

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ZONAS DE
AMORTECIMENTO DE ÁREAS NATURAIS LEGALMENTE PROTEGIDAS. ESTUDO
DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE SÃO CARLOS E ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
ITIRAPINA.**

Elói Lennon Dalla Nora

**SÃO CARLOS – SP
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ZONAS DE
AMORTECIMENTO DE ÁREAS NATURAIS LEGALMENTE PROTEGIDAS. ESTUDO
DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE SÃO CARLOS E ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
ITIRAPINA.**

Elói Lennon Dalla Nora

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia e Recursos
Naturais do Centro de Ciências Biológicas
e da Saúde da Universidade Federal de São
Carlos como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ecologia
da Área de Concentração em Ecologia e
Recursos Naturais.**

**SÃO CARLOS – SP
2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

D144cd

Dalla Nora, Elói Lennon.

Caracterização e diagnóstico ambiental das zonas de amortecimento de áreas naturais legalmente protegidas. Estudo de caso : Estação Ecológica de São Carlos e Estação Ecológica de Itirapina / Elói Lennon Dalla Nora. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

85 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Ecologia. 2. Solo - uso. 3. Funções ambientais. 4. Zona de amortecimento. 5. Sistemas de informações geográficas. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

Elói Lennon Dalla Nora

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ZONAS DE
AMORTECIMENTO DE ÁREAS NATURAIS LEGALMENTE PROTEGIDAS.
Estudo de Caso: Estação Ecológica de Itirapina, Estação Experimental de
Itirapina e Estação Ecológica de São Carlos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2010

BANCA EXAMINADORA

Presidente



Prof. Dr. José Eduardo dos Santos
(Orientador)

1º Examinador



Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Mazza
EMBRAPA/Irati-PR

2º Examinador



Profa. Dra. Maria Cristina Medeiros Mazza
EMBRAPA/Irati-PR

“I do not know what I may appear to the world, but to myself I seem to have been only like a boy playing on the sea shore and diverting myself and then finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary while the greater ocean of truth lay all undiscovered before me”.

Isaac Newton (1642 - 1727)

*A meus pais,
José Mack e Evanir A. Mack
e a minha namorada, Denise Martini, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro e a Universidade Federal de São Carlos pela infra-estrutura e oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Professor Dr. José Eduardo dos Santos, pela confiança na possibilidade de realização deste trabalho, pela valiosa orientação, pelos ensinamentos e discussões, por sua compreensão e apoio em todas as etapas de realização do mesmo.

A todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, que no decorrer das disciplinas contribuíram para o desenvolvimento do espírito crítico, no âmbito da ecologia.

Aos Membros da Banca Examinadora Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Mazza e a Profa. Dra. Maria Cristina Medeiros Mazza, pela disponibilidade da participação, pelas contribuições, comentários, sugestões e correções.

Aos colegas de pós-graduação, aos colegas do Laboratório de Análises e Planejamento Ambiental, aos técnicos, funcionários e a todos que acompanharam e participaram das diversas etapas de elaboração deste trabalho.

Aos colegas, amigos e professores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e da Universidade Regional Integrada pela convivência, pelo conhecimento compartilhado e pelo auxílio durante as diferentes fases da realização deste trabalho.

Devo uma palavra especial a minha família, especialmente aos meus pais, José Mack e Evanir A. Mack pela minha educação e formação, além do exemplo de seriedade e dedicação. O meu muito obrigado a uma vida inteira incondicionalmente dedica a tornar possível a realização de momentos como este.

Ao meu irmão Josiel M. Mack e todos os grandes amigos presentes ou ausentes espalhados pelo país por todo o apoio, estímulo, sinceridade e confiança durante todos estes anos de convivência. Aos demais familiares, sogro, sogra, tios e tias, primos, avós, cunhados, afilhado, próximos e distantes ou que já não estão mais entre nós, o meu agradecimento por todos os momentos de descontração e fraternidade.

Um agradecimento especial a minha namorada, Denise Z. Martini, pela compreensão durante a minha ausência ou mesmo nos momentos que me fiz presente, mas não pude lhe

oferecer a devida atenção. O seu companheirismo e amor incondicional foram fundamentais e determinantes para conclusão de mais este projeto de vida!

A todos, enfim, os que colaboraram direta e indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho; meus sinceros agradecimentos na melhor acepção da palavra.

RESUMO

A análise das atividades desenvolvimentistas no entorno de áreas naturais legalmente protegidas contribui para a identificação de elementos que questionem a funcionalidade, as contradições e os limites do desenvolvimento sustentável das mesmas, e em última instância, a reflexão sobre a interação entre a sociedade e o ambiente. Neste contexto o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo caracterizar a estrutura física da paisagem, o potencial natural e a predisposição aos riscos ambientais associados às atividades humanas nas zonas de amortecimento das Estações Ecológicas de São Carlos e de Itirapina, Estado de São Paulo. Para a compreensão da dinâmica das atividades humanas nas zonas de amortecimento e para a identificação de áreas florestais remanescentes na paisagem que proporcionam bens e serviços à sociedade, na perspectiva de subsidiar seus planos de manejo e conservação, este estudo propôs a elaboração de uma base de dados digitais da estrutura da paisagem, em uma escala de observação que envolveu o mapeamento de vários critérios (geomorfologia, pedologia, hidrografia, malha viária e áreas urbanas). A condição temporal do uso da terra para caracterizar áreas antropogênicas e naturais das zonas de amortecimento foi elaborada para os anos de 1990, 2000 e 2009, com base no uso de Sistemas de Informações Geográficas e imagens TM/Landsat-5. A dinâmica do padrão de uso da terra no período de estudo refletiu o resultado das ações desenvolvimentistas no comprometimento da zona de amortecimento, em função das condições, quantitativa e qualitativa, dos remanescentes de áreas naturais florestadas.

Palavras-chave: Usos da terra, Funções ambientais, Zona de amortecimento, Sistemas de informações geográficas.

ABSTRACT

The analysis of the economic development activities in the buffer zone of legally protected natural areas contribute to the identification of elements that answer about the functionality, the contradictions and the limits of the landscape human activities, and ultimately, reflect about the interrelationship between society and environment. In this context this work was developed with the objective to characterize the physical structure of the landscape, the natural potential and the predisposition to the environmental risks associated to the human activities in the buffer zones of the Ecological Stations of São Carlos and of Itirapina, state of São Paulo. To understanding the dynamics of the human activities in the buffer zones of the Ecological Stations of São Carlos and of Itirapina and for targeting ecological areas that provide goods and services to the society, in the perspective of subsidizing yours management plans and conservation, this study proposed a landscape structure digital database at scales of observations that meet various mapping criteria (geomorphology, pedology, hydrography, road net, settlements). The monitoring land use for characterizing anthropogenic and natural surfaces of the buffer zone it was elaborated for the years of 1990, 2000 and 2009, based on the use of the Geographical Information Systems and image TM/Landsat-5. The dynamics of the land use pattern in the study period should reflect the result of the human activities in the buffer zone and of the compromising environmental functions carried out by legally protected natural areas.

Key-words: Land use, Environmental functions, Buffer zones, Geographical information systems.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 16 |
| 1.1 Objetivos..... | 17 |
| 1.1.1 Objetivos gerais..... | 17 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 19 |
| 2.1 A Biodiversidade como Conceito Integrador na Conservação da Natureza..... | 19 |
| 2.2 Unidades de Conservação como Estratégia para a Conservação da Biodiversidade..... | 20 |
| 2.3 As Zonas de Amortecimento..... | 22 |
| 2.4 A Caracterização e Diagnóstico Ambiental..... | 24 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 25 |
| 3.1 Área de Estudo..... | 25 |
| 3.2 Procedimentos Metodológicos..... | 26 |
| 3.2.1 Rede Hidrográfica..... | 26 |
| 3.2.2 Malha Viária..... | 27 |
| 3.2.3 Pedologia..... | 27 |
| 3.2.4 Altimetria..... | 28 |
| 3.2.5 Declividade..... | 30 |
| 3.2.6 Usos e Ocupação da Terra..... | 30 |
| 3.2.7 Áreas de Preservação Permanente (APPs)..... | 33 |
| 3.2.8 Usos e Ocupação da Terra nas APPs..... | 34 |
| 3.2.9 Risco Potencial à Erosão..... | 35 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 37 |
| 4.1 Caracterização Ambiental..... | 37 |
| 4.1.1 Hidrografia..... | 37 |
| 4.1.2 Malha Viária..... | 38 |
| 4.1.3 Altimetria..... | 40 |
| 4.1.4 Declividade..... | 42 |
| 4.1.5 Usos e Ocupação da Terra..... | 46 |
| 4.1.5.1 Áreas antrópicas não agrícolas..... | 49 |
| 4.1.5.2 Áreas antrópicas agrícolas..... | 50 |
| 4.1.5.3 Áreas de vegetação natural..... | 54 |
| 4.1.5.4 Água..... | 58 |
| | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.6 Áreas de Preservação Permanente (APPs)..... | 59 |
| 4.1.7 Usos e Ocupação da Terra nas APPs..... | 60 |
| 4.1.8 Pedologia..... | 63 |
| 4.1.9 Áreas de Riscos a Erosão..... | 66 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 71 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| APÊNDICE I..... | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Carta de localização da área de estudo..... | 26 |
| Figura 2 | Fluxo de tratamento dos dados SRTM para a elaboração do MDE..... | 29 |
| Figura 3 | Rede hidrográfica das zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 38 |
| Figura 4 | Malha viária inserida nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 39 |
| Figura 5 | Distribuição espacial dos intervalos altimétricos nas EESCar e EEI..... | 40 |
| Figura 6 | Variação altimétrica em relevo sombreado, linhas de drenagem e perfil altimétrico na unidade de conservação EEI..... | 42 |
| Figura 7 | Distribuição espacial das classes de declividade nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar..... | 43 |
| Figura 8 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 1990 nas zonas de amortecimentos das EEI e EESCar..... | 46 |
| Figura 9 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 2000 nas zonas de amortecimentos das EEI e EESCar..... | 47 |
| Figura 10 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 2009 nas zonas de amortecimentos das EEI e EESCar..... | 47 |
| Figura 11 | Distribuição das subclasses relacionadas às áreas antrópicas não agrícolas..... | 49 |
| Figura 12 | Distribuição das subclasses relacionadas às áreas antrópicas agrícolas..... | 51 |
| Figura 13 | Distribuição das subclasses relacionadas às áreas de vegetação natural..... | 54 |
| Figura 14 | Análise do comportamento espectral de um fragmento de floresta mesófila em cada cena utilizada (a), distribuição dos valores de NDVI para cada formação vegetal identificada nos períodos trabalhados (b), imagem fração vegetação 08/08/1990 (c), imagem fração vegetação 16/06/2000 (d), imagem fração vegetação 01/02/2009 (e), médias mensais de temperatura (f) e precipitação (g) para a área de estudo..... | 56 |
| Figura 15 | Distribuição espacial das APPs situadas nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar..... | 59 |
| Figura 16 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 1990 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 61 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 17 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 2000 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 61 |
| Figura 18 | Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 2009 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 62 |
| Figura 19 | Distribuição espacial da tipologia de solos presentes nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 63 |
| Figura 20 | Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 1990..... | 64 |
| Figura 21 | Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 2000..... | 64 |
| Figura 22 | Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 2009..... | 67 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabela 1 | Distribuição das classes altimétricas e percentagens relativas nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 41 |
| Tabela 2 | Distribuição das classes de declividade, de acordo com a classificação, graus de limitação e considerações para cada uma das classes..... | 44 |
| Tabela 3 | Distribuição das classes de declividade, percentagens relativas e classificação do relevo nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 45 |
| Tabela 4 | Classes de usos e ocupação da terra, áreas ocupadas e percentagem relativas para os períodos de 1990, 2000 e 2009 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 48 |
| Tabela 5 | Distribuição da condição de usos e ocupação da terra nas APPs nas zonas de amortecimento das EECar e EEI..... | 60 |
| Tabela 6 | Distribuição das classes, área em hectares e percentagens relativas da tipologia de solos presentes nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI..... | 65 |
| Tabela 7 | Distribuição das classes, áreas ocupadas e percentagens relativas das áreas de riscos a erosão nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI para os anos de 1990, 2000 e 2009..... | 70 |

1. INTRODUÇÃO

Um fato mundialmente aceito é que a proteção das espécies de fauna e flora nativas de um país ou região só poderá ser feita, de forma efetiva, com a preservação de parcelas significativas de seus ambientes naturais (GROOMBRIDGE, 1992; HEYWOOD e WATSON, 1995). Em razão disso, no Brasil, a exemplo de muitos outros países, são criadas diversas unidades de conservação, visando além da proteção dos recursos bióticos, a conservação dos recursos físicos e culturais destes mesmos espaços naturais

Desde o início da criação de áreas protegidas no Brasil, seu objetivo maior tem sido o de manter os recursos naturais em seu estado original, para usufruto das gerações atuais e futuras. Dentre os principais argumentos pela necessidade da conservação da biodiversidade se destaca suas contribuições econômicas diretas, a manutenção da qualidade da atmosfera, o equilíbrio climático, regulação do ciclo hidrológico, assimilação de resíduos, reciclagem de nutrientes, gênese de solos, polinização de plantas e muitos outros processos que suportam a vida (DE GROOT, 1992).

Entretanto, a simples implantação das unidades de conservação tem revelado ser insuficiente frente aos objetivos de conservação dos recursos naturais. As interferências ocasionadas pelas áreas adjacentes apontaram para a necessidade de estabelecer restrições ao uso das áreas de transição, minimizando os impactos que se projetam sobre as unidades de conservação.

A partir da constatação desta necessidade, as “zonas de amortecimento” definidas pelo poder público (CONAMA, 1990), foram criadas com o propósito de reduzir impactos sobre as áreas protegidas, decorrentes da ação humana no entorno das mesmas. Os limites da zona de amortecimento e as normas a ela aplicadas seriam definidos no ato de criação da unidade ou posteriormente, por ocasião de seu plano de manejo.

Esta proposta apóia-se na Resolução CONAMA nº 13/90 que determina uma faixa de 10 km em torno das unidades de conservação, na qual qualquer atividade que possa afetar a biota deverá ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente. Entretanto, esta resolução não atende totalmente às necessidades das áreas protegidas, pois não contempla as peculiaridades de cada unidade. Em razão destes e de outros problemas relacionados com as áreas adjacentes às unidades de conservação, têm-se buscado soluções de caráter educativo, legal ou

científico, que permitam viabilizar medidas efetivas para identificar e suprimir o uso inadequado desses espaços limítrofes, colocando em risco as áreas protegidas (MARETTI, 2001).

Com base nestas necessidades, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o grau de comprometimento da área de entorno de duas unidades de conservação (Estação Ecológica de São Carlos e Estação Ecológica de Itirapina), subsidiando o desenvolvimento e a implementação dos planos de manejo das unidades de conservação em termos de garantir a continuidade das funções ambientais proporcionadas pelas áreas naturais. Esta proposta foi desenvolvida a partir da elaboração de um banco de dados digital das características estruturais da paisagem e a análise temporal do padrão espacial de distribuição dos usos e cobertura da terra nas zonas de amortecimento das unidades de conservação.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Este estudo foi desenvolvido na perspectiva avaliar o grau de comprometimento da área de entorno de duas unidades de conservação, em um raio de 10 km a partir dos seus limites legais, subsidiando o desenvolvimento de estratégias e planos de manejo das unidades de conservação em termos de garantir a continuidade das funções ambientais proporcionadas pelas áreas naturais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a relação existente entre os aspectos pedológicos, geomorfológicos, hidrográficos altimétricos e urbanísticos no processo dinâmico das unidades de conservação;
- Analisar quantitativamente e qualitativamente a distribuição espaço/temporal dos usos e ocupação da terra em relação aos anos de 1990, 2000 e 2009 e avaliar os principais fatores que mantém o atual padrão de distribuição;

- Elaborar um diagnóstico detalhado da área proposta como “zona de amortecimento”, de forma que os seus limites efetivos tenham coerência com o que preceitua a legislação, quanto ao controle e monitoramento das ações potencialmente impactantes aos recursos naturais do interior das áreas legalmente protegidas;

- Construir um banco de dados digital da estrutura física da unidade da paisagem em estudo, sob a forma de planos de informação em escala compatível com as necessidades dos planos de manejo;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Biodiversidade como Conceito Integrador na Conservação da Natureza

A diversidade biológica, ou biodiversidade, é o termo usado para designar a miríade de formas de vida encontradas na Terra. Elas são o legado de bilhões de anos de evolução, durante os quais têm sido reestruturadas pelos processos naturais e, cada vez mais, pelas atividades humanas. Esta combinação de formas de vida e suas interações umas com as outras e com o ambiente físico representa a condição que torna a Terra habitável e capaz de fornecer os recursos necessários ao desenvolvimento da espécie humana (DINERSTEIN *et al.*, 1995; GROOMBRIDGE, 1992; HEYWOOD e WATSON, 1995; JOHNSON, 1995).

Os serviços fornecidos por ecossistemas saudáveis e biodiversos são o fundamento do bem-estar humano e atualmente esta tem sido a diretriz sugerida como modelo a ser adotado como estratégia de conservação da natureza e do desenvolvimento sustentável. No entanto, dos 24 serviços ambientais recentemente avaliados pela Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (2005), 15 estão em declínio. Estes incluem o provimento de água doce, a produção da pesca marinha, o número e a qualidade de locais de valor espiritual e religioso, a habilidade da atmosfera de se auto-purificar eliminando poluentes, a regulação de desastres naturais, a polinização, e a capacidade dos ecossistemas agrícolas de controlar pragas (GREGORY *et al.*, 2005; BUTCHART *et al.*, 2005; PAULY *et al.*, 2007; WATSON *et al.*, 2004; NILSSON *et al.*, 2005; GALLOWAY *et al.*, 2004).

Por causar rupturas nas funções dos ecossistemas, a perda de biodiversidade torna os ecossistemas mais vulneráveis a choques e perturbações, menos elásticos, e menos capazes de fornecer aos seres humanos os serviços necessários. Segundo a MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005), a análise das tendências atuais e da exploração de cenários de futuros plausíveis, estima-se que a perda de biodiversidade, e em particular a perda de diversidade de espécies e a transformação de habitats, vai provavelmente continuar no futuro previsível. Isto se deve em grande parte à inércia dos sistemas ecológicos e humanos e à previsão de que a maioria dos fatores causadores da perda de biodiversidade (transformações de habitats, mudanças climáticas, a introdução de espécies exóticas invasoras, sobre-exploração e excesso de nutrientes) permanecerão constantes ou se intensificarão no futuro próximo (McNEELY *et al.*, 1990;

MARGULIS *et al.*, 1996; MITTERMEIER *et al.*, 1997; SANCHEZ *et al.*, 1994; SEALEY *et al.*, 2002).

Estes indicadores demonstram que a diversidade biológica atualmente apresenta-se em declínio em todos os níveis e escalas geográficas. Entretanto, opções objetivas capazes de reverter essa situação, seja mediante a criação de áreas protegidas ou programas de gestão de recursos ou de prevenção da poluição, são alternativas que podem efetivamente contribuir para amenizar esta tendência para alguns biomas ou habitats específicos (JUCOVSKY, 1997; LEROY *et al.*, 2004).

Neste sentido, aponta-se para a necessidade de reunir atenção política suficiente capaz de interromper a degradação dos ecossistemas. Esta iniciativa depende da clareza com que se consiga demonstrar aos tomadores de decisão e para a sociedade em geral toda a amplitude da contribuição dos ecossistemas para os esforços em prol da diminuição da pobreza e para o crescimento econômico nacional de forma geral. Além de sua utilidade imediata para a humanidade, tem sido argumentado de que toda forma de vida tem o direito intrínseco de existir, e merece ser protegida. Precisando ser reconhecido também o direito das gerações futuras de herdar um planeta florescente de vida, e que continue a oferecer oportunidades para se colher os benefícios econômicos, culturais e espirituais dos sistemas naturais (SEIDE, 1994; WAPIXANA *et al.*, 1999; WEISS, 1999; RIZZINI *et al.*, 1998).

2.2 Unidades de Conservação como Estratégia para a Conservação da Biodiversidade

O Brasil possui uma das diversidades biológicas mais notáveis do planeta, entretanto, em um processo contínuo de supressão e intervenção antrópica. Um indicativo desta condição é a acelerada perda de áreas de vegetação nativa e a lista de 633 espécies com populações extremamente reduzidas registradas na última revisão da fauna brasileira ameaçada de extinção (BERNARDES *et al.*, 1990; BROWN *et al.*, 1987; DALY *et al.*, 1988).

Uma das formas mais reconhecidas e utilizadas para garantir a proteção dessas espécies e de ecossistemas são as chamadas unidades de conservação, parques nacionais, reservas biológicas e extrativistas, entre outras. Trata-se de espaços territoriais com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivo de conservar a biodiversidade

e outros atributos naturais nelas contidas, com o mínimo de impacto humano (ALENCAR, 1997; BENJAMIN, 2001; CÂMARA, 2000).

A Declaração de Bali, elaborada durante o III Congresso Mundial de Parques, realizado em 1982, enfatizou a importância das unidades de conservação como elementos indispensáveis para a conservação da biodiversidade. Afirma que criação destas áreas poderia assegurar, se adequadamente distribuídas geograficamente e em extensão, a manutenção de amostras representativas de ambientes naturais, da diversidade de espécies e de sua variabilidade genética. Nesta condição também poderia promover oportunidades para pesquisa científica, educação ambiental, turismo e outras formas menos impactantes de geração de renda, juntamente com a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais à qualidade de vida (CAMPANHOLA *et al.*, 1998; CANHOS, 1996; BENJAMIN, 2001).

Essa premissa foi reforçada pela Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica, adotada pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD (Rio-92). No âmbito da convenção, assinada por 175 países, um sistema adequado de unidades de conservação é considerado o pilar central para o desenvolvimento de estratégias nacionais de proteção e conservação da diversidade biológica (CORDANI, 1997).

O estabelecimento de parques e reservas no Brasil pode ser considerado um fenômeno ainda recente, sendo que a maioria foi criada nos últimos 30 anos. O país possui um sistema de unidades de conservação relativamente extenso, com mais de 1.600 unidades e reservas particulares, federais e estaduais, totalizando aproximadamente 115 milhões de hectares. Considerando somente as unidades de conservação de proteção integral, as de maior relevância para a preservação da biodiversidade, menos de 3% da superfície do território brasileiro encontra-se dedicado oficialmente a esse objetivo (COSTANZA, 1997; CYSNE, 1999; DINERSTEIN, 1995).

Essa pequena fração territorial não está distribuída segundo critérios de representatividade ao longo dos diferentes ecossistemas, fato que pode reduzir a efetividade do sistema de proteção da biodiversidade brasileira. A baixa representatividade pode ser parcialmente atribuída ao histórico de uso e ocupação territorial e, por consequência, às pressões antrópicas internas e externas diferenciadas ao longo da rede de unidades de conservação em cada bioma (COSTANZA, 1997)

A fragilidade do sistema de unidades de conservação do país não se resume aos aspectos de natureza técnico-científica ligados a sua extensão e distribuição, mas estão também associados à falta de capacidade dos órgãos governamentais de oferecer os instrumentos adequados a seu manejo e proteção. Dentre os principais problemas encontram-se a indefinição fundiária de várias unidades, caça e queimadas predatórias, invasões e presença de populações humanas em unidades de proteção integral (parques, reservas biológicas e estações ecológicas), falta de pessoal técnico e de recursos financeiros, além da instabilidade política das agências de meio ambiente (HERMANS, 1999).

O atual sistema de unidades de conservação representa um alicerce ainda frágil para suportar as pressões sobre a biodiversidade e necessita de investimentos significativos. Por outro lado, a rede de unidades cumpre importante papel nas estratégias de conservação. Serve como foco para projetos de educação, informação ambiental e para laboratórios de pesquisa científica, cabendo aos governos e à sociedade assegurarem a viabilidade desse pilar de sustentação da diversidade biológica do Brasil (HERMANS, 1999; LAFER, 2000).

2.3 As Zonas de Amortecimento

A maioria das reservas e parques brasileiros contribui para a preservação de uma parcela significativa da diversidade biológica e exerce um papel vital para o futuro dos recursos naturais do país. Entretanto, o conhecimento científico acumulado revelou que as atividades desenvolvidas no entorno das áreas protegidas podem colocar em risco as unidades de conservação, sendo necessárias medidas adicionais visando a sua efetiva preservação (MARETTI, 2001).

Com base nesta constatação, as zonas de amortecimento, instituídas pelo poder público foram criadas com o objetivo de suprir esta necessidade. As zonas de amortecimento localizadas no entorno das unidades de conservação foram estabelecidas com a finalidade de filtrar os impactos negativos de atividades externas, tais como ruídos, poluição, espécies invasoras e o avanço da ocupação humana, no caso de unidades de conservação localizadas em áreas fortemente ocupadas (MILLER, 1997).

De acordo com o Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e a resolução CONAMA nº 13, de 06 de dezembro de 1990, esta área compreende um raio de 10 km, a partir dos limites da

área protegida. O artigo 2º do referido decreto estabelece que nas áreas circundantes as unidades de conservação, qualquer atividade que possa afetar a biota deverá ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente. Por sua vez, o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) destaca que, uma vez definida a zona de amortecimento, esta não pode ser transformada em zona urbana. Trata-se de situações totalmente incompatíveis com a realidade em que encontram-se o entorno imediato das áreas naturais legalmente protegidas (MARETTI, 2001).

Em qualquer região, a definição de uma área de proteção a uma unidade de conservação pressupõe que algumas avaliações sejam feitas na área a ser proposta, baseada em determinados parâmetros, principalmente de natureza sócio-ambiental. Na realidade, não existem normas prévias que estabeleçam que avaliações devem ser feitas e que critérios (e/ou parâmetros) devem ser considerados. Entretanto, parte-se do princípio que a investigação, nas áreas urbanas, deve ser feita com maior acuidade, diante da multiplicidade de uso e da complexidade da gestão dessas áreas, principalmente por parte do poder público (OLIVA, 2004). As avaliações básicas que devem nortear a definição de uma zona de amortecimento sugerem que:

a) A contigüidade com os limites da área a ser protegida. Esta é uma exigência legal, imposta pela resolução nº 13 do CONAMA, que deve ser respeitada, na medida em que o objetivo da zona de amortecimento é proteger o interior da unidade de conservação dos impactos externos a mesma;

b) A natureza do uso e ocupação do solo na área proposta deve ser avaliada e os usos que estão ocorrendo, procurando manter na zona de proteção áreas florestadas, terras agrícolas e demais atividades que pouco impacto possam acarretar, direta ou indiretamente, no interior da área protegida;

c) A densidade da ocupação populacional deve ser um dos principais parâmetros a ser analisado, visto que áreas densamente povoadas devem ser mantidas fora da zona de amortecimento, já que implicam em ações impactantes, que podem ser levadas para o interior da unidade de conservação.

O importante em todo processo é que seja feito um diagnóstico detalhado da área a ser proposta como zona de amortecimento, de forma com que os seus limites definitivos tenham coerência com que preceitua a legislação, quanto ao controle e monitoramento das ações

potencialmente impactantes aos recursos naturais do interior da unidade de conservação (OLIVA, 2004).

2.4 A Caracterização e Diagnóstico Ambiental

A caracterização ambiental de uma unidade da paisagem, associada ao diagnóstico ambiental dos efeitos ocasionados por atividades humanas em relação à biodiversidade, corresponde a uma das primeiras etapas para a elaboração de diretrizes de um modelo de conservação no contexto local e/ou regional. Apesar de longa e exaustiva, a caracterização ambiental proporciona aos administradores e aos usuários da unidade da paisagem, a compreensão da dinâmica dos componentes sistêmicos estruturais e funcionais, em função dos tipos de usos e ocupação da terra no âmbito da mesma e de seu entorno imediato (PIRES & SANTOS, 1996).

A metodologia de análise ambiental que subsidia o planejamento ambiental deve permitir o conhecimento e o mapeamento da estrutura biofísica da paisagem (materiais e recursos, geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação, fauna, minerais, possibilidades energéticas, etc). Além disso, deve possibilitar o conhecimento dos processos que operam em uma região como o clima, erosão/sedimentação, ciclos biogeoquímicos, regimes hidrológicos, as funções dos diversos compartimentos ambientais e dos riscos a que estão submetidos, devido aos usos dos recursos naturais. A partir desta abordagem poderá auxiliar na tomada de decisões a respeito das melhores formas de uso da área sob planejamento na perspectiva da sustentabilidade ambiental (PIRES & SANTOS, 1996).

Pesquisas envolvendo atividades de planejamento e gerenciamento ambiental apresentam como necessidade básica a espacialização de um conjunto de dados que precisam ser comparados, sobrepostos e avaliados de maneira integral. Desta forma, o uso de sistemas computacionais capazes de governar bancos de dados georreferenciados tornam-se imprescindível, sendo os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) cada vez mais tecnologicamente avançados para permitir a formulação de diagnósticos, prognósticos, avaliação de alternativa de ação e manejo ambiental (SANTOS *et al.*, 1997), representando uma ferramenta essencial nos estudos de planejamento ambiental e gerenciamento dos recursos naturais em zonas de amortecimento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação da dinâmica da paisagem nas zonas de amortecimento das Estações Ecológicas de São Carlos e Itirapina foi proposta e desenvolvida com base na avaliação de planos de informações (PIs) a respeito das características físicas e da intervenção desenvolvimentista ocorrida nas zonas de amortecimento. O processo de caracterização ambiental foi desenvolvido em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) o que possibilitou a elaboração de um banco de dados digital geometricamente corrigido a respeito das características topográficas (altimetria e declividade), hidrográficas (rios, lagos e represas), espaço/temporais (uso e ocupação da terra e usos da terra em APPs), riscos ambientais (susceptibilidade a erosão) e de conservação (áreas de preservação permanente), além de considerações pedológicas (tipologia de solos) e urbanísticas (malha viária e áreas construídas).

A elaboração de cada plano de informação supracitado foi desenvolvido com base em um conjunto de dados primários em formatos analógicos e digitais (cartas planialtimétricas e dados oriundos de sensores orbitais) que foram processados, analisados, corrigidos e editados em um fluxo de processamento descritos paulatinamente nas seções subseqüentes.

3.1 Área de Estudo

A Estação Ecológica de São Carlos – EESCar (**Figura 1**), está localizada na região centro-leste do estado de São Paulo, no município de Brotas, entre as coordenadas geográficas 22°05' e 22°07' de latitude sul e 48°00' e 48°05' longitude oeste. É uma das poucas unidades de conservação que tem sua situação fundiária regularizada e sem moradores em suas delimitações. Criada pelo decreto nº 26.890 de 12/03/1987, com base no decreto de desapropriação nº 38.957 de 25/08/1961, ocupa uma área de 75,26 hectares e esta sob administração do Instituto Florestal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo.

A Estação Ecológica de Itirapina – EEI (**Figura 1**), também administrada pelo Instituto Florestal localiza-se nos municípios de Itirapina e Brotas entre as coordenadas 22°11' e 22°15' de latitude sul e 47°51' e 47°56' de longitude oeste. Contempla uma área de 2.300 hectares de vegetação natural, incluindo as fisionomias de cerrado, campo limpo, campo sujo, áreas brejosas

e matas de galeria. Apresenta relevo de colinas amplas, com altitudes entre 700 e 827 metros, e inverno seco, característico de estância climática.

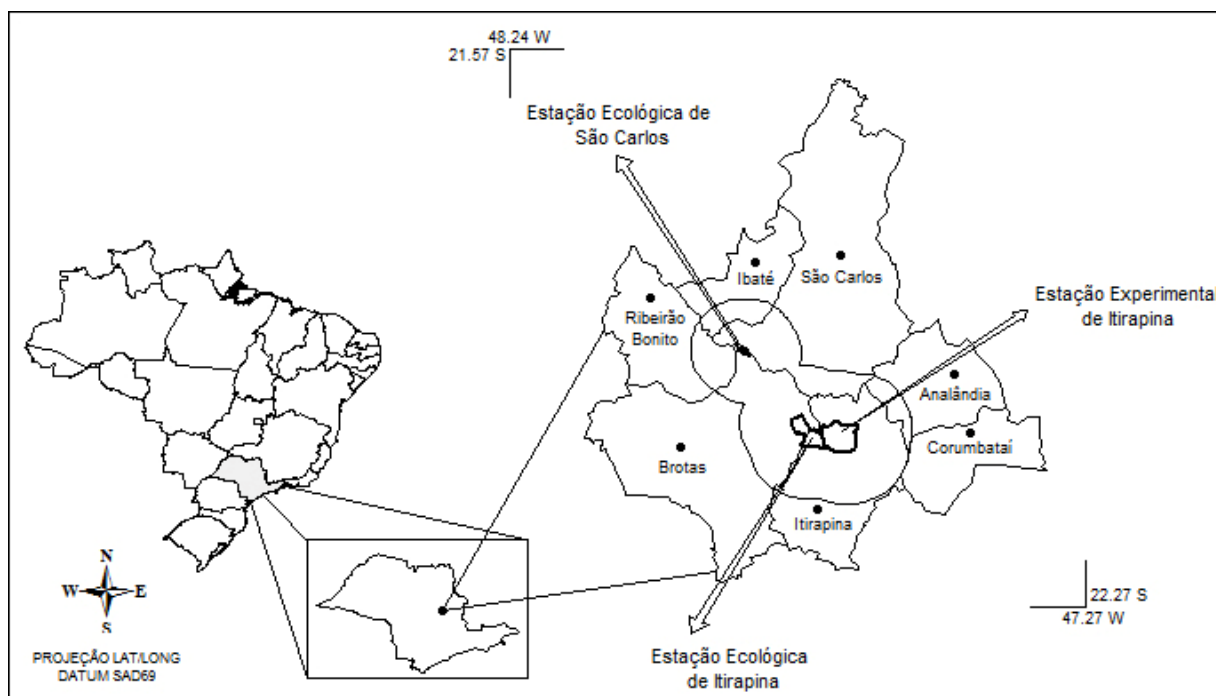


Figura 1: Carta de localização da área de estudo

A área de estudo envolve uma extensão territorial de aproximadamente 103.482 hectares, equivalentes as unidades de conservação e suas respectivas zonas de amortecimento em um raio de 10 km a partir dos seus limites legais. Abrangem em partes, os municípios de Itirapina, Brotas, Ribeirão Bonito, Ibaté, São Carlos, Analândia e Corumbataí (**Figura 1**).

3.2 Procedimentos Metodológicos

3.2.1 Rede Hidrográfica

A elaboração da carta referente à rede hidrográfica nas zonas de amortecimento das unidades de conservação foi obtida mediante a vetorização dos cursos hídricos. As cartas topográficas elaboradas pela Superintendência Cartográfica do IBGE (1974), escala de 1:50.000

que utilizam o sistema de referencia UTM (Universal Transverso de Mercator) com datum horizontal Córrego Alegre foram a base para o processo de digitalização.

Previamente a vetorização dos cursos hídricos as cartas topográficas foram convertidas do formato analógico para o formato digital e georreferenciadas. Tratamentos de pós-processamento como edições e correções foram utilizados para gerar o relatório Carta de Hidrografia.

A densidade de drenagem total ($DDt = \Sigma h/A$), que expressa o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, foi estimada pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (intermitentes e perenes) das zonas de amortecimento e sua respectiva área de drenagem (A). A densidade de drenagem foi considerada pobre, quando inferior que 7,5 m/ha; mediana, quando estava entre 7,5 a 15 m/ha; e rica, quando superior a 15 m/ha (DNAEE-EESC, 1980).

3.2.2 Malha Viária

A carta referente à malha viária presente na área de estudo foi obtida através do processo de digitalização das cartas topográficas. Neste processo foram consideradas estradas municipais, estaduais, federais e estradas de ferro. Atualizações da rede viária foram realizadas com auxílio de um aparelho receptor GPS, através da obtenção de pontos de localização nos trajetos percorridos que não constam nas cartas topográficas e com base na identificação de arruamentos nas imagens do sensor TM/Landsat-5. Tratamentos de pós-processamento como edições e correções foram utilizados para gerar o relatório Malha Viária.

A densidade arruamentos ($DDt = \Sigma mv/A$), que expressa o grau de desenvolvimento de um sistema viário, foi estimada pela relação entre o comprimento total de arruamentos presentes nas zonas de amortecimento e a área geográfica total compreendida pela área de estudo (A).

3.2.3 Pedologia

A carta pedológica trata-se de uma adaptação construída a partir do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). As quadriculas “Descalvado”, “Brotas” e “São Carlos” disponibilizadas pelo IAC em formato digital em escala 1:100.000 foram editadas e compatibilizadas com os limites das Estações Ecológicas de São Carlos e Itirapina.

O levantamento pedológico levou em consideração a distribuição espacial das seguintes classes de tipologia de solos: Latossolo vermelho amarelo, Areias quartzosas profundas, Podzólico vermelho amarelo, Latossolo roxo, Terra roxa estruturada, Latossolo vermelho escuro, Hidromórficos e Litólicos.

3.2.4 Altimetria

A elaboração da carta altimétrica referente às zonas de amortecimento das unidades de conservação foi gerada com base nos dados obtidos na missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) e na metodologia de processamento de dados desenvolvida por VALERIANO (2004) mediante a iniciativa TOPODATA. O projeto SRTM advém da cooperação entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), do DOD (Departamento de Defesa) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália. O sobrevôo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, abordo do ônibus espacial *Endeavour*. Durante este período foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas. Maiores detalhes sobre a missão SRTM podem ser obtidos diretamente do sítio do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) da NASA.

Os dados SRTM, na forma em que foram disponibilizados para o continente americano, apresentam resolução horizontal (resolução espacial) de 3 arco-segundos (~90m) e resolução vertical de 1m. Assim como todos os dados topográficos obtidos por sensores orbitais, os dados SRTM são sensíveis a objetos não topográficos sobre a superfície do terreno. A necessidade de pré-tratamentos para que sua utilização fosse viabilizada em escalas de trabalho maiores tornou-se necessária e também para que pudessem ser utilizadas na obtenção de variáveis geomorfológicas.

O tratamento dos dados consistiu na modificação do MDE (Modelo Digital de Elevação) SRTM original para um novo MDE, com características desejáveis. Entre as modificações realizadas, listam-se: a resolução melhorada, de 1'' (~30m); a remoção das falhas; redução de artefatos; e distribuição da aleatoriedade. Os dados foram tratados desde a imagem TIFF original até o MDE final segundo o fluxo de processamento abaixo (**Figura 2**).

Os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) utilizados no tratamento dos dados foram ENVI (RESEARCH SYSTEMS Inc., 2002): correção de falhas, seleção de área amostral e

exportação de dados ASCII; MINITAB (MINITAB Inc., 2000): análise de tendência e obtenção de resíduos; VarioWin (PANNATIER, 1996): geoestatística; e Surfer (GOLDEN SOFTWARE, 1995): interpolação. Após a geração do novo MDE, utilizou-se ainda o software Idrisi (EASTMAN, 1995) para operações de geoprocessamento, aplicação de testes, algoritmos de análise do relevo e extração de resultados específicos.

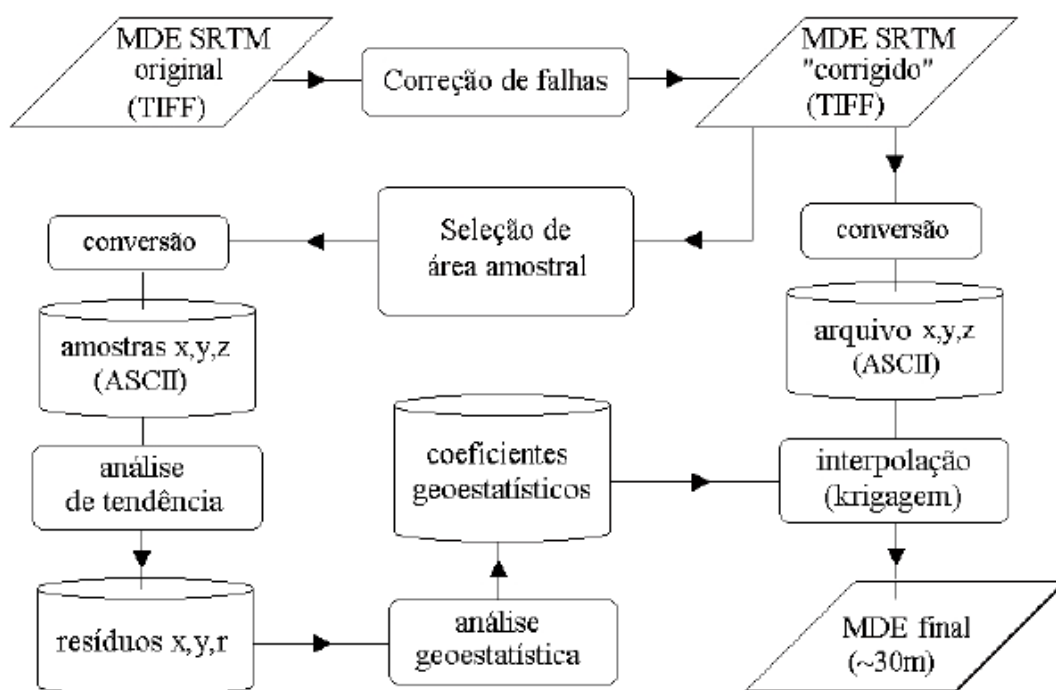


Figura 2: Fluxo de tratamento dos dados SRTM para a elaboração do MDE. Adaptado de Valeriano (2004).

O interpolador utilizado no processo de refinamento da resolução espacial do MDE SRTM foi a krigagem, um interpolador em que a variabilidade espacial dos dados condiciona a função que relaciona os pesos das amostras às suas distâncias. A interpolação por krigagem foi aplicada sobre os arquivos de cotas totais, fornecendo-se os dados de semivariograma: tipo de modelo, efeito pepita, alcance e escala do modelo teórico de variabilidade espacial. O termo escala aqui se refere à altura (em semivariância) da estrutura de variabilidade, ou seja, o patamar menos a pepita. Além desses dados, tornou-se necessário fornecer dados geométricos da imagem a ser formada.

3.2.5 Declividade

Devido à sua estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a declividade do terreno é uma variável básica para a segmentação de áreas em praticamente todos os procedimentos de planejamento territorial. Todos os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com a variável declividade (MARQUES, 1971; LEPSCH, 1991; RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). Além dessas aplicações, também figura entre as variáveis de evidente aplicação na interpretação geomorfológica.

A declividade é definida como o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Seus valores podem variar de 0° a 90° , embora seja mais comumente expressa em porcentagem, de zero a infinito. Em MDE, sua estimativa se baseia na análise dos desníveis entre pixels vizinhos. Devido sua natureza diferencial, seu cálculo deve ser sempre considerado uma estimativa, uma vez que tal cálculo depende do intervalo de derivação (VALERIANO, 2008).

Em outras palavras, o cálculo de declividade foi obtido mediante o resultado de um diferencial altimétrico (MDE) entre vizinhos e, portanto, dependente da distância considerada. Neste sentido, o cálculo da declividade dentro de limites razoáveis, é favorecido por alta resolução espacial, um dos motivos para se fazer o refinamento dos dados SRTM. Em um segundo momento, esta variável geomorfométrica foi reclassificada para a geração de cartas não-numéricas, tais como as classes de declividade consagradas pela pesquisa agrônômica (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Da mesma forma que os dados numéricos, uma suavização do mapa de classes de declividade mostrou-se desejável. No caso das classes, a suavização foi operada mediante a aplicação de filtros de moda, que promovem a coesão das manchas mapeadas em função da classe localmente majoritária.

3.2.6 Usos e Ocupação da Terra

A análise temporal da distribuição espacial dos usos e ocupação da terra presentes nas zonas de amortecimento das Estações Ecológicas de São Carlos e Itirapina foi realizada a partir

de dados orbitais provenientes do sensor TM/Landsat-5. A dinâmica temporal foi estabelecida com base nos períodos de 1990, 2000 e 2009 em ambiente SIG. Mediante interpretação visual e classificação matricial, todas as classes de usos e ocupação da terra foram vetorizadas, corrigidas e editadas em cartas temáticas referentes a cada período analisado.

O processo de discriminação e nomenclatura das classes seguiu a metodologia proposta pelo manual técnico de usos da terra (IBGE, 2006). A hierarquia de classes pré-estabelecida segmenta-se em três etapas: Primária (4 principais classes de cobertura terrestre), Secundária (subclasses com maior nível de detalhamento) e Terciária (usos da terra propriamente ditos).

A interpretação visual das classes de usos e ocupação da terra foi baseada nos elementos tonalidade/cor, textura, forma e tamanho dos alvos, além de considerações geomorfológicas locais. As imagens foram selecionadas com base em observações do calendário agrícola local, efeitos de sombreamento, de iluminação e visada do sensor. Previamente a classificação dos diferentes cenários, foram realizadas campanhas de campo com o apoio de um GPS de navegação para pré-identificação dos principais usos da terra existentes. Ao término da classificação, novas campanhas de campo foram realizadas para avaliar a acurácia da classificação mediante matriz de confusão e índice Kappa (MORREIRA, 2001; COHEN, 1960). Segundo as definições do índice Kappa, valores inferiores a 0,40 representam baixa concordância; entre 0,40 e 0,75 concordância razoável e acima de 0,75, excelente concordância.

Sobre as imagens TM/Landsat-5 bandas 3,4 e 5 em composição colorida RGB falsa-cor, aplicou-se procedimentos de pré-processamento, como realce de imagem, correção geométrica e equalização. Em um segundo momento, utilizando todos os canais do sensor TM (exceto infravermelho termal), foram aplicados procedimentos para correção radiométrica das imagens. Os dados de radiância foram convertidos para valores de reflectância de superfície, portanto corrigidos dos efeitos de espalhamento e absorção atmosférica, com o auxílio do aplicativo *Flash-Correcting Multispectral Data*, que tem como base o modelo de transferência radiativa *MODTRAN*. O modelo atmosférico utilizado foi tropical/continental com 50 km de visibilidade.

A característica multiespectral do sensor TM proporcionou gerar novas imagens através de transformações radiométricas. Essas novas imagens geradas representaram uma alternativa para a obtenção de informações a respeito da dinâmica espectral dos alvos. Estes procedimentos realçam informações que não são visíveis nas imagens originais ou composições coloridas e neste trabalho foram utilizadas como uma base de dados acessória durante o processo de classificação

das imagens. Para o estudo da vegetação, o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), ROUSE *et al.* (1973) e o Modelo Linear de Mistura Espectral (SHIMABUKURO & SMITH, 1991) foram as transformações utilizadas.

Este procedimento foi necessário devido à dificuldade encontrada em compatibilizar imagens orbitais do sensor TM/Landsat-5 de mesmos períodos anuais ao longo da avaliação multitemporal proposta. Esta dificuldade está relacionada à resolução temporal do sensor TM que apresenta um período de revisita de 16 dias. Ocasionalmente, a presença de nuvens pode reduzir drasticamente a disponibilidade de imagens em determinadas regiões ao longo do ano e a capacidade de avaliar períodos anuais específicos. Esta limitação, por sua vez, afeta o processo de discriminação visual de fitofisionomias devido ao comportamento espectral diferencial de cada formação vegetal ao longo do ano em função das variações sazonais de temperatura e precipitação. A caracterização espectral da vegetação mediante o NDVI forneceu um subsídio de informações que contribuíram para aumentar a precisão da classificação das áreas de vegetação natural que apresentam ao longo do ano um comportamento espectral muito próximo e pouco perceptível ao fotointerprete.

O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) fundamenta-se no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho próximo. Em princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal em uma determinada área, menor será a reflectância na região do vermelho devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Por outro lado, maior será a reflectância verificada na região do infravermelho próximo devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas de folhas (ROUSE *et al.*, 1973). Desta forma, a razão de bandas consegue realçar a diferença do comportamento espectral dos alvos nessas regiões do espectro eletromagnético. A normalização foi feita através da **equação 1**.

$$\text{NDVI: } (\rho_{\text{IVP}} - \rho_{\text{V}}) / (\rho_{\text{IVP}} + \rho_{\text{V}})$$

Onde: ρ_{IVP} - Fator de reflectância bidirecional na região do infravermelho próximo

ρ_{V} - Fator de reflectância bidirecional na região do vermelho

Equação 1.

As imagens fração geradas pelo modelo linear de mistura espectral (MLME) contribuíram para a redução da dimensionalidade dos dados e como uma forma de realce das informações provenientes da vegetação. Além disso, o modelo linear de mistura espectral transforma a informação espectral em informação física (valores de proporção das componentes no pixel).

O MLME fundamenta-se na abordagem de que a resposta espectral em cada pixel, em qualquer banda de um sensor, pode ser considerada como uma combinação linear das respostas espectrais de cada componente presente na mistura. Então, cada pixel da imagem, que pode assumir qualquer valor dentro da escala de nível de cinza (2^n bits), contém informações sobre a proporção (quantidade) e a resposta espectral de cada componente dentro da unidade de resolução no terreno. Portanto, para qualquer imagem multiespectral gerada por qualquer sistema sensor, considerando o conhecimento da proporção dos componentes, será possível estimar a resposta espectral de cada um desses componentes. Similarmente, se esta resposta for conhecida, então a proporção de cada componente na mistura espectral poderá ser estimada (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

Neste trabalho utilizou-se a metodologia de BOARDMAN & KRUSE (1994) para a detecção dos membros finais (componentes da mistura espectral) descrita em três etapas: (a) redução da dimensão espectral (*Minimum Noise Fraction - MNF*) (GREEN *et al.* 1988, CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2002), (b) redução da dimensão espacial (*Purity Pixel Index - PPI*), e (c) identificação manual (utilizando um visualizador n-dimensional). Essa metodologia visa eliminar os fatores redundantes, tanto espaciais como espectrais, que nada alteram o conjunto de soluções viáveis para os membros finais.

3.2.7 Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Esta carta foi elaborada com base nas cartas de hidrografia e declividade, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro, que considera como APPs as florestas e as demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em uma faixa marginal variável de 30 a 500 metros, em função da largura do curso, ao redor das nascentes em uma área de 50 metros de raio e, nas encostas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% na linha de maior declive (Lei 4771/65 de 15 de setembro de 1965 e Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2004).

Para a determinação das áreas destinadas a preservação permanente, em um primeiro momento os arquivos referentes à rede hidrográfica e nascentes foram cobertos com áreas de 30 metros destinadas a preservação ambiental em cada margem dos rios e em um raio de 50 metros para as nascentes. Mediante este procedimento um arquivo *buffer* foi obtido e possibilitou quantificar a expressividade das áreas destinadas como APPs.

Neste trabalho optou-se por assumir um valor fixo para as áreas marginais aos rios. O valor fixado neste estudo em 30 metros em cada margem é definido como o valor ideal segundo o código florestal brasileiro para cursos hídricos com até 10 metros de largura. Neste sentido, observa-se que os dados produzidos por esta carta representam apenas uma estimativa da real situação das APPs rios, pois alguns cursos hídricos apresentam uma largura superior a 10 metros, mas estes valores podem variar substancialmente durante o ano devido a variações sazonais.

Para a determinação das áreas de encostas destinadas a preservação ambiental, a carta de declividade foi submetida a uma função de fatiamento (reclassificação) para evidenciar apenas as áreas com declividades superiores a 100% de acordo com o Código Florestal Brasileiro. Após a identificação das áreas de preservação permanente destinadas a rios, nascente e áreas de encosta, estes dados foram acoplados em um mesmo arquivo vetorial para a quantificação das áreas de APPs na área de estudo e gerar o relatório final, carta APPs.

3.2.8 Usos e Ocupação da Terra nas APPs

As Áreas de Preservação Permanente, de acordo com a legislação brasileira, são destinadas a preservação ambiental para manutenção ou recuperação da vegetação nativa local. Para analisar esta situação, as APPs foram classificadas em áreas condizentes com a legislação (cobertura vegetal natural) e áreas não condizentes com a legislação (sistemas antrópicos em áreas de preservação permanente).

Para obtenção da carta de usos da terra nas APPs, para os períodos de 1990, 2000 e 2009 as áreas naturais das zonas de amortecimento das unidades de conservação (vegetação ripária, cerrado, vegetação de encosta e floresta mesófila) foram acopladas em um mesmo arquivo vetorial. Posteriormente, o mesmo procedimento foi utilizado para agregar todas as classes de usos antrópicos presentes na área de estudo em um mesmo arquivo vetorial onde a cada classe de usos da terra foi atribuído um identificador em ambos os casos.

Em etapa posterior os arquivos representados com áreas naturais e antropizadas foram sobrepostos as áreas de preservação permanente para rios e nascentes. Este procedimento viabilizou identificar as condições das áreas de preservação permanente em “condizentes” e “não condizentes” com a legislação vigente e possibilita também registrar que tipo de intervenção antropica está ocorrendo em cada local identificado para zonas de APPs rios e APPs nascentes da área de estudo.

3.2.9 Risco Potencial à Erosão

A suscetibilidade à erosão diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas. Está na dependência das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compacta e pedregosidade), das condições do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

As cartas de suscetibilidade a erosão foram construídas com base na análise da distribuição das áreas de cobertura vegetal natural, nas áreas de usos antrópicos e das condições do relevo (altimetria e declividade). Após a obtenção destes planos de informação foi possível segmentar as zonas de amortecimento das unidades de conservação em 4 classes de riscos a erosão em ambiente SIG que estão descritas a seguir:

Risco Mínimo: Esta classe compreende as áreas ocupadas com vegetação natural. Nesta classe de risco, não foi considerado a declividade dos solos, porque estas representam as formas de cobertura natural do solo, que evoluíram em conjunto, durante o processo de formação do solo e, por isso representam a condição de proteção máxima do recurso natural solo. Qualquer outra forma de utilização dessas áreas aumentaria os riscos de erodibilidade proporcionalmente à declividade local (MISSIO, 2003).

Risco Menor: Esta classe compreende áreas utilizadas com usos antrópicos. Está localizada em áreas onde a declividade varia entre 0 a 13% que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK 1995), são áreas em que a suscetibilidade à

erosão varia desde terras não suscetíveis, em locais planos, à locais que apresentam moderada suscetibilidade a erosão, áreas com relevo ondulado, onde a declividade está próxima a 13%.

Risco Intermediário: Compreende áreas utilizadas com uso antrópico em relevo que varia desde formação moderada, forte ondulada a muito forte com variação de declividade entre 13 a 45%. Representam locais onde a utilização agrícola é restrita e segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK 1995), na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle que pode se tornar dispendioso e antieconômico.

Risco Maior: Compreende áreas utilizadas com uso antrópico onde a declividade é igual ou superior a 45%. Estas terras apresentam relevo montanhoso e escarpado, onde a suscetibilidade à erosão é extremamente forte e o uso agrícola não é recomendado, sob pena de as terras serem totalmente erodidas. São áreas que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK 1995), devem ser destinadas à preservação ambiental.

As áreas ocupadas com as classes de usos da terra “Silvicultura e Culturas Permanentes” (esta última vinculada principalmente ao cultivo de citros e café), neste estudo não foram somadas as classes de cobertura natural para a elaboração das cartas de riscos a erosão. As práticas de manejo utilizadas nestas culturas, a ausência de extrato vegetativo basal e cortes periódicos impedem que estas classes de usos da terra ofereçam proteção permanente ao solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A abordagem desenvolvida identificou os aspectos fundamentais que descrevem a dinâmica observada nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI, avaliando a compatibilidade oferecida frente aos objetivos de proteção e manutenção das unidades de conservação. Mediante a elaboração de planos de informação, as características físicas que favorecem ou reduzem o acesso aos bens e serviços oferecidos pelos sistemas naturais e as transformações temporais impostas pelo modelo de desenvolvimento foram descritas e quantificadas.

As alterações espaciais observadas convergem temporalmente com os rumos estabelecidos pelas políticas agrícolas nacionais. A dinâmica dos elementos estruturais da paisagem responde as favorabilidades econômicas estabelecidas na área de estudo. Este processo vem ocasionando a intensificação do uso da terra, especialmente em termos de atividades agrícola provocando a eliminação da cobertura vegetal natural e promovendo a perda da qualidade ambiental e o comprometimento dos recursos naturais remanescentes.

4.1 Caracterização Ambiental

4.1.1 Hidrografia

As zonas de amortecimento das EESCar e EEI são irrigadas por rios de grande importância econômica e ecológica, como o Rio Jacaré-Guaçú e o Rio Monjolinho além da Represa do Lobo localizada no Município de Itirapina e a Represa Santana localizada no município de Brotas. A drenagem, na área de estudo, é estabelecida pelas formas de relevo associados á direção do fraturamento e em certos trechos, ao controle exercido pelo contato entre as seqüências de derrames basálticos. Na área de estudo a rede hidrográfica presente nas zonas de amortecimento estão situadas dentro da Bacia do Rio Monjolinho (**Figura 3**).

Em decorrência da natureza do relevo, predominam os rios de planalto que apresentam em seu leito rupturas de declive, vales encaixados, entre outras características. De maneira geral, os rios têm origem em regiões não muito elevadas apresentando cursos de águas calmas que definem a maior parte dos limites dos municípios abrangidos pela extensão das zonas de amortecimento.

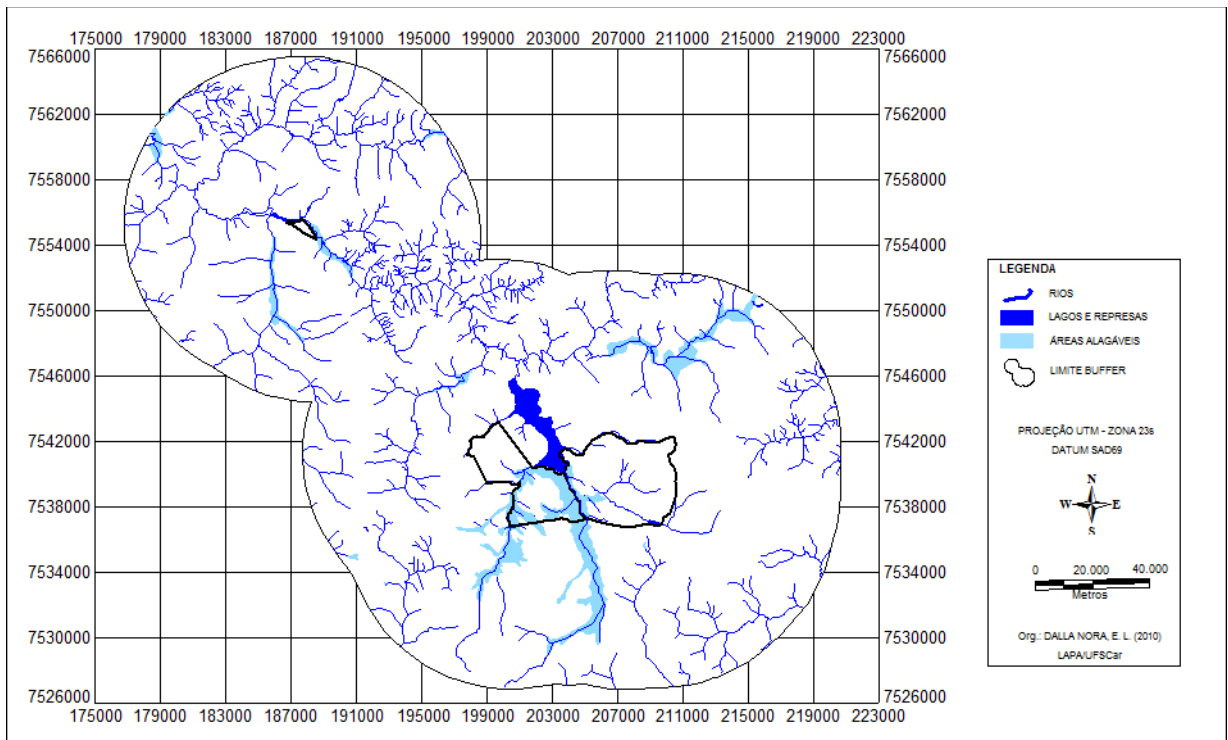


Figura 3: Rede hidrográfica das zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

A área de estudo apresentou aproximadamente 846,10 km de comprimento em cursos de água. O cálculo da densidade de drenagem total (índice que expressa o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem), para as zonas de amortecimento das EESCar e EEI totalizou 8,18 m/ha, estando classificada na categoria “rica”, de acordo com as definições em DNAEE-EESC (1980).

4.1.2 Malha Viária

A malha viária presente nas zonas de amortecimento compreende um total de aproximadamente 531,06 km de estradas, distribuídas entre estradas municipais, estaduais e ferrovias (**Figura 4**). A densidade de estradas calculada para as zonas de amortecimento obteve um valor estimado de 5,13 m/ha, valor este que se enquadra entre a média obtida em trabalhos anteriores realizados em regiões distintas, porém com um padrão de desenvolvimento econômico semelhante, baseado no setor agrícola (MISSIO, 2003; TONIAL, 2003).

De acordo com MISSIO (2003), se por um lado, a densidade de estradas, quando alta, pode ser pensada como positiva, pois significa maior possibilidade de comunicação e transporte

para as comunidades humanas rurais, por outro lado, este aspecto pode ser considerado negativo, do ponto de vista da conservação da biodiversidade e da sustentabilidade ambiental, uma vez que aumenta a probabilidade de atropelamento de fauna, favorece o acesso às áreas naturais, facilitando a coleta de plantas e animais e a entrada de impurezas e poluentes, bem como o processo de erosão no leito das estradas, principalmente naquelas localizadas em terrenos íngremes, que são comuns em algumas regiões das zonas de amortecimento.

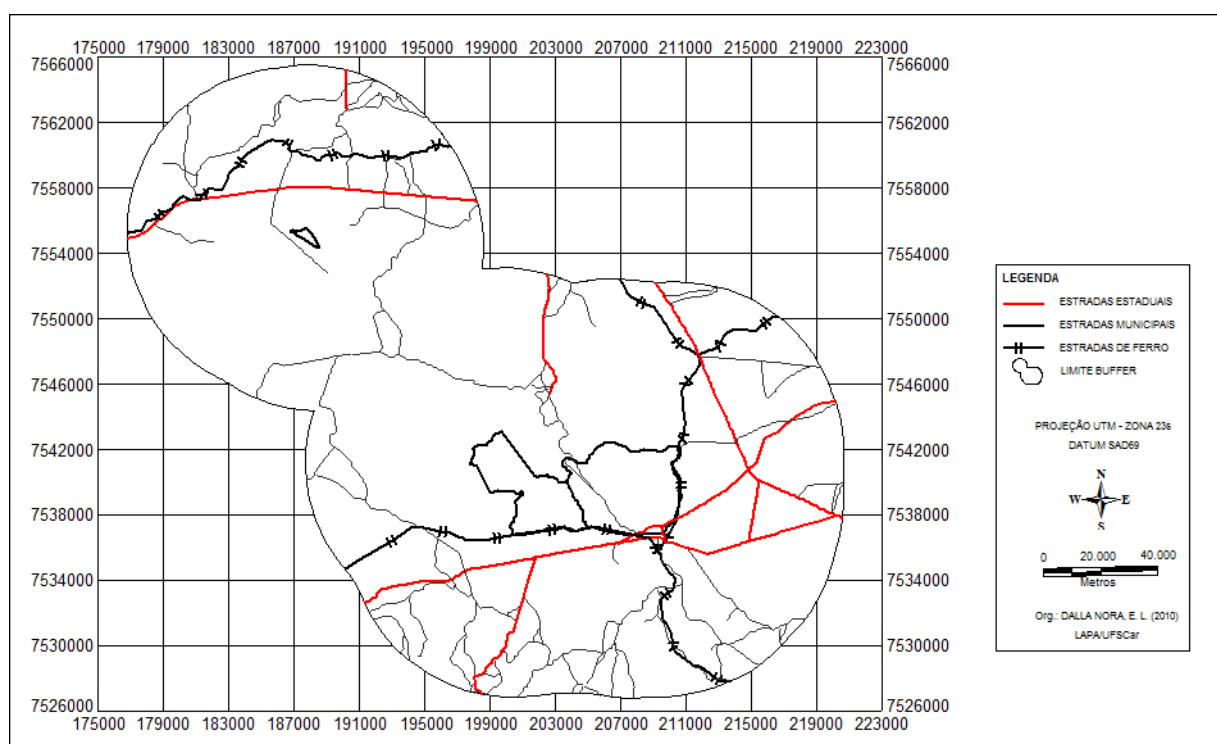


Figura 4: Malha viária inserida nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

A malha viária pode ser considerada como um fator responsável pela redução direta e indireta de habitats naturais. Na forma direta, a redução da área total do ecossistema é causada pela própria presença dessa infra-estrutura e pela conversão da cobertura original em superfícies artificiais. A forma indireta refere-se a efeitos ocasionados como a fragmentação do ambiente (ecossistema fracionados e mais distantes) e a degradação do ecossistema (alterações biofísicas e sistêmicas, poluição do ar e da água, presença de luz artificial e o aumento da suscetibilidade a espécies invasoras). Estes efeitos causam uma perda indireta do habitat e a redução da capacidade do ecossistema de sustentar sua biodiversidade original.

4.1.3 Altimetria

Na área de estudo, a variável altimetria está intimamente relacionada à manutenção dos últimos remanescentes de vegetação natural situados fora das unidades de conservação. A impossibilidade de implantação de atividades agrícolas em determinadas áreas, impostas pelas dificuldades de mecanização e manejo sob risco destas terras serem totalmente erodidas, representam a condição mais efetiva para a manutenção de áreas cobertas com formações vegetais nativas primárias (pouco alteradas).

Em linhas gerais, as zonas de amortecimento apresentam variações altimétricas de grande amplitude alternando desde cotas mínimas em torno de 492 metros e cotas máximas de aproximadamente 1.032 metros (**Tabela 1**). Para a elaboração da carta de altimetria (**Figura 5**), o modelo digital de elevação foi reclassificado em cinco classes altimétricas espaçadas de 100 em 100 metros e apresentou uma variação altimétrica de 540 metros em relação ao nível do mar.

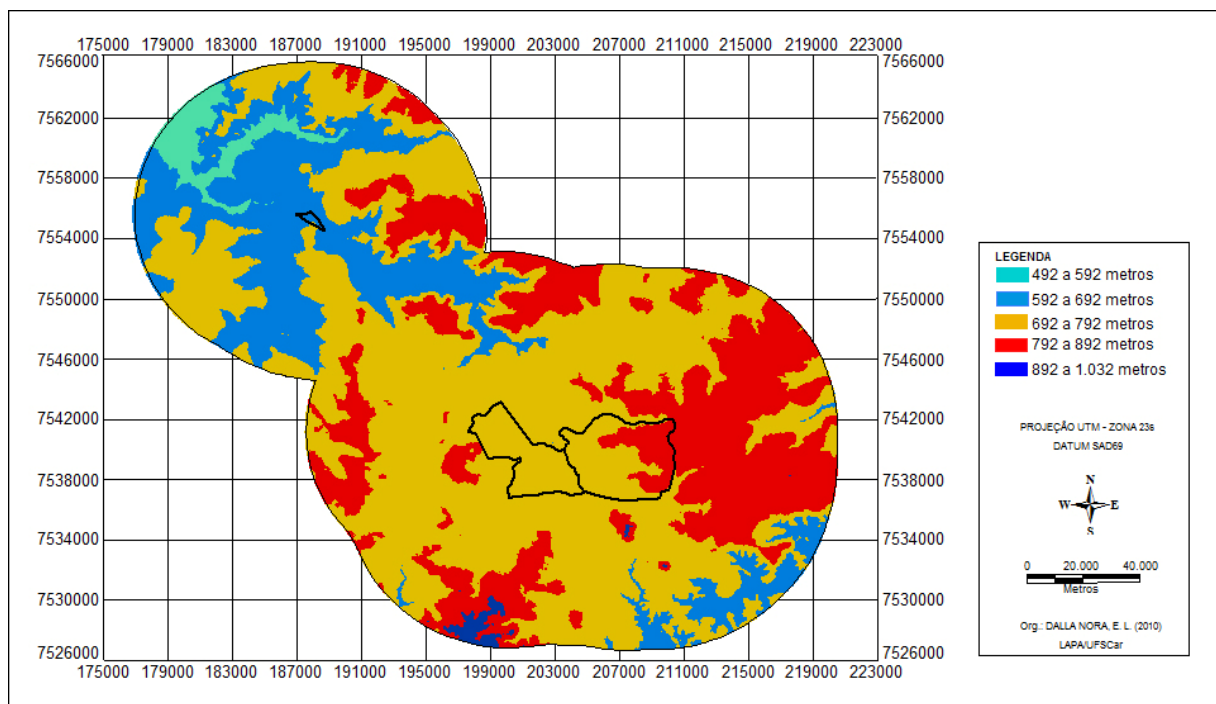


Figura 5: Distribuição espacial dos intervalos altimétricos nas EESCar e EEI.

As cotas altimétricas mais baixas estão associadas ao fundo de vales e canais de drenagem (492 a 592 metros) enquanto divisores de água e feições geomorfológicas pronunciadas como as

cuestas basálticas típicas desta região representam as cotas altimétricas mais altas. Embora a magnitude de variação seja ampla, a distribuição espacial das feições geomorfológicas extremas é concentrada em regiões específicas situadas principalmente na região norte e extremo sul das zonas de amortecimento (**Figura 6**).

Tabela 1: Distribuição das classes altimétricas e percentagens relativas nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

| Classes Altimétricas (m) | Área (ha) | Área (%) |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 492 a 592 | 2.487,77 | 2,41 |
| 592 a 692 | 19.086,08 | 18,44 |
| 692 a 792 | 56.298,43 | 54,40 |
| 792 a 892 | 25.064,23 | 24,22 |
| 892 a 1032 | 545,91 | 0,53 |
| Total | 103.482.42 | 100 |

A faixa altimétrica predominante na área de estudo está situada entre as classes de 692 a 892 metros de altitude. Representando 78,62% da composição altimétrica, este limiar se distribui sobre praticamente todas as áreas compreendidas pelas zonas de amortecimento. Isto não significa um relevo composto por áreas exclusivamente planas, como pode ser observado na **figura 6**. Pode-se observar uma grande diversidade de unidades geomorfológicas com feições e formas de relevo variadas (côncavas e convexas), distribuição das linhas de drenagem, talvegues, vertentes e os principais divisores de água.

Dentre as unidades de conservação, a EESCar apresenta a variável altimetria com maior imponência. A área está situada ao longo de uma vertente com uma variação de altitude de aproximadamente 100 metros. A análise do perfil altimétrico exibido pela unidade de conservação está ilustrado na **figura 6**. De forma secundária, estas variações altimétricas podem determinar variações nos diferentes tipos e composição de solos encontrados em áreas nestas condições, pois áreas mais inclinadas estão sujeitas a uma erosão laminar mais pronunciada, o que pode favorecer o rejuvenescimento dos solos de baixa encosta, podendo ser considerada

também uma variável ambiental capaz de influenciar na distribuição de espécies vegetais (LI *et al.*, 2005).

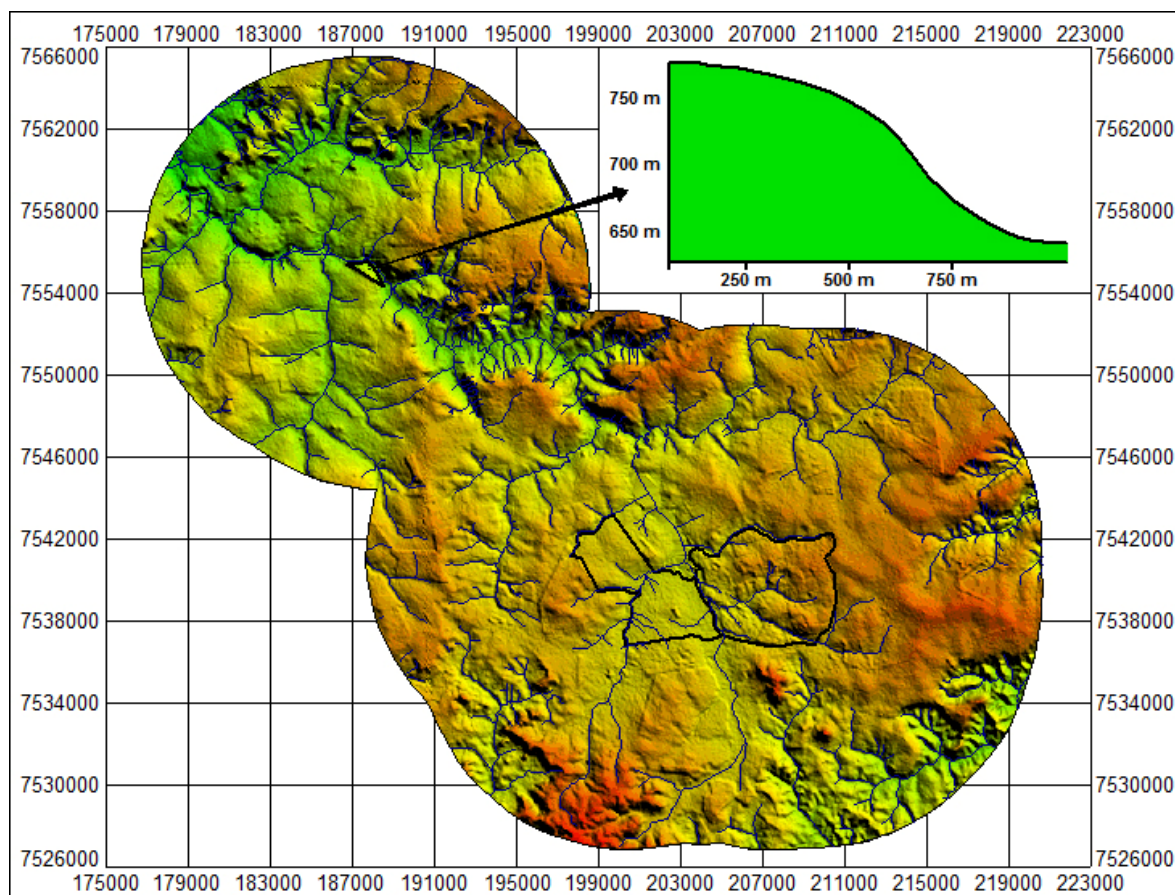


Figura 6: Variação altimétrica em relevo sombreado, linhas de drenagem e perfil altimétrico na unidade de conservação EESCar. Org. DALLA NORA, E. L. (2010).

4.1.4 Declividade

A carta de declividade (**Figura 7**) ilustra a distribuição espacial das classes de declividade presentes nas zonas de amortecimento das unidades de conservação expressas percentualmente. Esta carta revelou-se uma ferramenta importante e capaz de orientar atividades ligadas à conservação do solo mediante a utilização racional do terreno. As informações contidas nesta carta são fundamentais para a elaboração de uma política de manejo e conservação do solo a nível local visando preservar e melhorar a capacidade produtiva do solo.

Na área de estudo, a declividade do terreno controla, em boa parte, a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo de concentração e a magnitude dos picos de enchentes. A esta variável também podemos vincular, em parte, a maior ou menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos, que dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial.

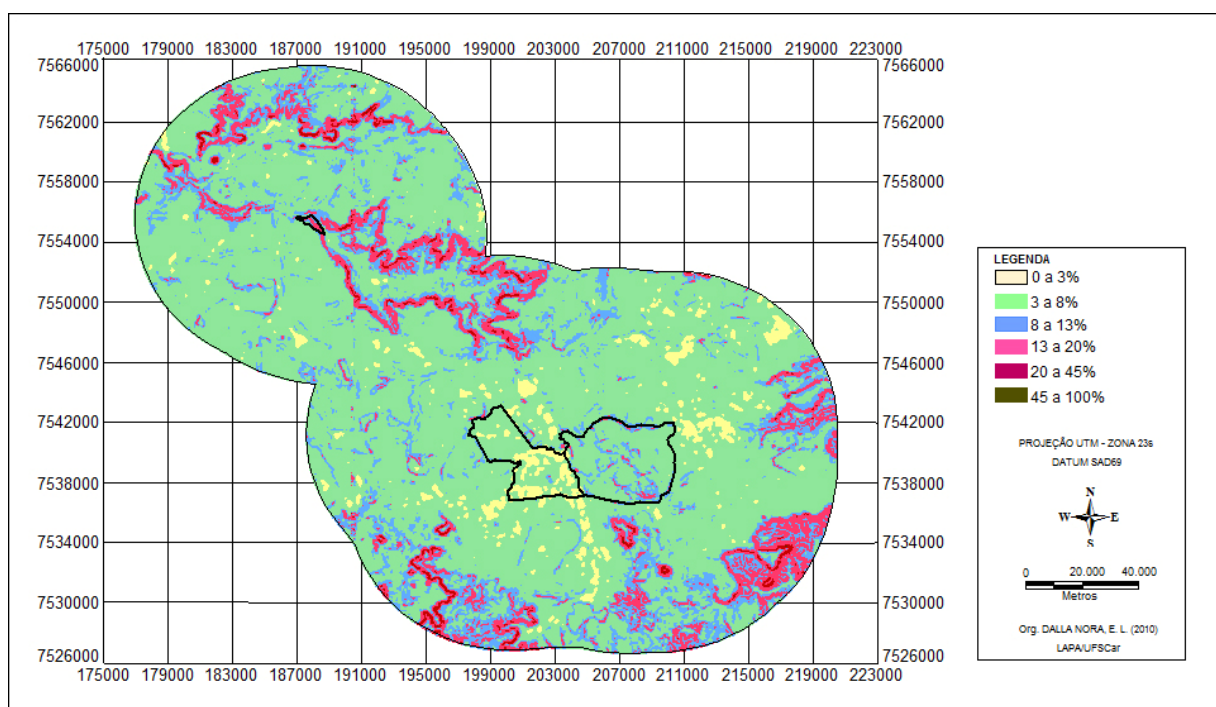


Figura 7: Distribuição espacial das classes de declividade nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar.

O desenvolvimento econômico baseado na atividade agrícola intensiva observado nas áreas compreendidas pelas zonas de amortecimento também pode ser associado à variável geomorfológica declividade. A característica do relevo constituído por grandes extensões de áreas planas e moderadamente onduladas permitiram a implantação e desenvolvimento da agricultura mecanizada contribuindo para a formação de grandes áreas utilizadas com monoculturas e uma relação alta entre produção e área de cultivo nas zonas de amortecimento das unidades de conservação.

A análise dos dados apresentados na **tabela 2** e na **tabela 3** revela na área de estudo um relevo bastante regular, onde aproximadamente 90% das áreas apresentam até 13% de declividade, com relevo classificado como plano, suave ondulado e moderadamente ondulado,

com graus de limitação nulo, ligeiro e moderado, respectivamente, são áreas que, do ponto de vista da declividade podem ser utilizadas com agricultura, desde que sejam adotadas práticas simples de controle a erosão.

Tabela 2: Distribuição das classes de declividade, de acordo com a classificação, graus de limitação e considerações para cada uma das classes.

| Classes de Declividade | Classificação | Grau de Limitação | Considerações |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| 0 – 3 % | Plano/praticamente plano | Nulo | Terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solo plano ou quase plano e com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo. |
| 3 – 8 % | Suave ondulado | Ligeiro | Terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Geralmente, possuem boas propriedades físicas. Quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir contra esse tipo de erosão. |
| 8 – 13 % | Moderadamente ondulado | Moderado | Terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola. |
| 13 – 20 % | Ondulado | Forte | Terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declive normalmente de 13 a 20%, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle. |
| 20 – 45 % | Forte ondulado | Muito Forte | Terras com suscetibilidade maior que o grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico. |
| 45 – 100 % | Montanhoso | Extremamente Forte | Terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidos em poucos anos. Trata-se de terras onde deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental. |
| Mais de 100 % | Escarpado | | Terras destinadas à preservação ambiental, conforme o Código Florestal Brasileiro. |

Fonte: Ramalho Filho e Beek, 1995.

Em 9,03% das zonas de amortecimento ocorrem locais com declividade entre 13 a 20%, com relevo ondulado e graus de suscetibilidade forte, de modo que, quando são utilizados para a prática da agricultura, requerem práticas intensivas de controle à erosão. A aptidão agrícola destas áreas está associada a culturas perenes como a fruticultura e/ou a silvicultura. Em 1,06% da extensão do relevo encontra-se a classe forte ondulado (declividade de 20 a 45%), que apresenta uma suscetibilidade à erosão muito forte, e sabe-se que o controle desta é muito dispendioso, podendo ser anti-econômico. Na área de estudo atualmente estas áreas estão associadas em grande parte com cobertura vegetal natural, porém, apresentando vários locais sob intervenção antrópica principalmente com áreas de pastagens e silvicultura.

Tabela 3: Distribuição das classes de declividade, percentagens relativas e classificação do relevo nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

| Classes de Declividade | Área (ha) | % | Classificação do Relevo |
|-------------------------------|-------------------|------------|--------------------------------|
| 0 a 3% | 3.618,63 | 3,51 | Plano |
| 3 a 8% | 72.990,15 | 70,52 | Suave Ondulado |
| 8 a 13% | 16.426,04 | 15,87 | Moderado Ondulado |
| 13 a 20% | 9.340,71 | 9,03 | Ondulado |
| 20 a 45% | 1.094,88 | 1,06 | Forte Ondulado |
| 45 a 100% | 12,01 | 0,01 | Montanhoso |
| Total | 103.482.42 | 100 | |

Áreas com relevo montanhoso a escarpado, que apresentam mais de 45% de declividade ocorrem em apenas 0,01% da superfície as quais deveriam ser destinadas à preservação ambiental, porém, apresentam locais sob intervenção antrópica principalmente com atividades associadas à silvicultura. A legislação brasileira considera como área de preservação permanente apenas as áreas com declividade superior a 100%. Entretanto, neste estudo, faixas de declividade acima de 100% não foram encontradas.

Deve-se levar em consideração que o modelo digital de elevação que serviu de base para a elaboração da carta de declividade (*Shuttle Radar Topographic Mission*) foi obtido remotamente

mediante sensor orbital em uma resolução espacial inicial de 3 arco segundo (aproximadamente 90 metros), o que pode ter subestimado as feições geomorfológicas mais delicadas reduzindo a capacidade de registrar áreas com declividades superiores a 100%, não possuindo uma total precisão em seus resultados.

4.1.5 Usos e Ocupação da Terra

A análise da distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas zonas de amortecimento das Estações Ecológicas de São Carlos e Estação Ecológica de Itirapina (**Figuras 8, 9 e 10**) buscou avaliar a compatibilidade do uso resultante do padrão de desenvolvimento econômico local aos objetivos conservacionistas e de sustentabilidade atrelados a manutenção das unidades de conservação. O período de estudo avaliado e a escala de trabalho utilizada foram capazes de identificar uma reestruturação na distribuição espacial dos usos e ocupação da terra presentes nas zonas de amortecimento.

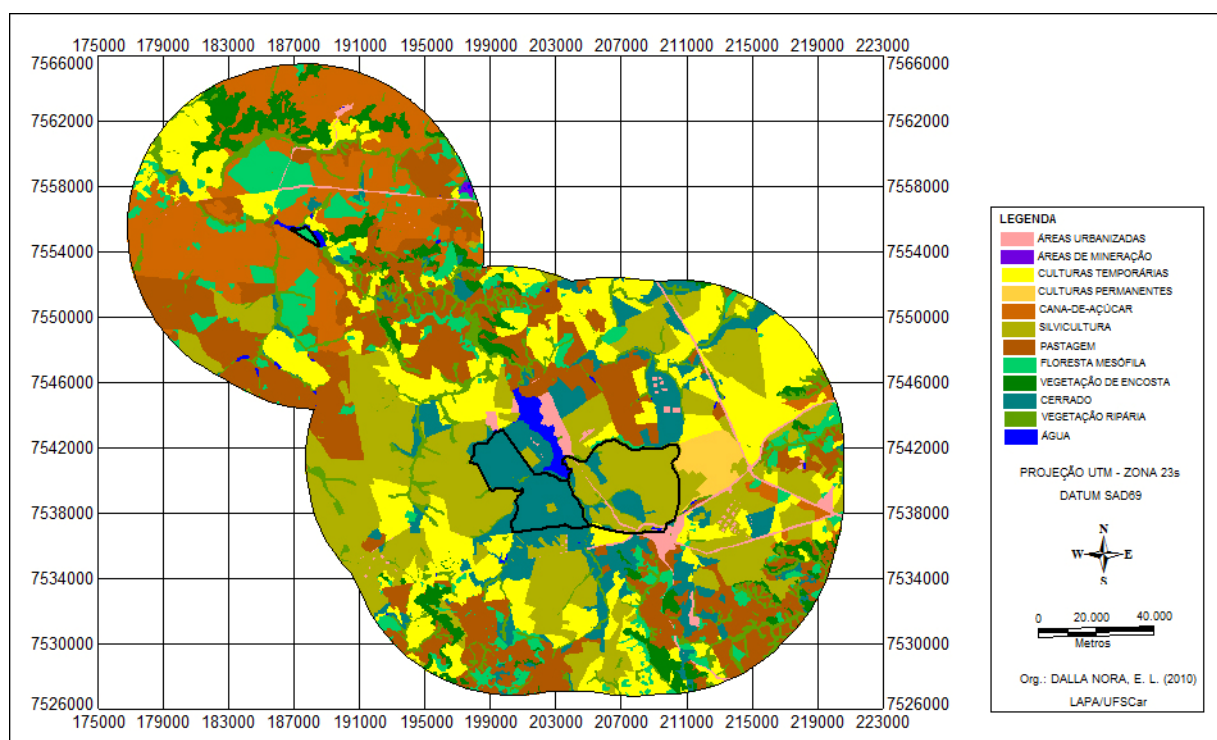


Figura 8: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 1990 nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar.

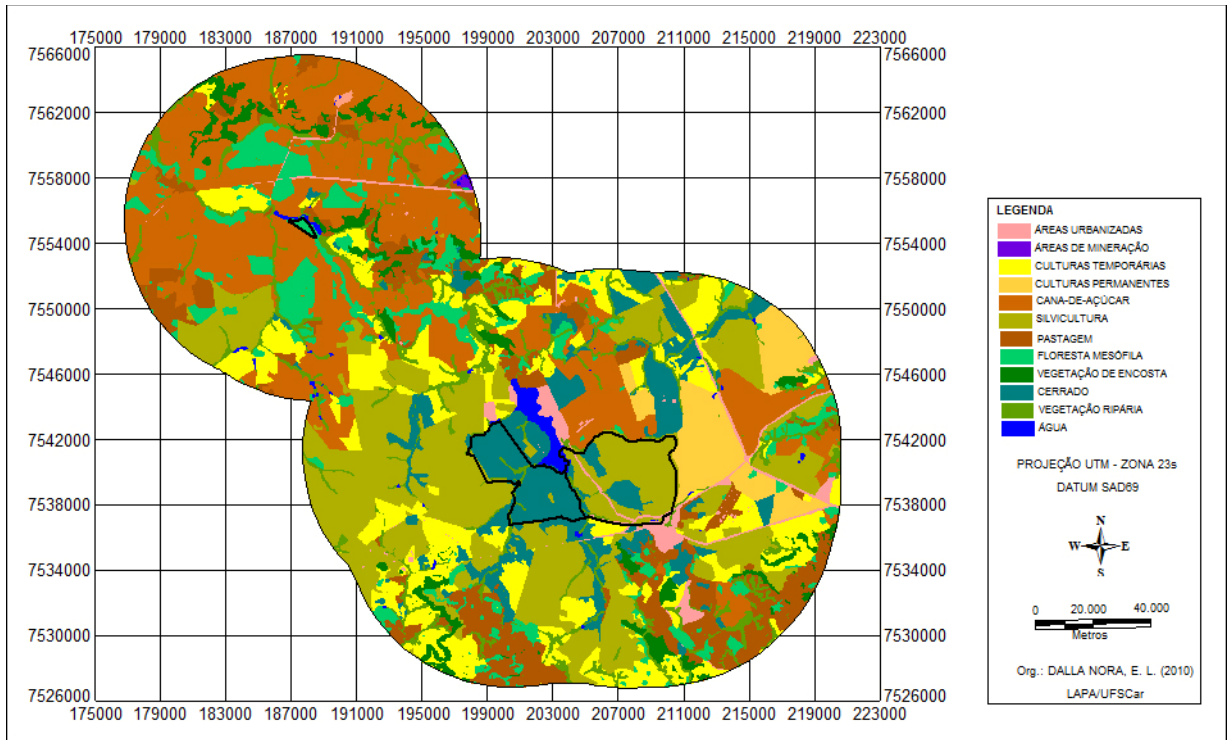


Figura 9: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 2000 nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar.

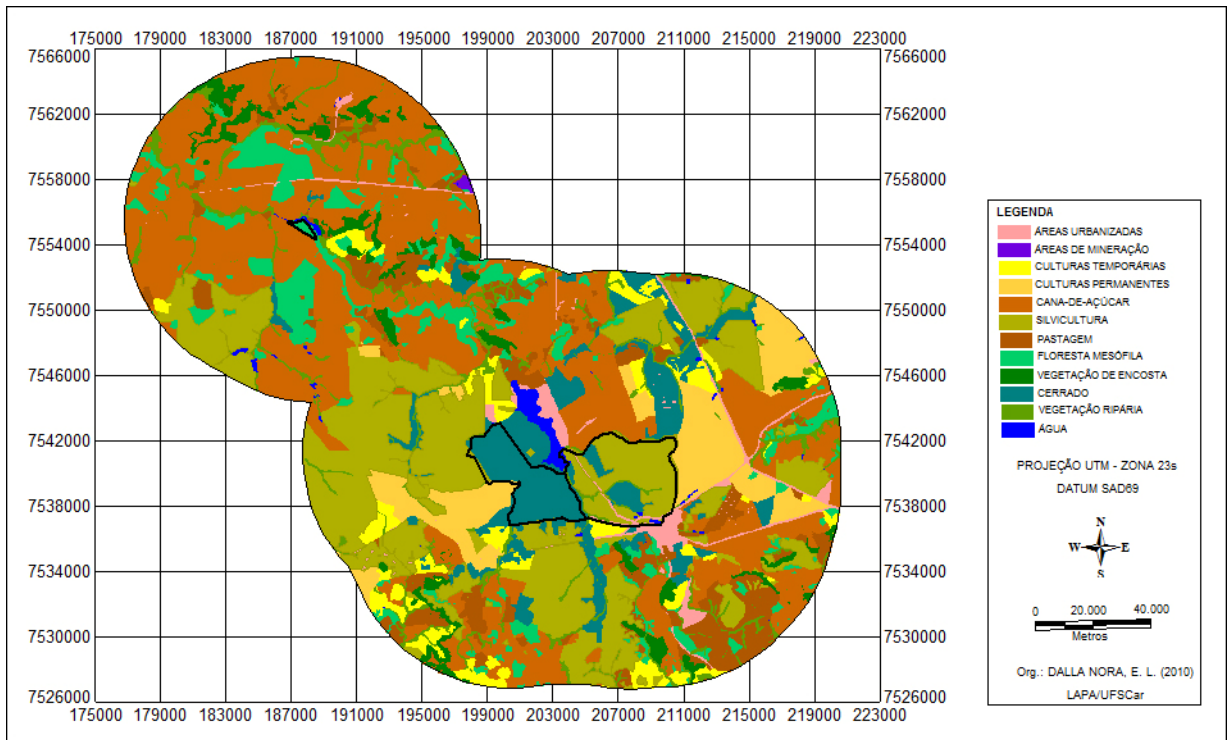


Figura 10: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra para o período de 2009 nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar.

O padrão observado revela grandes modificações em áreas anteriormente heterogêneas onde um processo de “homogeneização da paisagem” parece se estabelecer. Esta tendência está associada à reorganização da matriz agrícola através da expansão de atividades que atualmente estão sendo potencializadas pelas políticas agrícolas nacionais. As atividades vinculadas à produção de matérias primas para produção de energia renovável são os setores que melhor respondem a esta tendência, entretanto, pouco favoráveis aos objetivos de proteção e conservação das unidades de conservação. Este padrão temporal de desenvolvimento ilustrado nas **figuras 8, 9 e 10**, também pode ser analisado na **tabela 4**.

Tabela 4: Classes e subclasses de usos e ocupação da terra, áreas ocupadas e percentagem relativas para os períodos de 1990, 2000 e 2009 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

| Usos e Ocupação da Terra | | 1990 | | 2000 | | 2009 | |
|--------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | | ha | % | ha | % | ha | % |
| Áreas Antrópicas Não Agrícolas | Áreas Urbanizadas | 1.837,88 | 1,78 | 2.163,48 | 2,09 | 2.313,48 | 2,24 |
| | Áreas de Mineração | 31,30 | 0,03 | 55,59 | 0,05 | 64,03 | 0,06 |
| | Subtotal | 1.869,18 | 1,81 | 2.219,07 | 2,14 | 2.377,51 | 2,3 |
| Áreas Antrópicas Agrícolas | Culturas Temporárias | 18.150,37 | 17,54 | 13.101,97 | 12,66 | 4.285,94 | 4,14 |
| | Culturas Permanentes | 1.144,34 | 1,11 | 4.454,23 | 4,30 | 4.681,21 | 4,52 |
| | Cana-de-Açúcar | 13.033,20 | 12,59 | 23.989,93 | 23,18 | 31.803,89 | 30,74 |
| | Silvicultura | 20.907,31 | 20,21 | 23.515,95 | 22,74 | 29.889,96 | 28,88 |
| | Pastagem | 19.439,25 | 18,78 | 9.517,48 | 9,20 | 6.840,46 | 6,61 |
| | Subtotal | 72.674,47 | 70,23 | 74.579,56 | 72,08 | 77.501,46 | 74,89 |
| Áreas de Vegetação Natural | Floresta Mesófila | 7.080,83 | 6,84 | 7.222,09 | 6,98 | 7.172,80 | 6,93 |
| | Vegetação de Encosta | 4.734,26 | 4,57 | 3.820,09 | 3,69 | 3.424,96 | 3,31 |
| | Cerrado | 10.190,40 | 9,85 | 8.752,84 | 8,46 | 7.677,24 | 7,42 |
| | Vegetação Ripária | 6.099,05 | 5,89 | 6.014,96 | 5,81 | 4.478,73 | 4,33 |
| | Subtotal | 28.104,54 | 27,15 | 25.809,98 | 24,94 | 22.753,73 | 21,99 |
| Água | Rios, Lagos e Represas | 834,23 | 0,81 | 873,81 | 0,84 | 849,72 | 0,82 |
| | Subtotal | 834,23 | 0,81 | 873,81 | 0,84 | 849,72 | 0,82 |
| TOTAL | | 103.482,42 | 100 | 103.482,42 | 100 | 103.482,42 | 100 |

O procedimento metodológico aplicado ao processo de classificação das imagens do sensor TM/Landsat-5 foi testado para avaliar a acurácia dos resultados em relação aos dados

obtidos em campanhas de campo em relação aos dados do período de 2009. De acordo com os testes realizados, a matriz de confusão revela uma exatidão total de 92%, já o coeficiente Kappa obtido foi de 0,90, valor este definido como excelente de acordo com MOREIRA, 2001 e COHEN, 1960. Estes valores indicam uma alta correlação obtida entre as cartas temáticas apresentadas nas **figuras 8, 9 e 10** e sua distribuição espacial no campo. Os valores referentes a cada classe específica podem ser analisados nas tabelas do **Apêndice 1**.

4.1.5.1 Áreas antrópicas não agrícolas

Na área de estudo as áreas antrópicas não agrícolas estão subdivididas em áreas urbanizadas e áreas de mineração. A representatividade de cada subclasse poder observada na **figura 11** para os períodos de 1990, 2000 e 2009. As áreas urbanizadas estão vinculadas a áreas construídas, edificadas, distritos industriais, comerciais, estradas e redes de servidão. Estas áreas apresentaram um aumento de 27,19% ao longo do período avaliado (1,78% em 1990 e 2,24% em 2009), e podem ser consideradas como a classe de usos da terra menos apropriada em zonas de amortecimento para os fins de proteção e conservação.

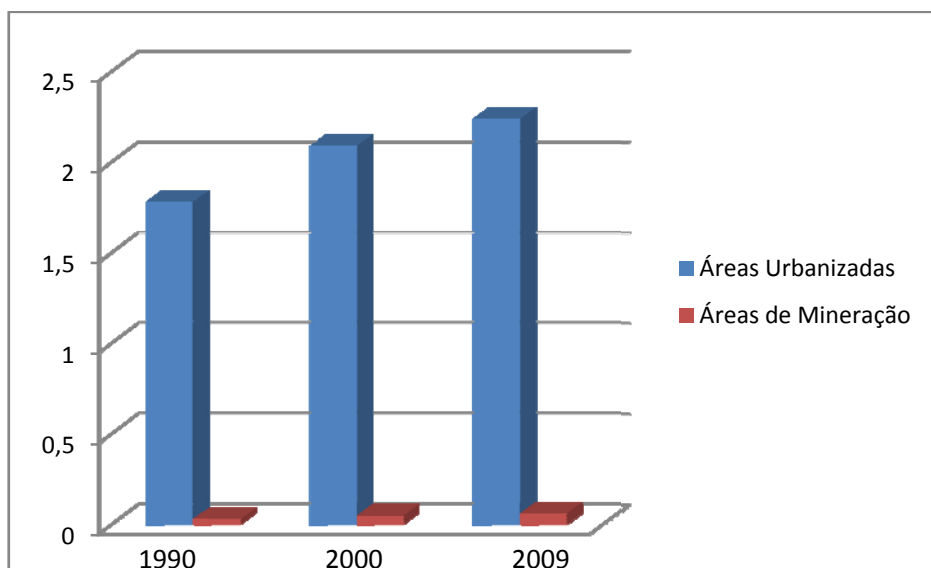


Figura 11: Distribuição das subclasses relacionadas às áreas antrópicas não agrícolas.

Na área de estudo a maior concentração de áreas urbanizadas esta associada o perímetro urbano da cidade de Itirapina que situa-se integralmente dentro das zonas de amortecimento. Neste caso, os baixos valores percentuais obtidos em relação a área total da paisagem não traduzem os reais riscos ambientais associados à presença destas áreas. Segundo dados estatísticos do IBGE (2007), no período de 1991 a 2007 apenas no município de Itirapina a população local aumentou de 9.953 para 13.889 habitantes respectivamente. Estes valores representam um grave indicador, já que a densidade de ocupação populacional deve ser um dos principais parâmetros a serem controlados nas zonas de amortecimento (OLIVA, 2004).

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, áreas urbanizadas deveriam ser implantadas fora das zonas de amortecimento devido aos problemas relacionados às expansões urbanas, produção de resíduos e invasão da população nas áreas protegidas. O manejo destas áreas, embora necessário, torna-se difícil, pois envolve questões relacionadas a interesses públicos e privadas exigindo negociações em todas as esferas governamentais.

As áreas de mineração estão essencialmente vinculadas à atividade de extração de areia e assim como as áreas urbanizadas representam umas das menores subclasses de usos e ocupação da terra presentes nas zonas de amortecimento. Entretanto, apesar de apresentar uma distribuição espacial restrita, apresentou um aumento de 104,57% ao longo do período avaliado alternando entre 0,03% em 1990 a 0,06% em 2009 limitando-se a apenas duas unidades de produção onde esta atividade é desenvolvida.

4.1.5.2 Áreas antrópicas agrícolas

As áreas antrópicas agrícolas, desde o início do período analisado, formavam a classe mais representativa inserida nas zonas de amortecimento. No período transcorrido sob avaliação, um aumento de 6,64% foi registrado, revelando que as maiores modificações estão relacionadas ao padrão de distribuição exibido pelas diferentes subclasses, do que o aumento de novas áreas propriamente ditas. Estes resultados sugerem que na área de estudo a fronteira agrícola pode estar atingindo o seu desenvolvimento e ocupação máxima, o que reflete em uma estagnação na expansão das áreas agricultáveis trabalhadas atualmente.

Esta reorganização da matriz agrícola é evidenciada por fortes reduções nas áreas ocupadas por subclasses de usos tipicamente majoritárias como culturas temporárias e pastagens.

Estas subclasses registraram perdas de 76,39% e 64,81% respectivamente em suas áreas de distribuição. As pastagens atualmente estão restritas a pequenas propriedades localizadas em regiões de encosta onde a implantação de sistemas agrícolas intensivos é inviabilizada. Entretanto, esta dinâmica vem sendo registrada em varias regiões do estado de São Paulo onde a produção leiteira tem sido abandonada e as áreas de pastagens convertidas em áreas de cultivo principalmente da cultura de cana-de-açúcar (NEVES, 2006).

Segundo PITHAN E SILVA *et al.*, (2008), no ano de 1998, o Estado de São Paulo era o segundo maior produtor de leite do país. A partir do ano seguinte, começou a perder espaço no cenário nacional para os estados de Goiás, Rio Grande do Sul e Paraná passando em 2001 a ser o quinto maior estado produtor de leite. Segundo dados estatísticos do IBGE (2007) a queda da produção, no período de 1998 a 2006 foi de 12,1%. Estas reduções foram motivadas principalmente pelos baixos preços pagos aos produtores, falta de incentivos financeiros e aumentos nos custos de produção (NEVES, 2006).

Em contrapartida é possível observar que algumas atividades agrícolas apresentaram aumentos exponenciais em termos de áreas cultivadas (**Figura 12**). Este padrão pode ser observado pelas subclasses vinculadas a culturas permanentes (culturas de ciclo longo como espécies frutíferas “citros e bananeiras” além de lavouras de café) e a cana-de-açúcar.

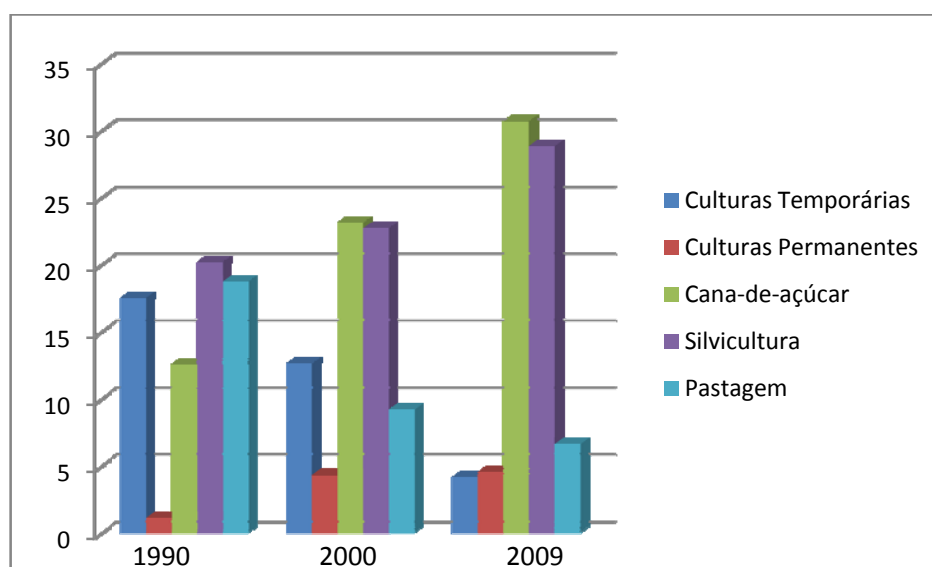


Figura 12: Distribuição das subclasses relacionadas às áreas antrópicas agrícolas.

Embora a cana-de-açúcar também esteja vinculada ao grupo de culturas temporárias (IBGE, 2006), neste estudo é apresentada separadamente devido a sua grande expressividade tanto em áreas ocupadas como na pauta de grandes discussões a respeito do desenvolvimento econômico, capacidade de suporte, fontes de energia renovável e sustentabilidade ambiental.

As áreas ocupadas com culturas permanentes representam uma das menores classes de culturas agrícolas na área de estudo, entretanto, apresentou um aumento expressivo ao longo do período avaliado passando de 1,11% para 4,42 % (aumento superior a 400%). Esta classe está associada principalmente a cultura da laranja que segundo BAPTISTELLA *et al*, 2008, é uma cultura que tem motivado inúmeras pesquisas, desde o plantio até a colheita e a comercialização do produto tanto no mercado interno quanto externo. Este subsídio às unidades produtivas vem desenvolvendo uma escala maior de produção em níveis de tecnificação cada vez mais elevados promovendo ganhos na produtividade e conseqüente expansão das áreas vinculadas a esta atividade.

O setor sucroalcooleiro representa o segmento agrícola que mais expandiu no interior das zonas de amortecimento. O cultivo da cana-de-açúcar que inicialmente ocupava apenas 12,59% da paisagem, em 2009 representava 30,74% ocupando uma área de 31,803 hectares. A este aumento (144,02%) pode ser atribuído os estímulos financeiros viabilizados pela política agrícola nacional que mobilizou o setor produtivo na conversão de grande parte das terras agricultáveis ao cultivo da cana-de-açúcar.

De acordo com CAMARGO *et al.*, (2008), o cultivo da cana-de-açúcar para a obtenção de álcool combustível teve início na década de 1970 objetivando substituir o consumo do petróleo quando foi então criado o PROÁLCOOL. Na atualidade a expansão da atividade tem sido somada as questões relacionadas às mudanças climáticas, agravadas pelo aumento das temperaturas em virtude da emissão de CO₂ pelo uso do combustível fóssil e a necessidade de fontes de energias renováveis.

O álcool produzido a partir da cana-de-açúcar apresenta favorabilidades em relação à gasolina e derivados de petróleo, principalmente por ser renovável, ainda que alguns fatores devam ser levados em consideração. A utilização do álcool como combustível e do bagaço na queima no processo de produção na unidade industrial contribui para que o balanço energético seja favorável, visto que, para cada unidade de combustível fóssil utilizado para sua produção, a cana-de-açúcar gera em média 8,3 unidades de combustível renovável (MACEDO, 2005).

Em contra partida, a conversão de grandes áreas territoriais vinculadas à monocultura enfrenta problemas sociais e ambientais. O primeiro refere-se à precarização das condições de trabalho no campo, concentração fundiária e má distribuição de renda (GONÇALVES, 2005). Já em relação aos problemas ambientais, um deles refere-se à queima anual dos canaviais para facilitar a colheita. Essa prática, contudo, afeta negativamente o ambiente, uma vez que a queima libera gás carbônico, ozônio, gases de nitrogênio e de enxofre, além da fuligem da palha queimada (RICCI, 1994; SZMRECSÁNYI, 1994). Outro problema consiste na destruição da microbiota, diminuição da umidade e porosidade dos solos, aumentando a compactação e a suscetibilidade a erosão laminar (GONÇALVES, 2005).

A condição de uma matriz essencialmente agrícola no entorno imediato das unidades de conservação também ocasiona uma série de intervenções diretas. De acordo com BARBOSA (2009), estudos realizados na EEI revelam que a unidade de conservação apresenta adiantado grau infestação por gramíneas invasoras como *Urochloa decumbens* e *Melinis minutiflora*. Segundo o mesmo autor além da presença de espécies de gramíneas oriundas das áreas vinculadas a pastagens, também podem ser verificadas a ocorrência de espécies arbóreas invasoras, *Pinus* e *Ecualyptus*, devido à presença de varias unidades de produção ligadas a silvicultura.

Esta condição também ameaça a integridade e a biodiversidade das formações florestais presentes na EESCar. De acordo com FELICIANO (1999), nesta unidade de conservação é possível encontrar uma ampla quantidade e diversidade de espécies de cipós. Segundo o mesmo autor, este aspecto é resultante basicamente dos tipos de usos e ocupação da terra implementados durante o processo de desenvolvimento econômico no entorno imediato da unidade de conservação.

A formação de grandes áreas vinculadas às monoculturas da cana-de-açúcar e silvicultura (59,62% da área de estudo no período de 2009) ainda apresenta outras incompatibilidades associadas a algumas praticas de manejo. A utilização do fogo, por exemplo, pratica de manejo amplamente utilizada nas unidades de produção, oferece grandes riscos ambientais à manutenção das unidades de conservação já que a suscetibilidade a queimadas é constante principalmente durante a estação do ano mais seca.

As áreas ocupadas com silvicultura, no período de 1990, totalizavam 20,21% das zonas de amortecimento formando a subclasse mais representativa. Durante o período analisado a

subclasse seguiu em processo contínuo de expansão chegando a 28,88% da paisagem no período de 2009 (crescimento de 42,96%). Esta atividade está vinculada principalmente ao setor madeireiro e a indústria de papel e celulose representando um dos setores mais avançados dentre as atividades antrópicas agrícolas principalmente pelo seu nível tecnológico.

4.1.5.3 Áreas de vegetação natural

Conforme o sistema de classificação adotado neste estudo, as áreas de vegetação natural compreenderam um conjunto de estruturas florestais e campestres nativas, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais. Mediante análise dos dados (**Figura 13**) é possível observar uma redução de 19,03 % das áreas naturais presentes nas zonas de amortecimento, ocupando apenas 21,99% da paisagem em 2009. Entretanto, estes valores não traduzem a real perda da qualidade ambiental acumulada ao longo deste período pelo processo de desenvolvimento econômico local.

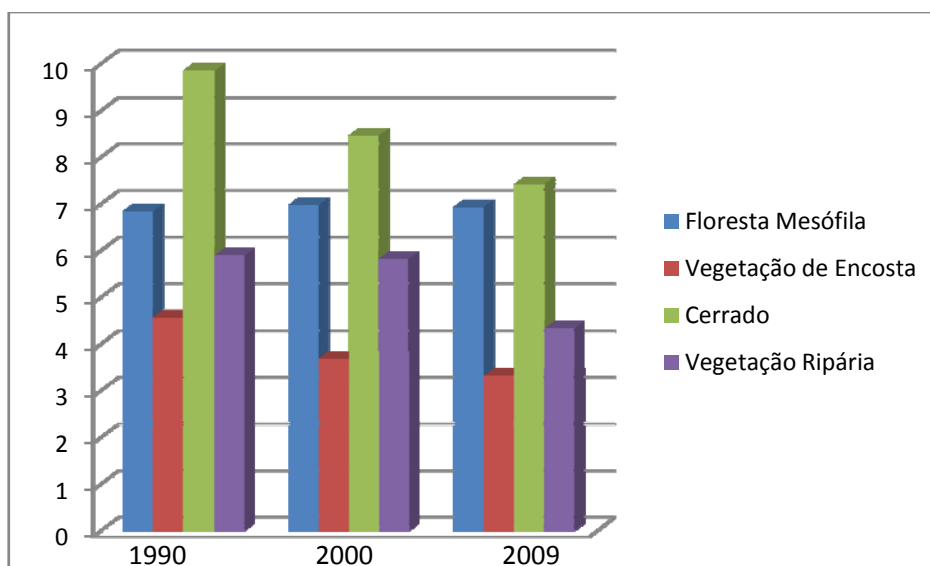


Figura 13: Distribuição das subclasses relacionadas às áreas de vegetação natural.

As áreas naturais ocupadas por floresta mesófila, cerrado e vegetação ripária encontram-se extremamente fragmentadas, isoladas e em processo contínuo de supressão. A Estação

Ecológica de Itirapina, por exemplo, é ocupada por fitofisionomias de cerrado e representa mais de 30% de toda a área ocupada por esta formação na área de estudo. As áreas de cerrado, bioma típico desta região, atualmente restringem-se a apenas 7,42% da paisagem apresentando uma perda de 24,66% ao longo do período avaliado. Esta subclasse demonstra-se como a formação florestal que apresentou o maior nível de intervenção antrópica acumulado durante o período de avaliação, pois registra uma perda média de 1,3% ao ano.

Estes dados evidenciam o adiantado grau de degradação das características ambientais locais pelo processo histórico de conversão de áreas naturais em sistemas agrícolas intensivos. A manutenção destes remanescentes florestais revela-se imprescindível sendo esta uma exigência legal. De acordo com a resolução CONAMA 13/90 a contigüidade de áreas naturais com os limites da área protegida deve ser respeitada, na medida em que o objetivo da zona de amortecimento é proteger o interior da unidade de conservação dos impactos externos a mesma.

As áreas de correspondentes a subclasse de floresta mesófila representam a formação florestal mais estável temporalmente, pois esta subclasse manteve-se praticamente constante ao longo do período. Um aumento sutil foi registrado durante os anos de 2000 a 2009 sendo que esta dinâmica está associada principalmente a algumas áreas de encosta que apresentam limitações ao manejo mecanizado e que têm sido gradualmente abandonadas e atualmente encontram-se em estágios inicial de sucessão.

As áreas ocupadas com vegetação de encosta, geralmente em um padrão linear de distribuição, apresentou perdas em sua área de distribuição e atualmente está reduzida a 3,31% da área total da paisagem. Embora constitua a subclasse de vegetação natural menos representativa, é formada, em grande parte, por formações florestais originais (pouco alteradas). A redução destas áreas compromete grande parte dos recursos naturais presentes na área, pois além da perda da cobertura vegetal, torna o solo suscetível a erosão laminar que é agravada pela condição declivosa destes locais.

As áreas de vegetação ripária mantiveram-se praticamente constantes no período compreendido entre 1990 e 2000 ocupando apenas 5,89% e 5,81% da área total da paisagem respectivamente. Atualmente esta subclasse registra uma queda de 26,57% totalizando apenas 4,33% das zonas de amortecimento. A manutenção desta subclasse de vegetação natural representa uma condição fundamental para a proteção dos recursos hídricos (rios e nascentes) e

revela-se insuficiente em relação à área ocupada (846,10 km de comprimento em cursos hídricos), portanto incondizente com a legislação ambiental.

É pertinente ressaltar que variações pequenas em percentagens para áreas vegetação natural podem ser determinadas, em partes, pelas incompatibilidades existentes nos períodos de obtenção dos dados orbitais. Estas variações de períodos, suficientes para ocasionar mudanças fenológicas sazonais nas diferentes formações florestais, afetam o comportamento espectral da vegetação e podem gerar confusões ao processo de fotointerpretação. As características de dossel das diferentes fitofisionomias podem variar em função das alterações sazonais de temperatura e precipitação que por sua vez aumentam os problemas relacionados à mistura espectral dos alvos provocados pela interferência dos demais constituintes da cena.

As dificuldades de classificação e diferenciação das fitofisionomias locais provocadas por variações sazonais podem ser evidenciadas pela análise do comportamento espectral de um fragmento de vegetação em todos os períodos analisados (**Figura 14a**), através dos valores do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) para cada classe de vegetação considerada neste estudo (**Figura 14b**) e através das imagens fração do Modelo Linear de Mistura Espectral (**Figura 14c, d, e**). As relações existentes entre o comportamento espectral do dossel das diferentes formações vegetais e as variações anuais de temperatura e precipitação podem ser analisadas nas **figuras 14f e 14g**.

Como pode ser analisado na **figura 14 (a - g)**, ao longo do ano as formações vegetais podem apresentar modificações na estrutura do dossel. Estas modificações estão associadas às variações sazonais de temperatura e precipitação as quais são submetidas ao longo do ano. As interações provenientes das formações vegetais e condições físicas adversas produzem por sua vez as disparidades já citadas no comportamento espectral dos alvos nas cenas obtidas pelo sensor TM.

Dentre as cenas utilizadas neste trabalho, o maior contraste pode ser fixado entre as cenas obtidas nos meses 08/1990 e 06/2000 em relação à cena obtida em 02/2009. Durante os meses de junho a agosto ocorrem os valores mais baixos de temperatura e precipitação, caracterizando-se como uma estação fria e seca (**Figura 14f e g**). Esta característica faz com que parte da vegetação que compõe o dossel perca suas folhas fazendo com que a oferta de pigmentos fotossintetizantes (clorofila, xantofila...) seja menor provocando aumentos na reflectancia do dossel nas faixas do espectro eletromagnético do visível (azul (b1), verde (b2) e vermelho (b3)) e uma menor

reflectancia na região do infravermelho próximo (b4) e infravermelho médio (b5 e b7) (**Figura 14a**).

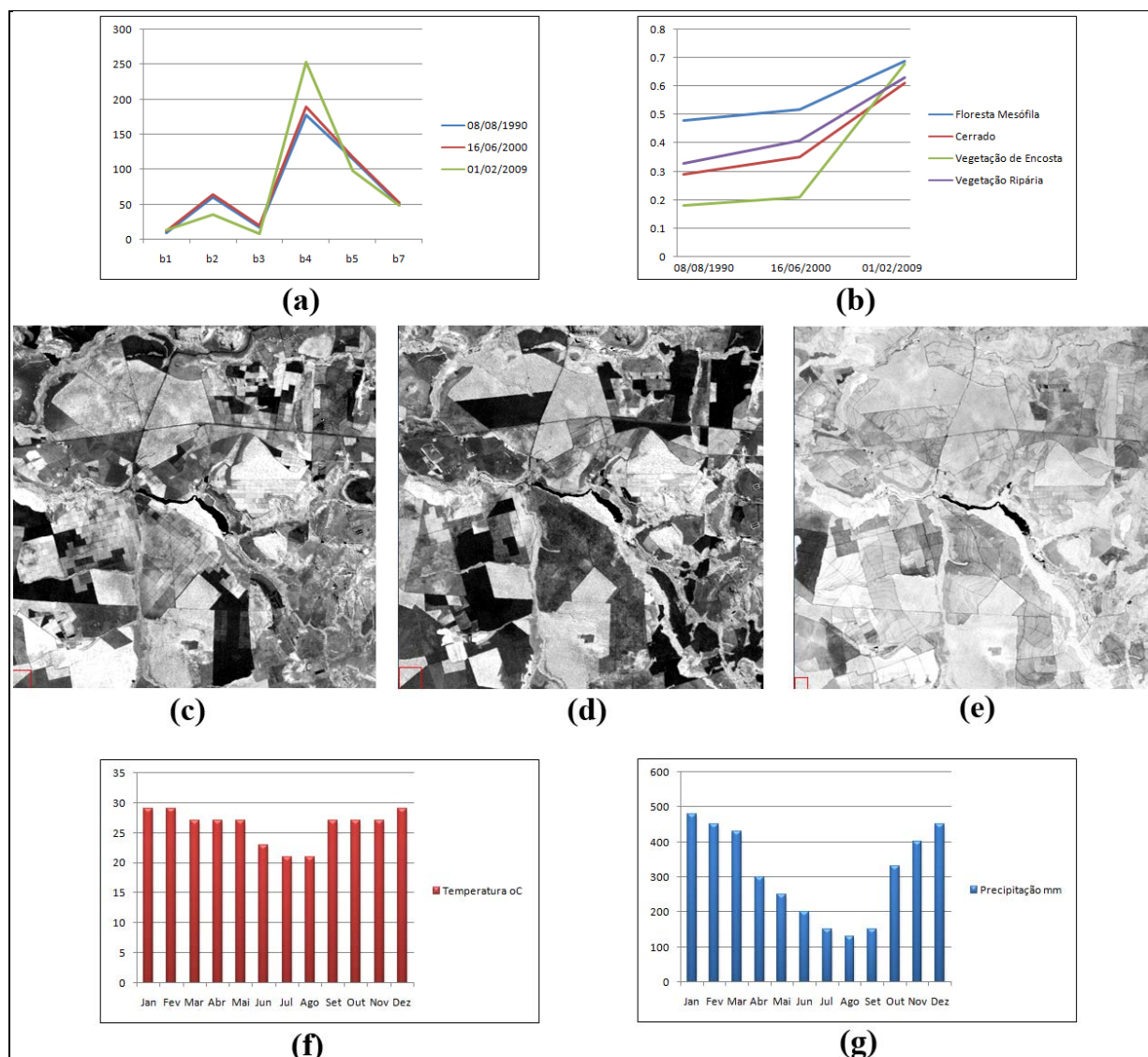


Figura 14: Análise do comportamento espectral de um fragmento de floresta mesófila em cada cena utilizada (a), distribuição dos valores de NDVI para cada formação vegetal identificada nos períodos trabalhados (b), imagem fração vegetação 08/08/1990 (c), imagem fração vegetação 16/06/2000 (d), imagem fração vegetação 01/02/2009 (e), médias mensais de temperatura (f) e precipitação (g) para a área de estudo.

A característica espectral inversa apresentada na cena do mês de fevereiro se deve ao fato de que neste período as temperaturas estão mais elevadas e a oferta de precipitação é maior. Como consequência o verdor apresentado pelas fitofisionomias revela uma grande

disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes e forte absorção dos comprimentos de onda situados a faixa do visível, principalmente no vermelho, sendo este o comprimento de onda mais utilizado pela vegetação no processo fotossintético.

De forma similar, esta tendência das formações vegetais pode ser analisada através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que ilustra na **figura 14b** um padrão semelhante para todas as formações vegetais identificadas neste estudo e que também se devem aos aspectos biofísicos apresentados. As variações de intensidade se devem principalmente as características de cada fitofisionomia, além dos efeitos associados ao sombreamento (vegetação de encosta) e as características intrínsecas do dossel (mais esparso ou mais fechado) que vão variar em termos da contribuição de fundo em cada cena.

Já a decomposição espectral das cenas utilizadas (**figura 14c, d e e**) ilustra as variações no comportamento espectral da vegetação onde é possível visualmente perceber as variações na contribuição da vegetação na formação do pixel. Mais uma vez, o realce está situado entre a estação mais seca (cenas 08/1990 e 06/2000) e a estação mais chuvosa (cena 02/2009). Nestas ilustrações, os pixels com coloração mais próximas do branco, significam uma vegetação vigorosa com dossel imponente e rico em pigmentos fotossintetizantes.

Como pode ser analisado, estes dados permitem uma maior compreensão a respeito das características intrínsecas a cada fitofisionomia a partir de dados orbitais possibilitando avaliar a dinâmica fenológica de cada formação florestal e sua relação com as variações sazonais locais. Neste caso, além de fornecer uma base de dados capaz de auxiliar a separabilidade de fitofisionomias distintas durante o processo de classificação das imagens do sensor TM, também revelam-se indicadores capazes de identificar os períodos de maior suscetibilidade ambiental às queimadas.

É possível observar que a dinâmica fenológica da vegetação apresenta durante os meses de junho a agosto os períodos de maior senescência. Durante este período a concentração de matéria orgânica inflamável aumenta tornando áreas remanescente de vegetação natural e as próprias unidades de conservação mais suscetíveis ao fogo. Na área de estudo durante este período ocorre grande parte da colheita (abril a novembro) das áreas vinculadas ao cultivo da cana-de-açúcar onde o emprego do fogo ainda é uma prática de manejo comum. Esta condição oferece sérios riscos a integridade ambiental das unidades de conservação, principalmente para a

EESCar que apresenta-se integralmente imersa em uma matriz associada ao cultivo da cana-de-açúcar.

4.1.5.4 Água

As áreas ocupadas com a classe de uso água, na maioria dos casos, não estão associadas a cursos de água corrente propriamente ditos, mas ao represamento de água, geralmente, em pequenos açudes e lagoas destinados à criação de peixes ou à dessedentação de animais. Esta classe de usos manteve-se praticamente constante ao longo do período de 1990 a 2009, mas pode ter sido influenciado, em partes, pela resolução espacial das imagens orbitais utilizadas, pois corpos hídricos inferiores a 900 m² podem ter sido subestimados.

Nesta classe é necessário ressaltar a presença das represas do Lobo e represa Santana situadas no interior das zonas de amortecimento. Os lagos representam os maiores corpos hídricos identificados na área de estudo e são marcados por sua importância econômica, ambientais, social e turística que representam.

4.1.6 Áreas de Preservação Permanente (APPs)

A carta referente às Áreas de Preservação Permanente (**Figura 15**) situadas nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI definiu áreas com cobertura ou não de vegetação natural, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Na área de estudo as APPs representam uma área de 5.185,72 hectares distribuídos entre APPs situadas ao longo de cursos hídricos (93,02% das APPs) em uma distribuição linear paralela fixada em 30 metros de cada lado e no entorno das nascentes (6,98% das APPs) em um raio de 50 metros. As áreas de preservação permanente situadas em regiões de encosta a cima de 45° ou 100% de declividade não foram encontradas na área de estudo segundo a metodologia de tratamento de dados utilizada.

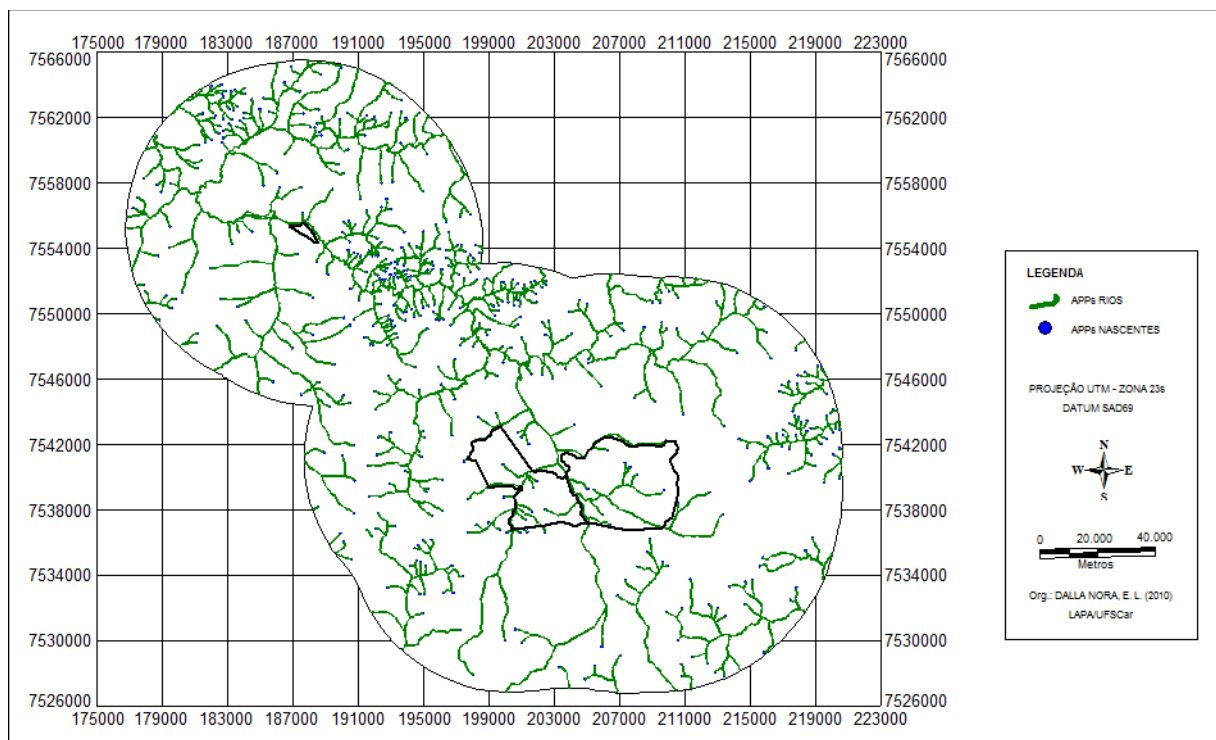


Figura 15: Distribuição espacial das APPs situadas nas zonas de amortecimento das EEI e EESCar.

A identificação e registro de áreas de declividades à cima de 100% podem, em partes, terem sido subestimadas pela escala de trabalho utilizada neste estudo e pela resolução espacial dos dados referentes à carta de declividade. O registro preciso destas áreas requer mapeamentos altimétricos mais detalhados que realcem as feições mais delicadas do relevo, pois se restringem a pequenas áreas que podem se tornar imperceptíveis tanto aos sensores orbitais como para mapeamentos planialtimétricos baseados em curvas de níveis.

4.1.7 Usos e Ocupação da Terra nas APPs

As áreas de preservação permanente foram classificadas de acordo com o uso e ocupação da terra nas categorias condizentes (C) e não condizentes (NC) com o Código Florestal Brasileiro para os períodos de 1990, 2000 e 2009. A categoria não condizente com a legislação resultou da sobreposição entre áreas legalmente protegidas e os usos ali praticados com outras finalidades, que não o de preservação ambiental. Os resultados estão apresentados na **tabela 5** e podem ser visualizados nas **figuras 16, 17 e 18**.

Tabela 5: Distribuição das classes de usos e ocupação da terra nas APPs nas zonas de amortecimento das EECar e EEI.

| Classes | 1990 | | 2000 | | 2009 | |
|-------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | ha | % | ha | % | ha | % |
| Mata Ciliar Condizente | 2.893,00 | 59,97 | 2.808,91 | 58,23 | 2.676,12 | 55,48 |
| Mata Ciliar Não Condizente | 1.930,64 | 40,03 | 2.014,73 | 41,77 | 2.147,52 | 44,52 |
| Total Mata Ciliar Rios | 4.823,64 | 100 | 4.823,64 | 100 | 4.823,64 | 100 |
| Nascentes Condizentes | 150,45 | 41,53 | 141,67 | 39,12 | 134,09 | 37,03 |
| Nascentes Não Condizentes | 211,63 | 58,47 | 220,41 | 60,88 | 227,99 | 62,97 |
| Total Nascentes | 362,08 | 100 | 362,08 | 100 | 362,08 | 100 |

De modo geral, é possível observar que o percentual de áreas de preservação permanente condizentes com a legislação ambiental já era baixo em 1990 e posteriormente sofreu uma diminuição ainda maior nos período de 2000 a 2009, somando apenas 55,48% das APPs para rios e 37,03% das APPs para nascentes em situação condizente nas zonas de amortecimento, atualmente.

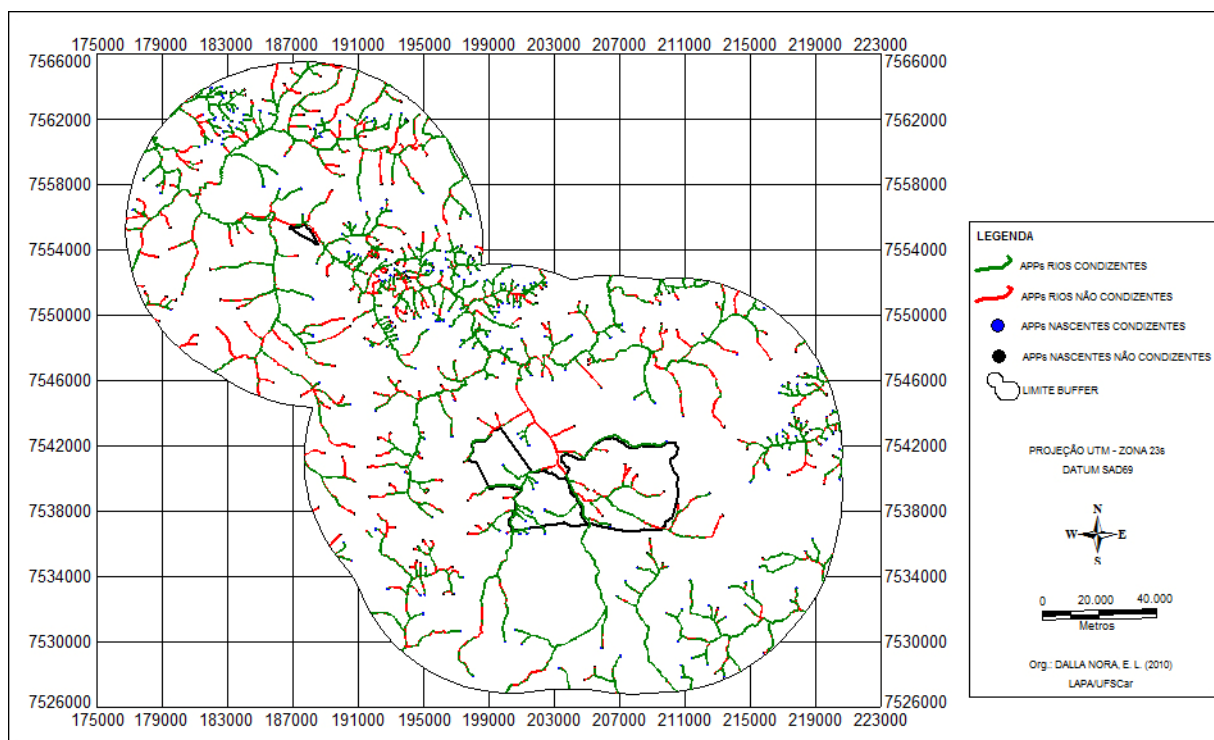


Figura 16: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 1990 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

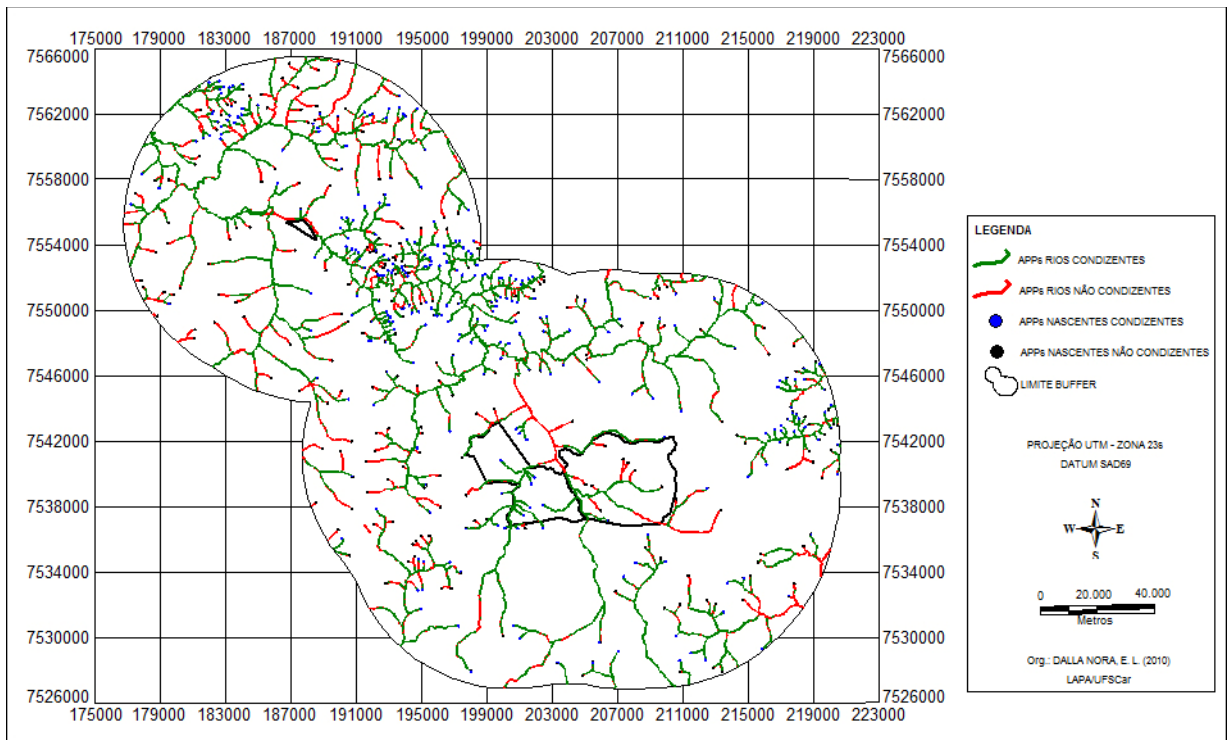


Figura 17: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 2000 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

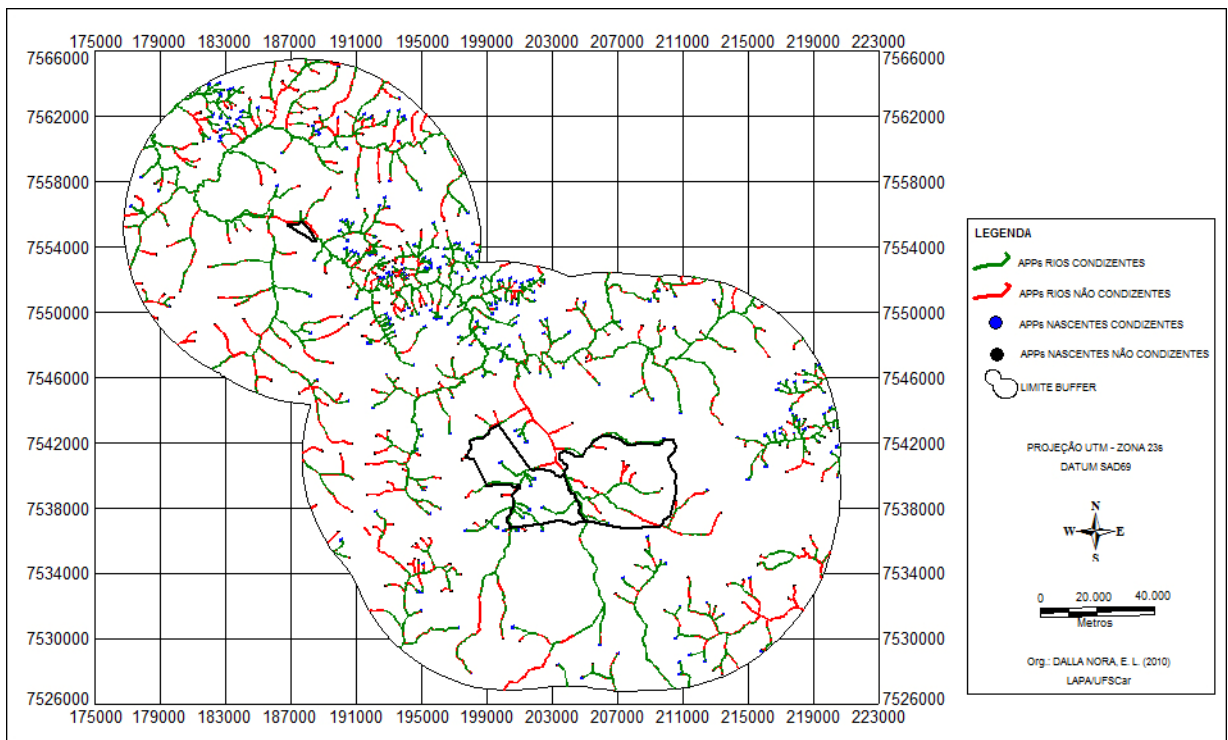


Figura 18: Distribuição espacial dos usos e ocupação da terra nas APPs no período de 2009 nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

Estes resultados evidenciam o adiantado grau de degradação destas formações vegetais e revelam-se como um alerta a respeito dos riscos a que estão submetidos os recursos hídricos contidos nas zonas de amortecimento em função da incompatibilidade de áreas vinculadas a conservação e proteção destes recursos. A vegetação ripária (ciliar) é considerada como um importante indicador das condições ambientais, pois protege o solo, reduz o transporte de sedimentos e o assoreamento dos recursos hídricos, além de servir de habitat para animais silvestres, contribuindo com a manutenção da biodiversidade.

De acordo com os resultados apresentados, as APPs nascentes representam a categoria sob maior intervenção antrópica, pois atualmente 62,97% delas encontram-se em situação incompatível com as definições legais. Os aumentos registrados nas APPs em situação não condizente estão associados principalmente a presença de classes antrópicas agrícolas implantadas nestes locais. Por se tratarem de áreas de baixa encosta, relativamente planas e com grande potencial para mecanização, são gradualmente reduzidas aumentando exponencialmente os riscos ambientais associados ao assoreamento hídrico e perda da qualidade ambiental.

Alterações nos usos e ocupação da terra, de caráter tradicionalmente produtivo para usos conservacionistas ou mais compatíveis com áreas de preservação, são necessárias e urgentes no âmbito das zonas de amortecimento, entretanto, são extremamente difíceis de serem realizadas. Envolve negociação entre os proprietários da terra, usuários, técnicos e a população como um todo, para que sejam aceitas e efetivadas.

4.1.8 Pedologia

A carta pedológica das zonas de amortecimento das EESCar e EEI foi elaborada com base no Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo, na escala 1:100.000. Na área de estudo foram encontrados oito tipos diferentes de solos (**Figura 19**), dentre eles: Latossolo Vermelho Amarelo, Areias Quartzosas Profundas, Podzólico Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Latossolo Vermelho Escuro, Hidromórficos e Litólicos. Na **tabela 6** estão apresentadas as áreas ocupadas em cada classe, com seus respectivos valores em hectares para as zonas de amortecimento.

A classe Latossolo Vermelho Amarelo é a mais representativa presente nas zonas de amortecimento, ocupado uma área de 42.117,01 ha, aproximadamente 41% da área total da

paisagem. O relevo onde esta classe ocorre é predominantemente plano ou suave ondulado, morfologicamente apresenta cor amarelada homogênea em profundidade, e pode apresentar textura média ou argilosa ou muito argilosa que lhe permite facilmente a mecanização agrícola. Por ser profundo, poroso ou muito poroso, há condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade. Apresenta como limitações a baixa quantidade de água disponível às plantas. Em condições naturais os teores de fósforo são baixos e devem ser elevados através da adubação. Outra limitação refere-se à compactação não só se a textura for argilosa ou muito argilosa, mas também se a textura for média, especialmente se o teor de areia fina for alto.

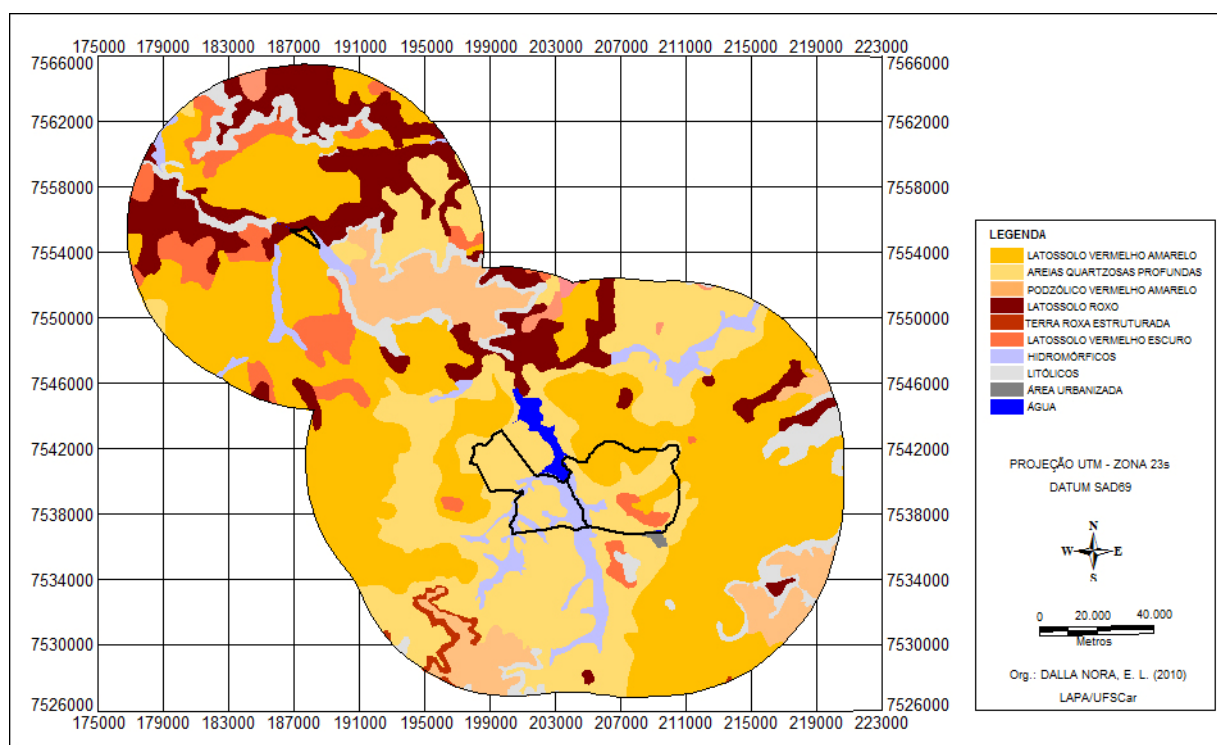


Figura 19: Distribuição espacial da tipologia de solos presentes nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI.

A classe Areias Quartzosas Profundas ocupou uma área de 26.037,15 hectares representando 25,34% da paisagem. Este solo ocorre em relevo plano ou suave ondulado, apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro. Considerando-se o relevo de ocorrência, o processo erosivo não é alto, porém, deve-se precaver com a erosão devido à textura ser essencialmente arenosa. Por ser solo

profundo, não existe limitação física para o desenvolvimento radicular em profundidade. Entretanto, o caráter álico, ou distrófico, pode limitar o desenvolvimento radicular, que é ainda mais limitado devido à reduzida quantidade de água disponível (textura essencialmente arenosa). Os teores de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes são muito baixos e a lixiviação de nitrato é intensa devido à textura essencialmente arenosa.

Tabela 6: Distribuição das classes, área em hectares e percentagens relativas da tipologia de solos presentes nas zonas de amortecimento das EEESCar e EEI.

| Tipos de Solos | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| Latossolo Vermelho Amarelo | 42.117,01 | 41,01 |
| Areias Quartzosas Profundas | 26.037,15 | 25,34 |
| Latossolo Roxo | 11.725,64 | 11,42 |
| Podzólico Vermelho Amarelo | 6.901,95 | 6,72 |
| Latossolo Vermelho Escuro | 5.316,57 | 5,18 |
| Litólicos | 4.948,77 | 4,82 |
| Hidromórficos | 4.087,95 | 3,97 |
| Terra Roxa Estruturada | 1.579,01 | 1,54 |
| Total | 102.714,05 | 100 |

Obs. A área total de solos é inferior as demais cartas temáticas devido ao fato deste mapeamento estar subtraindo as áreas urbanizadas e hídricas.

A classe Latossolo Roxo ocupou uma área de 11.725,64 hectares, representando aproximadamente 11,42% da paisagem. Esta classe ocorre em relevo plano ou suavemente ondulado e sua cor avermelhada é bastante homogênea em profundidade, com teor de argila uniforme mesmo ao longo do perfil. O relevo que favorece muito a mecanização agrícola, aliado às boas condições físicas (solo profundo, muito poroso, de textura homogênea ao longo do perfil) condicionam maior resistência à erosão. Por serem solos profundos, não há impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, e este enraizamento é mais abundante se o solo for eutrófico. Conseqüentemente, o vigor da planta é maior, o que é importante para superar possíveis condições adversas de falta de água durante eventuais estações secas. Em

condições naturais, os teores de fósforo (P) são baixos e necessitam ser elevados através da adubação. Por serem solos bastante suscetíveis à compactação, é recomendável reduzir o tráfego de veículos, além de se evitar a aração e a subsolagem quando o solo estiver muito úmido.

A classe Podzólico Vermelho Amarelo ocupou uma área de 6.901,95 hectares o que representa aproximadamente 6,72% da paisagem. Esta classe geralmente ocorre em relevo ondulado ou forte ondulado, apresenta cor amarelada ou vermelho-amarelada no horizonte B, o qual em geral apresenta maior teor de argila do que o horizonte A. Normalmente apresenta serosidade, especialmente se a textura for argilosa ou muito argilosa e quando eutrófico, há condições favoráveis para o enraizamento ao longo do perfil. Outro aspecto favorável ao enraizamento ocorre por ser solo normalmente profundo. Os aspectos da paisagem e do próprio solo contribuem para que o processo erosivo se constitua no fator mais limitante, pois o relevo é movimentado e o solo apresenta gradiente textural (média do teor de argila do horizonte B dividido pela média do teor de argila do horizonte A) em geral alto, especialmente se ocorrer o caráter abrupto, ou seja, se o teor de argila do horizonte B for muito maior do que no horizonte A na região de contato entre estes horizontes. Quando álico ou distrófico há baixo potencial nutricional no horizonte B e apresenta baixo teor de água disponível às plantas se a textura do horizonte A for arenosa e torna-se sujeito a compactação se o horizonte A for especialmente de textura média ou mais argilosa.

A classe Latossolo Vermelho Escuro ocupou uma área de 5.316,57 hectares representando aproximadamente 5,18% das zonas de amortecimento. Sua ocorrência é predominante no relevo plano ou suavemente ondulado. A cor vermelha é uniforme em profundidade, e a textura pode ser média, argilosa ou muito argilosa. O relevo permite facilmente a mecanização agrícola, e por ser profundo, poroso ou muito poroso existem condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade. Este tipo de solo apresenta como limitação à baixa quantidade de água disponível às plantas, geralmente constatada. São solos que, em condições naturais, apresentam baixos níveis de fósforo, apresentando problemas de compactação não só se a textura for argilosa ou muito argilosa, mas também se a textura for média, especialmente se o teor de areia fina for elevado.

A classe de solos Litólicos ocupou uma área de 4.948,77 hectares que representam 4,82% da área de estudo. Esta classe normalmente ocorre em relevo ondulado ou muito movimentado. Trata-se de um solo raso, e geralmente a soma dos horizontes A-Cr-R ou do horizonte A sobre a

rocha não ultrapassa 50 cm. Quando eutrófico ocorrem condições adequadas para o crescimento vegetal, desde que a rocha não seja muito dura. O risco de erosão é muito grande devido não só a sua pequena profundidade, que limita a infiltração de água, mas também ao declive acentuado. Quando distrófico ou álico, o potencial nutricional é limitado e apresenta baixos teores de fósforo em condições naturais.

A classe de solos Hidromórficos ocupou uma área de 4.087,95 hectares que representam aproximadamente 3,97% das zonas de amortecimento. Sua ocorrência é próxima a rios ou drenagens no relevo plano, sendo evidentes as camadas de solo depositadas, que se diferenciam pela cor e textura. Quando eutróficos ocorrem condições adequadas para o enraizamento em profundidade, o que também é facilitado por ser solo profundo. Quando álico ou distrófico ocorrem condições desfavoráveis para o enraizamento em profundidade e há risco de inundação, que pode ser muito freqüente.

A classe Terra Roxa Estruturada ocupou uma área de 1.579,01 hectares que representa apenas 1,54% da paisagem. Esta classe ocorre predominantemente em relevo ondulado, apresenta cor avermelhada uniforme ao longo do perfil e textura argilosa ou muito argilosa, tanto no horizonte A como no horizonte B. O horizonte B apresenta estrutura prismática ou em blocos subangulares, forte ou moderadamente desenvolvidos, além da presença de serosidades. Quando eutrófico, o horizonte B permite adequado enraizamento em profundidade, o que também é favorecido porque o solo geralmente é profundo e apresenta teores de micronutrientes relativamente elevados. O relevo favorece a erosão do solo, portanto, a conservação do solo merece os devidos cuidados. Há maior limitação para o desenvolvimento radicular em profundidade se o solo for álico devido à alta saturação por alumínio (no solo distrófico a limitação é menor). A baixa quantidade de água disponível constitui outro fator limitante além da suscetibilidade à compactação.

4.1.9 Áreas de Riscos a Erosão

As cartas das áreas de riscos a erosão geradas para as zonas de amortecimento das EESCar e EEI buscou avaliar a suscetibilidade a erosão do recurso natural solo com base em uma abordagem baseada na presença e distribuição espacial das área de vegetação natural e nas condições de declividade apresentadas pelo relevo (**Figuras 20, 21 e 22**). Esta carta pode ser

associada como um indicador da qualidade ambiental local associada à perda/ganho de áreas naturais em locais onde a utilização destas terras com atividades relacionadas ao setor agropecuário poderiam ser inviáveis ou mesmo viáveis desde que atendidas às necessidades de praticas de manejo conservacionistas.

De forma geral, é possível observar na **tabela 7** que as áreas de riscos mínimos a erosão estão progressivamente sendo reduzidas, indicando perda de áreas vegetação natural e conversão destas áreas para a implantação de atividades antrópicas. Esta dinâmica corrobora com os dados registrados nas análises de usos e ocupação da terra e como consequência observa-se um aumento vinculado às classes de riscos menor e intermediário a erosão, oriundos da perda de áreas naturais proporcionalmente às suas declividades locais.

As áreas sujeitas a um risco mínimo a erosão em 1990 representava 27,16% e em 2009 foi reduzida para 21,98%. Esta classe registra uma perda de área de 19% ao longo do período analisado e corresponde à áreas ocupadas com vegetação nativa em diferentes estágios de sucessão. Entende-se que a vegetação nativa, independente da declividade do solo, é a condição que garante a maior estabilidade e a menor perda de solo por erosão e representa a condição de proteção máxima ao recurso natural solo (MISSIO, 2003).

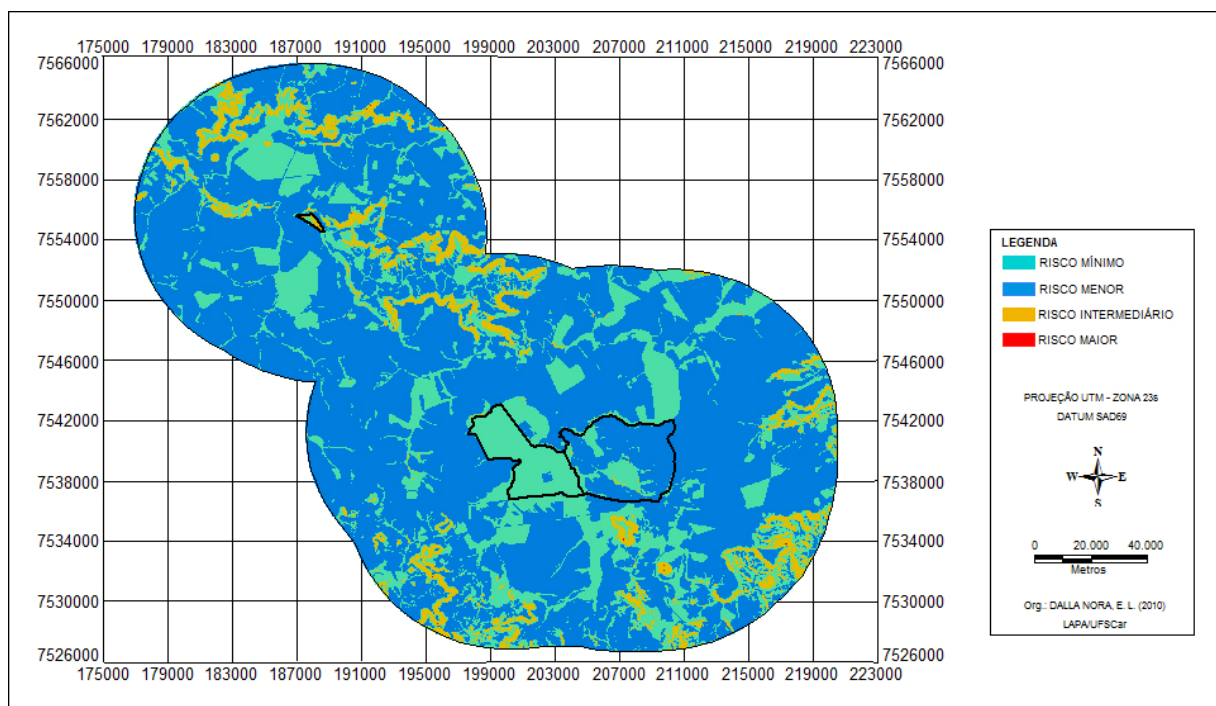


Figura 20: Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 1990.

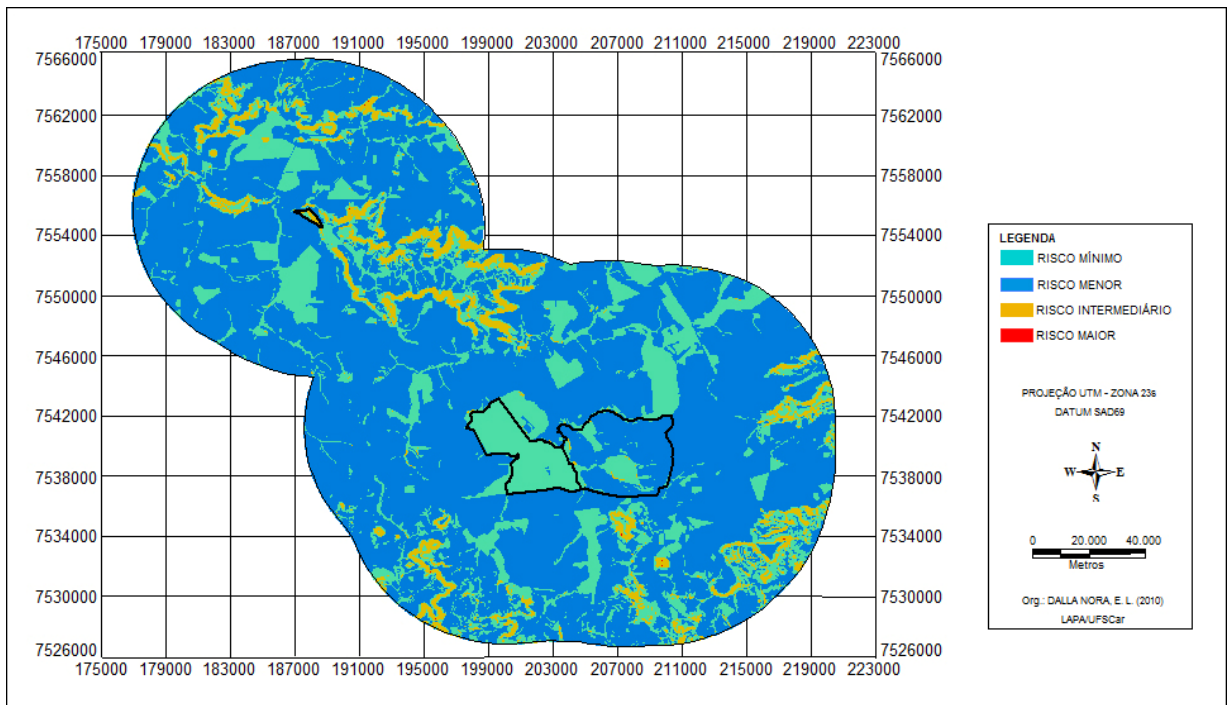


Figura 21: Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 2000.

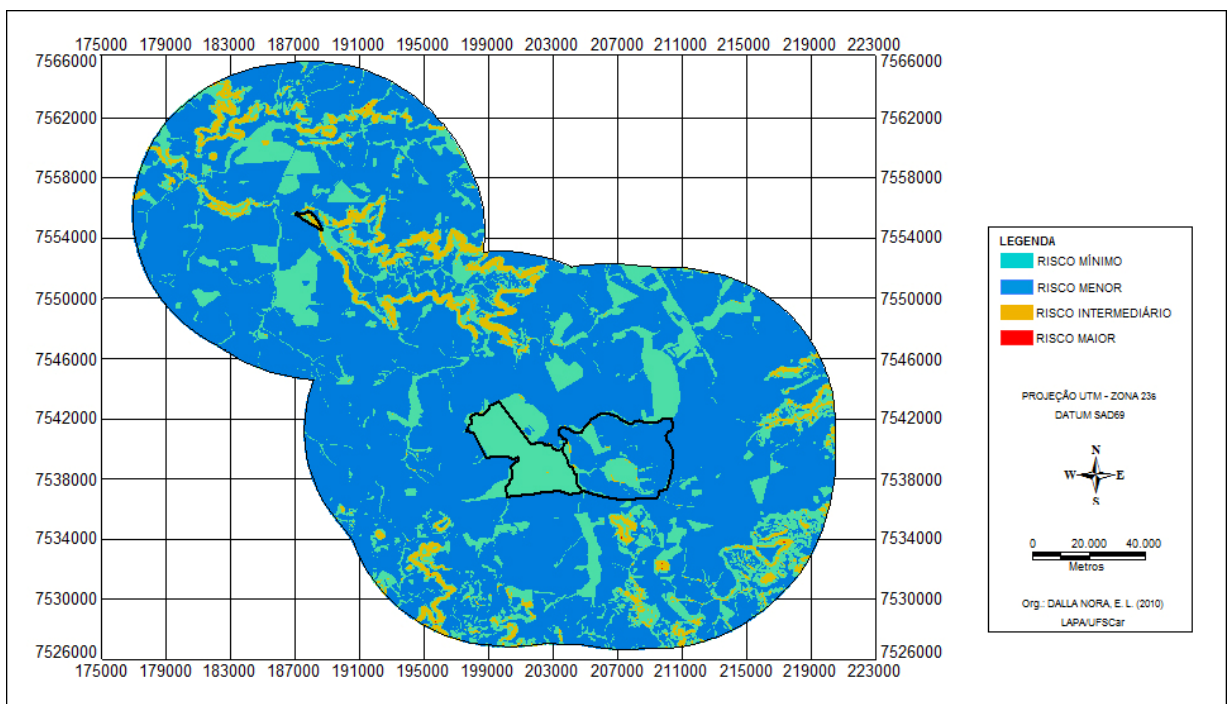


Figura 22: Distribuição espacial dos riscos potenciais a erosão nas zonas de amortecimento para o ano de 2009.

As áreas de risco menor formam a classe mais representativa de riscos a erosão devida grande extensão de áreas compreendidas entre as cotas de declividade de 0 a 13%. Esta classe ocupou em média 69,06% da superfície no período de 1990 a 2009 e corresponde às áreas ocupadas com uso antrópico. São áreas que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), podem ser utilizadas com culturas anuais, desde que, sejam adotadas práticas simples de controle a erosão.

Tabela 7: Distribuição das classes, áreas ocupadas e percentagens relativas das áreas de riscos a erosão nas zonas de amortecimento das EESCar e EEI para os anos de 1990, 2000 e 2009.

| Classes | 1990 | | 2000 | | 2009 | |
|---------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | ha | % | ha | % | ha | % |
| Risco Mínimo | 28.104,52 | 27,16 | 25.809,98 | 24,94 | 22.753,73 | 21,98 |
| Risco Menor | 69.664,56 | 67,31 | 71.044,93 | 68,65 | 73.706,05 | 71,23 |
| Risco Intermediário | 5.707,67 | 5,52 | 6.620,73 | 6,40 | 7.015,21 | 6,78 |
| Risco Maior | 5,67 | 0,01 | 6,78 | 0,01 | 7,43 | 0,01 |
| Total | 103.482,42 | 100 | 103.482,42 | 100 | 103.482,42 | 100 |

A classe de risco intermediário apresentou aumentos sutis ao longo do período analisado variando de 5,52% em 1990 a 6,78% em 2009. Esta classe corresponde a áreas ocupadas com atividades antrópicas onde a declividade varia entre 13 a 45%. São áreas onde o controle a erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico e o uso agrícola é restrito. Nestes locais é fundamental a mudança da matriz produtiva, que na área de estudo está baseada principalmente na produção de cana-de-açúcar. Nestas áreas, muitas vezes não são utilizadas práticas adequadas de manejo e podem apresentar vários problemas de fertilidade e baixa produtividade. São áreas que demandam a implementação de práticas conservacionistas urgentes como a utilização de culturas permanentes como fruticultura, silvicultura e o extrativismo vegetal (MISSIO, 2003).

As áreas de risco maior mantiveram-se praticamente estáveis, os aumentos registrados nesta classe não são perceptíveis em valores percentuais, apenas em área. Estes locais compreendem as áreas com mais de 45% de declividade e que estão sendo utilizadas com atividades antrópicas. Tratam-se de áreas que deveriam ser destinadas a preservação ambiental, não sendo permitido qualquer uso agrícola sob pena de seus solos serem totalmente erodidos. Por

esta razão, apresentam sérios problemas de degradação de solo, e conseqüentemente comprometimento dos recursos hídricos.

5. CONCLUSÕES

As características originais da área de estudo, em decorrência do desenvolvimento econômico local, vêm progressivamente sendo modificada pelo processo de conversão de sistemas naturais em sistemas culturais. Este processo vem revelando novos padrões espaço/temporais a partir dos quais é possível observar uma estreita relação entre a manutenção de uma matriz essencialmente agrícola e a perda de qualidade ambiental local.

Nas zonas de amortecimento das unidades de conservação a apropriação desordenada da paisagem orientada apenas pelas favorabilidades econômicas atuais vem determinando o avanço de setores agrícolas associados principalmente ao cultivo da cana-de-açúcar e silvicultura. A magnitude desta dinâmica associada às características físicas favoráveis ocasionou uma reestruturação tal, capaz de interferir drasticamente nas características ambientais da área questionando os limites do desenvolvimento sustentável.

A condição destas áreas situadas no entorno imediato das unidades de conservação estão diretamente relacionada à sua capacidade de desempenhar as funções ecológicas as quais estão associadas à implantação e manutenção destas áreas. A redução da heterogeneidade espacial, a expansão de monoculturas intensivas, o avanço de áreas urbanas e o aumento da densidade populacional no entorno destas áreas revelam-se como os fatores preponderantes que ameaçam diretamente a sua integridade biológica.

Neste contexto, a característica da atual configuração dos remanescentes de vegetação natural extremamente fragmentada e isolada também está diretamente associada os principais riscos ambientais que ameaçam a manutenção das unidades de conservação. As incompatibilidades verificadas em relação às áreas de preservação dos recursos hídricos e as atividades antrópicas desenvolvidas nestes locais, somados aos riscos potenciais a erosão confirmam a perda da qualidade ambiental das áreas.

Neste sentido, uma modificação nos usos e ocupação da terra, de caráter tradicionalmente produtivo para usos conservacionistas ou mais compatíveis com as unidades de conservação velam-se necessárias e urgentes no âmbito das zonas de amortecimento. Sendo que do contrário, a funcionalidade destas áreas protegidas, a conservação dos recursos bióticos e a manutenção das funções ecológicas estariam, em um futuro próximo, comprometidas em decorrência das tendências atuais em relação às características estruturais da paisagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, G.S. Mudança ambiental global e a formação do regime para proteção da biodiversidade. **Revista CEJ**, Brasília, v.1, n.3, p.166, set./dez. 1997.

BARBOSA, E. G. (2009), Eficiência do manejo no controle de duas espécies de gramíneas invasoras em cerrados paulistas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

BAPTISTELLA, C. S. L.; FREDO, C. E.; OLIVETTE, M. P. A.; VICENTE, M. C. M.; FRANCISCO, V. L. F. S.; Técnicas e Ocupação de Mão-de-obra na Cultura de Laranja no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, SP, v.38, n.12, dez. 2008.

BENJAMIN, A.H.V. Desapropriação, reserva florestal legal e áreas de preservação permanente. **Revista CEJ**, Brasília, v.1, n.3, p.33-41, set./dez. 2001.

BERNARDES, A. T., MACHADO, A. B. M. e RYLANDS, A. B. **Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 65 p.,1990.

BOARDMAN, J.W. KRUSE, F.A. Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada. In: **Proceedings** of the 10th ERIM - Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI., vol. 1, p. 407-418, 1994.

BRASIL, Decreto - lei nº 4.771/65 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em <<http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html>> e <<http://www.ipef.br/legislacao/codigo-conama.html>>. Acesso em 26 abril de 2009.

BROWN Jr., K. S.; PRANCE, G. T.; Soils and vegetation. In: Biogeography and Quaternary History in Tropical America, T. C. Whitmore e G. T. Prance (Ed.), p. 175-196. Clarendon Press, Oxford, 1987.

BUTCHART, S.H.M.; STATTERSFIELD, A.J.; BAILLIE, J.L.; BENNUN, A.; STUART, S.N.; AKÇAKAYA, H.R.; HILTON-TAYLOR, C.; MACE, G.M.; Using Red List Indices to measure progress towards the 2010 target and beyond. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. 255–268, 2005

CÂMARA, I.G. Política nacional de biodiversidade: análise comparativa das estratégias de diversos países. MMA/SBF, 2000. <http://www.mma.gov.br/biodiversidade> acesso em 8 mar. 2009.

CAMARGO, A. M. M. P.; CASER, D. V.; CAMARGO, F. P.; OLIVETTE, M. P. A.; SACHS, R. C. C.; TORQUATO S. A.; Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 47-66, mar. 2008.

CAMPANHOLA, C., RODRIGUES, G.S., DIAS, B.F. Agricultural biological diversity. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.50, n.1, p.10-13, 1998.

CANHOS, V.P. (Ed.). Workshop Biodiversidade: perspectivas e oportunidades. Campinas: Base de Dados Tropical, 1996.

CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F., MENESES, P. R., GUIMARÃES, R. F. Classificação e eliminação dos ruídos em imagens hiperespectrais pela análise seqüencial da transformação por fração de ruído mínima. **Revista Brasileira de Geofísica**. 20(1): 31-41. 2002.

COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**. v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, resolução nº 13 de 6 de dezembro de 1990. Normas referentes ao entorno das Unidades de Conservação visando a proteção dos ecossistemas ali existentes. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*,

Brasília, DF, 06 dez. 1990. Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/legislacao/Res_CONAMA_13_1990> Acesso em: 25 ago. 2009.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (1992: Rio de Janeiro). Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília: Senado Federal/Secretaria de Edições Técnicas, 1997.

CORADIN, L.; TORTATO, D. T.; **Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira**. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: MMA, 2006.

CORDANI, V.G., MASCOVITCH, J., SALATI, E. (Eds.). Rio-92 cinco anos depois: avaliação das ações brasileiras em direção ao desenvolvimento sustentável. São Paulo: IEA/USP, 1997.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v.387, n.6230, p.1-13, 1997.

CYSNE, M., CORADIN, L., GUERREIRO, A.J.V. et al. Biodiversidade, legislação e política internacional. **Revista CEJ**, Brasília, v.3, n.8, p.143-154, maio/ago. 1999.

DALY, D. C. e PRANCE, G. T. Brazilian Amazon. In: Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendations for the Future. D. G. Campbell e H. D. Hammond (Ed.), p. 401-426. New York Botanical Garden, New York, 1988.

DE GROOT, R. S. Functions of Nature. Evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making. Wolters-Noordhoff, Wageningen. 1992.

DECRETO DE DESAPROPRIAÇÃO nº 38.957 de 25 de agosto 1961 . São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 20 de Fev. de 2009.

DECRETO ESTADUAL Nº 26.890, DE 12 de março DE 1987. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 20 de Fev. de 2009.

DECRETO FEDERAL Nº 99.274, DE 6 DE JULHO DE 1990. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/Antigos/D99274.htm>>. Acesso em 20 de Fev. de 2009.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D. M.; GRAHAM, D. J.; WEBSTER, A. L.; PRIMM, S. A.; BOOKBINDER, M. P.; LEDEC, G. A conservation Assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington: **WWF & The World Bank**, 1995.

DINERSTEIN, E. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de America Latina y el Caribe. Washington, DC.: World Bank, 1995.

DNAEE-EESC. **Bacia experimental Rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos, EESC-USP. 1980. 114p.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows: User's Guide**. Worcester: Clark University, 1995. 440p.

FELICIANO, A. L. P. (1999), Caracterização ambiental, florística e fitossociológica de uma unidade de conservação. Caso de estudo: Estação Ecológica de São Carlos, Brotas,SP. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer Version 6.01- Surface Mapping System**. Golden: Golden Software, Inc., 1995.

GALLOWAY, J.N.; DENTENER, F.; CAPONE, D.; BOYER, E.W.; HOWARTH, R.W; SEITZINGER, S.P.; ASNER, G.; CLEVELAND, C.; GREEN, P.; HOLLAND, E.; KARL, D.; MICHAELS, A.F.; POTER, J.H.; TOWNSEND, A.; VOROSMARTY, C.; Nitrogen Cycles: Past, Present and Future. **Biogeochemistry**. 153-226, 2004.

GONÇALVES, D. B. **Mar de cana, deserto verde?** Os dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista. 2005. 256 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

GREEN, A. A., BERMAN, M., SWITZER, P., & CRAIG, M. D. (1988). A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 26(1), 65–74.

GREGORY, R.D.; VAN STRIEN, A.; VORISEK, P.; MEYLING, A.W.G.; NOBLE, D.G.; FOPPEN, R.P.B.; GIBBONS, D.W.; Developing indicators for European birds. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. 269-288, (2005).

GROOMBRIDGE, B. **Global biodiversity: status of the Earth's living resources**. London: Chapman & Hall/World Conservation Monitoring Centre, 1992.

HERMANS, M.A.A., GARRAFA, V., VALLE, S. et al. Questões sobre bioética. **Revista CEJ**, Brasília, v.3, n.8, p.104-118, maio/ago. 1999.

HEYWOOD, V.H., WATSON, R.T. **Global biodiversity assessment**. Cambridge: Cambridge University Press/United Nations Environment Programme, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/concla/claativeco/cnae.shtm>>. Acesso em: mar. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. Manual Técnico de uso da terra. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatísticas, Brasília. 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. IBGE Cidades - Contagem da população (2007). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 20 out. 2009.

IUNC. **100 de Las Especies Exóticas Invasoras Más Dañinas Del Mundo**. Contribución al Programa Mundial sobre Especies Invasoras (Global Invasive Species Programme GISP). School of Geography and Environmental Sciences (SGES) University of Auckland (Tamaki Campus) Private Bag 92019 Auckland, Nueva Zelanda, 2000.

JOHNSON, N.C. **Biodiversity in the balance: approaches to setting geographic conservation priorities**. Washington, DC.: Biodiversity Support Program, 1995.

JUCOVSKY, V.L.R.S. Considerações sobre a ação civil pública no direito ambiental. **Revista CEJ**, Brasília, v.1, n.3, p.21-32, set./dez. 1997.

LAFER, C., CORREA, C., DE LUCCA, N. et al. Biodiversidade, propriedade intelectual e comércio internacional. **Revista CEJ**, Brasília, v.3, n.8, p.58-80, maio/ago. 2000.

LEROY, J.P., MAIA, K.D., GUIMARÃES, R.P. **Brasil século XXI: os caminhos da sustentabilidade cinco anos depois da RIO-92**. Rio de Janeiro, FASE, 2004.

LEPSCH, I. F., BELINAZZI JR., R., BERTOLINI, D., ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4.a. aproximação. Campinas: SBCC, 1991. 175p.

LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C.; **Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology**. Florida: CRC Press, 2005.

MACEDO, I. C. Emissões de GEE do setor de açúcar e etanol no Brasil: valores atuais e esperados, p. 101-104. In: A ENERGIA da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia/ UNICA, 2005.

MARETTI, C. Comentários sobre a situação das Unidades de Conservação no Brasil. In: Revista de Direitos Difusos, Vol. 5 - fevereiro/2001 - Florestas e Unidades de Conservação. Brasília, Ed. Esplanada-ADCOAS. 2001.

MARGULIS, L., SCHWARTZ, K.V. **Five kingdoms: an illustrated guide to the Phyla of life on Earth**. 2nd ed. New York: W.H. Freeman, 1996.

McNEELY, J.A.; MILLER, K.R.; REID, W.V.; Conserving the world's biological diversity. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1990.

MARQUES, J. Q. A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação**. Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA), 1971. 433p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Living Beyond Our Means Natural Assets and Human Well Being. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/> (acesso em 25/02/2009).

MILLER, K.R. Evolução do Conceito de Áreas de Proteção – Oportunidades para o século XXI. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Curitiba, 1997. Anais... UNILIVRE. 1997. v. 1, p. 3 – 21. 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, **Proposta de Resolução nº 303, de 20 de março de 2004**. Disponível em <http://www.ccih.med.br/conama_2004.html>. Acesso em 05 de junho de 2009.

MINITAB Inc. **Meet MINITAB, Release 13 for Windows**. Pennsylvania: State College, 2000.

MISSIO, E. **Proposta Conceitual de Zoneamento Ecológico-Econômico para o Município de Frederico Westphalen-RS**. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Ciências) São Carlos, SP: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R., MITTERMEIER, C.G. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. Mexico: **CEMEX/Agrupación Sierra Madre**, 1997.

MOREIRA, M. A.; **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: Ed. UFV. 2001.

NEVES, M. F. et al. (2006). **Tomografia da cadeia do leite em São Paulo**. Disponível em:<<http://www.fundace.org.br/tomografia.php>>. Acesso em: maio 2007.

NILSSON, C.; REIDY, C.A.; DYNESIUS, M.; REVENGA, C.; Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. **Science**. 405-408, 2005.

OLIVA, A. & MAGRO, T. C. A Evolução do Planejamento do Entorno das Unidades de Conservação de Proteção Integral. In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Anais... Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, v. 1, p. 462-473. 2004.

PANNATIER, Y. **VarioWin: Software for Spatial Data Analysis in 2D**. New York: Springer-Verlag, 1996.

PAULY, D.; WATSON. R.; Background and interpretation of the Marine Trophic Index as a measure of biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. 415-423, 2007.

PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao Planejamento e Gerenciamento do ambiente rural: Abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio-SP**. São Carlos, SP, 1995. 192f. Tese de Doutorado em Ecologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. **Planejamento e conservação ambiental**. São Carlos, SP: PPG-ERN, UFSCar, Apostila de Curso. 1996

PITHAN E SILVA, R. O.; FREDO, C. E.; **Aspectos Economicos da Producao de Leite Paulista e seus Impactos Sobre o Emprego**. Informações Econômicas, SP, v.38, n.7, jul. 2008.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos-SP: Parêntese, 2007. p. 5-128.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

RESEARCH SYSTEMS Inc. **Environment for Visualizing Images – ENVI Version 3.6**. Colorado: Boulder, 2002. 126p.

RICCI, R. **Mercado de trabalho do setor sucroalcooleiro no Brasil**. Brasília: IPEA, 1994 (Estudos de Políticas Agrícolas, 15).

RIZZINI, C.T., COIMBRA FILHO, A.F., HOUAISS, A. **Ecosistemas brasileiros**. Rio de Janeiro: RUDEX, 1998.

ROMAIS, D. K.; Espécies Invasoras na América do Sul: Causando Impactos Para Paisagens, Economias e Culturas. **The Nature Conservancy**. Programa de Espécies Exóticas Invasoras para a América do Sul. Curitiba, 2006.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., & DEERING, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of Third ERTS-1 Symposium, Washington, DC, 10–14 December, NASA, SP-351, vol. 1 (pp. 309–317).

SANCHEZ, V. JUMA, C. Biodiplomacy: genetic resources and international relations. Nairobi: **African Centre for Technology Studies**, 1994.

SANTOS, R. F. dos et al. **Caderno de Informações Georeferenciais – CIG**. Vol. 1, n. 2 Artigo 2. 1997.

SEALEY, K.S.; BUSTAMANTE, G.; Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. Arlington: **The Nature Conservancy**, 2002.

SEIDE, P.R.; The use of biodiversity for sustainable development: investigation of bioactive products and their commercial applications. Rio de Janeiro: **Academia Brasileira de Ciências**, 1994.

SHIMABUKURO, Y.E. & SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n.1, p. 16-20, 1991.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA: Lei no. 9.985 de 18 de julho de 2000. Brasília. MMA/SBF, 2000.

SZMRECÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 10, p. 73-81, out. 1994.

TONIAL, T.M. (2003) **Dinâmica da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do sul**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p. 2004.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia Para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais ((INPE-0000 -TDI/00)). 2008.

WAPIXANA, C., CUNHA, M.C., ARGUETA VILLAMAR, J.A. et al. Biodiversidade, justiça e ética. **Revista CEJ, Brasília**, v.3, n.8, p.40-56, maio/ago. 1999.

WATSON, R.; KITCHINGMAN, G.; PAULY, D. Mapping global fisheries: sharpening our focus. **Fish and Fisheries**. 168-167, 2004.

WEISS, E.B. O Direito da biodiversidade no interesse das gerações presentes e futuras. **Revista CEJ**, Brasília, v.3, n.8, p.10-15, maio/ago. 1999.

APÊNDICE I

Matriz de confusão na abordagem da correlação existente entre os dados obtidos em laboratório e campanhas de campo.

| CLASSIFICAÇÃO MATRICIAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------|--------------------|------|----------------------|----------------------|----------------|--------------|----------|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------|------------|
| V E R D A D E D E C A M P O | Classes de Usos e Ocupação da Terra | Áreas Urbanizadas | Áreas de Mineração | Água | Culturas Temporárias | Culturas Permanentes | Cana-de-açúcar | Silvicultura | Pastagem | Floresta Mesófila | Vegetação de Encosta | Cerrado | Vegetação Ripária | TOTAL | |
| | Áreas Urbanizadas | 8 | | | | | | | | | | | | | 8 |
| | Áreas de Mineração | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 |
| | Água | | | 12 | | | | | | | | | | | 12 |
| | Culturas Temporárias | | | | 16 | | 2 | 1 | | | | | | | 19 |
| | Culturas Permanentes | | | | | 12 | | 1 | 2 | | | | | | 15 |
| | Cana-de-açúcar | | | | | | 30 | | 1 | | | | | | 31 |
| | Silvicultura | | | | | 3 | | 28 | | 2 | | | | | 33 |
| | Pastagem | | | | 2 | | | | 11 | | | 2 | | | 15 |
| | Floresta Mesófila | | | | | | | | | 18 | | | | | 18 |
| | Vegetação de Encosta | | | | | | | | | | 15 | | | | 15 |
| | Cerrado | | | | | | | | | | | 17 | | | 17 |
| | Vegetação Ripária | | | | | | | | | | | | 15 | | 15 |
| | TOTAL | 8 | 2 | 12 | 18 | 15 | 32 | 30 | 14 | 20 | 15 | 19 | 15 | | 200 |

Exatidão Total: 92%

Distribuição das classes do índice Kappa.

| ÍNDICE KAPPA | CLASSIFICAÇÃO |
|--------------|---------------|
| 0,00 | Péssima |
| 0,01 a 0,20 | Ruim |
| 0,21 a 0,40 | Razoável |
| 0,41 a 0,60 | Boa |
| 0,61 a 0,80 | Muito Boa |
| 0,81 a 1,00 | Excelente |

Coefficiente Kappa obtido: 0,90