em 1962.	34
Figura 8: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina em 2000.	36
Figura 9: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina em 2008.	38
Figura 10: Distribuição espacial dos fragmentos de vegetação nativa em 2008.	39
Figura 11: Distribuição do número de fragmentos de vegetação nativa em função do tamanho e área acumulada em 2008.	40
Figura 12: Mapa de declividade (em porcentagem) do município de Itirapina-SP.....	41
Figura 13: Mapas de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina referentes aos anos de 1962, 2000 e 2008.	43
Figura 14: Distribuição espaço-temporal das classes de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina em 1962, 2000 e 2008.	44
Figura 15: Mapas de distribuição espacial da cana-de-açúcar e reflorestamento no município de Itirapina em 1962, 2000 e 2008.	45
Figura 16: Distribuição temporal das classes de vegetação do município de Itirapina em 1962, 2000 e 2008.....	46
Figura 17: Mapas de vegetação do município de Itirapina referentes aos anos de 1962, 2000 e 2008.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Folhas das cartas topográficas referentes ao município de Itirapina-SP.	23
Tabela 2: Valores de ‘similaridade’ e ‘área’ adotados na segmentação das imagens.	27
Tabela 3: Esquema de análise para definição das classes temáticas de uso da terra e cobertura e vegetal.	29
Tabela 4: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 1962 e suas respectivas áreas.	31
Tabela 5: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 2000 e suas respectivas áreas.	35
Tabela 6: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 2008 e suas respectivas áreas.	37
Tabela 7: Classes de uso da terra e cobertura vegetal e suas respectivas áreas nos períodos analisados.	42

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina-SP, considerando os cenários de 1962, 2000 e 2008, indicando as taxas de alteração da vegetação nativa e contextualizando suas modificações. Com base na análise interpretativa de imagens aerofotogramétricas realizada através da classificação supervisionada por meio do método de Bhattacharya, as classes temáticas foram mapeadas e caracterizadas em uma área equivalente a 56400 hectares. Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas, foi estruturado e implementado um banco de dados georreferenciado e relacional, permitindo a análise sobre a dimensão da área ocupada. Como resultado, foi observado que a expansão da cultura de cana-de-açúcar e do reflorestamento nos últimos 45 anos condicionou a fragmentação da cobertura vegetal natural do município, que sofreu uma redução de 34793 ha (61,7%) em 1962, para 9765,2 ha (17,3%) em 2008, havendo uma perda de 25027,8 hectares.

Palavras Chave: análise temporal, sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas, uso da terra e cobertura vegetal, Itirapina.

ABSTRACT

The main objective of this study was to perform a temporal analysis of land use and cover of Itirapina – São Paulo estate, Brazil, for 1962, 2000 and 2008 scenarios, indicating the rate of change in native vegetation and contextualizing its modifications. Based on photo-interpretation performed by supervised classification using the method of Bhattacharya, the thematic classes were mapped and characterized in an area equivalent to 56400 hectares. Using remote sensing technologies and geographic information systems, was structured and implemented a georeferenced and relational database, allowing the analysis of the size of the area occupied. The results showed that the expansion of cultivation of cane sugar and reforestation in the past 45 years has been conditioned the fragmentation of natural vegetation cover in the city, which fell by 34793 ha (61,7%) in 1962 to 9765,2 ha (17,3%) in 2008, with the loss of 25027,8 hectares.

Key-Words: temporal analysis, remote sensing, Geographic Information Systems, land use and vegetation cover, Itirapina.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história evolutiva da sociedade observou-se a degradação dos recursos naturais em vistas ao desenvolvimento. A ação humana sobre o meio ambiente desencadeia uma sucessão de respostas que podem significar pressão e impacto sobre as condições de vida e os elementos naturais.

Os mapeamentos realizados pelo Instituto Florestal e a Secretaria do Meio Ambiente (**Figura 1**) no *Inventário Florestal da Vegetação Natural do estado de São Paulo* (SÃO PAULO, 2005) mostram a dinâmica das alterações da cobertura florestal devido à pressão antrópica sobre o meio ambiente, indicando certa tendência na redução das áreas de vegetação nativa no estado paulista.

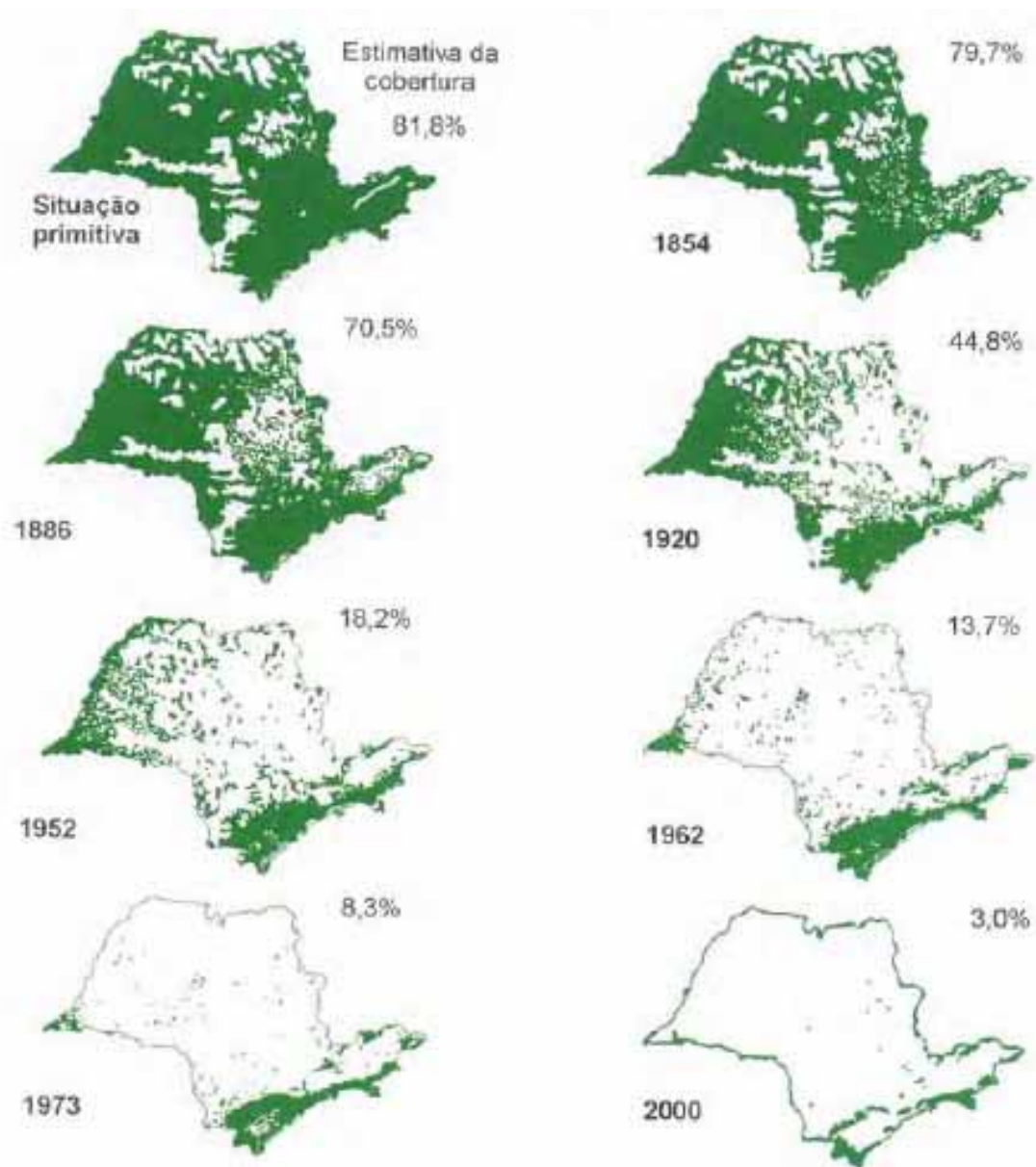


Figura 1: Reconstituição da cobertura florestal do estado de São Paulo.

No município de Itirapina, localizado na região central do estado de São Paulo, a cultura de cana-de-açúcar e o reflorestamento com espécies exóticas têm importante papel no processo de eliminação da vegetação nativa da região – composta basicamente por fisionomias de Cerrado – sendo esta reduzida a pequenos fragmentos. A Estação Ecológica de Itirapina possui um dos últimos remanescentes do bioma Cerrado, apresentando várias fisionomias bem preservadas, como campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto, áreas alagadas e matas de galeria (COUTINHO, 1978; GIANOTTI, 1988).

Essa fragmentação da cobertura vegetal nativa é resultado do processo desordenado da ocupação antrópica, visto que a região central do território paulista é de grande importância econômica, sob o ponto de vista agrícola e industrial.

A economia do município baseia-se principalmente na cultura canavieira e em práticas de reflorestamento com espécies exóticas (*Pinus spp* e *Eucalyptus spp*) por grandes empresas de papel e celulose. Essas atividades, atualmente em expansão, têm ocupado cada vez mais as áreas de vegetação nativa, e apesar de contribuírem para a economia da região, gerando recursos e empregos, são responsáveis também por diversos danos ambientais em evidente prejuízo a sustentabilidade da biodiversidade.

A influência dessas atividades nos processos ambientais é de fundamental importância na caracterização da evolução da paisagem. A quantificação desses elementos é um pré-requisito para o estudo das transformações estruturais e funcionais da vegetação, possibilitando o desenvolvimento de cenários visando à sustentabilidade do meio. Nesse contexto, o uso de técnicas de geoprocessamento e o uso de programas para a análise estatística espacial permitem o desenvolvimento de índices que relacionam os padrões encontrados na paisagem com os processos ecológicos e ambientais, indicando a sua fragmentação, permitindo a caracterização e a diferenciação dessa estrutura ao longo do tempo. Estas informações auxiliam no desenvolvimento de um diagnóstico da área de estudo, o qual fornece dados para a realização de um planejamento adequado visando à minimização dos impactos ambientais decorrentes da intervenção humana indiscriminada no meio ambiente.

Segundo Oliveira (2000), a simples retirada da vegetação natural para a inserção de atividades agrícolas, mesmo de subsistência, já contribui para a desestabilização do equilíbrio do meio físico local. Portanto o conhecimento das modificações da cobertura vegetal e do uso da terra, com especial atenção às alterações impostas às formações vegetais nativas, é de fundamental importância para os órgãos de gestão territorial. Além disso, com a velocidade e extensão com que problemas ambientais vêm ocorrendo, decorrentes da intensa pressão gerada pela atividade antrópica, exige-se a utilização de técnicas de coleta de dados e de

monitoramento sistemático da superfície terrestre compatíveis com a rapidez dessas mudanças.

Diante dessa perspectiva, as técnicas de sensoriamento remoto têm-se mostrado instrumentos de extrema importância aos estudos desta temática, uma vez que permitem, com melhores resultados, os levantamentos, análises e monitoramento de elementos do meio físico terrestre. Os mais diversos tipos de informações resultantes de produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens de satélites e radar) podem ser auxiliados, segundo Maguire et.al. (1994) por Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), capazes de armazenar, analisar e localizar espacialmente dados de um fenômeno.

Além disso, o mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal caracteriza-se como uma prática de extrema importância para a organização do espaço e suas mudanças, orientando a ocupação humana e estabelecendo ações para o uso racional dos recursos disponíveis.

Neste contexto, o presente trabalho realizou uma análise da temporal das alterações ocorridas na vegetação nativa no município de Itirapina-SP através da elaboração de mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal para diferentes períodos analisados, permitindo a espacialização e contextualização de suas mudanças.

2 OBJETIVO

Tendo em vista as alterações da cobertura vegetal e a conseqüente redução da biodiversidade devido à pressão exercida pelas atividades humanas, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise temporal dos impactos referente às atividades antrópicas mais relevantes no município de Itirapina (SP) – a cultura de cana-de-açúcar e o reflorestamento – e sua contribuição na subtração dos biomas nativos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Para a apropriada compreensão da organização do espaço e suas mudanças foi realizado um histórico da evolução da paisagem por meio mapeamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal em diferentes períodos, permitindo a construção de cenários e fornecendo subsídios para um planejamento ambiental adequado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Uso da Terra e Impactos Ambientais

Para compreender a abrangência do tema “uso da terra” é importante anteriormente conhecer o significado do termo terra utilizado neste contexto. Briassoulis (2000) define terra como “o espaço que possibilita a realização de todas as atividades humanas e de onde se obtém todos os recursos necessários”. Dessa maneira, o uso da terra corresponde à utilização que o ser humano faz deste espaço, podendo variar de acordo com as características do ambiente e com os diferentes propósitos da população, sendo utilizado, por exemplo, para a produção de alimentos, extração e processamento de materiais, dentre outros usos. Segundo Briassoulis (2000) há basicamente duas forças que conduzem os diferentes usos da terra: as necessidades humanas e as funções e processos ambientais. No entanto ressalta-se que nenhuma dessas forças apresenta um completo domínio sobre a outra, pois elas se mantêm em um constante fluxo de mudança.

Os efeitos das alterações no uso da terra podem ser benéficos, mas também podem gerar impactos prejudiciais ao bem-estar humano. Os impactos negativos gerados nesses processos têm sido uma das grandes preocupações atuais da humanidade e, assim como as mudanças no uso da terra, estes impactos podem variar de acordo com o período de tempo e com as características da área geográfica (MENDONÇA, 2009).

Os impactos ambientais podem ser observados sob vários enfoques. No âmbito global, a intervenção em um ponto pode afetar todo o sistema, sendo capaz de repercutir em outros lugares como, por exemplo, quando se afeta a atmosfera, os oceanos e o clima.

Outro enfoque de análise dos impactos ambientais pode ser o efeito cumulativo global causado por algumas mudanças no uso da terra. Este efeito pode ser provocado por alterações que, mesmo não estando conectadas, podem atingir uma escala global, principalmente quando ocorrem em diversos locais, como por exemplo, as atividades de desmatamento.

Em uma escala regional os impactos gerados pela modificação no uso da terra também são de grande importância, tais como: a eutrofização das águas, as enchentes, a poluição do solo e das águas subterrâneas, a degradação ambiental e muitas outras alterações que estão relacionadas, diretamente ou indiretamente com a mudança no uso da terra (MENDONÇA, 2009).

O último enfoque dos impactos ambientais gerados pela mudança no uso da terra está em um nível menor, em áreas urbanas, rurais e em espaços abertos. As áreas periféricas dos aglomerados urbanos são possíveis fontes de alteração do uso da terra, pois podem proporcionar uma expansão urbana ou industrial e modificar terrenos agrícolas ou de

cobertura florestal. Esses impactos ambientais incluem mudanças no equilíbrio hidrológico da região, aumento do risco de inundações e desabamentos de terras, poluição do ar e das águas. Outros impactos locais do uso da terra incluem a erosão, sedimentação, contaminação do solo e das águas subterrâneas, a extinção de espécies nativas e a poluição de corpos d'água.

Há também outros impactos relacionados à mudança no uso da terra, como é o caso dos impactos socioeconômicos, que são extremamente importantes e podem apresentar aspectos positivos e negativos, envolvendo: a disponibilidade de terras; as mudanças de produtividade, que nos últimos anos tem apresentado resultados positivos obtidos com o auxílio de inovações tecnológicas; mudanças de rentabilidade da estrutura industrial; geração de emprego ou a falta deste; pobreza ou riqueza da população; migração; alterações de qualidade de vida e de saúde. Em um nível local, os impactos dessa mudança incluem preocupações semelhantes, como a conversão de terras agrícolas em outros usos urbanos, alteração de produção agrícola, pressão para aumentar a produção de alimentos em novas áreas (BRIASSOULIS, 2000), assim como a geração de impostos locais, que muitas vezes podem influenciar de maneira positiva em determinados locais (MENDONÇA, 2009).

Atualmente, em nível global, há grandes preocupações com questões de segurança alimentar, obtenção de recursos naturais, escassez de água, deslocamento populacional e, de modo geral, com a segurança e vulnerabilidade humana aos riscos naturais e tecnológicos (MENDONÇA, 2009). O uso impróprio da terra pode desempenhar um papel importante em relação à segurança alimentar e a escassez da água. Questões como a erosão e degradação do solo, industrialização, urbanização e a má gestão dos recursos ambientais podem influenciar na disponibilidade de alimento para a crescente população e a distribuição destes alimentos no mundo. Cabe destacar que na evolução humana foram as modificações no uso da terra geradas pela atividade agrícola que formaram a base para o início do desenvolvimento, pois permitiu que os seres humanos tivessem acesso a um significativo aumento na oferta de recursos do planeta, como a produção de alimentos, riquezas e bem estar.

Algumas forças podem atenuar e regular atividades que modificam o uso da terra e geram impactos ambientais e socioeconômicos, como políticas e projetos de restauração ambiental. Estes tipos de atividades podem minimizar alguns impactos negativos, podendo até mesmo eliminá-los, e acentuar os impactos positivos. A maior preocupação relacionada às mudanças no uso da terra consiste no equilíbrio de satisfazer as questões sociais, econômicas e ambientais, buscando um desenvolvimento sustentável. Minimizar os impactos negativos ambientais e socioeconômicos relacionados ao uso da terra deve ser uma das preocupações dos planejamentos e gerenciamentos territoriais, que devem também, buscar suprir as

necessidades locais da sociedade, mantendo o limite de capacidade do meio ambiente local (FOLEY, 2005).

3.2 As Técnicas de Sensoriamento Remoto

Dentre as diversas definições existentes, Steffen et al. (1996) define sensoriamento remoto como uma tecnologia relacionada com a aquisição e análise de dados sobre objetos através de sensores remotos. A energia ou radiação eletromagnética é o meio utilizado para a transferência desses dados para os dispositivos (sensores remotos), encontrados a bordo de plataformas, como aviões, radares e satélites (PISSARRA, 2002).

Segundo Ponzoni & Shimabukuro (2007), o sensoriamento remoto é uma ferramenta utilizada para identificar e quantificar a distribuição de uma determinada região desde uma escala global até uma local, sendo também muito utilizado no monitoramento da cobertura florestal da superfície terrestre.

Para Novo (1989) o sensoriamento remoto é a ciências que converte dados de radiância em informações visuais.

Em geral, os sensores são sistemas ópticos-eletrônicos capazes de identificar e registrar, sob a forma de imagens, a radiância emitida por objetos da superfície terrestre. Em síntese, pode-se dizer que o sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas que permite caracterizar um alvo à distância, sem tocá-lo.

Assim, com o surgimento de novos sensores, proporcionando imagens com uma resolução espacial cada vez melhor, somada ao desenvolvimento de novas técnicas computacionais de extração de dados na forma digital, diversas informações da superfície terrestre foram coletadas, aumentando o interesse de vários ramos da pesquisa ambiental, que, relacionadas com o planejamento ambiental, passaram a desenvolver ferramentas para o manejo e conservação dos recursos naturais (TONIAL et al., 2000).

Desde o início da década de 60, o sensoriamento remoto, através da obtenção de fotografias aéreas, vem auxiliando no mapeamento do uso do solo no estado de São Paulo. Nesse período foram elaborados os primeiros estudos sobre a evolução da vegetação natural e da silvicultura, dentre os quais se destaca o *Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no estado de São Paulo* realizado por Kronka et al. (2005). O monitoramento em questão visou fornecer subsídios sobre as alterações nas áreas com remanescentes da vegetação natural e também de reflorestamentos. Para alcançar tal objetivo foi feita a comparação de mapas elaborados a partir de imagens que “permitem inferências retrospectivas na análise de séries temporais para conhecimento das razões históricas que

deram origem às modificações eventualmente constatadas no presente” (KRONKA et. al, 2005).

Imagens orbitais também vêm sendo utilizadas para identificação de plantios florestais comerciais e florestas naturais desde o início da década de 70, com pode ser observado nos estudos realizados por Shimabukuro et al. (1978).

Inúmeras metodologias de classificações automáticas ou manuais e extração de índices de vegetação, desde então, vêm sendo elaboradas e aprimoradas com a disponibilização de dados obtidos por imagens orbitais (LIU, 2007). Hoje, as imagens obtidas com sensores a bordo de satélite, em suas mais variadas resoluções e qualidades, são ferramentas bastante utilizadas no mapeamento do uso do solo e outros estudos referentes às propriedades físicas da superfície terrestre.

Nesse contexto, a análise visual de fotografias aéreas e imagens de satélite viabiliza soluções de complexos problemas ambientais, tornando-os imprescindíveis para a formação de uma base de dados (NEVES, 2007).

3.2.1 Fotogrametria e Fotointerpretação

Entende-se por fotogrametria a ciência e arte de se obter medidas confiáveis por meio de fotografias aéreas (MARCHETTI & GARCIA, 1977). Associada à fotogrametria está a fotointerpretação, que consiste na utilização de métodos ou técnicas na análise de imagens que permite a detecção, identificação e classificação dos elementos de interesse, descrevendo suas características e determinando seu significado (ANDERSON & VERSTAPPEN, 1982).

Com todas estas características, a fotografia aérea, fotogrametria e fotointerpretação são consideradas por muitos estudiosos um dos mais importantes produtos do sensoriamento remoto, pois apresentam melhor nível de detalhes registrando o momento e possibilitando atingir inúmeras finalidades (NEVES, 2007).

Segundo Vetorazzi (1992), no processo de análise das imagens é fundamental a percepção de determinadas feições, como cor, tonalidade, textura, tamanho, forma e outros aspectos associados. Dessa forma, os padrões de uma determinada feição permitem ao fotointérprete estabelecer classes para sua identificação.

Utilizando-se fotografias aéreas para determinar a evolução da cobertura vegetal natural no estado de São Paulo, pesquisas realizadas por Kronka et al. (2003) e o Inventário Florestal Natural da Vegetação Natural (São Paulo, 2005), mostram um considerável desmatamento da cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo para as fitofisionomias de floresta e cerrado.

Diante dessa perspectiva, muitos estudos vêm sendo realizados no meio científico através de técnicas de sensoriamento remoto, visto a importância da identificação e mapeamento dos recursos naturais e do uso da terra, principalmente no que diz respeito ao meio ambiente.

3.3 Os Sistemas de Informações Geográficas

Qualquer dado que possua um componente espacial, uma localização determinável, pode ser manuseado, armazenado e analisado por um SIG (PHILIPPI et al., 2004). Tecnicamente, um SIG pode ser considerado uma caixa de ferramentas digital para aquisição, armazenamento, tratamento, análise, processamento, transformação e exposição de dados espaciais georreferenciados, associadas ou não a um banco de dados alfanumérico.

Câmara et al. (2001) indicam como as principais características de um SIG a capacidade de inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, entre outros, e oferecer mecanismos para combiná-los através de algoritmos de manipulação e análise.

Nesse contexto, Teixeira et al. (1992) consideram como informação geográfica o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial.

Segundo Burrough & Macdonnell (1998) os dados geográficos (ou espaciais) são assim denominados porque representam um fenômeno do mundo real em função de:

- Localização absoluta no espaço da superfície terrestre (sistema de coordenadas);
- Informação classificada e qualificada, inerente ao objeto de estudo (atributos);
- Relação espacial com os demais objetos do seu entorno.

A utilização de SIGs permite a geração de bancos de dados codificados espacialmente, promovendo ajustes e cruzamentos simultâneos de um grande número de informações, possibilitando, ainda, a atualização dos bancos de dados para obtenção de novos mapas com rapidez e precisão. No entanto, a eficiência dos SIGs depende da definição precisa do objetivo e dos passos metodológicos a serem desenvolvidos no ambiente do sistema (ASSAD, 1993).

Com a evolução tecnológica digital, a capacidade de administrar dados de diversas fontes e formatos vem aumentando significativamente, tornando-se cada vez mais eficientes e acessíveis, permitindo o monitoramento cada vez mais diversificado da superfície terrestre, tornando-se uma ferramenta indispensável em grande parte das abordagens ambientais. Sua periodicidade é uma grande vantagem que tem sido citada na literatura pelo fato de proporcionar as mais variadas avaliações ambientais através de mudanças temporais (PHILIPPI et al., 2004).

O processo de evolução desses sistemas é resultado das mudanças de atitude que fomentam a elaboração de novas políticas para essa área de conhecimento, possibilitando uma nova visão cultural.

3.4 Geoprocessamento e Planejamento Ambiental

A preocupação com impactos da ação antrópica sobre o meio ambiente, o surgimento de movimentos preservacionistas da ciência, a perda da biodiversidade em diversas regiões, são acontecimentos que foram se somando ao longo da história, promovendo mudanças, definindo ideários e determinando um novo paradigma que aliasse as questões ambientais, expressas em uma política ambiental. Assim, muitos conceitos relativos a novos princípios de desenvolvimento passaram a ser gradativamente incorporados aos planejamentos, como o conceito de desenvolvimento sustentável, que estabelece uma análise prévia dos impactos, a curto, médio e longo prazo, decorrentes das ações de ocupação do território, garantindo as necessidades das presentes e futuras gerações (SANTOS, 2004).

Dentro dessa perspectiva atual de gestão territorial, todo planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente e seu inter-relacionamento (CÂMARA et al., 2001).

Nesse contexto, o Geoprocessamento insere-se como a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica como instrumento de análise e gestão do meio físico. Uma das ferramentas computacionais para o geoprocessamento, chamada de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permite realizar análises complexas e integrar dados de diversas fontes, bem como criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível compreender os fenômenos ambientais e sua relação com a ocupação humana, possibilitando uma visão integrada da questão ambiental em conjunto com a questão social (CÂMARA et al., 2001).

Segundo Santos (2004), devido ao seu inerente potencial como indicador, a vegetação é um elemento muito valorizado pelos planejadores. Sua capacidade de reagir e mudar abruptamente às condições e tendências da paisagem em curtos períodos de tempo permite conhecer as condições naturais do território e as influências antrópicas recebidas, podendo-se deduzir, de maneira genérica, a qualidade do meio. Dessa forma, quanto maior for a proximidade da vegetação aos seus limites de tolerância às variações do meio, maior a sua vulnerabilidade. Em resumo, a análise da vegetação permite descrever seu estado e, concomitantemente, inferir os fatores de pressão que o originam.

O mapeamento da vegetação é a maneira mais comumente utilizada no planejamento ambiental para as tomadas de decisão referentes à conservação dos biomas naturais. Através

de um mapa, podem-se destacar os efeitos provocados e a nova ordem estabelecida em uma determinada região devido às atividades antrópicas. No entanto, para se mapear a vegetação é preciso definir o tipo de mapeamento a ser realizado, critério esse que depende muito dos objetivos e metas do planejamento. Outro importante fator a ser definido, é o sistema de classificação da vegetação a ser adotado. No Brasil, o sistema mais usualmente utilizado é o desenvolvido pelas diretrizes de Veloso e Góes Filho, e descrito pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – com critérios fisionômicos e ecológicos.

Outro tema básico para o planejamento ambiental é o uso e ocupação da terra. A identificação, caracterização, espacialização e quantificação das atividades humanas são de extrema importância para a se definir a pressão e o impacto sobre os elementos naturais. No entanto, para se alcançar uma maior eficiência das análises, as informações acerca desse tema devem, além de retratar a situação atual, descrever as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo (SANTOS, 2004).

Para Rodrigues (2000), a análise do uso da terra através de informações obtidas pelo sensoriamento remoto, além de grande utilidade no planejamento e gestão da ocupação humana, possibilita avaliar e monitorar a preservação das áreas de vegetação natural.

Entre os diversos trabalhos conduzidos com o objetivo de monitorar a vegetação através de estudos multiespectrais e temporais destaca-se o realizado por Shimabukuro et al. (1997) sobre a cobertura vegetal do estado de São Paulo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Levantamento Bibliográfico

Para a compreensão e análise dos principais enfoques abordados foi realizado um levantamento de dados bibliográficos, estatísticos e cartográficos através de consultas em órgãos e entidades públicas que serviram de base para a caracterização da área de estudo e a formulação do banco de dados georreferenciado.

4.2 Descrição Geral da Área de Estudo

A área de estudo corresponde ao município de Itirapina, localizado na região central do estado de São Paulo (região administrativa de Campinas). Pertencente à bacia do rio Tietê, unidade hidrográfica da bacia do rio Paraná, a área situa-se entre as coordenadas UTM 7.514.000 m e 7.552.000 m N e 194.000 m e 222.000 m E (**Figura 2**).

O município encontra-se a uma altitude média de 760 m (**Figura 3**) e abriga uma população estimada de 13.889 habitantes em uma área de aproximadamente 56400 ha, conforme Censo 2007 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Inserida na região das Cuestas Basálticas, no planalto de São Carlos, o clima da região é caracterizado como Cwa de Köppen (tropical de altitude com inverno seco e verão quente e chuvoso), com precipitação anual média de 1450 mm por ano e temperatura anual média em torno de 20,8°C (CEPAGRI, 2009). A topografia local é relativamente plana, com pequenas depressões de baixas amplitudes onde o lençol freático aflora durante a estação chuvosa e parte da estação seca. De acordo com Prado (1997), o solo predominante é do tipo “areia quartzosa álica a moderada”, sendo muito permeável e de baixo potencial nutricional.

A paisagem atualmente encontra-se em forma de mosaico, apresentando porções maiores de áreas alteradas intercaladas por remanescentes de vegetação nativa de pequeno e médio porte. No município predominam a cultura de cana-de-açúcar e o reflorestamento, cujas atividades de preparação da terra provocam perturbações durante o ano todo, deixando o solo bastante susceptível ao processo erosivo.

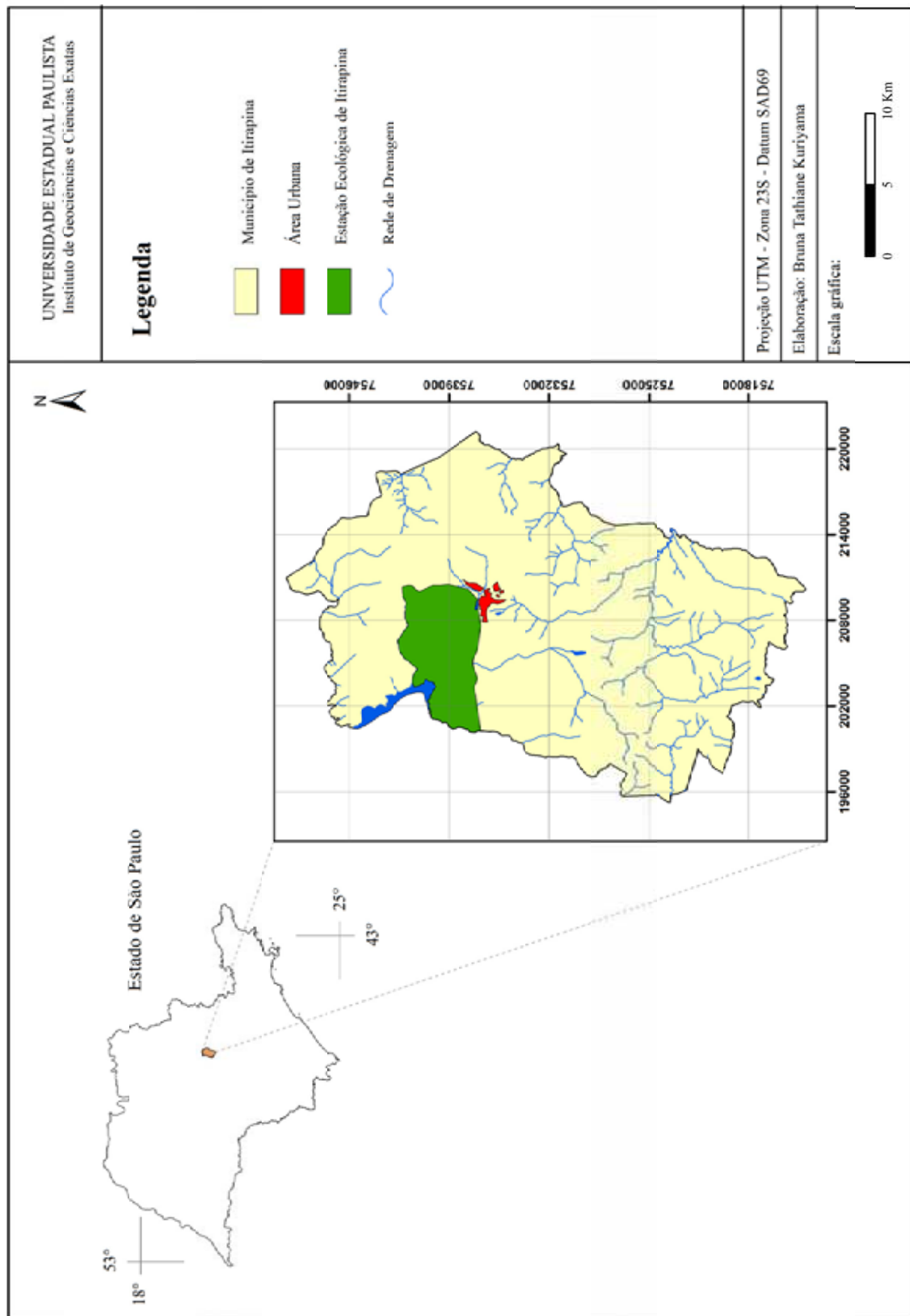


Figura 2: Localização da área de estudo, município de Itrapina-SP.

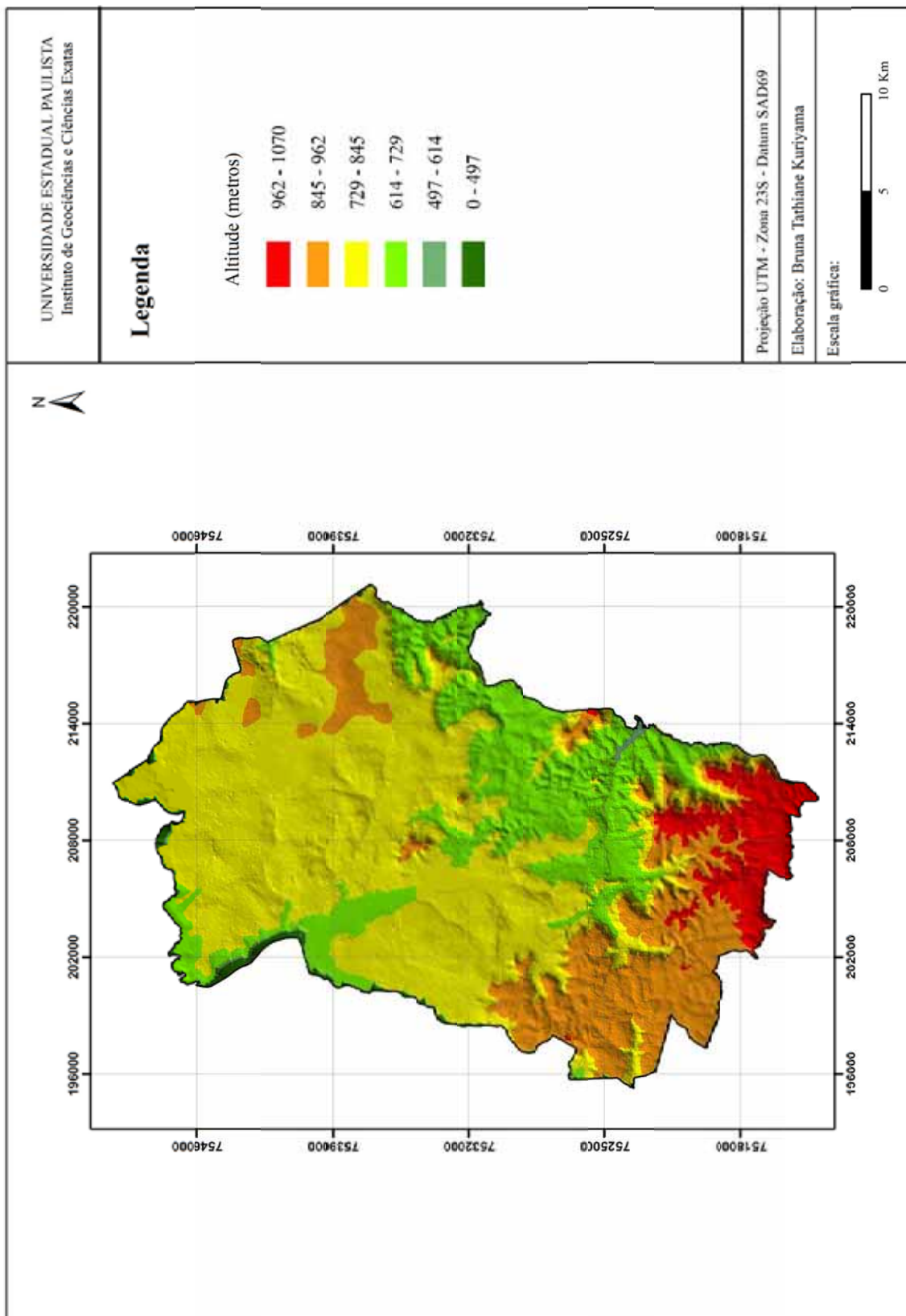


Figura 3: Mapa de classes hipsométricas do município de Itapirina-SP

4.3 Organização e Elaboração do Banco de Dados

Para a elaboração, processamento e análise dos planos de informações do banco de dados digital foram utilizados os seguintes *softwares* e Sistemas de Informações Geográficas:

- ArcGis 9.3;
- AutoCad 2008; e
- SPRING 5.1.

Os planos de informação foram georreferenciados e projetados no sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM), zona 23S, datum SAD-69 (*South American 1969*).

A base cartográfica do banco de dados foi elaborada através da digitalização de quatro folhas das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000. As folhas utilizadas para a cobertura da área de estudo são apresentadas na **Tabela 1**:

Tabela 1: Folhas das cartas topográficas referentes ao município de Itirapina-SP.

Folha	Nomenclatura	Ano
Itirapina	SF-23-M-I-3	1969
Rio Claro	SF-23-M-I-4	1969
Corumbataí	SF-23-Y-A-I-2	1971
São Carlos	SF-23-Y-A-I-3	1971

Uma vez no formato digital, as cartas foram unidas, examinadas visualmente e georreferenciadas, sendo corrigidas as inconsistências referentes ao posicionamento e atributos. Destas cartas foram extraídos temas referentes à:

- Limite municipal;
- Malha viária: estradas e rodovias; e
- Rede de drenagem: rios, córregos, lagos e represas.

Os dados referentes à topografia foram obtidos através do tratamento de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizadas gratuitamente em meio digital pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Estes dados de elevação digital com espaçamento entre medições de aproximadamente 90 metros, denominado *SRTM 90m Digital Elevation Data*, foram produzidos originalmente pela NASA e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) através da missão de coleta de dados topográficos.

4.4 Imagens Aerofotogramétricas

Para a análise e mapeamento do uso e cobertura da terra foram selecionadas fotos de diferentes períodos. O aerolevanteamento referente ao ano de 1962 em escala 1:50.000 foi adquirido junto ao Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto da Universidade de São Paulo – LASERE e convertido para o meio digital através de scanner com uma resolução de 300 pontos por polegada. Para contemplar a totalidade do município 50 fotos foram selecionadas.

As fotografias referentes ao ano de 2000 foram adquiridas junto à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, localizada em Campinas-SP, que concedeu 4 mosaicos de fotografias aéreas digitalizados.

Estes anos foram selecionados devido à disponibilidade das imagens, possibilidade de aquisição das mesmas nos referidos anos para toda a área de estudo e por representarem um período no qual ocorreram grandes mudanças na paisagem.

4.5 Imagens Orbitais

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra mais atual foram utilizadas imagens georreferenciadas de 2008 do satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), concedidas pelo CEAPLA – Centro de Análise e Planejamento Ambiental, unidade auxiliar do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP, Campus Rio Claro.

O satélite ALOS foi lançado pela Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa em 24 de Janeiro de 2006, sendo constituído de duas séries principais de satélites: os que são feitos para observação atmosférica e marinha de um lado, e os que servem para observação dos continentes por outro lado, gerando dados que podem atingir uma resolução espacial de 2,5m e levantamentos até a escala 1:25.000.

Para contemplar a totalidade da área de estudo foi selecionada uma imagem orbital nas bandas espectrais 2, 3 e 4.

4.6 Pré-Processamento das Imagens

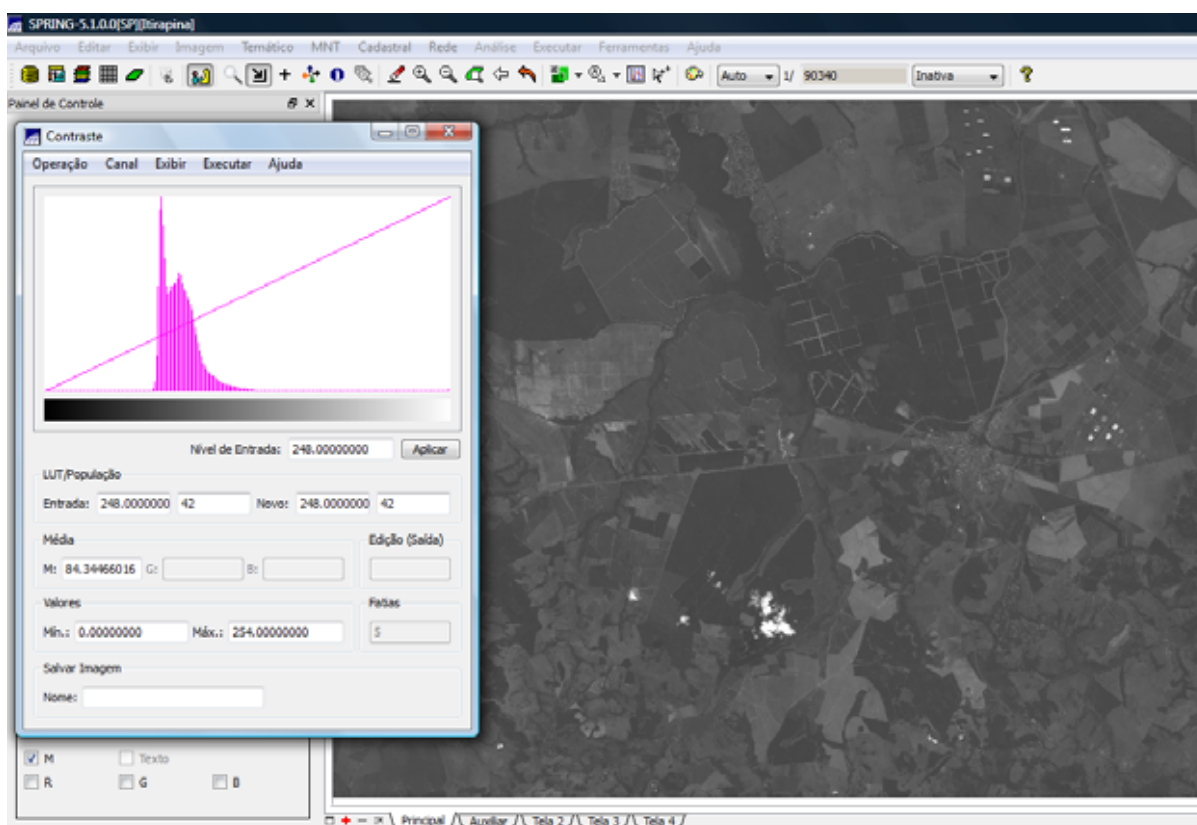
4.6.1 Georreferenciamento

O processo de georreferenciamento das fotografias aéreas foi realizado através do *software* ArcGis, utilizando-se a ferramenta “*Georeferencing tools*”. Com base na imagem do satélite ALOS foram selecionados pontos de controle distribuídos ao longo de toda a área da fotografia, sendo estes ajustados às coordenadas reais. Para reduzir os erros obtidos nos

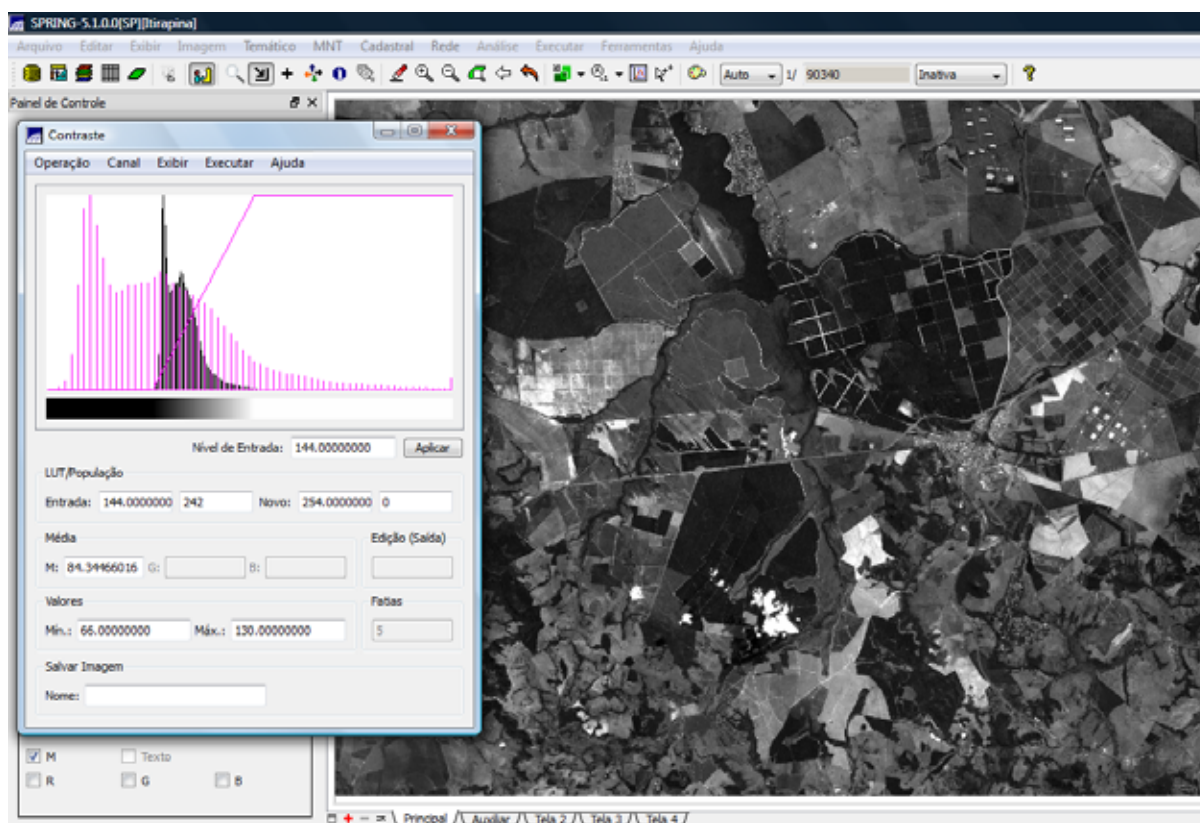
ajustes entre os pontos de controle e os seus equivalentes nas imagens, foram identificados no mínimo 5 pontos para cada imagem georreferenciada.

4.6.2 Realce de Contraste

Para facilitar a visualização e extração das informações necessárias para a definição das classes de interesse foi realizada a manipulação do contraste, técnica que consiste na transferência radiométrica em cada pixel visando aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem, melhorando sua percepção. A avaliação de uma boa imagem pode ser realizada através da observação de seu histograma. Imagens com histogramas de barras uniformemente distribuídas ao longo de todo intervalo da escala apresentam uma melhor qualidade visual. Dessa forma, o ajuste do contraste através da opção linear do aplicativo SPRING permitiu a escolha de valores que determinaram a inclinação da reta do histograma final, realçando os detalhes das imagens originais.



(a) Imagem de referência



(b) Imagem realçada

Figura 4: Processo de ajuste de contraste na imagem ALOS (banda 2).

4.6.3 Composição de Bandas Espectrais

Visando simplificar o processo de identificação das diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal das imagens orbitais, foi efetuada a composição colorida com as bandas espectrais 2, 3 e 4 adotando os filtros azul, vermelho e verde respectivamente. Nesta composição colorida “falsa cor” as formações vegetais caracterizaram-se por tons esverdeados, os corpos d’água por tonalidades mais escuras e as áreas antropizadas por cores avermelhadas ou esbranquiçadas. Após a identificação dos principais temas foram realizadas análises comparativas com as imagens pancromáticas para a definição das demais classes temáticas.

4.6.4 Mosaicagem

Para contemplar a totalidade do município de Itirapina, os cenários referentes aos anos de 1962 e 2000 são compostos por um número variado de fotografias aéreas. Dessa maneira, para a condução da análise da área de estudo foi realizada a união das imagens através do processo de mosaicagem para os dois períodos estudados.

Os procedimentos para a elaboração dos mosaicos georreferenciados foram realizados no SPRING, através da importação das ortofotos em formato *tiff* geradas no ArcGis.

4.7 Processamento das Imagens

4.7.1 Segmentação

Visando corrigir as limitações existentes no processo de classificação estatística, que se baseia unicamente em atributos espectrais, foi realizada a segmentação das imagens. Essa técnica tem por objetivo subdividir uma região em diversas unidades homogêneas, descritas pelas suas características espectrais e espaciais, possibilitando a extração de seus atributos estatísticos.

No presente trabalho foi realizada a segmentação de imagens por crescimento de regiões, técnica de agrupamento de dados na qual somente as regiões adjacentes espacialmente podem ser agrupadas (INPE, 2009). A execução do processo de segmentação exige a definição de parâmetros de similaridade e de área, que são responsáveis pela qualidade da segmentação que servirá de base para a classificação temática posterior. A similaridade consiste no valor mínimo de diferença entre os níveis de cinza abaixo do qual duas áreas são consideradas similares e agrupadas em uma mesma região. Já a área corresponde ao número mínimo de pixels necessário para a individualização desta.

Para a avaliação desse processo, foi realizada a comparação visual através da sobreposição das imagens segmentada e original. Após diversos testes realizados os valores para ‘similaridade’ e ‘área’ que se mostraram mais adequados para a classificação do uso da terra para os diferentes períodos analisados são apresentados na **Tabela 2**:

Tabela 2: Valores de ‘similaridade’ e ‘área’ adotados na segmentação das imagens.

Ano	Similaridade	Área
1962	20	300
2000	15	950
2008	20	1500

4.7.2 Classificação

A classificação digital de imagens consiste no estabelecimento de um processo de decisão onde um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe de interesse que descreve as características de uma área no mundo real.

Para a geração dos mapas temáticos foi realizada a classificação supervisionada através do método de Bhattacharya. Neste método a medida da distância de Bhattacharya é usada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Sempre trabalhando com um par de classes de cada vez, o método depende diretamente do treinamento supervisionado para organizar os segmentos de acordo com a menor distância de Bhattacharya encontrada com determinada classe, associando-o a mesma (INPE, 2009).

Com base na segmentação realizada foram selecionados polígonos representativos das regiões a serem classificadas, no qual o sistema SPRING gerou um conjunto de classes com propriedades estatísticas semelhantes.



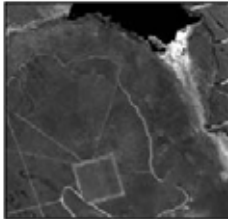
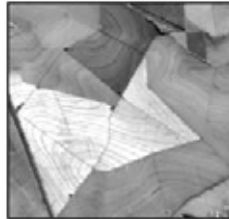
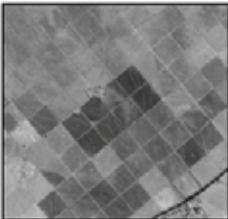
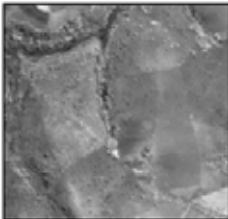

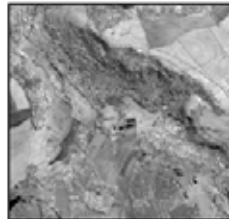
Dessa forma, com base na análise interpretativa das imagens orbitais e aerofotogramétricas, foi realizada a seleção e caracterização das feições das classes de interesse, identificando e reconhecendo os padrões das feições pertencentes aos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal. A discriminação das classes baseou-se nas tonalidades, formas, texturas e localização dos elementos presentes nas imagens, obedecendo à seguinte classificação:

- **Água:** corpos d'água em geral, tais como rios, lagos, represas e córregos.
- **Área urbana:** corresponde basicamente ao perímetro urbano do município de Itirapina-SP e pequenas áreas de ocupação humana aglomerada.
- **Campo Úmido:** ambientes alagáveis ou com excedente hídrico subsuperficial cuja fitofisionomia é caracterizada por formações de vegetação predominantemente herbáceas-subarbustivas.
- **Cana-de-açúcar:** áreas de plantio de cana-de-açúcar e áreas recém-cortadas ou queimadas que apresentavam indícios de plantio da cultura.
- **Agricultura:** áreas de plantio de culturas diversas.
- **Pasto:** áreas utilizadas para pecuária intensiva e extensiva, em sua maioria coberta por gramíneas, com raros arbustos e árvores esparsas.
- **Reflorestamento:** áreas de plantio comercial de *Eucalyptus ssp.* e florestas plantadas de *Pinus ssp.*

- **Vegetação Nativa:** áreas ocupadas pelas formações florestais nativas do município (matas ciliares, cerrado, cerradão, campo cerrado) e áreas onde foram realizados plantios de vegetação nativa e, também, pequenas áreas de plantio de *Eucalyptus ssp.* antigas (sem características próprias de um plantio comercial) onde houve uma regeneração natural do sub-bosque.

Para possibilitar a comparação entre os mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal foi seguido um mesmo padrão de fotointerpretação, considerando as mesmas classes para os diferentes períodos analisados. As classes temáticas de mapeamento e suas características de fotointerpretação são indicadas na **Tabela 3**:

Tabela 3: Esquema de análise para definição das classes temáticas de uso da terra e cobertura e vegetal.

	ÁGUA	ÁREA URBANA	CAMPO ÚMIDO	CANA-DE-AÇÚCAR
				
TONALIDADE	Preta Uniforme	Cinza Média Desuniforme	Cinza Escuro Uniforme	Cinza Claro à Médio Uniforme
TEXTURA	Muito Lisa Homogênea	Rugosa Heterogênea	Lisa Homogênea	Lisa Homogênea
ASPECTOS CONTEXTUAIS	Limites irregulares	Feições geométricas	Áreas alagáveis ou com excedente hídrico subsuperficial	Presença de talhões no sentido das curvas de nível do relevo
	AGRICULTURA	PASTO	REFLORESTAMENTO	VEGETAÇÃO NATIVA
				
TONALIDADE	Cinza Claro à Médio Uniforme	Cinza Médio Desuniforme	Cinza Médio à Escuro Uniforme	Cinza Claro à Médio Desuniforme
TEXTURA	Fina Aveludada Homogênea	Levemente Rugosa Heterogênea	Densa Aveludada Homogênea	Rugosa Heterogênea
ASPECTOS CONTEXTUAIS	Glebas com formas quadrangulares	Presença de arbustos e/ou árvores esparsas	Grandes talhões com limites retilíneos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limites irregulares ou estabelecidos por ocupações vizinhas ✓ Presente no entorno de cursos d'água e em áreas de encostas nos relevos mais íngremes

Com a finalidade de minimizar possíveis erros decorrentes da classificação, após a elaboração dos mapas temáticos verificou-se, através da comparação visual entre a imagem original e a imagem classificada, a consistência dos mapeamentos. Os erros encontrados foram corrigidos através do procedimento de edição vetorial do SPRING.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados da Análise Interpretativa dos Mapeamentos

Os mosaicos de 1962 e 2000 formados com as fotografias aéreas georreferenciadas do município de Itirapina (**Figuras 5 e 6**) permitiram atingir um resultado satisfatório para o objetivo do trabalho, sendo as distorções minimizadas. Através da sobreposição dos mosaicos com a rede de drenagem nota-se que foi obtida um ajuste entre as fotografias, possibilitando a elaboração de um mapa de uso da terra e cobertura vegetal coerente.

5.1.1 Mapeamento do Uso da Terra - 1962

Através do mapa elaborado a partir das fotografias aéreas de 1962 pode-se observar que a vegetação nativa apresentava pouca alteração devido às atividades antrópicas e caracterizava-se como a classe de maior expressividade, ocupando uma área de 34793 hectares, aproximadamente 62% da área total do município. A cultura de cana-de-açúcar ocupava uma área de 11671,9 hectares e concentrava-se mais na parte sul, configurando-se como a segunda classe mais expressiva da área estudada. A distribuição espacial das classes de uso da terra e cobertura vegetal em 1962 pode ser observada na **Figura 7**:

A partir desse mapeamento foram obtidos dados quantitativos das áreas de ocorrência de cada classe mapeada, conforme indicado na **Tabela 4**:

Tabela 4: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 1962 e suas respectivas áreas.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal (1962)	Área	
	(ha)	(%)
Água	322,5	0,6
Área Urbana	97,0	0,2
Campo Úmido	3597,5	6,4
Cana-de-Açúcar	11671,9	20,7
Agricultura	699,3	1,2
Pasto	1690,8	3,0
Reflorestamento	3528,0	6,3
Vegetação Nativa	34793,0	61,7
Total	56400	100

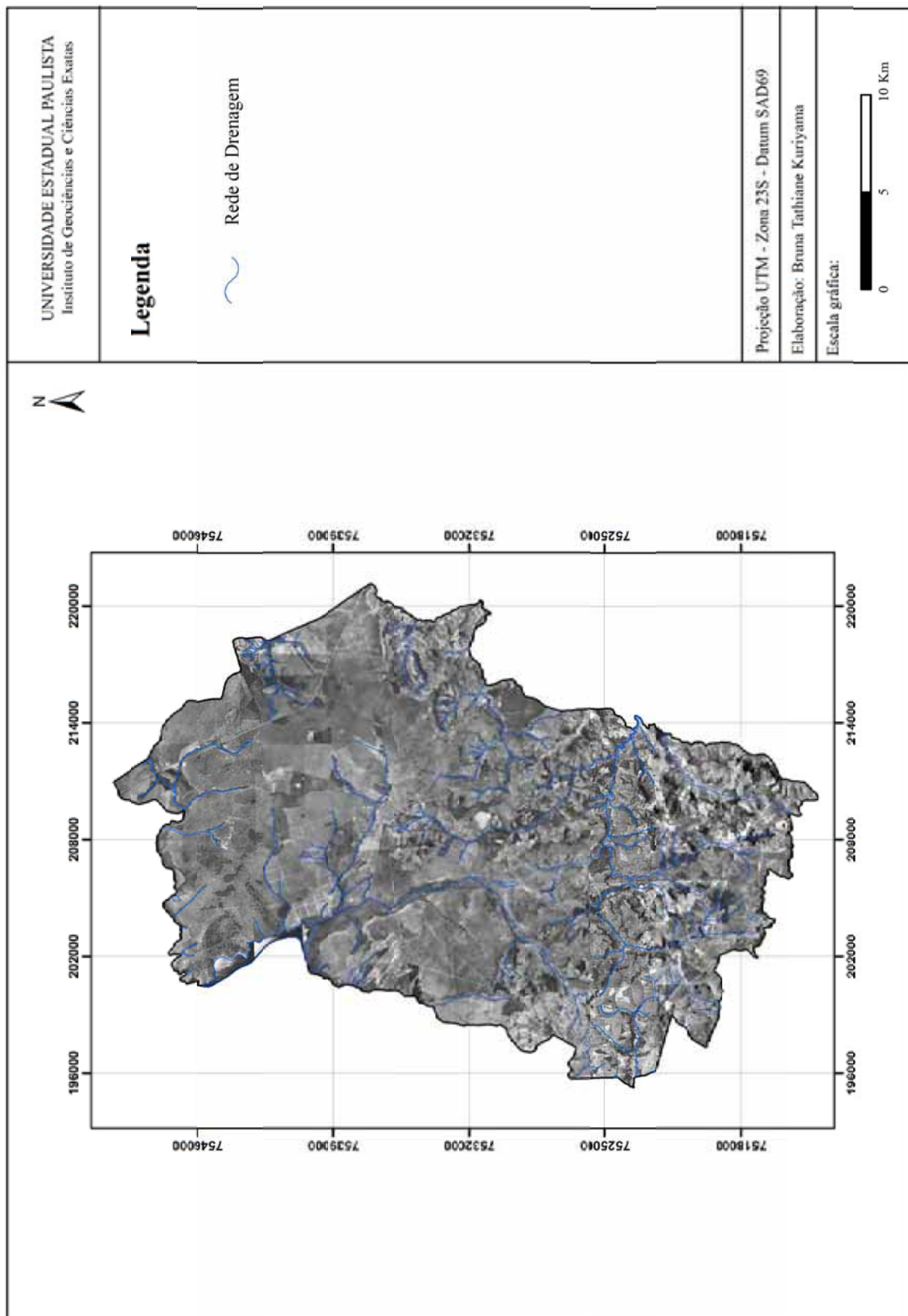


Figura 5: Sobreposição do mosaico de fotografias aéreas de 1962 com a rede de drenagem do município de Itrirapina-SP.

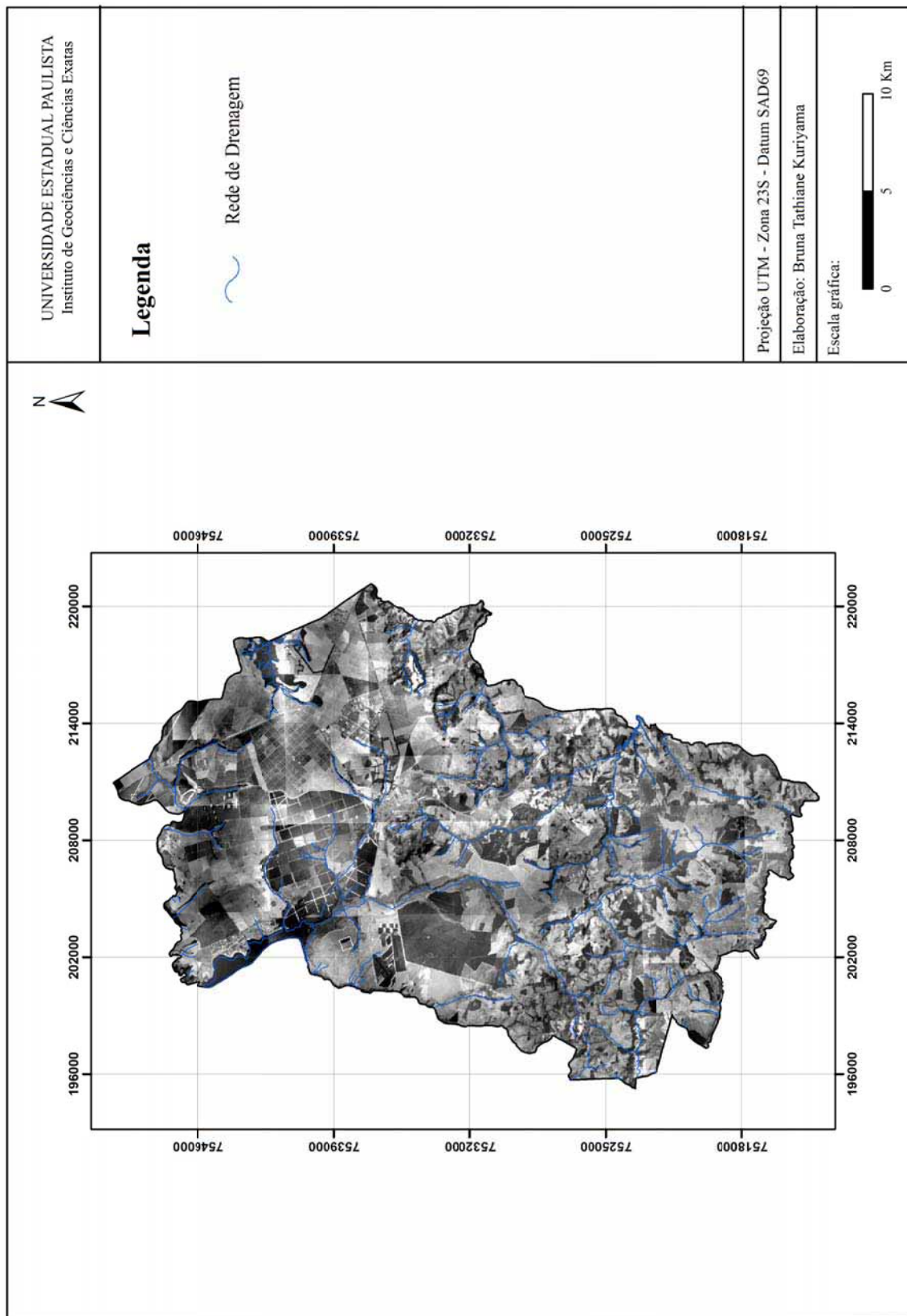


Figura 6: Sobreposição do mosaico de fotografias aéreas de 2000 com a rede de drenagem do município de Itrirapina-SP.

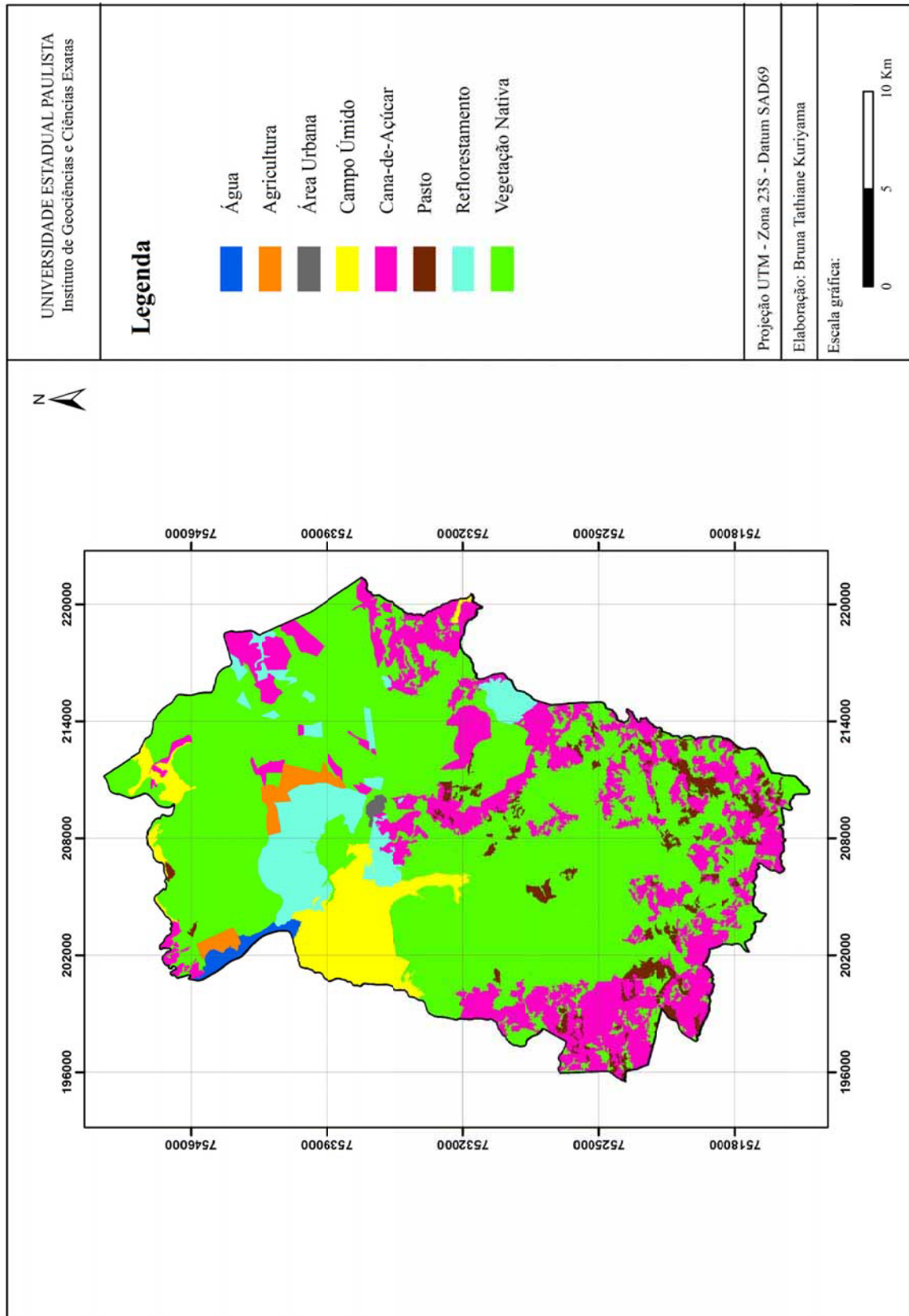


Figura 7: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itrapina em 1962.

5.1.2 Mapeamento do Uso da Terra - 2000

Com base no mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal realizado a partir de fotos aéreas de 2000 (**Figura 8**) é possível observar que a vegetação nativa já se encontrava em processo de fragmentação, concentrando-se mais na parte sul do município, ocupando aproximadamente 26% de sua área total.

A cana-de-açúcar e o pasto destacavam-se como a segunda e terceira classes, respectivamente, de maior expressividade do período, ocupando mais de 50% da área total do município. O reflorestamento representava apenas 12,8% da cobertura vegetal para o período analisado. As demais classes e suas respectivas áreas podem ser observadas na **Tabela 5**:

Tabela 5: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 2000 e suas respectivas áreas.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal (2000)	Área	
	(ha)	(%)
Água	524,7	0,9
Área Urbana	322,1	0,6
Campo Úmido	1698,8	3,0
Cana-de-Açúcar	15628,5	27,7
Agricultura	2884,3	5,1
Pasto	13243,5	23,5
Reflorestamento	7200,2	12,8
Vegetação Nativa	14898,0	26,4
Total	56400	100

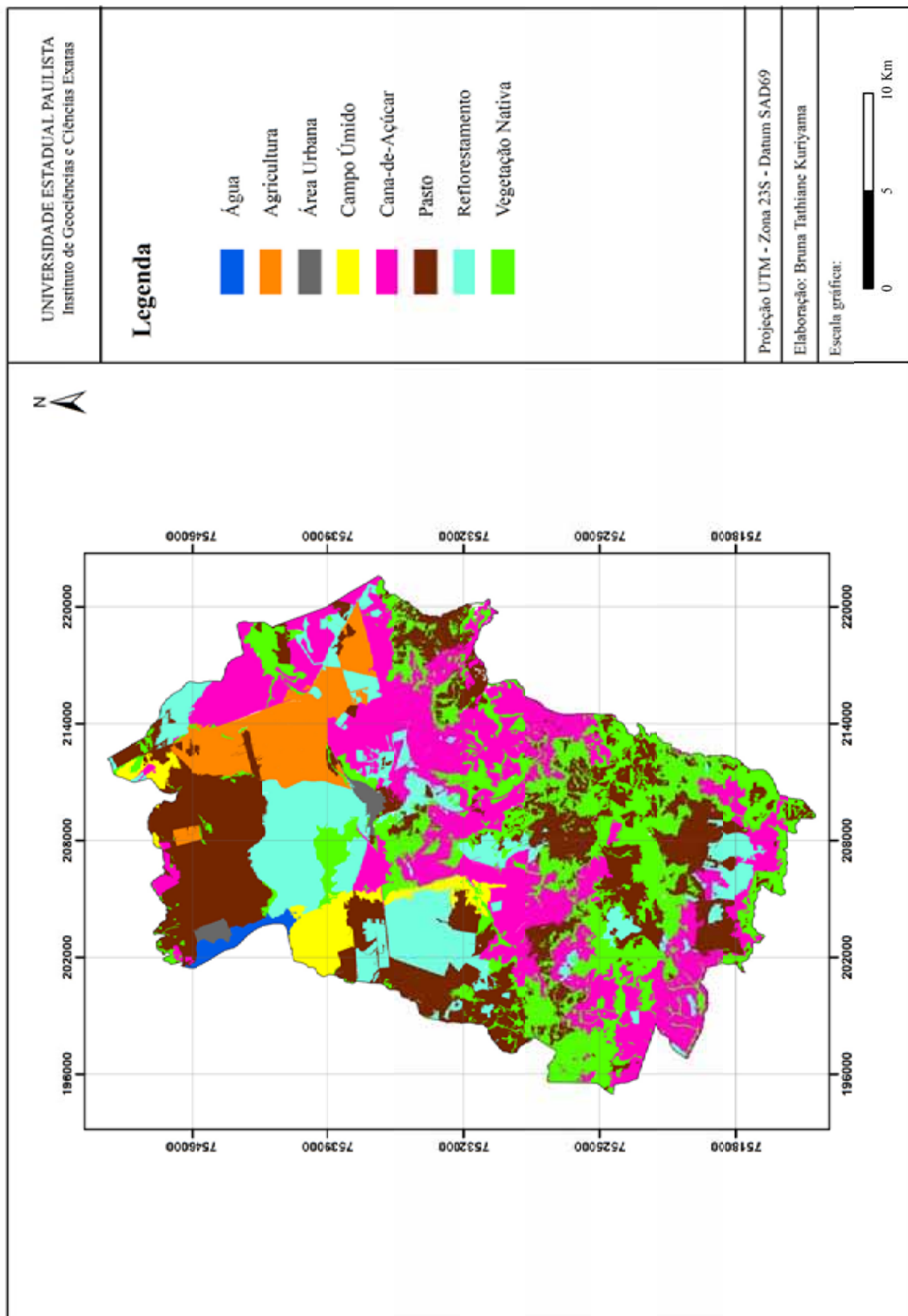


Figura 8: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itrapina em 2000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Legenda

- Água
- Agricultura
- Área Urbana
- Campo Úmido
- Cana-de-Açúcar
- Pasto
- Reflorestamento
- Vegetação Nativa

Projeção UTM - Zona 23S - Datum SAD69

Elaboração: Bruna Tatiane Kuriyama

Escala gráfica:



5.1.3 Mapeamento do Uso da Terra - 2008

De acordo com o mapa de uso da terra e cobertura vegetal elaborado a partir das imagens orbitais de 2008 (**Figura 9**) a paisagem de uma forma geral encontra-se bastante alterada, caracterizando-se basicamente por grandes extensões territoriais de monoculturas, sendo as classes de reflorestamento e cana-de-açúcar as que ocupam as maiores áreas da região. Em contrapartida, as áreas de vegetação nativa restringem-se em sua maioria a pequenos fragmentos, representando apenas 17,3% da área total do município. Observa-se também que muitos fragmentos situam-se às margens das drenagens, representadas em sua maioria por matas ciliares, ou circundadas por grandes áreas de monoculturas ou pastagens.

Pode-se observar também que além de um processo de fragmentação da vegetação nativa, outras classes de uso do solo e cobertura vegetal também estão se fragmentando, como por exemplo, a pastagem. Na **Tabela 6** é possível observar as classes de uso da terra e cobertura vegetal e suas respectivas áreas.

Tabela 6: Classes de uso da terra e cobertura vegetal em 2008 e suas respectivas áreas.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal (2008)	Área	
	(ha)	(%)
Água	435,6	0,8
Área Urbana	473,4	0,8
Campo Úmido	3391,8	6,0
Cana-de-Açúcar	19914,9	35,3
Agricultura	1975,1	3,5
Pasto	10138,8	18,0
Reflorestamento	10305,3	18,3
Vegetação Nativa	9765,2	17,3
Total	56400	100

A avaliação da vegetação nativa para o período analisado indicou um total de 104 fragmentos naturais distribuídos ao longo da área do município (**Figura 10**). Desses fragmentos, 64 deles apresentam área inferior a 50 ha e 21 apresentam tamanho entre 50-100 ha, totalizando, respectivamente, áreas de 1471 e 1586 ha. As demais áreas são formadas por um número menor de fragmentos, sendo que 9 possuem tamanho de 100-250 ha, 7 entre 250-500 ha, 2 entre 500-1000 ha e apenas um fragmento com área maior que 1000 ha (**Figura 11**).

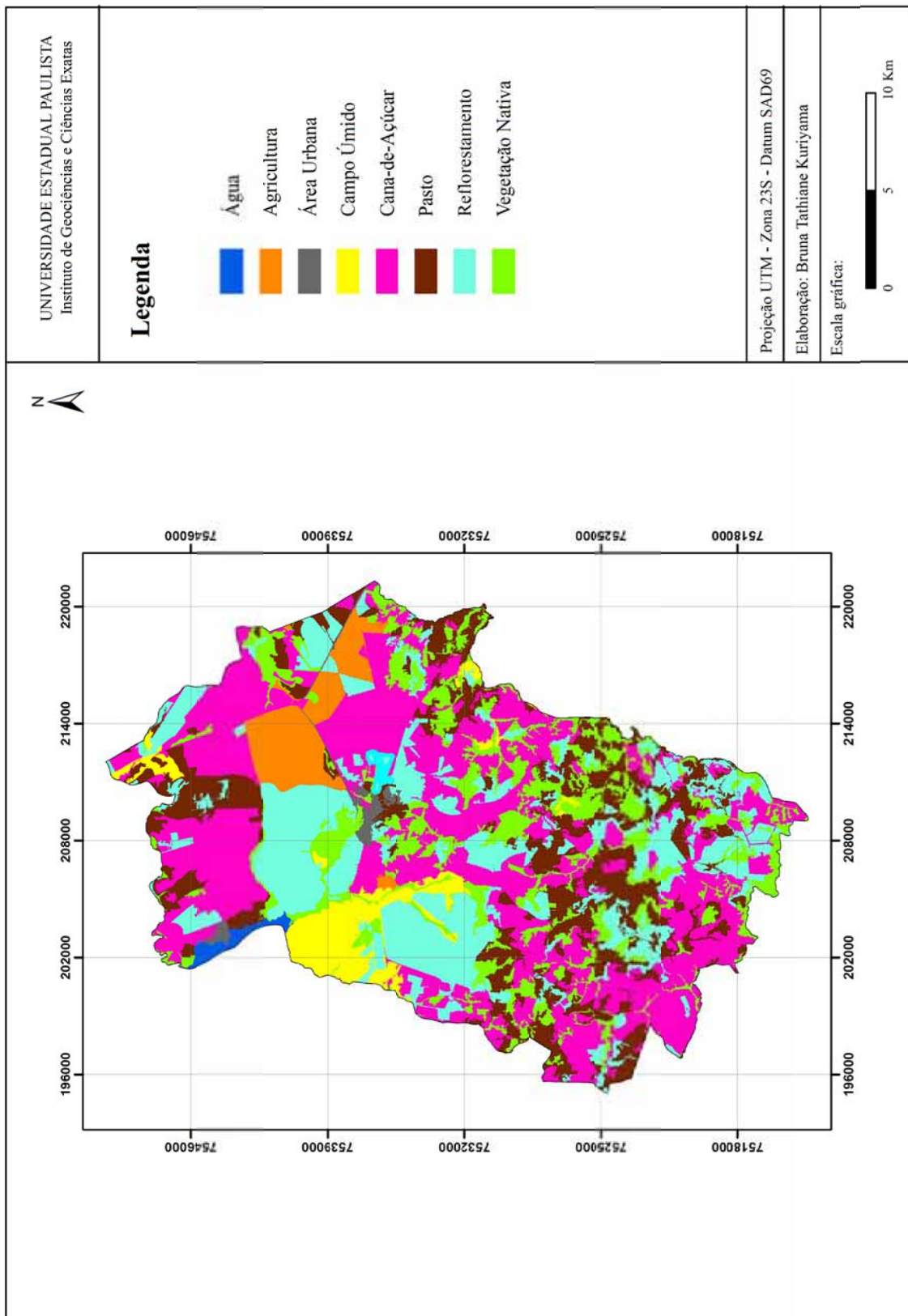


Figura 9: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itrapina em 2008.

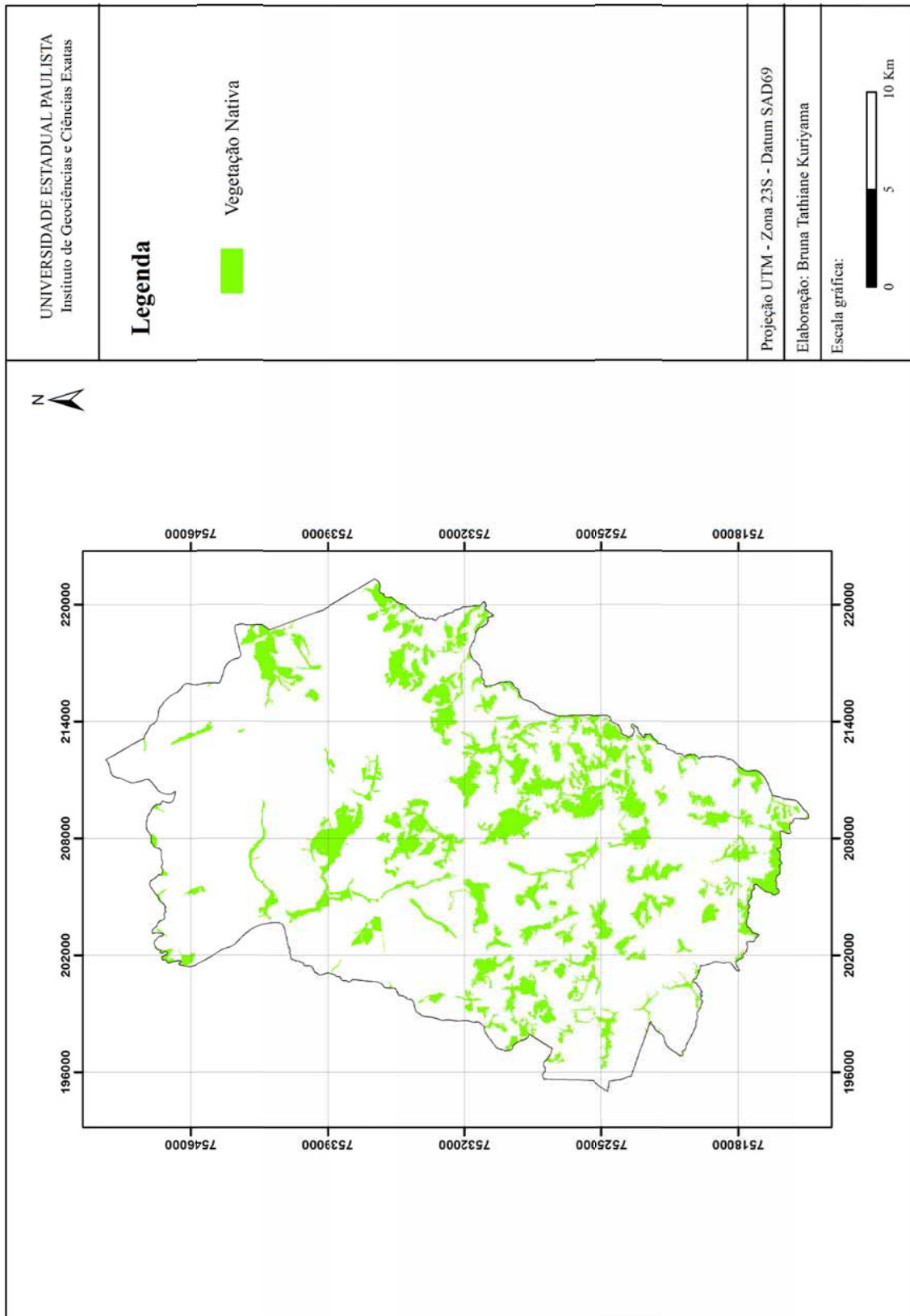


Figura 10: Distribuição espacial dos fragmentos de vegetação nativa em 2008.

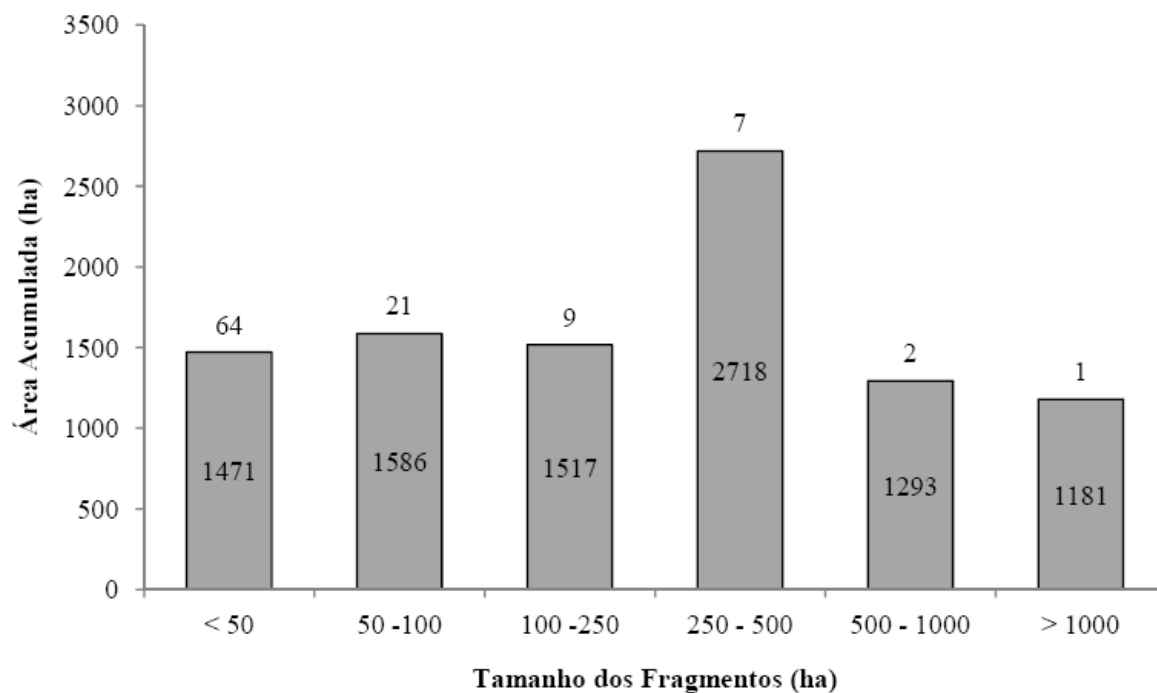


Figura 11: Distribuição do número de fragmentos de vegetação nativa em função do tamanho e área acumulada em 2008.

Analisando a distribuição espacial dos fragmentos florestais (**Figura 10**) e o mapa de declividade do município (**Figura 12**) é possível constatar que a conservação da vegetação nativa é mais pronunciada em áreas de encostas e de relevo mais acentuado (com declividade acima de 20%), indicando certa dependência em função das características topográficas. Além disso, nota-se que a porção norte do município, onde predominam as menores classes de declividade, caracteriza-se como a área de maior representatividade dos grandes cultivos de cana-de-açúcar e reflorestamento, e conseqüentemente como a região com a menor área de vegetação nativa.

Cabe ressaltar também que as áreas florestais fragmentadas sofrem influência de fatores externos, como os efeitos de borda, alterando as características do ecossistema original presente em uma determinada área. Dessa maneira, a fragmentação não se caracteriza como um aspecto positivo ao se considerar a preservação da biodiversidade, a conservação das áreas de preservação permanente e a recuperação de áreas florestais. Considerando-se estes aspectos, o ideal seria o estabelecimento de um equilíbrio, com um planejamento ambiental adequado, que oriente a ocupação do município e promova a adoção de medidas para a preservação da vegetação nativa.

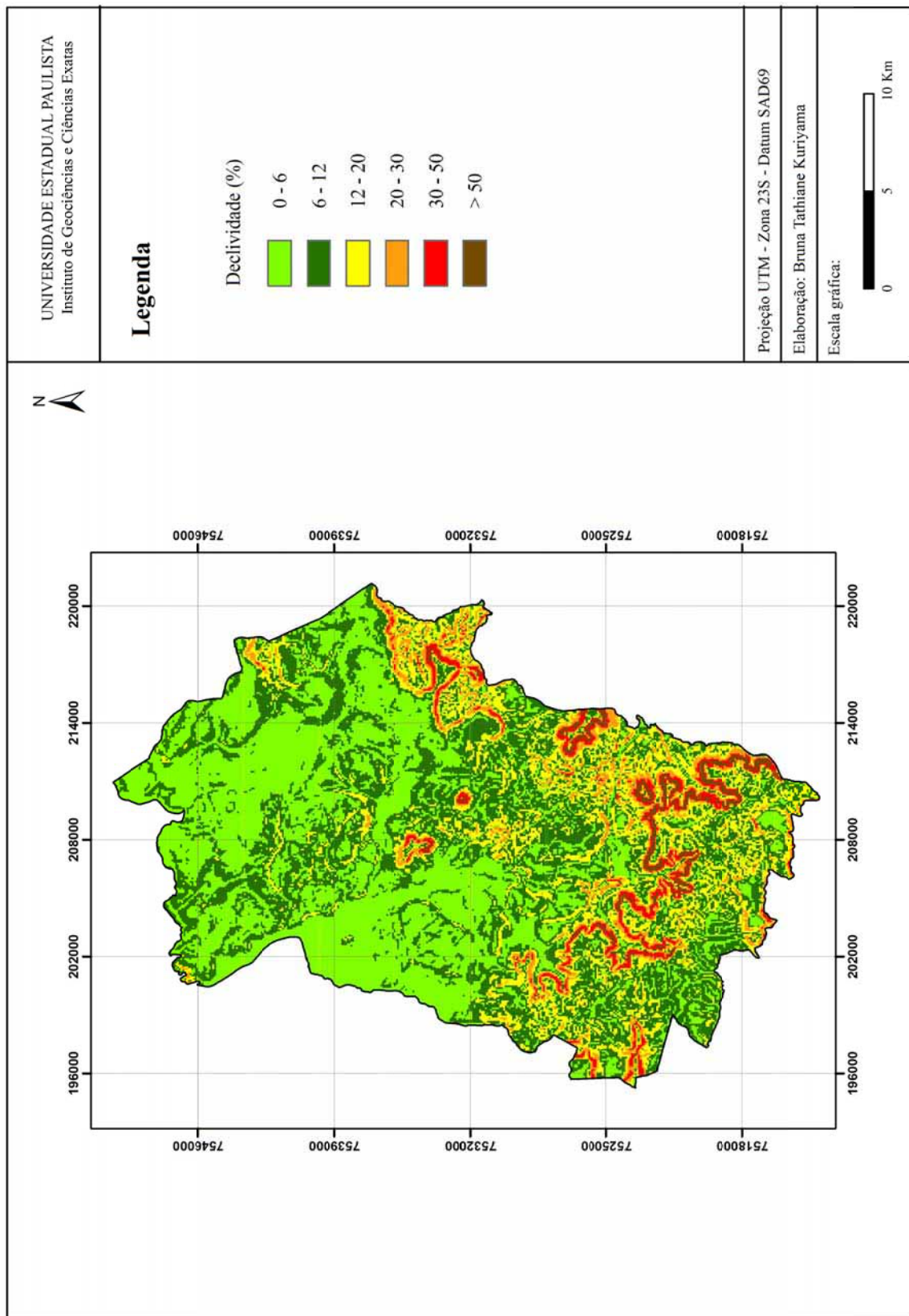


Figura 12: Mapa de declividade (em porcentagem) do município de Itrirapina-SP.

5.2 Análise Comparativa

Os mapas de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina, referentes aos anos de 1962, 2000 e 2008 e a alteração temporal das áreas das classes de uso da terra e cobertura vegetal podem ser observadas, respectivamente, nas **Figuras 13 e 14**.

Em 1962, a vegetação nativa representava 61,7% da área do município, enquanto a cana-de-açúcar recobria 20,7%, seguida pelas áreas de campo úmido (6,4%) e reflorestamento (6,3%). Em 2000, a área ocupada pela vegetação nativa passou a representar menos da metade da área ocupada no período anterior, reduzindo-se a apenas 26,4%, seguida das áreas de cana-de-açúcar (27,7%), pastagens (23,5%) e reflorestamento (12,8%). Em 2008, as áreas de vegetação nativa representavam 17,3% e o reflorestamento e a cana-de-açúcar caracterizavam-se como as maiores classes, representando, respectivamente, 18,3% e 35,3%.

No período de 1962 a 2008 pode-se observar uma grande alteração no percentual ocupado pela vegetação nativa, que sofreu uma redução de 44,4% em relação à área total do município. Para o mesmo período as classes de cana-de-açúcar e reflorestamento tiveram um aumento de 14,6% e 12%, respectivamente. As áreas de pastagem aumentaram de 3,0% em 1962 para 23,5% em 2000, sofrendo uma redução de 5,5% em 2008, sendo substituídas, em sua maioria, por áreas de plantio de cana-de-açúcar e reflorestamento. A agricultura sofreu uma oscilação similar às áreas de pastagem, aumentando em 2000 para 5,1% e reduzindo para 3,5% em 2008. Um pequeno processo de urbanização pode ser observado no município nestes 45 anos, representando um aumento de 0,6% das áreas urbanizadas. Essas mudanças podem ser observadas na **Tabela 7**.

Tabela 7: Classes de uso da terra e cobertura vegetal e suas respectivas áreas nos períodos analisados.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Área (%)		
	1962	2000	2008
Área Urbana	0,2	0,6	0,8
Campo Úmido	6,4	3,0	6,0
Cana-de-Açúcar	20,7	27,7	35,3
Agricultura	1,2	5,1	3,5
Pasto	3,0	23,5	18,0
Reflorestamento	6,3	12,8	18,3
Vegetação Nativa	61,7	26,4	17,3

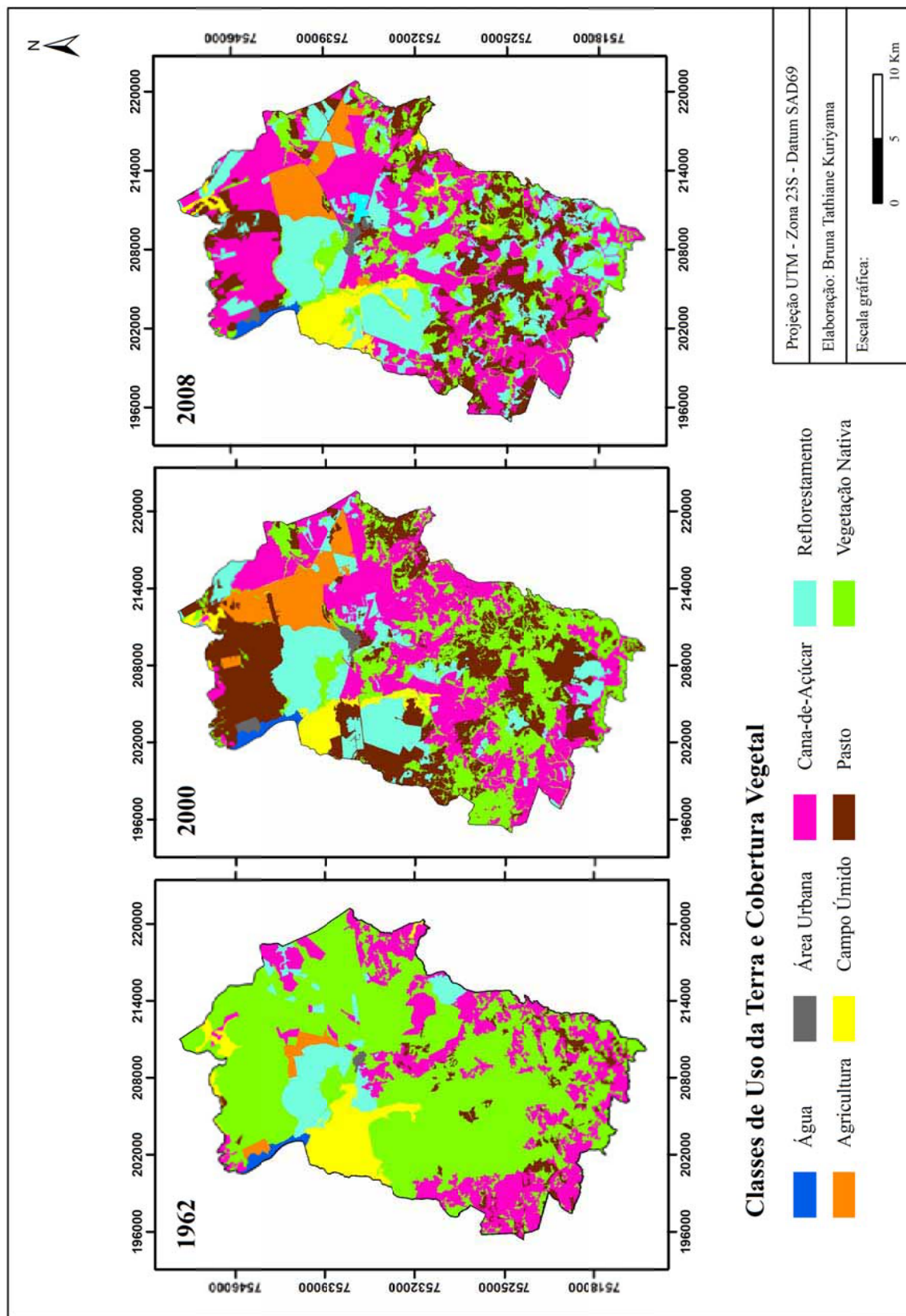


Figura 13: Mapas de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itrapiina referentes aos anos de 1962, 2000 e 2008.

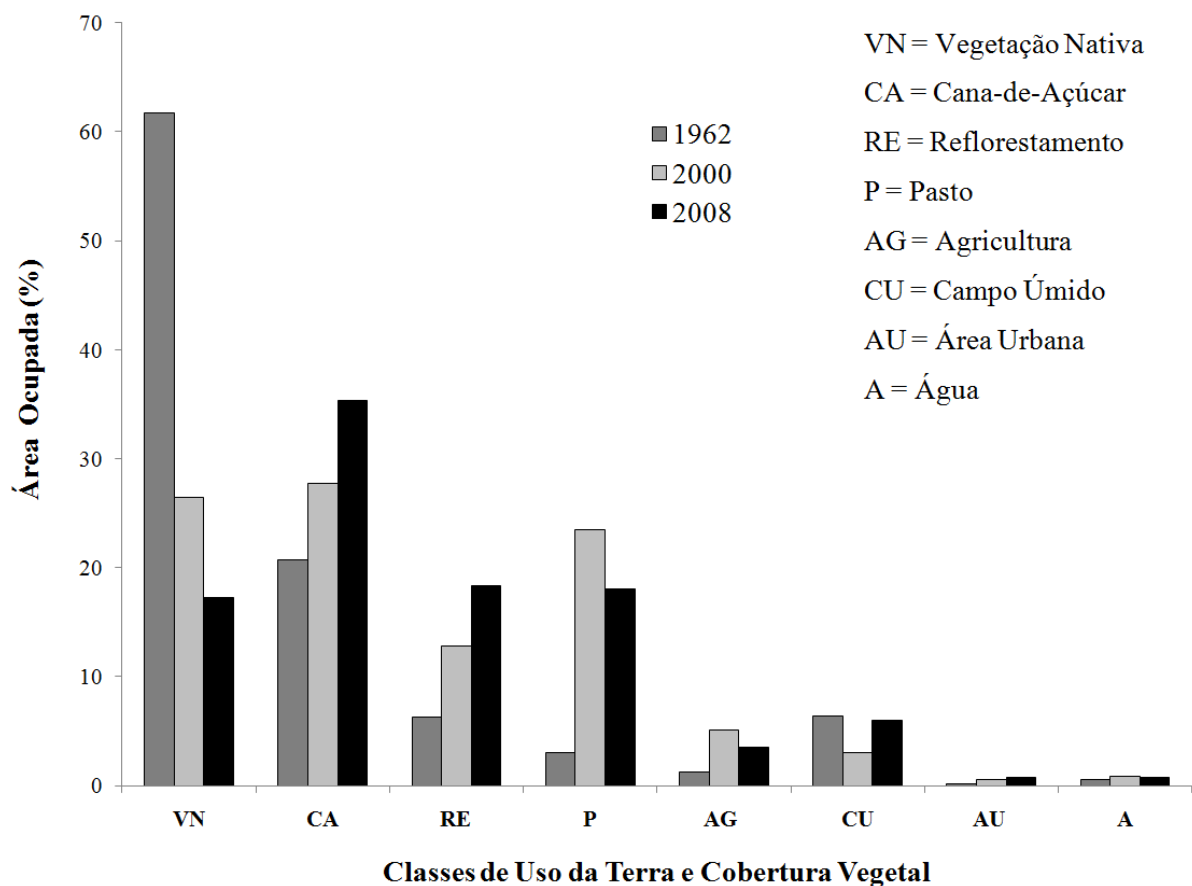


Figura 14: Distribuição espaço-temporal das classes de uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina em 1962, 2000 e 2008.

Com base nos dados obtidos observa-se que as áreas de florestas plantadas, caracterizadas pelos reflorestamentos, e as monoculturas de cana-de-açúcar sofreram um aumento significativo no município, passando a representar as duas classes de maior cobertura em 2008. No mapa de distribuição espacial da cana-de-açúcar e do reflorestamento no município de Itirapina (**Figura 15**) constata-se que essa expansão estendeu-se por toda a área do município, sendo os reflorestamentos mais evidentes na região centro-sul e a cana-de-açúcar mais concentrada nas porções norte e oeste da área de estudo.

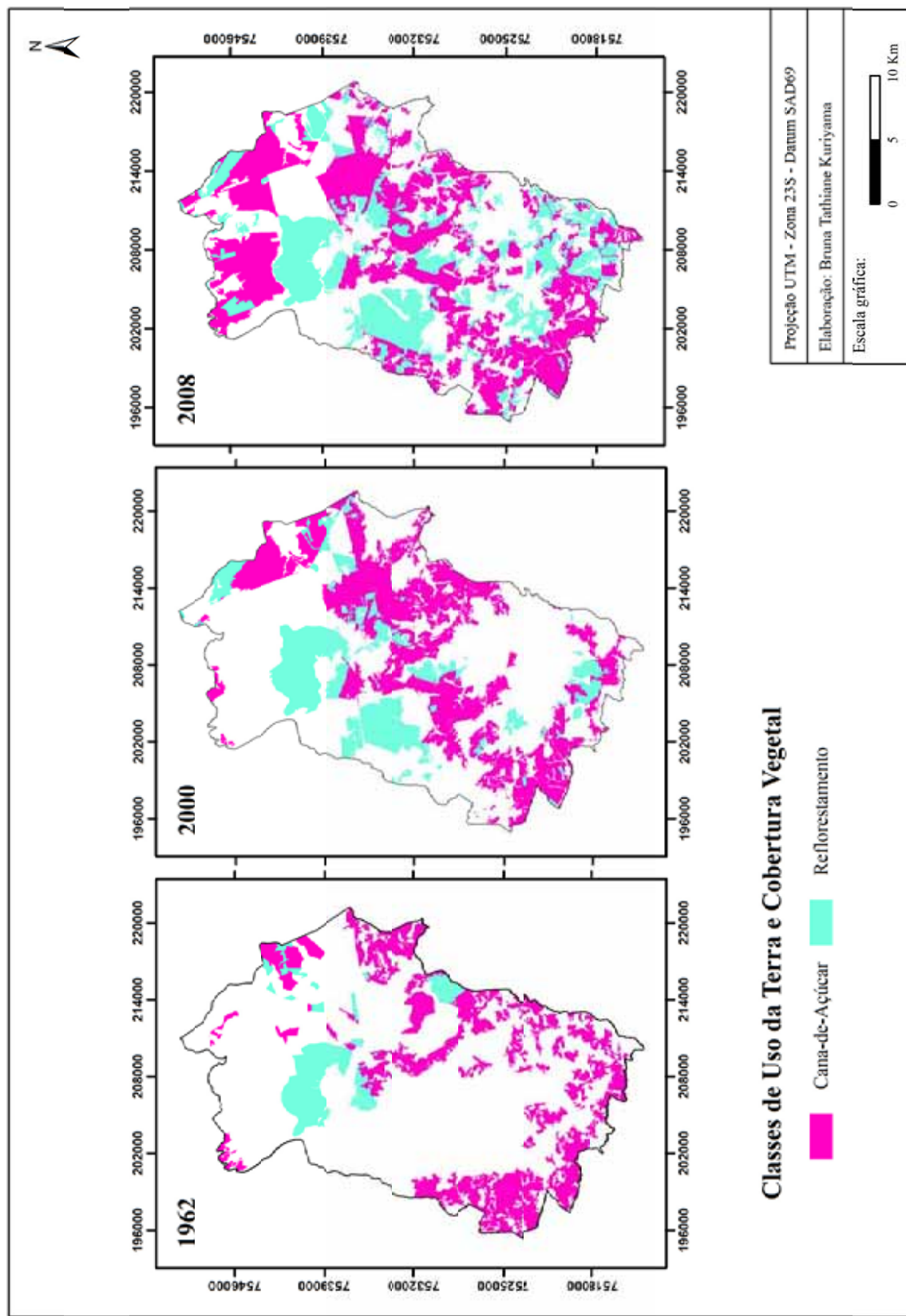


Figura 15: Mapas de distribuição espacial da cana-de-açúcar e reflorestamento no município de Itrirapina em 1962, 2000 e 2008.

Na **Figura 16** a dinâmica da vegetação no município para os três períodos estudados pode ser observada. A distribuição espacial da vegetação em 1962, 2000 e 2008 no município de Itirapina pode ser visualizada na **Figura 17**. Observa-se a significativa extensão da vegetação arbórea no município, a qual representava 68% da área total em 1962, 39,2% em 2000 e 35,6% em 2008, incluindo áreas de vegetação nativa e reflorestamento. Contudo, apesar das áreas de cobertura florestal ocuparem grande parte do município em 2000 e 2008, o maior percentual refere-se à floresta plantada, enquanto que em 1962 predominavam as áreas de vegetação nativa.

Para a classe de vegetação nativa, a variação em área apresentada durante os 45 últimos anos mostrou acompanhar a tendência histórica do estado paulista. O avanço das fronteiras agrícolas, condicionado principalmente pelas atividades realizadas em grandes propriedades, obtiveram sua expansão em detrimento da cobertura vegetal natural. Pode-se observar pela **Tabela 7** que em 1962 as áreas ocupadas pela vegetação nativa apresentavam características de grandes extensões territoriais. No ano 2008 a vegetação foi radicalmente modificada, restringindo-se a pequenas manchas estreitas e alongadas.

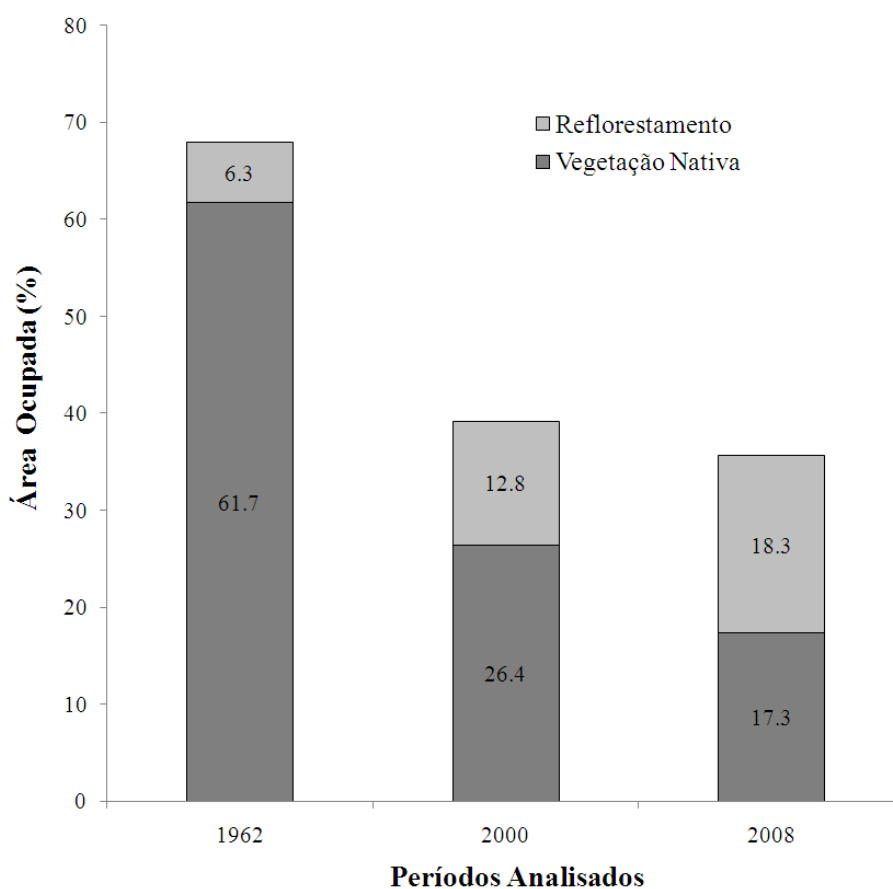


Figura 16: Distribuição temporal das classes de vegetação do município de Itirapina em 1962, 2000 e 2008.

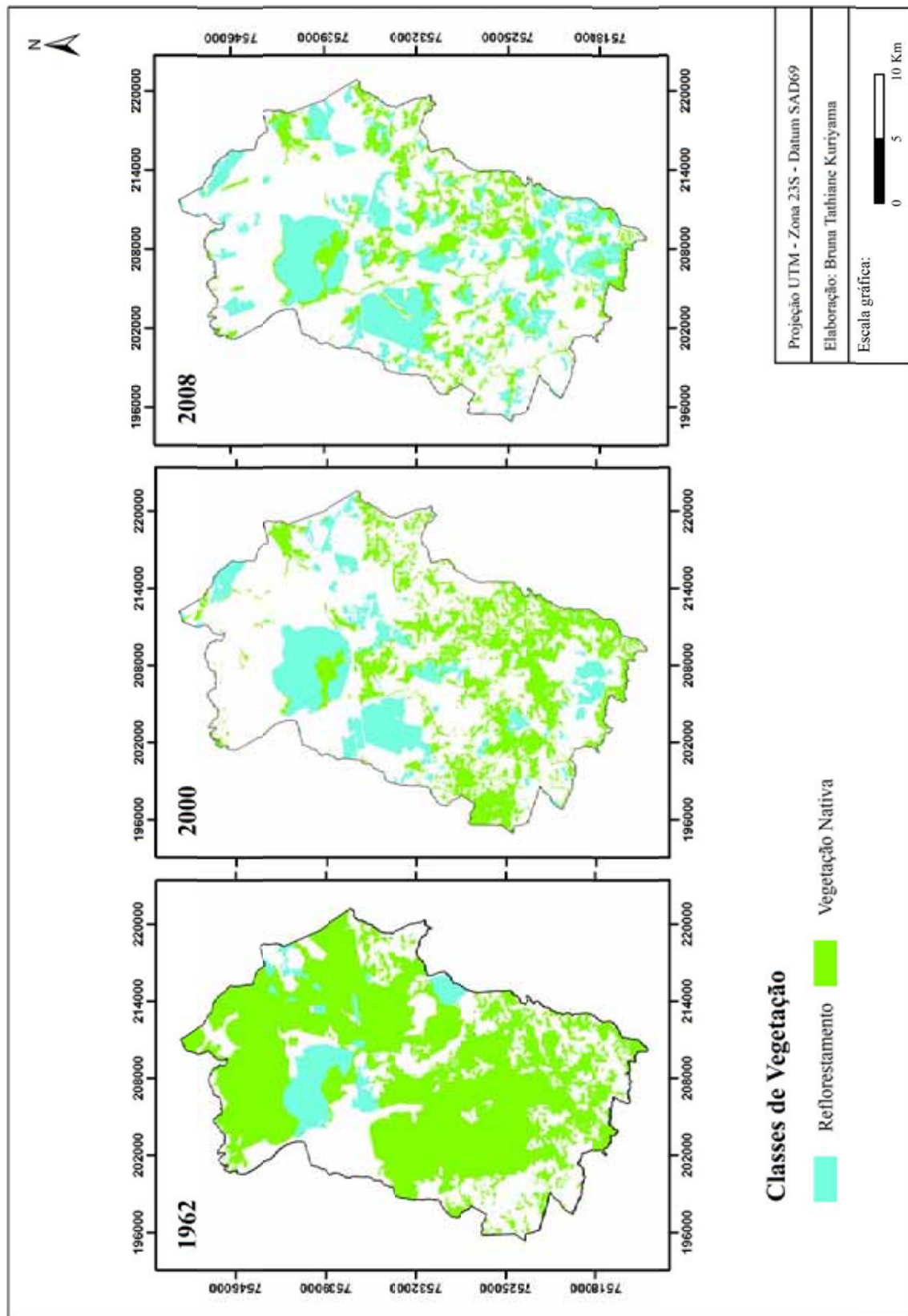


Figura 17: Mapas de vegetação do município de Irapina referentes aos anos de 1962, 2000 e 2008.

6 CONCLUSÕES

Através da utilização combinada entre os produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens orbitais) e o geoprocessamento, em particular os Sistemas de Informações Geográficas, foi possível realizar uma análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do município de Itirapina, permitindo a espacialização de suas alterações ao longo do período analisado e a contextualização de suas mudanças.

Os mosaicos formados com as fotografias aéreas do município de Itirapina e as imagens orbitais do satélite ALOS, além de permitirem a elaboração de mapas temáticos do uso da terra e cobertura vegetal com 8 diferentes classes e suas áreas, possibilitaram a observação das alterações ocorridas na paisagem ao longo do período estudado.

Dessa forma, pôde-se concluir que o município de Itirapina apresentou, na análise dos últimos 45 anos, forte alteração na sua configuração de uso da terra e cobertura vegetal.

Estas alterações foram impostas, sobretudo, pelo avanço das monoculturas, sendo a cana-de-açúcar e o reflorestamento responsáveis por grande parte dessa condição. Juntamente com as áreas de pastagem, estas atividades caracterizam-se como os principais vetores das transformações ocorridas nas áreas mapeadas.

As áreas ocupadas pela cultura de cana-de-açúcar somada ao reflorestamento e a pastagem representavam 30220,2 ha em 2008, o que corresponderia a 53,6% do total do município. A expansão destas atividades condicionou a fragmentação da cobertura vegetal natural da área, que sofreu uma redução de 34793 ha (61,7%) em 1962, para 9765,2 ha (17,3%) em 2008, havendo a perda de 25027,8 hectares.

Um processo de fragmentação da paisagem como um todo está ocorrendo, dificultando a preservação da biodiversidade, uma vez que diversos fatores externos exercem influência sobre os fragmentos, alterando características do ecossistema original presente em uma determinada área. Assim, a análise interpretativa da evolução temporal dos fragmentos florestais nativos registrados nas fotografias aéreas e nas composições de imagens de satélite permitiu a compreensão do estado atual em que se encontram estes fragmentos, possibilitando que medidas de controle sejam tomadas para a sua conservação.

Além disso, foi possível observar que a ocorrência da vegetação nativa é mais pronunciada em áreas de maior declividade, indicando uma certa dependência da conservação da vegetação em função das características do relevo.

Outro fator a ser destacado é a diminuição da biodiversidade decorrente da redução das áreas de vegetação natural, cujo desmatamento para inserção de atividades agrícolas, mesmo de subsistência, já contribui para a desestabilização do equilíbrio do meio físico local.

Diante desta perspectiva, a identificação e caracterização das áreas que apresentam impactos ambientais condicionados por intervenções antrópicas, e o conhecimento das alterações da cobertura vegetal e do uso da terra, com especial atenção às formações vegetais nativas, é de fundamental importância para os órgãos de gestão territorial.

Dessa maneira, considerando os diversos aspectos abordados neste trabalho, fica clara a necessidade de uma política ambiental eficiente, com um planejamento ambiental adequado que oriente a ocupação do município e promova a adoção de medidas para a preservação e recuperação da vegetação nativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Clayton Alcarde; SILVA, Alexandre Marco da. DECLIVIDADE VERSUS VEGETAÇÃO NATIVA PAULISTA: A CURVA DO DESMATAMENTO. In: ANAIS DA 58ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2006, Florianópolis-SC. p. 1-2.

ANDERSON, P. S.; VERSTAPPEN, H. T. *Aspectos básicos da fotointerpretação*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 136p.

ASSAD, E. D. et al. *Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica*. In: assad, e.d., sano, e.e. sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1993. Cap. 4, p. 89-107.

BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R. A. *Principles of geographical information systems. Spatial information systems and geostatistics*. Oxford University, Oxford, 1998.

BRIASSOULIS, Helen. *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches*. In: REGIONAL RESEARCH INSTITUTE OF WEST VIRGINIA UNIVERSITY. The Web Book of Regional Science. Morgantown: Scott Loveridge, 2000.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). *Introdução à ciência da geoinformação*. São José Dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

CASAGRANDE, Catia Andersen. *Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia do ribeirão dos marins, Piracicaba – SP*. 2001. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. *Clima dos Municípios Paulistas*. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_272.html>. Acesso em: 06 jul. 2009.

COUTINHO, L. M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 1: 17-23.

DAINESE, Renata Cilene. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não supervisionada e análise visual*. 2001. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2001.

FOLEY, Jonathan A. *Global Consequences of Land Use*. *Science*, Washington, v. 309, n. 5734, p. 570-573, July, 2005.

GAMARRA, Roberto Macedo. *Identificação de fitofisionomias e análise da fragmentação da vegetação na região do parque natural municipal salto do Sucuriú, utilizando imagem de alta resolução*. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, 2008.

GIANOTTI, E. 1988. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP.

GRANZINOLLI, Marco Antonio Monteiro. *Levantamento, área de vida, uso e seleção de habitat de falconiformes na região central do estado de São Paulo*. 2009. 235 f. Dissertação (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (São José Dos Campos-SP). *Divisão de Processamento de Imagens*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 24 ago. 2009.

KRONKA, F. J. N. et al.. *Mapeamento de estágios sucessionais da vegetação de reserva da Copaíba e reserva do Matão – Duratex S.A.*. São Paulo: Instituto Florestal, 2003. 2p.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BARRADAS, A. M. F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L. A.; BORGIO, S. C. *Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no estado de São Paulo*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: Inpe, 2005. p. 1569-1576.

LEYTON, Karen. *Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no estado de São Paulo*. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LIU, W. T. H. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2007. 908 p.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, J. J. *Princípio de fotogrametria e fotointerpretação*. São Paulo: Nobel, 1977. 257p.

McGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W., 1994. *Geographical information systems*. New York, Longman Scientific & Technical.

MENDONÇA, Érica Silva. *Mudanças no uso da terra e o florestamento: um estudo em três municípios do Rio Grande do Sul*. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). United States Geological Survey (USGS). *Shuttle radar topography mission data (SRTM)*. Sioux Falls: USGS, 2000. Disponível em: <<http://seamless.usgs.gov/website/seamless/viewer.php>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Rezende; GARCIA, Gilberto José. *Atualização do mapa de vegetação natural e do uso da terra na sub-bacia do baixo Piracicaba (SP) com o auxílio de imagens TM/LANDSAT-5*. Estudos Geográficos, Rio Claro, p.31-45, dez. 2004.

NEVES, Débora Andréia. *Evolução temporal de fragmentos de vegetação nativa no município de Agudos-SP, utilizando fotografias aéreas*. 2007. 153 f. Dissertação (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2007.

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1989. 308p.

OLIVEIRA, L. T. *Fragmentos de floresta atlântica semidecidual no município de Lavras: uma comparação ecológica entre a cobertura atual e a cobertura exigida pela legislação*. 2000. 103 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

PEREIRA, L. H.; PINTO, S. A. F., 2007. *Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio corumbataí – SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas*, In Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis – SC, Brasil, p. 1321-1328.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. *Curso de gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2004. 1045 p.

PISSARA, T. C. T. *Análise da bacia hidrográfica do córrego rico na sub-região de Jaboticabal-SP: comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e fotografias aéreas verticais*. 2002. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. *SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DA VEGETAÇÃO*. São Paulo: Parêntese, 2007. 127 p.

PRADO, H. 1997. *Os solos do estado de São Paulo: mapas pedológicos*. Editora Hélio do Prado, Piracicaba.

RODRIGUES, A. C M. *Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-LANDSAT e HRV-SPOT*. São José dos Campos: INPE, 94p. 2000.

ROSSETTI, Lucimari Aparecida Franco Garcia. *Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP)*. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Rio Claro, 2007.

SANTOS, Rozely Ferrerira Dos. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 183 p.

SÃO PAULO (ESTADO). *Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal. Imprensa Oficial, 2005. 200p.

SHIMABUKURO, Y. E.; HERNANDES FILHO, P.; KOFFLER, N. F.; CHEN, S. C. *Classificação automática de reflorestamentos de pinus spp. e eucalyptus spp. em Mogi Guaçu – SP, utilizando dados do satélite LANDSAT*. Revista IPEF, Piracicaba, n. 16, p.74-87, 1978.

SHIMABUKURO, Y. E., MELLO, E. M. K., MOREIRA, J. C., DUARTE, V. *Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia*. São José dos Campos: Inpe, 1997, 16p.

SILVA, Dimas Antônio da. *Levantamento do meio físico das estações ecológica e experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil*. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, n. 1, p.113-128, jun. 2005.

SISTEMA de Informações Florestais do estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sisflor.org.br/index.asp?ParPri=4>>. Acesso em: 7 out. 2008.

STEFFEN, C. A. et al. *Técnicas radiométricas com SPECTRON SE-590*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1., Salvador, 1996. Anais... São José dos Campos: INPE, 1996. p. 9-14.

TEIXEIRA, A. L. A., MORETI, E., CHRISTOFOLETTI. *Introdução aos sistemas de informação geográfica*. Edição do Autor, Rio Claro, SP, 1992.

TEIXEIRA NETO, Eliseu Alves. *Análise das alterações temporais dos fragmentos de vegetação no centro experimental do instituto agrônomo, Campinas, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento*. 2009. 42 f. Monografia (Graduação) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2009.

TONIAL, T. M. et al. *Caracterização preliminar de áreas de vegetação em microbacias da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul*. Revista de Pesquisa e Pós-Graduação, Erechim, p.107-130, 2000.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena. *Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP*. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VETTORAZZI, C. A. *Sensoriamento remoto orbital*. Piracicaba, 1992. 134p. Apostila. Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. (Série Didática).

ZANCHETTA, Denise; DINIZ, Fábio Vicentin. *Estudo da contaminação biológica por pinus spp. Em três diferentes áreas na estação ecológica de Itirapina (SP, Brasil)*. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, p.1-14, dez. 2006.