

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS CAUSADAS PELAS MUDANÇAS DOS
USOS E COBERTURA DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO
PAULO, BRASIL**

DIEGO PERUCHI TREVISAN

SÃO CARLOS - SP
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS CAUSADAS PELAS MUDANÇAS DOS
USOS E COBERTURA DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO
PAULO, BRASIL**

DIEGO PERUCHI TREVISAN

Dissertação de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do departamento de Ciências Ambientais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos na área de concentração em Gestão da paisagem, sob orientação do Professor Doutor Luiz Eduardo Moschini.

SÃO CARLOS - SP

2015

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

T814av Trevisan, Diego Peruchi.
Análise das variáveis ambientais causadas pelas
mudanças dos usos e cobertura da terra do município de
São Carlos, São Paulo, Brasil / Diego Peruchi Trevisan. --
São Carlos : UFSCar, 2015.
80 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2015.

1. Ecologia da paisagem. 2. Dinâmica da paisagem. 3.
Índice. 4. Política ambiental. I. Título.

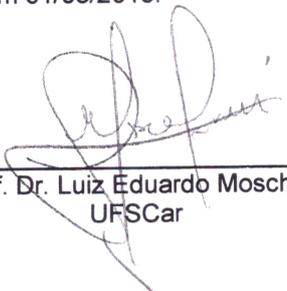
CDD: 574.526 (20ª)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Folha de Aprovação

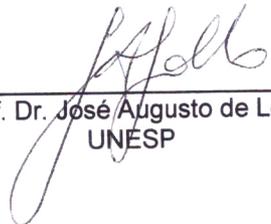
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Diego Peruchi Trevisan, realizada em 31/08/2015:



Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini
UFSCar



Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
UFSCar



Prof. Dr. José Augusto de Lollo
UNESP

Dedicatória

Todo mundo sente saudade de alguém. É um amor que jamais desvanece. É a lembrança que nunca queremos que se apague. Dedico este trabalho a minha mãe Madalena Peruchi Trevisan, obrigado por todo o amor, dedicação e carinho.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação não seria possível sem a colaboração de todos que ao longo deste período passaram por meu caminho e me auxiliaram ao longo dos anos.

A primeira turma do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental da Universidade Federal de São Carlos em especial aos amigos: Júlia Grise, José Leonardo, Rafael Ogeda, Thiago Karaski e Thaynara Tavares.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e aos profissionais do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa.

Ao amigo e professor Luiz Eduardo Moschini por todas as oportunidades concedidas, pela amizade e pelos conselhos ao longo de todos estes anos.

A todos os meus amigos e principalmente aos queridos: André Chiva, Bruno Trevisan, Danielli Golinelli, Eduardo e Rafael Deval, Evandro Miarelli, Felipe Goncalves, Gilberto Moya, João Haisler, Marco Ferreira, Marcos Thomazzi, Mateus Trevizan, Leonardo Gomes, Luana Oliveira, Lucas Ferreira, Lucas Mendes, Rafaela e Beatriz Matos (e toda sua família), Sergio de Melo, Tiago Muza, Tiago Correa, Thiago Ramos, Victor e Priscila Mascagna e Vinícius Zotesso.

Aos meus grandes amigos da Escola Estadual Fúlvio Morganti, pela amizade que mantivemos e prezamos desde nossa infância.

A toda a família Peruchi e a toda a família Trevisan, principalmente aos meus tios Isabel Peruchi Deval e Augusto Deval por nos acolher como família.

E principalmente aos meus pais Antônio Roberto Trevisan e Madalena Peruchi Trevisan.

A todos que de alguma forma me auxiliaram e que fazem parte de minha vida meus sinceros agradecimentos.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para
mudar o mundo."

Nelson Mandela

RESUMO

Os impactos antropogênicos tendem a simplificar os ecossistemas naturais, reduzindo a resistência intrínseca à mudança e rompendo seus limiares de resiliência em mais de um lugar ao mesmo tempo. Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, afetando a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais. Torna-se fundamental a análise do município em seu contexto geográfico local e regional, tanto quanto o estudo das estruturas tipicamente urbanas e agrícolas, visando o estabelecimento de formas de crescimento e de adensamento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável. Diante dessas considerações, esta dissertação teve como objetivo a obtenção de informações sobre a paisagem no município brasileiro de São Carlos (SP), por meio da utilização de índices estruturais da paisagem. As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). A estrutura da paisagem foi avaliada através da dinâmica de uso e cobertura da terra do município em 2003 e 2013, bem como a aplicação do Índice de Urbanidade. A Fragilidade Ambiental da paisagem do município foi avaliada através do Índice de Fragilidade da Paisagem. O Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação identificou e analisou a suscetibilidade dos componentes ecológicos aos efeitos de uma determinada atividade antrópica. O Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos analisou a suscetibilidade dos recursos hídricos em relação à distância das fontes impactantes e o Índice de Vulnerabilidade analisou a suscetibilidade da paisagem em relação à perda de biodiversidade e de habitats decorrente da condição da fragmentação da classe de vegetação nativa. Os resultados mostraram que as forças diretas e indiretas de mudanças que atuam sobre a paisagem são respectivamente as atividades agrícolas, principalmente correlacionadas ao cultivo de cana-de-açúcar. De 2003 a 2013 houve um aumento das áreas ocupadas por atividades antrópicas e conseqüentemente a redução das áreas naturais e perda da qualidade ambiental da paisagem com resultante aumento da fragilidade quanto da vulnerabilidade ambiental. As trajetórias desenvolvimentistas atuais não podem ocorrer sem causar impactos, porém não estão proporcionando benefícios da forma como deveriam. A perda e a degradação das áreas de vegetação natural remanescentes na paisagem do município de São Carlos continuam de maneira crescente. Contudo as evidências disponíveis sugerem que a continuidade destes fragmentos na paisagem, pode ainda proporcionar muito mais benefícios econômicos do que os obtidos da conversão e expansão agrícola do uso da terra. Faz-se essencial a preocupação não apenas com o estado atual do município, mas também com as tendências que se solidificam ao passar dos anos, tendências estas (perda de áreas naturais com crescimentos dos usos antrópicos) que estão evidenciadas na análise dos remanescentes de vegetação no município, sendo que este modelo de crescimento e de geração de impactos não são realizados em prol da necessidade do desenvolvimento concreto do município como um todo, mas apenas de algumas atividades e setores presentes no mesmo.

Palavras chave: Dinâmica da paisagem; índices da paisagem; uso e cobertura da terra; planejamento ambiental.

ABSTRACT

Anthropogenic impacts tend to simplify natural ecosystems, reducing the inherent resistance to change and breaking their resilience thresholds in more than one place at a time. Such interference in the landscape converts extensive and continuous areas of forest cover in forest fragments, affecting the availability and quality of natural resources. It is essential to analyze the municipality in its local and regional geographical context as well as the study of typically urban and agricultural structures, aiming at establishing forms of growth and consolidation consistent with sustainable development goals. Given these considerations, this study aimed to obtain landscape information in the Brazilian city of São Carlos (SP) using landscape structural indices. Data were entered and analyzed in Geographic Information Systems (GIS). Landscape structure was evaluated using dynamic and municipal land cover in 2003 and 2013 as well as applying the Urbanity Index. The Index of Landscape Fragility assessed environmental fragility of the city's landscape. The Environmental Quality Vegetation Index identified and analyzed susceptibility to the effects of ecological components of a particular human activity. The Environmental Quality Index of Water Resources assessed susceptibility of water resources in relation to distance of impact sources. The Vulnerability Index assessed landscape susceptibility due to loss of biodiversity and habitats resulting from fragmentation of native vegetation class. Results showed that direct and indirect forces of change acting on landscape are respectively agricultural activities, mainly correlated to sugarcane cultivation. From 2003 to 2013, there was an increase in the areas occupied by human activities and consequently the reduction of natural areas and loss landscape's environmental quality with resulting increased fragility as environmental vulnerability. Current developmental trajectories cannot occur without causing impacts, but are not providing benefits the way they should. Loss and degradation of areas of natural vegetation remaining in São Carlos municipality landscape continue growing way. However, the available evidence suggests that the continuation of these fragments in landscape can still provide more economical benefits than those obtained from the conversion and agricultural expansion of land use. The current stage of the city is not the only concern, but also trends – such as the loss of natural areas with increases of anthropogenic uses that solidify over the years, and are discussed in the analysis of the remaining vegetation in the city. The current growth model and generation of impacts are not carried out in favor of the need for concrete development of the city as a whole, but only of certain activities and sectors present in it.

Keywords: Landscape dynamics; landscape index; use and occupation of land; environmental planning.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	01
1.1 Objetivos e estrutura da dissertação	03
1.1.1 Objetivo geral	03
1.1.2 Objetivos específicos	03
1.2 Estrutura da dissertação	04
1.3 Caracterização da área de estudo	04
1.4 Referências	13
2. AVALIAÇÃO DA NATURALIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL	17
2.1 INTRODUÇÃO	19
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
2.2.1 Área de estudo	20
2.2.2 Metodologia	21
2.2.3 Caracterização e aquisição dos dados da área de estudo	21
2.2.4 Uso e cobertura da terra	22
2.2.5 Dinâmica do uso e cobertura da terra	23
2.2.6 Índice de Urbanidade	23
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
2.5 REFERÊNCIAS	30
3. DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL.	34
3.1 INTRODUÇÃO	36
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.2.1 Área de estudo	37
3.2.2 Metodologia	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
3.5 REFERÊNCIAS	48
4. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL	51

4.1 INTRODUÇÃO.....	53
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.2.1 Área de estudo.....	54
4.2.2 Metodologia.....	55
4.2.3 Índices da paisagem.....	56
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
4.5 REFERÊNCIAS.....	71
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
5.1 REFERÊNCIAS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Localização geográfica da área de estudo contemplando os municípios circunvizinhos à cidade de São Carlos, São Paulo	05
Figura 1.2:	Rede de drenagem e delimitação das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do município de São Carlos, SP	10
Figura 1.3:	Distribuição dos valores de altitude agrupados em classes hipsométricas do município de São Carlos, SP.	13
Figura 2.1:	Localização geográfica do município brasileiro de São Carlos (SP)	20
Figura 2.2:	Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP). A- Uso e cobertura da terra para ano de 2003. B – Usos e cobertura da terra para o ano de 2013.....	26
Figura 2.3:	Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013.	28
Figura 2.4:	Variação dos valores dos intervalos do Índice de Urbanidade ao longo do período estudado	29
Figura 3.1:	Localização geográfica do município brasileiro de São Carlos (SP)	37
Figura 3.2:	Variáveis determinantes para a análise da fragilidade ambiental do município de São Carlos,SP.....	43
Figura 3.3:	Especialização do Grau de Fragilidade Ambiental para o município de São Carlos.....	45
Figura 3.4:	Distribuição dos valores de fragilidade ambiental de acordo com os intervalos	46
Figura 4.1:	Localização geográfica do município brasileiro de São Carlos (SP)	55
Figura 4.2:	Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013	61
Figura 4.3:	Variação dos valores dos intervalos do Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) ao longo do período estudado.....	62
Figura 4.4:	Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013 ...	63
Figura 4.5:	Variação dos valores dos intervalos do Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) ao longo do período estudado	64
Figura 4.6:	Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013	65

Figura 4.7: Variação dos valores dos intervalos do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) ao longo do período estudado.	67
Figura 4.8: Intervalos do Índice de Densidade de Floresta Ciliar (DFC) e Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais (CMF), ao longo do período estudado.	68
Figura 4.9: Área de Preservação Permanente condizente e não condizente de acordo com a Lei nº12.561 de 25 de maio de 2012.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Dados comparativos do município de São Carlos e os municípios circunvizinhos	07
Tabela 1.2: Dados socioeconômicos dos municípios circunvizinhos à São Carlos.....	08
Tabela 1.3: Unidades de gerenciamento dos recursos hídricos (UGRHI) do Município de São Carlos (SP)	11
Tabela 1.4: Intervalos das classes hipsométricas do município de São Carlos, SP	12
Tabela 2.1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra	22
Tabela 2.2: Valores do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013	25
Tabela 2.3: Valores do Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013	27
Tabela 3.1: Categorias hierárquicas de declividade	38
Tabela 3.2: Categorias hierárquicas de geologia	39
Tabela 3.3: Categorias hierárquicas de pedologia	39
Tabela 3.4: Descrição das classes de uso e cobertura da terra	40
Tabela 3.5: Distribuições das classes de declividade e seus respectivos valores e pesos	41
Tabela 3.6: Distribuições das classes pedológicas e seus respectivos valores e pesos	41
Tabela 3.7: Distribuições das classes geológicas e seus respectivos valores e pesos	42
Tabela 3.8: Distribuições das classes de uso e cobertura da terra e seus respectivos valores e pesos	44
Tabela 3.9: Distribuições das classes e dos valores de fragilidade ambiental para o município de São Carlos, SP	44
Tabela 4.1: Valores do Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013	62
Tabela 4.2: Valores do Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) ao longo do período estudado.....	64
Tabela 4.3: Valores do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.....	66
Tabela 4.4: Valores do Índice de Densidade de Floresta Ciliar (DFC) e do Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais (CMF) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.....	69

1. INTRODUÇÃO GERAL

A constante modificação e transformação das paisagens naturais vêm em consequência das relações socioeconômicas e culturais estabelecidas pelo homem. Desta forma o desenvolvimento de técnicas, vem modificando a organização dos elementos espaciais tanto urbanos quanto rurais, intensificando-se dentro das características e potencialidades de cada localidade.

A procura pelo uso racional da terra tenta equacionar as necessidades de preservação dos recursos naturais e as necessidades de produção de alimentos e energia. Este desafio tem buscado pela difusão de conceitos e técnicas de conservação e manejo que visam reduzir os impactos sobre os ecossistemas, principalmente quando refere-se à recomposição e à preservação das paisagens, as quais englobam a proteção do solo, da água, do ar e de vários outros componentes e organismos (MOMOLI, 2006).

A maior preocupação e o grande desafio da atualidade estão no crescimento populacional e no desenvolvimento econômico, os quais resultam em impactos diretos e indiretos aos ecossistemas naturais, conduzindo as paisagens a rápidas modificações, representados pela degradação ou uso insustentável de cerca de 60% dos serviços ecossistêmicos (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Com a intensificação das pressões antrópicas em decorrência do crescimento econômico e populacional, observa-se um crescente processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra, convertendo extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, afetando a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais (VALENTE, 2001).

Os impactos antropogênicos tendem a simplificar os ecossistemas naturais, reduzindo a resistência intrínseca à mudança e rompendo seus limiares de resiliência em mais de um lugar ao mesmo tempo (FOLKE et al., 2004) e por ocorrerem de maneira desigual nos ecossistemas, essas alterações podem exacerbar as desigualdades no acesso aos serviços ambientais, contribuindo ainda mais para a indigência (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Em função destes problemas torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial baseado na perspectiva socioeconômica e ambiental, havendo a necessidade de

análise das alterações sofridas pelas paisagens naturais ao longo do tempo, provocadas principalmente pelas diversas atividades humanas (JUAN; GARCIA, 2002) e na análise dos municípios em seus contextos geográficos locais e regionais, tanto quanto o estudo das estruturas tipicamente urbanas e agrícolas, visando o estabelecimento de formas de crescimento e de adensamento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA et al., 2004

Em consequência da proteção dos recursos naturais e culturais, com base em estratégias que envolvam o desenvolvimento e a melhoria das informações para as tomadas de decisões. Facilitando no planejamento, nas ações de manejo, na atuação sobre a qualidade ambiental, na minimização dos impactos de diferentes atividades, na recuperação dos espaços degradados e no conhecimento por parte da sociedade de suas limitações e potencialidades em relação ao ambiente que a rodeia. Resultando em ações que contribuam com a conservação dos ecossistemas e com a qualidade de vida das populações.

Tem-se portanto, uma nova fase do planejamento, em que os planos diretores precisam ter fortes articulações com a capacidade de gestão e com efetiva implementação das diretrizes nele emanadas (MORETTI, 2007).

Considerando que o equilíbrio entre ambiente e desenvolvimento parece ser a principal estratégia para assegurar a sustentabilidade ecológica, tornando-se essencial considerar as necessidades humanas em relação à capacidade suporte dos ecossistemas (SATO; SANTOS, 1999).

Uma abordagem eficaz para analisar sistematicamente os efeitos da antropização sobre os ecossistemas está em estudar as mudanças nos padrões dos ecossistemas e dos processos antrópicos ao longo de um gradiente (MCDONNELL et al., 1997).

Nessa perspectiva, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), têm facilitado as atividades relacionadas à caracterização, diagnóstico e ao planejamento ambiental, auxiliando em tarefas como a simulação do espaço geográfico e de seus processos naturais, na integração de informações espaciais (RIBEIRO, 1999).

O uso dos softwares SIGs, voltado para a elaboração de índices são ferramentas importantes para à tomada de decisão os quais fornecem informações sobre as características

e condições de uma determinada área geográfica, dentro de uma amplitude de informações diretamente ligadas aos objetos de estudo (OCDE, 2002).

Para a quantificação da estrutura das paisagens torna-se necessária a reunião de diversos índices, os quais permitam obter em curto espaço de tempo uma estrutura da paisagem tendo em vista suas características e diferença espaciais ao longo do tempo, sendo um elemento chave para a elaboração de estratégias de manejo de paisagens (RITTERS et al., 1995).

Desta forma os índices estruturais da paisagem são ecologicamente relevantes e refletem atributos importantes de padrão espacial dos tipos de ecossistemas na paisagem, podendo estabelecer uma correlação entre padrões e processos nos ecossistemas da paisagem (WIENS et al., 1993; WRBKA et al., 2004). As estruturas das paisagens referem-se à organização espacial ou arranjo dos elementos da paisagem, tais como, a composição da cobertura e uso do solo, a presença de características lineares, o arranjo espacial dos elementos presentes na paisagem, entre outros fatores e elementos.

1.1 Objetivos e estrutura da dissertação

1.1.1 Objetivo geral

Diante dessas considerações, o objetivo deste estudo foi a obtenção de informações sobre a paisagem do município São Carlos (SP), com enfoque na aplicação de índices estruturais da paisagem. Este trabalho envolveu desde a caracterização biótica e abiótica e a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra no período de dez anos (2003 a 2013).

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar quantitativamente e qualitativamente a distribuição espaço/temporal dos usos e cobertura da terra em relação aos anos de 2003 e 2013;
- Aplicar os índices estruturais da paisagem: (Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos; Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação, Índice de Densidade de Floresta Ciliar, Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais, Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem, Índice de Urbanidade e Índice de Fragilidade, visando avaliar a relação existente entre esses indicadores no processo de modificação da paisagem;

- Avaliar as principais variáveis ambientais em função das ações antrópicas que mantêm o atual padrão de distribuição espacial, desta forma propor medidas para a conservação e recuperação da paisagem local.

1.2 Estrutura da dissertação

A dissertação foi estruturada em artigos científicos independentes, cada qual com uma introdução ao assunto abordado, descrição da metodologia adotada, discussão dos resultados obtidos e respectivas conclusões. Esses artigos são antecidos por uma introdução geral, que elucida as contribuições desta pesquisa e apresenta a área de estudo. Após os artigos, são apresentadas as considerações finais dos principais resultados da dissertação.

Primeiro artigo: **“Avaliação da naturalidade da paisagem do município de São Carlos, São Paulo, Brasil”** contempla a dinâmica de uso e cobertura da terra do município de São Carlos bem como a aplicação do Índice de Urbanidade, com o objetivo de avaliar o processo dinâmico e temporal da naturalidade da paisagem do município nos anos de 2003 e 2013.

Segundo artigo: **“Determinação da fragilidade ambiental do município de São Carlos, São Paulo, Brasil”** contempla a caracterização ambiental da paisagem do município de São Carlos através da declividade, pedologia, geologia e uso e cobertura da terra, subsídios para a análise da Fragilidade Ambiental, objetivo deste trabalho é avaliar a Fragilidade Ambiental da paisagem do município de São Carlos diante suas características bióticas e abióticas.

Terceiro artigo: **“Indicadores de Sustentabilidade Ecológica do município de São Carlos, São Paulo, Brasil”** abrange a identificação e análise da suscetibilidade do comprometimento de variáveis ambientais em função das atividades antrópicas, com a finalidade de discutir a sua sustentabilidade ecológica e propor estratégias de manejo que garantam a conservação da biodiversidade.

1.3 Caracterização da área de estudo

O município de São Carlos localiza-se na região Administrativa Central do estado de São Paulo (IGC, 2015), entre as coordenadas 22°09'39" e 21°35'50" de latitude sul e 48°05'27" e 47°43'09" de longitude oeste, ocupando uma área de aproximadamente 1.140km², com

altitudes variando entre 560 e 1.027 metros (IBGE, 2015). Limitado a Norte pelos municípios de Rincão, Luiz Antônio e Santa Lúcia, a Noroeste por Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense, a Sul por Itirapina, a Sudeste por Analândia, a Sudoeste por Brotas, a Leste por Descalvado e a Oeste por Ribeirão Bonito (**Figura 1.1**), com distritos de Água Vermelha e Santa Eudóxia, o município é cortado pela rodovia Washington Luiz – SP-310, aproximadamente 240 km da capital do estado, São Paulo (IBGE, 2015).

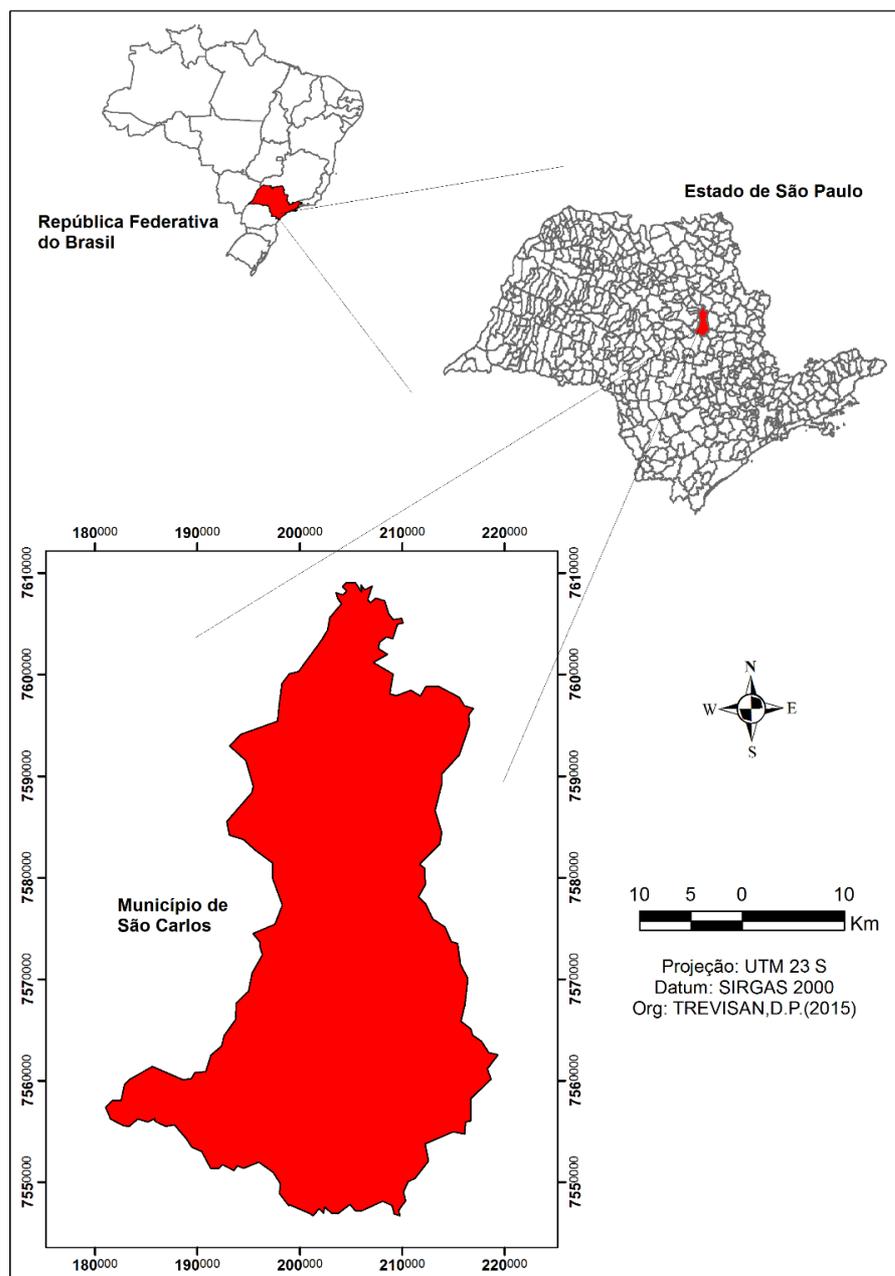


Figura 1.1: Localização geográfica da área de estudo contemplando os municípios circunvizinhos à cidade de São Carlos, São Paulo.

Segundo dados do SEADE (2015), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município de São Carlos em 2010 está avaliado em 0,805 (PNUD, 2015) com renda 0,788 (PIB per capita de 24.678,10 reais), longevidade 0,863 (expectativa de vida da população de 73,76 anos, onde 99,43% da população possui fornecimento de saneamento básico) e educação 0,766 (taxa de analfabetismo da população acima de quinze anos em 8,29% com média de 5,98 anos de estudos para pessoas entre quinze a sessenta e quatro anos).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto, bioma de Cerrado, temperatura média de 21,12°C e média mensal pluviométrica de 118,56mm num total de 1.422,80mm anuais (CEPAGRI, 2015). Caracteriza-se também pela geomorfologia Botucatu, área de recarga do Aquífero Guarani, maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, com hidrografia das sub-bacias Tiete-Jacaré e Mogi-Guaçu (BIOTA FAPESP, 2014).

O município possui uma população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 habitantes por km²), com grau de urbanização de 96,00% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2015).

1.3.1 Conjuntura socioeconômicos do município de São Carlos em relação ao municípios circunvizinhos.

Ao compararmos o município de São Carlos aos circunvizinho, São Carlos conta a terceira maior extensão territorial, possuindo a quinta maior taxa de urbanização (96,00%) e a oitava taxa de crescimento anual da população (1,53) (**Tabela 1.1**).

A densidade demográfica dos municípios circunvizinhos municípios apresentam uma distribuição bastante heterogênea, onde os municípios de Américo Brasiliense, Araraquara, São Carlos e Ibaté apresentam as maiores densidades demográficas com 300hab/km², 217hab/Km², 203 hab/km² e 111hab/km² respectivamente.

O aporte econômico dos municípios de São Carlos, Araraquara, Descalvado e Luiz Antônio está voltado para a produção de bens e serviços, principalmente por terem estabelecidas suas economias em polos industriais e agrícolas, e não principalmente em atividades de terceiro ou primeiro setor como nos demais municípios.

Tabela 1.1: Dados comparativos do município de São Carlos e os municípios circunvizinhos.

Município	Área (Km²)	População (hab.)	Taxa de urbanização (%)	Taxa de crescimento populacional (%)
Américo Brasiliense	122,74	36.861	99,24	1,73
Analândia	325,67	04.530	81,28	1,39
Araraquara	1.000,63	217.343	97,16	1,05
Brotas	1.101,38	22.542	86,49	1,12
Descalvado	753,31	31.643	90,85	0,48
Ibaté	290,66	32.380	96,28	1,34
Itirapina	564,76	16.191	91,20	1,10
Luiz Antônio	598,77	12.566	97,60	2,82
Ribeirão Bonito	471,55	12.458	93,49	0,68
Rincão	315,95	10.440	81,73	0,06
Santa Lúcia	154,03	08.381	94,95	0,41
São Carlos	1.137,33	230.890	96,00	1,02

Fonte: SEADE (2015)

As atividades econômicas do primeiro setor ocorrem de forma homogênea apresentando um diversidade no município de São Carlos assim como para toda a região, onde podemos destacar a pratica do cultivo da cana-de-açúcar predominante em toda a região central do estado de São Paulo e com um expressivo crescente ao longo dos anos, outras atividades como citricultura, silvicultura e cafeicultura também estão presentes na região.

Com relação a infraestruturas básicas de desenvolvimento (saúde, e educação) o município apresenta-se com a mesma tendência dos municípios circunvizinhos (**Tabela 1.2**). Desta forma compreender as características socioeconômicas do municípios circunvizinhos é essencial para a realização de um planejamento municipal, tanto local como regionalmente, o que facilita o trabalho de uma forma macro e micro tanto dos próprios municípios quanto para Comitês de Bacias Hidrográficas, Unidades de Conservação, entre outros.

Sendo assim, o município de São Carlos, exerce uma função essencial para o desenvolvimento regional. Concentrando em seu território boa parte do mercado de trabalho, de atendimento a saúde e de educação entre outros serviços, trazendo benefícios financeiros e recursos ao município, entretanto é necessário a realização de um planejamento estratégico que comporte toda esta população e suas necessidades, com o objetivo de garantir e melhorar os serviços e infraestruturas fundamentais para a qualidade de vida da população.

Tabela 1.2: Dados socioeconômicos dos municípios circunvizinhos à São Carlos.

Município	PIB (per capta)	IDH (2010)	População com ensino médio (%)	Lixo (%)	Água (%)	Esgoto (%)
Américo Brasiliense	19.896	0,751	55,09	99,85	99,69	99,51
Analândia	22.251	0,754	49,19	100,00	98,73	98,23
Araraquara	24.842	0,815	70,73	99,96	99,43	98,89
Brotas	21.346	0,740	51,15	99,76	98,85	97,42
Descalvado	23.538	0,760	51,78	99,86	99,77	99,36
Ibaté	16.235	0,703	45,09	99,86	99,82	99,61
Itirapina	18.979	0,724	35,72	99,75	95,78	88,99
Luiz Antônio	55.946	0,731	53,09	99,90	99,81	99,48
Ribeirão Bonito	15.546	0,712	45,30	99,60	99,02	98,85
Rincão	13.750	0,734	49,69	99,84	99,92	99,65
Santa Lúcia	12.064	0,737	63,86	100,00	99,96	99,96
São Carlos	23.150	0,805	68,00	99,90	99,66	99,43

Fonte: SEADE (2015)

1.3.2 Malha viária

O perímetro urbano da cidade de São Carlos conta com cerca de 4.570 hectares, aproximadamente 46 km², com uma área rural de 109.41ha totalizando 1.140 km² de área do município. Sendo cortado pelas rodovias Washington Luiz (SP-310) e Thales de Lorena Peixoto Junior (SP 318), as quais interligam o município de São Carlos com os municípios vizinhos e a capital (**Figura 1.1**).

O traçado da Rodovia SP-310 é realizado na direção noroeste do estado, partindo das rodovias Anhanguera no quilometro 153 e do quilometro 168 da rodovia dos Bandeirantes. A rodovia SP 318 é uma Rodovia radial e tem uma extensão de 44,6km, iniciando na SP-310 em São Carlos, no sentido sul para norte, ligando a cidade à Rodovia Antônio Machado Sant'Anna (SP-255), e desta forma interligando a cidade de Ribeirão Preto até a rodovia Anhanguera.

O município de São Carlos também é cortado por estradas de ferro, fundadas em 1855, pertencentes à antiga Companhia Paulista de Estrada de ferro, que atualmente está incorporada à empresa América Latina Logística (ALL) denominada como Malha Paulista. Foi incorporada à através do Decreto n.º 2.502, de 18 de fevereiro de 1998 e privatizada no dia 10 de novembro do mesmo ano.

As principais estradas que caracterizam a malha viária do município são as estradas não pavimentadas ou estradas temporárias, as quais percorrem toda sua extensão, utilizadas para o transporte dos utensílios e produtos agrícolas, principalmente relacionados ao cultivo de cana-de-açúcar, que é umas das principais atividades econômicas da região de São Carlos, a qual tem crescido ao longo de todo o estado de São Paulo (RFFSA, 2013).

1.3.3 Rede de drenagem

A hidrografia (rede de drenagem) do município de São Carlos (**Figura 1.2**) possui uma extensão total de 1.076 km de comprimento com 2.778ha de áreas alagáveis. O município está inserido em duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do estado de São Paulo, sendo que 62,30% da área do município encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica do Médio Rio Mogi-Guaçu Superior totalizando uma área de 71.000ha e 37,70% localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré totalizando 43.000ha.

O município contempla trinta e seis corpos hídricos principais, sendo vinte e cinco córregos, seis ribeirões e cinco rios, denominados: Córrego Boa Vista, Córrego da Água Fria, Córrego da Água Quente, Córrego da Aparecida, Córrego da Cachoeira, Córrego da Fazenda Montes Claros, Córrego da Jararaca, Córrego Santa Cândida, Córrego do Cancã, Córrego do Canchim, Córrego do Conde, Córrego do Engenho, Córrego do Galdino, Córrego do Gregório, Córrego do Jacaré, Córrego do Lobo, Córrego do Monjolinho, Córrego do Pinhal, Córrego do Salvador Martins, Córrego José Ribeiro, Córrego Santa Maria Madalena, Córrego

Santa Maria, Córrego Santa Rosa, Córrego Santo Antônio, Córrego São José, Ribeirão das Cabaceiras, Ribeirão da Água Branca, Ribeirão das Araras, Ribeirão do Feijão, Ribeirão das Gabirobas, Ribeirão dos Negros, Rio Chibarro, Rio Monjolinho, Rio do Quilombo, Rio Jacaré Guaçu e Rio Mogi Guaçu.

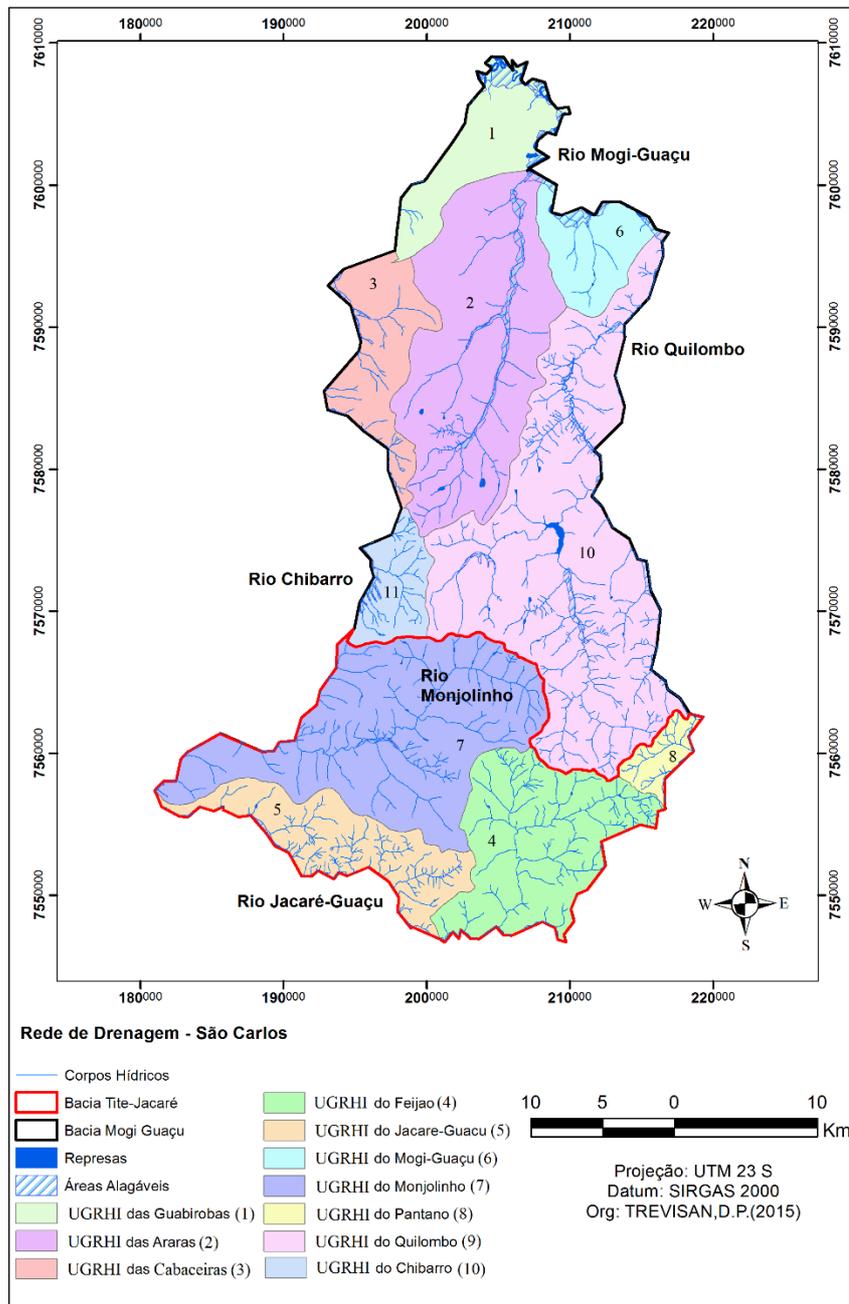


Figura 1.2: Rede de drenagem e delimitação das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do município de São Carlos, SP.

Com base na distribuição da rede de drenagem e dos valores altimétricos, foi possível classificar o município de São Carlos em dez Unidades de Gerenciamento dos

Recursos Hídricos (UGRHI) (**Tabela 1.3**), sendo seis pertencentes à Bacia Hidrográfica do Médio Rio Mogi-Guaçu e quatro pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré.

Tabela 1.3: Unidades de gerenciamento dos recursos hídricos (UGRHI) do município de São Carlos (SP).

Sub-Bacias Hidrográficas	Corpos Hídricos Pertencentes	Área (ha)	Área (%)
Quilombo (UGRHI 9 – QUI)	Córrego da Cachoeira	30.292,95	26,57
	Córrego da Jararaca		
	Córrego do Canchim		
	Córrego do Engenho		
	Córrego do Lobo		
	Ribeirão dos Negros		
	Rio do Quilombo		
Monjolinho (UGRHI 13 – MON)	Rio Mogi Guaçu	20.736,61	18,17
	Córrego da Água Fria		
	Córrego da Água Quente		
	Córrego do Cancã		
	Córrego do Gregório		
	Córrego Santa Maria Madalena		
	Rio Monjolinho		
Rio Jacaré Guaçu			
Araras (UGRHI 9 – ARA)	Córrego do Lobo	19.759,68	17,33
	Córrego Santo Antônio		
	Ribeirão da Água Branca		
	Ribeirão das Araras		
Feijão (UGRHI 13 – FEI)	Rio Mogi Guaçu	12.520,85	10,99
	Córrego do Conde		
	Córrego do Jacaré		
	Córrego do Monjolinho		
	Córrego São José		
	Córrego do Pinhal		
Ribeirão do Feijão			
Jacaré Guaçu (UGRHI 13 – JaG)	Córrego Santa Maria	8.068,63	07,08
	Rio Jacaré Guaçu		
Cabaceiras (UGRHI 9 – CAB)	Córrego Santa Rosa	6.606,50	05,80
	Córrego José Ribeiro		
	Ribeirão das Cabaceiras		
	Córrego do Salvador Martins		
	Córrego Santa Cândida		
Guabirobas (UGRHI 9 – GUA)	Córrego Boa Vista	6.217,20	05,45
	Ribeirão das Gabirobas		
Mogi Guaçu (UGRHI 9 – MoG)	Rio Mogi Guaçu	4.551,46	04,00
	Rio Mogi Guaçu		
Chibarro (UGRHI 9 – CHI)	Córrego da Aparecida	3.549,30	03,12
	Córrego do Galdino		

	Rio Chibarro		
Pântano (UGRHI 13 – PAN)	Córrego da Fazenda Montes Claros	1.696,82	01,49
Total		114.000	100,00

As duas maiores bacias hidrográficas do município de São Carlos são representadas pelos Rios do Quilombo e Monjolinho, nas quais estão inseridas partes do perímetro urbano. A área urbana do município é cortada pelos rios Monjolinho, Gregório e Santa Maria do Leme e pelos córregos da Água Quente e Água Fria. Sendo que as demais UGRHI localizam-se na área rural do município.

1.3.4 Hipsometria

As classes altimétricas foram agrupadas em nove classes idênticas, com a menor cota de 498m e 1.027m a maior cota identificada para o município, com uma amplitude de 529m, o intervalo de 733 à 792m apresenta a maior extensão do município com cerca de 22.000ha. (Tabela 1.4).

Tabela 1.4: Intervalos das classes hipsométricas do município de São Carlos, SP.

Cotas	Área (ha)	Frequência (%)
498 – 556	5.540,40	4,86
556 – 615	14.865,60	13,04
615 – 674	16.986,00	14,90
674 – 733	14.979,60	13,14
733 – 791	22.104,60	19,39
791 – 850	19.801,80	17,37
850 – 909	13.794,00	11,85
909 – 968	5.928,00	5,20
968 – 1.027	0.285,00	0,25

A altitude média é de 762,50 metros. As cotas mais baixas estão localizadas ao norte do município, principalmente na região da bacia do Ribeirão das Araras e do Rio Mogi-Guaçu, correspondendo ao intervalo de 498 à 557m. As cotas mais altas estão localizadas no perímetro urbano do município, alcançando um pico de 1.027m (Figura 1.3).

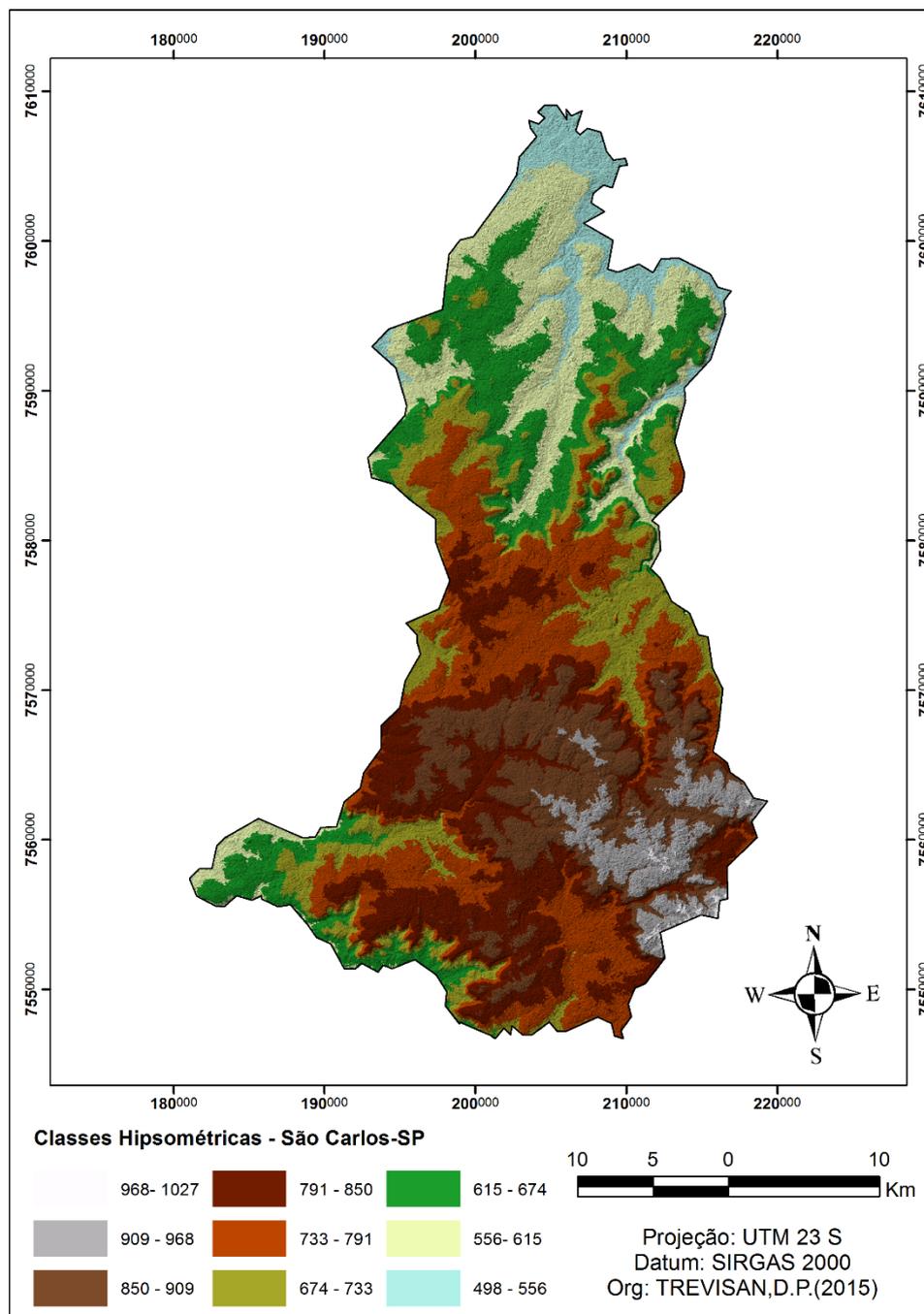


Figura 1.3: Distribuição dos valores de altitude agrupados em classes hipsométricas do município de São Carlos, SP.

1.4 Referências

BIOTA FAPESP. **Sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo**, 2014. Disponível em: <www.biota.org.br/info/saopaulo/bacias>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. 2015. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. Regime shifts, resilience and biodiversity IN **Ecosystem Management**. Annual review of ecology, evolution & systematics, v.35, 2004, p. 557–581.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – São Carlos**, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Região administrativa Central**, 2015. Disponível em: <www.igc.sp.gov.br/>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

JUAN, G.; GARCIA, S. **Turismo y sustentabilidad**: El périplo sustentable. Directorio 2. Universidad Autonoma Del Estado de México. México, 2002.

MCDONNELL, M. J., PICKETT, S. T. A., GROFFMAN, P., BOHLEN, P., POUYAT, R. V., ZIPPERER, W. C., PARMELEE, R. W., CARREIRO, M. M.; MEDLEY, K. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. **Urban Ecosystems**, v. 1, p. 21–36, 1997.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC, World Resources Institute, 2005.

MOMOLI, R.S. **Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados numa zona ripária reflorestada**. 2006.120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2006.

MORETTI, R.S. Conteúdo e procedimentos de elaboração dos planos diretores IN: BUENO, L.M.M. e CYMBALISTA, R. **Planos diretores municipais – novos conceitos do planejamento territorial** (Org). São Paulo. ANNABLUME, 2007, p. 265-271.

OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico: Rumo ao desenvolvimento sustentável. **Indicadores ambientais**. Governo do estado da Bahia. Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia, 2002.

OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. IN: SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F. PIRES, J.S.R.; OLIVEIRA, C.H. PIRES, A.M.Z.C.R. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. 1ª ed. v. 2, São Carlos, Rima,2004, p. 585-619.

PNUD BRASIL. Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento. **Software Atlas de desenvolvimento no Brasil**, 2015. Disponível em: <www.pnud.org.br/home/>. Acesso em: 22 de março de 2015.

RFFSA. **Malha paulista**: Extinta rede ferroviária federal, 2013. Disponível em: <www.rffsa.gov.br/Privatiz/paulista.htm> Acesso em: 17 de setembro de 2015.

RIBEIRO, F.L.; CAMPOS, S.; PIROLI, E.L; SANTOS, T.G.; CARDOSO, L.G. Uso da terra do alto rio pardo, obtido a partir da análise visual IN: I Ciclo de Atualização Florestal do Conesul Santa Maria: UFSM, 1999. **Anais**. V. único, pág. 75 – 81, 1999.

RITTERS, K.H.; O'NEIL, R.V.; HUNSAKER, C.T.; WICKHAM, J.D.; YANKEE, D.H. TIMMINS, S.P. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape Ecology**, v.10, n.1, p. 23-39, 1995.

SAAE-SÃO CARLOS. Serviço de água e esgoto de São Carlos. **Estação de tratamento de água e estação de tratamento de esgoto**, 2013. Disponível em: <www.saaesaocarlos.com.br> Acesso em: 17 de setembro de 2015.

SATO, M.; SANTOS. J. E **Agenda 21 em sinopse**. 1.ed. São Carlos: EduUFSCar, 1999, 60p.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis Municipais**, 2015. Disponível em: <www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

VALENTE R.O.A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí-SP**, 2001,162f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

WIENS, J. A.; STENSETH, N. C.; HORNE, B.; VAN, R. A. **Ecological mechanisms and landscape ecology**. *Oikos*, v. 66, p. 369-380, 1993.

WRBKA T.; ERB K.H.; SCHULZ, N.B.; PETERSEIL, J.; HAHN, C.O.; HABERL, H.
Linking pattern and process in cultural landscapes: An empirical study based on spatially
explicit indicators. **Land Use Policy** n.21, p.289-306, 2004.

Avaliação da naturalidade da paisagem do município de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Evaluation of landscape naturalness in São Carlos, São Paulo, Brazil.



Centro do município de São Carlos (SP). Fonte: CNMEM (2015)

RESUMO

Com a intensificação das pressões antrópicas sobre o meio ambiente, diversos usos da terra substituíram as paisagens naturais. Essa constante transformação do espaço vêm em consequência das relações socioculturais, ambientais e econômicas estabelecidas. O homem, por intermédio do desenvolvimento de técnicas, modifica a organização dos elementos espaciais, causando impactos ambientais nas diversas escalas de abrangência: local, regional e global. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo – Brasil em um período de 10 anos (2003 e 2013) e também diagnosticar a perda da paisagem natural ao longo deste período. Foram utilizadas técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapear o uso e cobertura da terra para caracterização ambiental, bem como para a dinâmica temporal do município para cada ano de estudo e o Índice de Urbanidade (IB) foi utilizado para diagnosticar a perda da naturalidade. Tal análise permitiu a identificação de uma redução nas áreas de florestas nativas ao longo do tempo com intensa expansão das áreas agrícolas, principalmente o cultivo de cana-de-açúcar. O IB evidenciou uma diminuição da naturalidade da paisagem ao longo do tempo, principalmente devido à diminuição das áreas de floresta no município. A perda e degradação de florestas remanescentes na paisagem de São Carlos destaca a necessidade de um plano que tem como objetivo desenvolver um modelo de crescimento econômico, que também considera a conservação dos ecossistemas naturais.

Palavras chave: Análise da paisagem; Índice de Urbanidade; dinâmica da paisagem; planejamento ambiental; usos da terra.

ABSTRACT

With the intensification of human pressures on the environment, various land uses have replaced natural landscapes. This constant transformation of space comes due to relations of social, cultural, environmental, and economical nature. Men, through the development of techniques, change the organization of spatial elements causing environmental impacts in different range of scales: local, regional and global. Thus, this study aimed to analyze the temporal dynamics of use and land cover in São Carlos (SP) over a period of 10 years (2003 and 2013) and diagnose the loss of natural landscape across this period. Geographic Information Systems (GIS) mapped land use and cover for environmental characterization and temporal dynamics of municipality for each year. The Urbanity Index (IB) helped diagnose loss of naturalness. This analysis allowed the identification of a reduction in native forests over time with intense expansion of agricultural areas, especially sugarcane cultivation. IB showed a decrease in natural landscape over time mainly due to the decrease in forest areas in the municipality. Loss and degradation of remaining forests in the São Carlos' landscape highlights the need for a plan that aims to develop a model of economic growth that also considers the conservation of natural ecosystems.

Keywords: Landscape analysis; Urbanity index; Landscape dynamics; Environmental planning; Land use.

2.1 INTRODUÇÃO

Os espaços terrestres ocupados pelo homem vão desigualmente mudando de natureza e de composição, exigindo uma nova definição de seus limites. As dimensões dessas áreas antropizadas passam por um processo de modificação muito intenso (SANTOS, 2008).

Essa constante transformação do espaço vêm em consequência das relações socioambientais, econômicas e culturais estabelecidas. O homem, por intermédio do desenvolvimento de técnicas, modifica a organização dos elementos espaciais, causando impactos ambientais nas diversas escalas de abrangência: local, regional e global (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE, 2007).

Todos os processos de ocupação pela espécie humana geridos sem planejamento produzem grandes pressões nos sistemas naturais e provocam sua alteração (VITOUSEK et al., 1997). Dentre eles destaca-se o desaparecimento de grande parte da sua cobertura vegetal original, fruto da utilização dos recursos naturais de forma insustentável, sem levar em consideração a capacidade de resiliência do meio ambiente. (TUNDISI, 2010).

Com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra. Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e comprometendo assim as funções ambientais em termos dos “bens e serviços” proporcionados pelos ecossistemas naturais (DE GROOT, 2013).

Há a necessidade de analisar as alterações sofridas pela paisagem ao longo do tempo, provocadas principalmente pelas diversas atividades antrópicas, e desta forma verificar os principais impactos dentro de cada unidade da paisagem. Identificar e quantificar essas mudanças permitirá avaliar as dimensões dos diversos problemas ambientais e conduzir os resultados para aplicação de convenções internacionais, programas de ação e políticas nacionais.

Para dimensionar e planejar este arranjo espacial é necessário conhecer os usos do solo e compreender os processos que nela ocorrem, envolvendo não somente os ecológicos, mas também as interações entre as atividades humanas e o ambiente.

Diante dos fatos apresentados, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal dos usos e cobertura da terra da paisagem do município de São Carlos, SP no período de 10 anos (2003 e 2013) e diagnosticar a perda da naturalidade da paisagem ao longo desse período por meio da aplicação do Índice de Urbanidade.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

O município de São Carlos localiza-se na região Administrativa Central do Estado de São Paulo (IGC, 2015), entre as coordenadas 22° 09' 39" e 21° 35' 50" de latitude sul e 48° 05' 27" e 47° 43' 09" de longitude oeste, com aproximadamente 1.140 km² (**Figura 2.1**) (IBGE,2015).

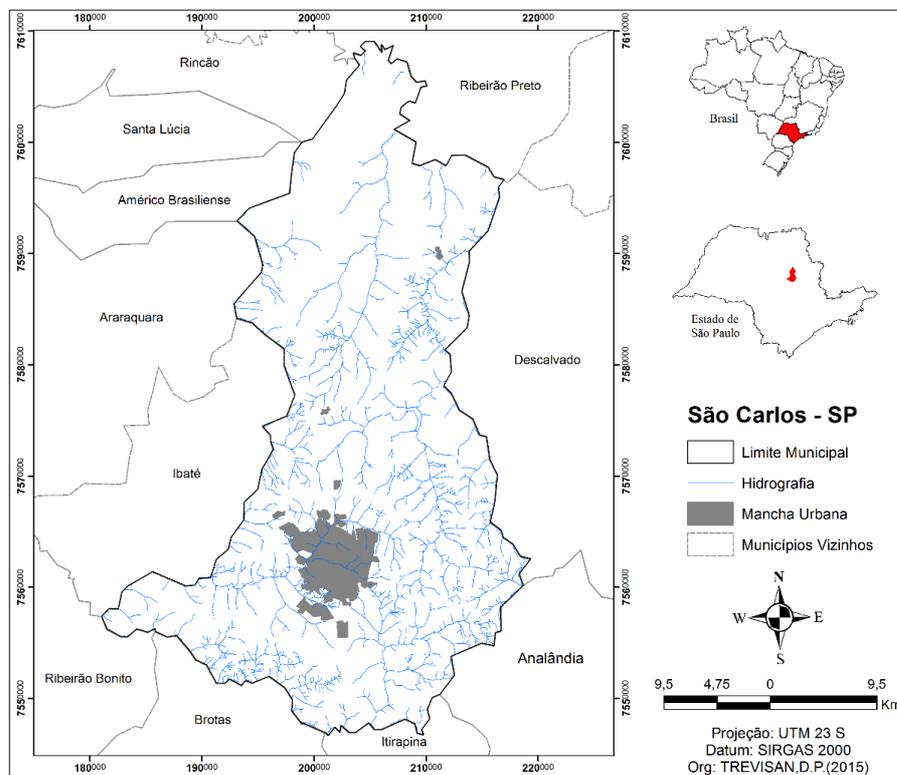


Figura 2.1: Localização geográfica do município de São Carlos, SP.

O município possui uma população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 hab./km²), com grau de urbanização de 96% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2015).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto, bioma de Cerrado, a temperatura média aproxima-se de 21,12°C e a média mensal pluviométrica de 118,56mm num total de 1.422,8mm anuais (CEPAGRI, 2015).

2.2.2 Metodologia

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis® 10.2.2. Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado do município de São Carlos, utilizando-se a projeção geográfica de Universal Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000, onde as informações foram estruturadas nos Planos de Informação (PI) para cada categoria de carta temática.

2.2.3 Caracterização e aquisição dos dados da área de estudo

Os dados primários para a delimitação do município de São Carlos foram adquiridos da base de dados digital do IBGE situação 2013. Para a obtenção das curvas de nível e rede de drenagem foram adquiridas as cartas planialtimétricas em formato analógico na escala 1:50.000 referentes à área de estudo pertencem às folhas: SF-22-Z-B-III-2, SF-23-V-C- IV-1, SF-23-V-C- IV-3, SF-23-Y-A- I-1, SF-23-V-C- IV-2, SF-23-V-C-IV-4 e SF-23-Y-A-I-2. Sendo estas convertidas para o formato digital e posteriormente georreferenciadas no software ArcGis® 10.2.2.

Foram utilizadas duas cenas referentes aos satélites LandSat, correspondente à órbita/ponto 220/75, com datas de passagem em 30 de abril de 2003 e 21 de setembro de 2013. Para 2003 foi utilizado o satélite LandSat 7- sensor TM bandas 5,4,3 e para a imagem de 2013 foi utilizado o satélite LandSat 8- sensor OLI/TIRS bandas 6,5,4. A utilização de cenas de satélites diferentes ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagem por um único satélite no período de estudo, as cenas utilizadas para este estudo possuem a mesma resolução espacial e espectral de 15 metros através da fusão com a Banda Pancromática.

2.2.4 Uso e cobertura da terra

A classificação dos usos e cobertura da terra foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo manual técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que em um nível hierárquico primário (I), contempla quatro classes que indicam as principais categorias da cobertura terrestre, que podem ser discriminadas com base na interpretação direta dos dados dos sensores remotos, atendendo assim uma escala mais ampla (nacionais ou inter-regionais).

Um nível hierárquico secundário (II), explicitou os tipos de usos inseridos no primeiro nível, com um detalhamento mais apurado e preciso da cobertura e o uso da terra em uma escala local. Um nível hierárquico terciário (III), explicitou os usos propriamente ditos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra.

Classe (I)	Tipo (II)	Descrição (III)
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares)
	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
Área Antrópica Agrícola	Citricultura	Área de cultivo de <i>Citros sinensis</i> .
	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.
	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus spp</i> ou <i>Pinus spp</i> .
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
Vegetação Natural	Vegetação Nativa	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea, com as formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.

2.2.5 Dinâmica do uso e cobertura da terra

A dinâmica do uso e cobertura da terra para a área de estudo foi efetuada com base na classificação visual das cenas das imagens dos Satélites LandSat 7 e 8, através da digitalização em tela na escala 1:50.000, desta forma foram criadas áreas vetoriais para cada tipo de uso e cobertura da terra, sendo identificados 8 tipos conforme o segundo nível hierárquico de classificação proposto pelo IBGE, 2013. Esse nível de detalhamento é de extrema importância para a identificação de processos culturais que possam interferir na perda da naturalidade da paisagem estudada.

2.2.6 Índice de Urbanidade (IB)

Para descrição do padrão da paisagem decorrente da influência dos processos antrópicos (usos da terra) no município de São Carlos nos períodos de 2003 e 2013, foi utilizado o Índice de Urbanidade (IB) (O'NEILL et al., 1988; WRBKA et al., 2004) como indicador da perda da naturalidade da paisagem, expressando a extensão pela qual a paisagem vem sendo ocupada pelos sistemas antrópicos.

O Índice de Urbanidade (IB) é definido pela expressão:

$$IB = \log_{10} \frac{(U + A)}{(F + W)}$$

Onde:

U: Corresponde a extensão de área urbana;

A: Corresponde a extensão de área agrícola;

F: Corresponde a extensão de área de vegetação natural;

W: Corresponde a extensão dos corpos hídricos.

As informações (ou variáveis) coletadas para a análise integrada do meio ambiente possuem naturezas distintas. Assim, para obter não só comparabilidade, mas também ajustar os dados a uma escala comum de trabalho requer a padronização dos critérios. A representação espacial do IB foi obtida no ArcGis® 10.2.2 e escalonado com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y=f(x)$], com valores de zero a um.

A técnica fuzzy tem sido utilizada em trabalhos de inferência espacial e, quando comparada com o modelamento convencional, tem a prerrogativa de não forçar os especialistas a definirem regras dicotômicas rígidas com contatos normalmente artificiais, que

diminuem a habilidade de articular eficientemente soluções para problemas complexos, tão comuns em processos naturais (TANSCHKEIT, 2006).

Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. A lógica convencional ou clássica usa distinções bem definidas para separar conjuntos. As implementações da lógica difusa permitem que estados indeterminados possam ser tratados por dispositivos de controle (MARRO et al., 2013).

Desta forma foram considerado com grau máximo de naturalidade (IB = 0), e como grau mínimo de naturalidade (IB = 1), correspondente a predominância de sistemas alterados pelo homem, onde maiores naturalidades demonstram sistemas menos impactados e menores naturalidades demonstram sistemas mais impactados pelas atividades antrópicas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados oito (8), tipos de uso e cobertura da terra na área de estudo para os anos de (2003 e 2013), perfazendo um período de dez anos (**Figura 2.2**), sendo encontrados e classificados os seguintes tipos de usos: cana-de-açúcar, corpos hídricos, citricultura, pastagens, silvicultura, áreas urbanizadas e vegetação nativa. Considerando o intervalo de 10 anos observou-se uma expansão das atividades agrícolas com um incremento de 41,42% de áreas de cultivo, representados pelas culturas de cana-de-açúcar e citricultura.

Para o ano de 2003, aproximadamente 69% da área de estudo apresenta o predomínio das atividades agrícolas sendo 33.549,91ha ocupados pela cana-de-açúcar, 1.809,78ha por silvicultura e 899,44ha pela citricultura (**Tabela 2.2**). As práticas do cultivo de cana-de-açúcar podem ser associadas às áreas com solo exposto, pois os mesmos referem-se ao período de pousio e preparo do solo para a próxima safra.

Esse fato, coincide com o cenário paulista, sendo o estado de São Paulo, mais precisamente o interior paulista, que é o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, sendo título é devido ao crescimento do mercado interno e de algumas condições favoráveis ao seu cultivo, como por exemplo, ser o estado com mais terras férteis que permite a produtividade média maior do que em outras regiões e pelo fato de possuir desenvolvido setor de bens de produção para a cultura canavieira (NATALE NETTO, 2007).

Tabela 2.2: Valores do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013.

Usos	2003		2013		Variação em 10 anos (%)
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	
Áreas Urbanizadas	6.349,77	5,57	6.694,78	5,87	3,45
Cana-de-açúcar	33.549,91	29,43	36.842,37	32,32	32,92
Citricultura	899,21	0,79	1.749,04	1,53	8,50
Pastagens	4.645,95	04,08	4.747,75	4,16	1,02
Silvicultura	1.809,78	1,59	1.718,12	1,51	-0,92
Solo exposto	41.982,63	36,83	40.522,37	35,57	-14,60
Vegetação Nativa	23.917,69	20,98	20.880,60	18,29	-30,67
Corpos Hídricos	845,06	0,75	845,06	0,75	-
TOTAL	114.000,00	100,00	114.000,00	100,00	

O cenário observado para o município de São Carlos, com expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar de aproximadamente 33% em dez anos é semelhante a estudos realizados com esta temática (MORAES et al., 2013; RUDORFF et al., 2010; FISHER, 2008; COELHO et al., 2007; CRIUSCUOLO et al., 2006, TREVISAN et al., 2011) as quais também evidenciaram a expansão do cultivo da cana-de-açúcar e a supressão de áreas de vegetação nativa além da substituição por outras práticas agrícolas.

As áreas de vegetação nativa apresentam-se fragmentadas ao longo da área de estudo apresentando uma perda de cerca de 31% em dez anos, representando uma área 3.067,08ha. Esses fragmentos imersos na matriz agrícola estão em sua maioria associados a corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP). Essa perda de áreas de vegetação nativa evidenciada para o município de São Carlos, foi semelhante aos estudos realizados por Mello, (2014); Moraes, (2013), Moschini, (2005); Cintra et al., (2004), os quais analisaram as fitofisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, tipos vegetacionais presente na área de estudo. Estes estudos os autores evidenciam o processo de fragmentação da paisagem em decorrência de ações antrópicas.

Considerando que a Mata Atlântica e o Cerrado são dois hotspots, é necessário uma intervenção imediata no processo de fragmentação da paisagem, em sua maioria decorrentes do avanço da fronteira agrícola, mais especificamente pelo cultivo da cana-de-açúcar, que implica em severas mudanças nos padrões biológicos da paisagem e na conservação de fauna e flora presentes nesses habitats (MORAES et al., 2013).

As áreas urbanas apresentaram-se em pequena proporção e quantidade de área quando comparadas aos outros usos (6.349,77ha em 2003 e 6.694,78ha em 2013), isso se deve, principalmente pelo fato da dependência do município com o setor agropecuário, fato que explica a pequena expansão da área urbana (em relação aos outros usos) e tornando o crescimento urbano pouco significativo nesse período.

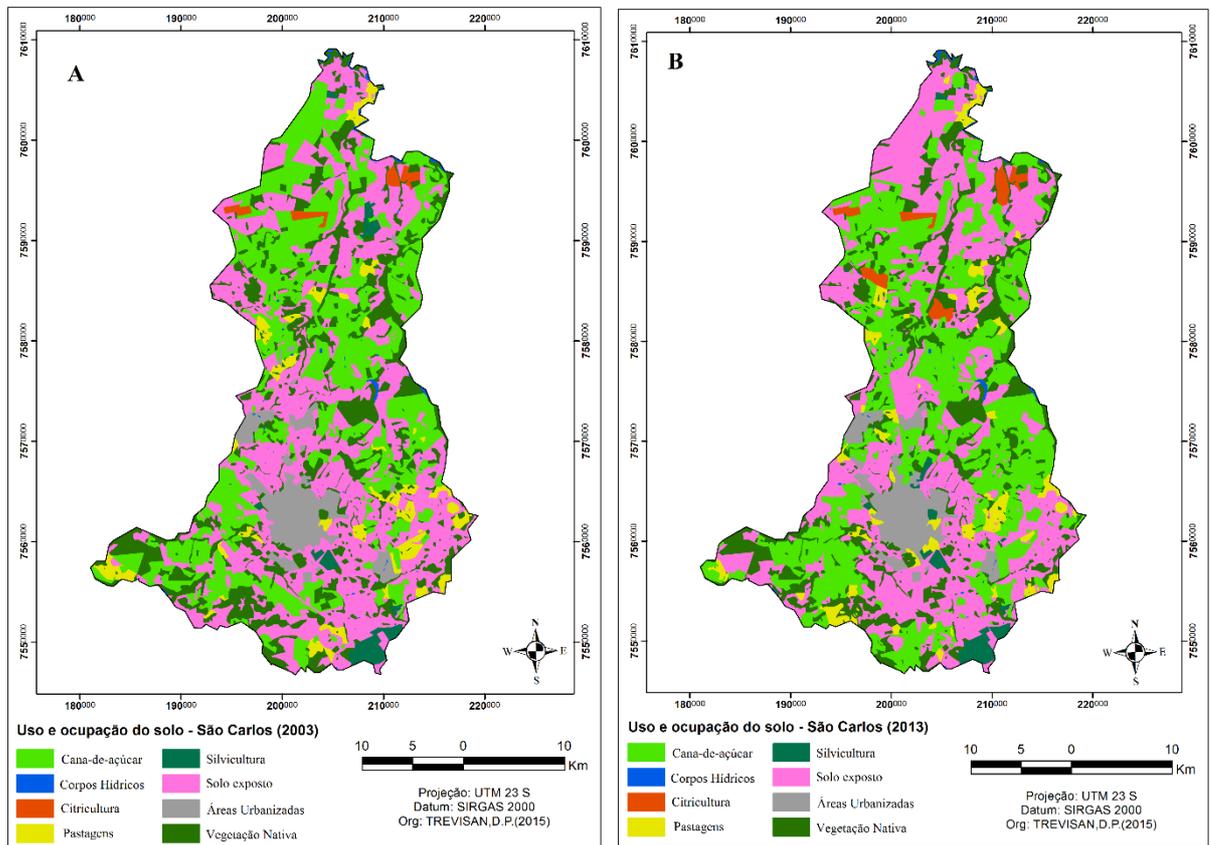


Figura 2.2 : Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP). A- Uso e cobertura da terra para ano de 2003. B – Usos e cobertura da terra para o ano de 2013.

Mediante a análise da dinâmica temporal de uso e cobertura da terra, foi elaborado a análise do Índice de Urbanidade. A distribuição espacial dos intervalos do Índice de Urbanidade estão representadas na **Tabela 2.3**, para os anos de 2003 e 2013, os quais evidenciam um processo contínuo e crescente de alteração da paisagem na área de estudo, fato este que pode ser atribuído as ações antrópicas, associadas a prática agrícola como descritas na análise da dinâmica de uso e cobertura da terra. (**Figura 2.3**).

Tabela 2.3: Valores do Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013.

Intervalos	2003		2013		Variação em 10 anos
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	(%)
0,0 – 0,2	1.641,90	1,44	1.632,00	1,43	-0,10
0,2 – 0,4	3.700,00	3,25	4.920,00	4,32	12,20
0,4 – 0,6	77.100,10	67,63	85.167,00	74,71	80,67
0,6 – 0,8	24.370,00	21,38	15.900,00	13,95	-84,70
0,8 – 1,0	7.188,00	6,31	6.381,00	5,60	-8,07
TOTAL	114.000,00	100,00	114.000,00	100,00	

Com base na análise da dinâmica temporal foi possível identificar uma expansão de 3,45% das áreas urbanizadas do município, este percentual de crescimento está relacionado a baixa taxa de crescimento populacional de aproximadamente 1% ao ano, desta forma o adensamento populacional pouco contribuiu para o índice de urbanidade, a perda de naturalidade da paisagem está fortemente ligada a expansão das atividades agrícolas, que vem se destacando ao longo dos 10 anos.

Frente a condição de naturalidade da paisagem do município de São Carlos, a análise realizada através do Índice de Urbanidade, reflete o comprometimento dos bens e serviços fornecidos pelo ecossistema a um tempo pregresso em 2003, o qual apresenta grau de urbanidade elevado, influenciando de forma negativa nas funções ecossistêmicas.

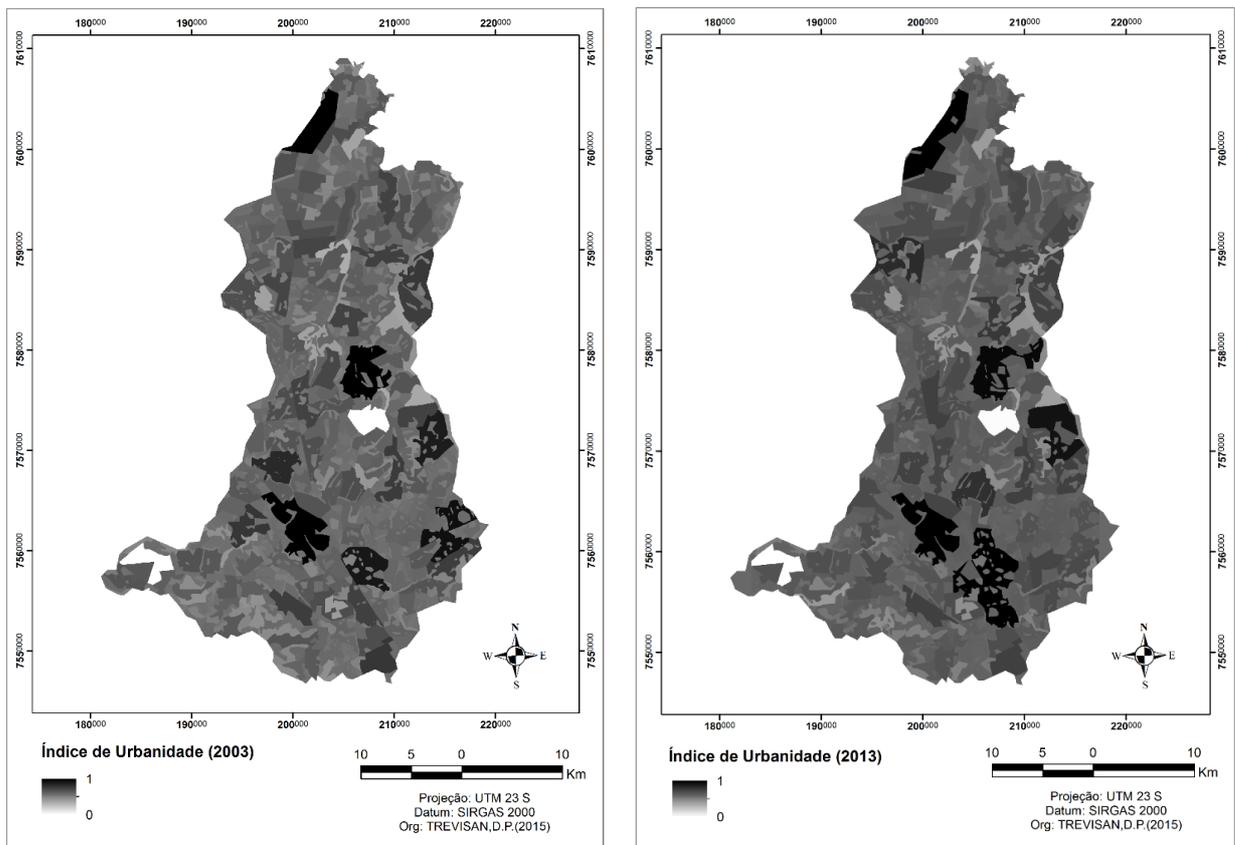


Figura 2.3 : Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Na **Figura 2.4**, podemos observar uma concentração no intervalo de (0,4 – 0,6), o qual representa uma situação intermediária de Naturalidade da paisagem no período de 10 anos referentes ao andamento deste estudo, onde foi identificado um acréscimo de cerca de 81% de locais classificados com média urbanidade. Dadas regiões estas associadas a fragmentos de vegetação nativa ainda conservados e ou restaurados, mas que continuam sofrendo fortes pressões em virtude de sua proximidade com as atividades antrópicas e desta forma tornando-os susceptíveis a perda de naturalidade.

Nos dois cenários analisados podemos observar a presença de fragmentos de vegetação nativa que ainda resguardam um baixo índice de urbanidade (IB = 0), essa característica se deve principalmente por algumas métricas da paisagem como conectividade entre os fragmentos, área, perímetro, forma e borda, parâmetros esses que contribuem para que o fragmento mantenha uma biodiversidade. O município de São Carlos apresenta apenas dois fragmentos nesta condição os quais representam uma área de cerca de 1.600 hectares.

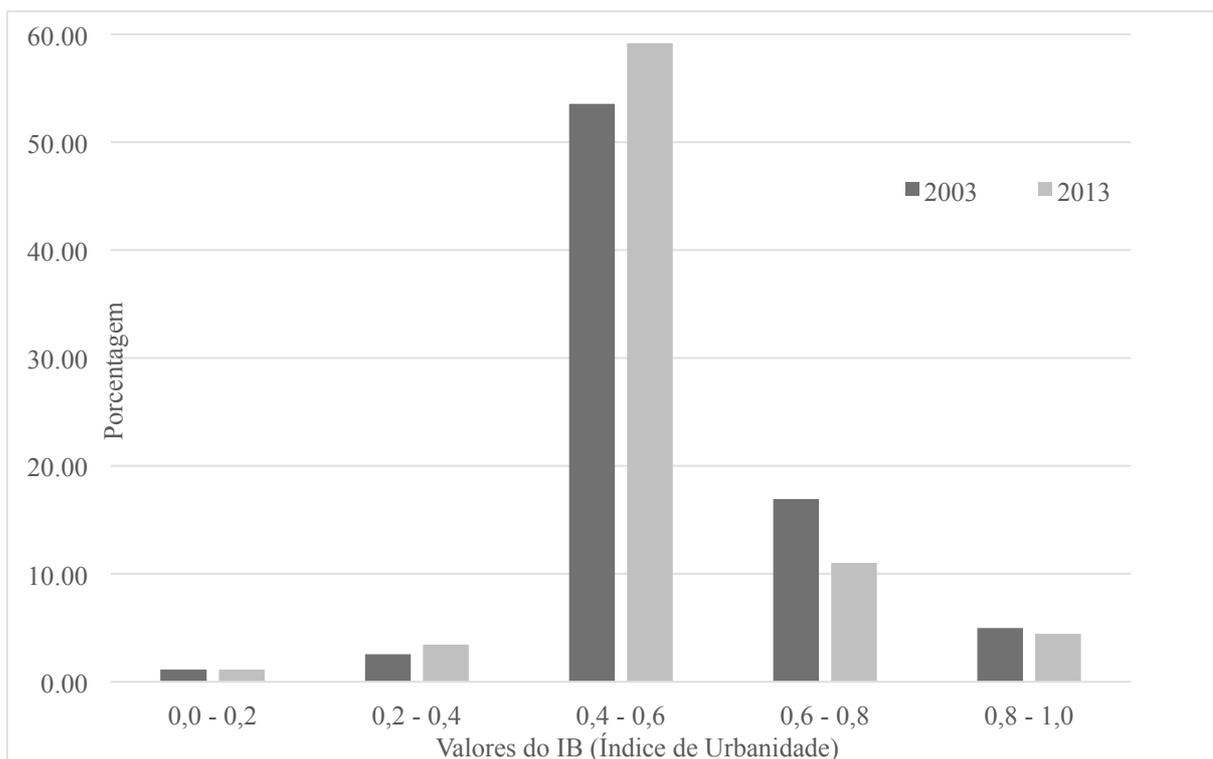


Figura 2.4: Variação dos valores dos intervalos do Índice de Urbanidade ao longo do período estudado.

Podemos observar um decréscimo na variação exponencial dos intervalos ao longo de 10 anos, que evidencia uma regressão de aproximadamente 93% entre os intervalos (0,6 à 1,0), esta condição demonstra uma ligeira melhora na condição de naturalidade da paisagem, porém o município ainda encontra-se em uma situação crítica devido as pressões exercida pelas atividades antrópicas, as quais isolam e restringem os fragmentos a pequenas área de vegetação nativa, sendo que as mesmas estão presentes na paisagem em decorrência das exigências de Leis.

Entretanto, apesar desta paisagem extremamente fragmentada em pequenas áreas de vegetação nativa, as mesmas possuem um papel importantes em relação aos serviços ambientais proporcionados por essas áreas, onde podemos destacar a regulação, produção e suporte, os quais são essências para manutenção e desenvolvimento das atividades antrópicas no município.

O processo de antropização da paisagem do município de São Carlos, vem ocorrendo de forma intensa necessitando urgentemente de ações que visem a manutenção e a recuperação de áreas de vegetação nativa, para que o ecossistema possa continuar a fornecer

os bens de serviços à população, resguardando uma boa qualidade de vida, além de suprir as necessidades socioeconômicas.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Urbanidade ao expressar o estado de conservação e naturalidade das paisagens, apresenta-se como uma ferramenta importante no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas possibilitando uma análise mais precisa de cada elemento que compõe a paisagem.

Os ecossistemas com seus bens e serviços ambientais subsidiam diversas atividades antrópicas (socioeconômicas), podendo ser sobrecarregados e até mesmo comprometer o atendimento das necessidades humanas.

Faz-se necessário o planejamento que almeje um modelo de desenvolvimento que leve em consideração toda esta temática, incluindo todos os agentes presentes nela (socioambiental, econômica e cultura), focando-se não apenas nos problemas, mas nas causas, reforçando a ideia de necessidade de desenvolvimento, que almeje o crescimento econômico considerando também a conservação dos ecossistemas.

Faz-se essencial a preocupação não apenas da condição atual do município, mas também com as tendências que se solidificam ao passar dos anos, tendências estas de perda de áreas naturais em decorrência da expansão das atividades antrópicas, que estão evidenciadas na análise dos remanescentes de vegetação nativa do município, sendo que este modelo de crescimento e de geração de impactos não são realizados em prol da necessidade do desenvolvimento concreto do município como um todo, mas apenas de algumas atividades e setores presentes no mesmo.

2.5 REFERÊNCIAS

CNMEM. Conferência nacional sobre modelagem na educação matemática. **Município de São Carlos**, 2015. Disponível em <www.ixcnmem.ufscar.br/wordpress/?page_id=33> Acesso em 23 de março de 2015.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**, 2015. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

CINTRA, R. H. et al. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. IN: SANTOS, J. E.; ZANIN, E. M.; MOSCHINI, L. E. (Ed.). **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos, SP, Rima, 2004.

COELHO, A. T. et al. A Sustentabilidade da expansão da cultura canavieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos**, São Paulo, v. 6, p. 1-13, 2007.

CRISCUOLO, C. et al. **Dinâmica de uso e cobertura das terras na região nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. p. 70.

DE GROOT, R. S.; BLIGNAUT, J.; DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; ELMQVIST, T.; FARLEY, J. Benefits of investing in ecosystem restoration. **Conservation Biology**, v. 27: p. 1286-1293, 2013.

FISHER, G. Land use dynamics and sugarcane production. IN: ZUURBIER, P.; VAN DE VOOREN, J. (Ed.). **Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**, Wageningen Academic Publishers, 2008, p. 29-62.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Divisão territorial Brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – São Carlos**, 2015. Disponível em:<www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**. 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm>. Acesso em: 31 de maio de 2015

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Região Administrativa Central**, 2015. Disponível em: <www.igc.sp.gov.br/>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: Synthesis Report. **IPCC**, 2007.

MARRO, A.A.; SOUZA, A.M.C.; CAVALCANTE, E.R.S.; NUNES, G.S.B.R.O. **Lógica Fuzzy**: Conceitos e aplicações. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013, 23 p.

MELLO, K.; PETRI, L., CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, v. 38, p. 309-317, 2014.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: Synthesis. Island Press, Washington, DC, World Resources Institute, 2005.

MORAES, M. C. P.; TOPPA, R.H.; MELLO, K.A Expansão da Cana-de-Açúcar como fator de pressão para áreas naturais protegidas. IN: DOS SANTOS, J.E.; ZANIN, E.M. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**: Ecologia, Planejamento e Percepção. 1ª ed, v.5, São Carlos: Rima, 2013, p. 163-173.

MORAES, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da zona de amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP**. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

NATALE NETTO, J. A saga do álcool: fatos e verdades sobre os 100 anos do álcool combustível em nosso país. 1ª ed. Osasco, SP: **Novo Século**, 2007, 343 p.

O'NEILL, R. V.; GARDNER, R.H. & TURNER, M.G. A hierarchical neutral model for landscape analysis. **Landscape Ecology**. v. 7, p. 55-61, 1988.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production on São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SANTOS, M. *Metamorfose do espaço habitado: Fundamento teórico e metodológico da geografia*. 1ª ed. São Paulo, SP. **EDUSP**, 2008, 28 p.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis Municipais**, 2015. Disponível em: <www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

TANSCHKEIT, R. **Fundamentos da lógica Fuzzy e controle Fuzzy**, 2006. Departamento de Estatística – PUC Rio. Disponível em: <tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-Logica_Control_Fuzzy.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

TUNDISI, J. G. Prefácio, IN: SANTOS, J.E. MOSCHINI, L.E.; ZANNIN, E.M. **Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, planejamento e percepção**.v.3. São Carlos: Rima, 2010.

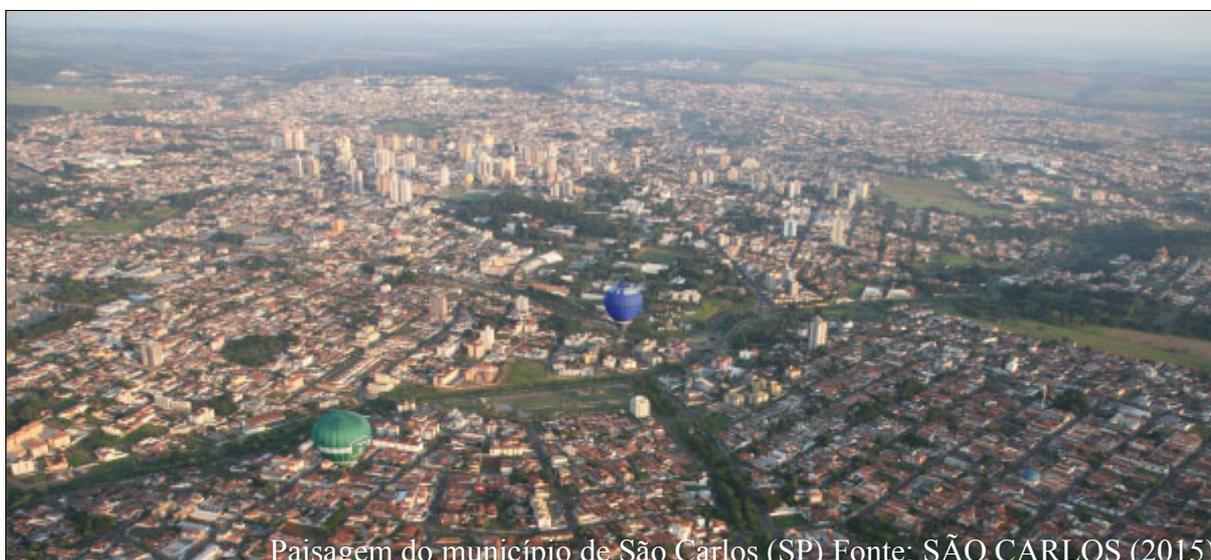
TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; LOCATELLI, E. T.; OGEDA, R.A.; DOS SANTOS, R.M.; PINATTI, J.M. Análise multitemporal do uso e cobertura vegetal do município de Ibaté (SP) IN: 9ª Jornada Científica e Tecnológica da UFSCAR, 2011, São Carlos, **Anais**. São Carlos, UFSCAR, 2011, p.1-1.

VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v.277, p.494-499, 1997.

WRBKA T.; ERB K.H.; SCHULZ, N.B.; PETERSEIL, J.; HAHN, C.O.; HABERL, H. Linking pattern and process in cultural landscapes: An empirical study based on spatially explicit indicators. **Land Use Policy** n.21, p.289-306, 2004.

**DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL
DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SÃO PAULO,
BRASIL.**

Determination of environmental fragility of the city São Carlos, São Paulo, Brazil.



Paisagem do município de São Carlos (SP) Fonte: SÃO CARLOS (2015)

RESUMO

Ao se apropriar do território e dos recursos naturais, a ação humana transforma rapidamente a paisagem natural com muito mais intensidade que a ação da natureza, provocando alterações nos fluxos energéticos e gerando impactos no ambiente. O mapa de fragilidade ambiental constitui uma das principais ferramentas utilizadas na elaboração do planejamento territorial ambiental e permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições. Diante estas considerações o objetivo deste trabalho foi realizar a análise da fragilidade ambiental do município brasileiro de São Carlos (SP). Foram utilizadas técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapear o uso e cobertura da terra, a declividade, a geologia e a pedologia do município, os quais deram suporte para aplicação do Índice de Fragilidade. Tal análise permitiu a identificação dos graus de fragilidade das diversas regiões do município. As características ambientais do município de São Carlos contribuem para seu estado de fragilidade entretanto esta situação agrava-se principalmente pelas características econômicas do município, voltadas as commodities agrícolas impulsionadas pelas características ambientais presentes no município como tipo de solo e declividade, fica evidente a tendência de piora destas áreas, com provável aumento em quantidade de áreas da matriz agrícola, o que contribui ainda mais para o aumento da fragilidade ambiental do município, interferindo na conservação das áreas naturais e da manutenção dos serviços ambientais proporcionados por estas. A degradação da paisagem de São Carlos destaca a necessidade de um plano que tem como objetivo desenvolver um modelo de crescimento econômico, que também considera a conservação dos ecossistemas naturais.

Palavras chave: Análise da paisagem; fragilidade ambiental; planejamento ambiental; uso e cobertura da terra.

ABSTRACT

By appropriating the territory and natural resources, human action transforms very quickly natural landscape with much more intensity than the action of nature, causing changes in energy flows and generating environmental impacts. The environmental vulnerability map is one of the main tools used in preparation of environmental territorial planning and allows evaluating the potential of the environment in an integrated manner, aligning its natural characteristics with its restrictions. In face of these considerations, the aim of this study was to analyze environmental fragility in São Carlos (SP). GIS techniques were used (GIS) to map land use and cover, slope, geology and soil conditions of the municipality, which provided support for the application of Fragility Index. This analysis allowed the identification of the vulnerability degree of different regions. Environmental characteristics of São Carlos contribute to its fragile state. However, this situation is worsened mainly by economical characteristics of the municipality, facing agricultural commodities driven by environmental features present in the city as soil type and slope, There is an evident fragility trend due to likely increase in the number of areas of agricultural matrix, affecting the conservation of natural areas and environmental services provided by them. The degradation of Sao Carlos's landscape highlights the need for a plan that aims to develop a model of economic growth, which also considers the conservation of natural ecosystems.

Keywords: Landscape analysis; environmental fragility; environmental planning; land use.

3.1 INTRODUÇÃO

Ao se apropriar do território e dos recursos naturais, a ação humana transforma rapidamente a paisagem natural com mais intensidade que a ação da natureza, provocando alterações nos fluxos energéticos e gerando impactos no ambiente (ROSS, 2009).

Em função dos problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas e da degradação dos recursos naturais, resultando na perda da qualidade ambiental e de vida, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial baseado na perspectiva socioambiental, econômica e cultural além de um diagnóstico do estado de conservação ou degradação da paisagem.

Em decorrência das intensas atividades antrópicas sobre o meio, torna-se essencial a análise das paisagens, em detrimento da proteção dos recursos naturais e culturais, com base em estratégias que envolvam o desenvolvimento e a melhoria das informações para as tomadas de decisões.

Nesta perspectiva, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), têm revolucionado o planejamento e a gestão ambiental, permitindo a ligação de dados físicos, naturais e socioeconômicos, sendo essencial para estudos de planejamento ambiental, como na determinação da vulnerabilidade e fragilidade aos processos erosivos, a partir das unidades da paisagem mapeadas de imagens de satélite (RUHOFF, 2004).

Para que o planejamento ambiental possa incorporar a análise das fragilidades do ambiente é necessário um estudo integrado de seus elementos, objetivando definir as áreas que requerem maior proteção ou que apresentam maiores restrições e, sobretudo, que necessitam de ações diferenciadas para a gestão por parte dos órgãos públicos (TROMBETA, et al., 2014).

O conceito de fragilidade ambiental aborda sobre a suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição. Daí a definição de ecossistemas ou áreas frágeis como àqueles que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação. (RAMOS, 1987; TAMANINI, 2008).

Diante estas considerações o presente trabalho tem como objetivo determinar o potencial de fragilidade ambiental para o município de São Carlos (SP), utilizando técnicas de geoprocessamento.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

A área de estudo, compreende o município de São Carlos, localizado na região administrativa central do estado de São Paulo (IGC, 2015), entre as coordenadas 22°09'39" e 21°35'50" de latitude sul e 48°05'27" e 47°43'09" de longitude oeste (**Figura 3.1**), com aproximadamente 1.140 km² (IBGE,2015).

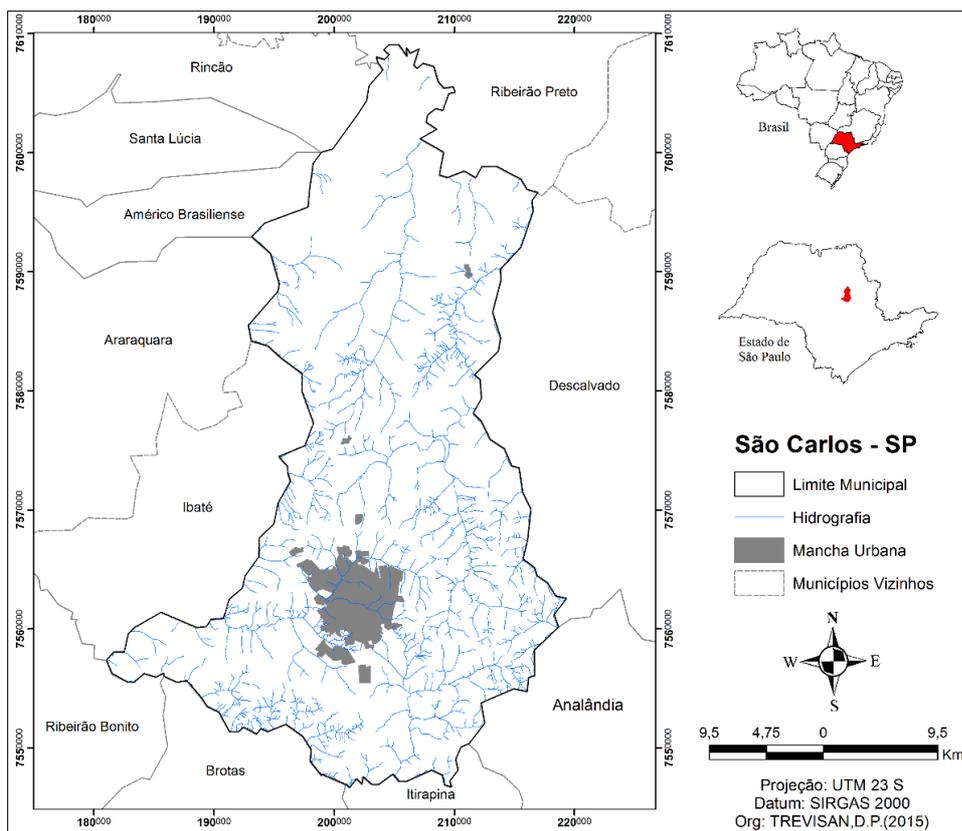


Figura 3.1: Localização geográfica do município de São Carlos (SP).

O município possui uma população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 habitantes por km²), com grau de urbanização de 96,00% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2015).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto, bioma de Cerrado, a temperatura média aproxima-se de 21,12°C e média mensal pluviométrica de 118,56mm num total de 1.422,8mm anuais (CEPAGRI, 2015).

3.2.2 Metodologia

Foi utilizada a malha digital dos municípios brasileiros situação 2010 da base de dados digital do IBGE, da qual foi extraído o limite do município de São Carlos e também as cartas planialtimétricas do IBGE na escala 1.50.000 folhas: SF-22-Z-B-III-2, SF-23-V-C- IV-1, SF-23-V-C- IV-3, SF-23-Y-A- I-1, SF-23-V-C- IV-2, SF-23-V-C-IV-4 e SF-23-Y-A-I-2, que compõem a área de estudo. Toda a base de dados foi georreferenciada no sistema de projeção geográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

A carta de declividade foi elaborada a partir das isolinhas presentes nas cartas planialtimétricas do IBGE, onde foram agrupadas em classes altimétricas e posteriormente aplicada a função “FACE SLOPE” presente no SIG ArcGis10.2.2, Na **tabela 3.1** estão categorizadas os intervalos de declividade e os pesos atribuídos.

Tabela 3.1: Categorias hierárquicas de declividade.

Declividade	Peso
Formas de topos planos com drenagem de fraco entalhamento. Declividade entre 2 e 5%	1:Muito Fraca
Forma de topos planos ou ligeiramente convexizados com canais de drenagem de fraco entalhamento Declividades entre 2 e 12%.	2:Fraca
Formas de topos convexos de pequena dimensão Inter fluvial e canais pouco entalhados e formas de topos convexos ou planos de dimensão interfluvial pouco maior e canais mediamente entalhados Declividades entre 12 a 20%	3:Média
Formas com topos planos e convexos e amplos com canais de forte entalhamento. Declividades entre 20 a 30%	4: Alta
Formas de topos aguçados ou convexos de dimensão interfluviais de média a pequena e forte entalhamento dos canais Declividades acima de 30%	5:Muito alta

Fonte: ROSS (1994)

A informações geológicas foram obtidas de Muro (2000), na Escala 1:50.000, em formato analógico e posteriormente convertidas para o formato Digital, no software ArcGis 10.2.2. Essas dados foram categorizadas hierarquicamente para a atribuição de pesos para cada tipo geológico de acordo com a **Tabela 3.2**.

Tabela 3.2: Categorias hierárquicas de geologia.

Geologia	PESOS
Derrames Basálticos (Juro-Cretáceo)	2:Fraca
Diques e Sills (Juro-Cretáceo)	2:Fraca
Formação Botucatu (Jurássico)	3:Média
Formação Piramboia (Triássico-Jurássico)	3:Média
Aluviões (Holoceno)	3:Média
Grupo Bauru (Cretáceo-Superior)	3:Média

Os tipos pedológicos foram obtidos a partir da Carta de Pedologia, folhas SF-23-V-C-IV, SF-23-Y-A-I e SF-22-X-D-VI, elaborado pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), na escala 1:100.000, em formato analógico o qual foi convertido de digitalizado para o formato digital, os tipos de solo foram classificados e categorizados para atribuição de pesos de acordo com a **Tabela 3.3**.

Tabela 3.3: Categorias hierárquicas de pedologia.

Pedologia	Peso
LATOSSOLO VERMELHO, GLEISSOLO HÁPLICO, Textura Argilosa	1:Muito Fraca
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Textura Média Argilosa	2:Fraca
NITOSSOLO VERMELHO	3:Média
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	4: Alta

Fonte: ROSS (1994)

A classificação dos usos e cobertura da terra foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo IBGE (2013), sendo adotado o terceiro nível hierárquico, classificação em unidades, explicitando os tipos de uso propriamente ditos, os quais foram obtidos a partir da análise da imagem do satélite LandSat 8 – sensor OLI/TIRS com data de passagem de 21 de setembro de 2013, referente à órbita/ponto 220/75, correspondente à área

de estudo, além da identificação do tipos de uso e cobertura receberam a atribuição de pesos para cada tipo levando em consideração a cada característica (**Tabela 3.4**).

Tabela 3.4: Categorias hierárquicas de uso de cobertura da terra.

Uso e cobertura da terra	Peso
Florestas – Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade	1:Muito Fraca
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso	2:Fraca
Cerrado denso, Capoeira, Mata homogenia, Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado	3:Média
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível como café, laranja, cana, silvicultura	4: Alta
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto, terraplanagem	5:Muito alta

Fonte: ROSS (1994)

A análise da fragilidade contribui na tomada de decisões a fim de minimizar a implantação de ocupações indevidas, onde o relevo se apresenta com declividades acentuadas, em solos muito rasos, que apresentam risco de ocupação ou até mesmo em áreas com baixo rendimento produtivo e usos irregulares (ROSS,2000).

Assim como descrito por Silva (2014) conforme as características de cada parâmetro analisado, foi atribuído um peso de acordo com as especificidades individualizadas, posteriormente reclassificadas em um intervalo entre 1 à 5, os quais foram categoria de acordo com o grau de fragilidade sendo: (1=Muito Fraca, 2=Fraca, 3=Média, 4=Alta e 5=Muito alta), a partir desta reclassificação foi aplicada a função Álgebra de Mapas disponível no software ArcGis 10.2.2, corresponde a seguinte equação:

$$Fragilidade\ Ambiental = (D * 0,30) + (G * 0,15) + (P * 0,20) + (U * 0,35)$$

Onde:

D= Declividade;

G= Geologia;

P = Pedologia, e

U = Uso e cobertura da terra.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da declividade do município de São Carlos permite constatar as áreas maiores que 45° (**Tabela 3.5 e Figura 3.2a**). As declividades foram agrupadas em classes representadas pelos intervalos de (0 a 2°, 2° a 5°, 5° a 20°, 20° a 30°, 30° a 45° e >45°). Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas, principalmente relacionadas as atividades agrícolas. Cerca de 89% do município apresenta condições para a prática de agricultura intensiva com o auxílio de maquinário, devido a característica de áreas com relevos planos e ou com suaves ondulações. Como é observado 7,59% está nas classes de 0 a 2°, 29,76% nas de 2 a 5°, 29,89% nas de 5 a 20° e 21,05% nas de 20 a 30°, totalizando 88,29% o que caracteriza a baixa declividade existente em grande porcentagem da área do município de São Carlos.

Tabela 3.5. Distribuições das classes de declividade e suas respectivas valores e pesos.

Declividade	Área (ha)	Frequência (%)	PESO
0 a 2°	8.656,80	7,60	1
2 a 5 °	33.928,63	29,76	2
5 a 20 °	34.076,27	29,89	3
20 a 30°	23.999,06	21,05	4
30 a 45 °	12.680,86	11,12	5
>45	658,38	0,58	5
Total	114.000,00	100,00	-

O município de São Carlos é recoberto por cinco tipos de solo (**Tabela 3.6 e Figura 3.2b**) e aproximadamente 52% da área está representada por área ocupadas por LATOSSOLOS, normalmente, este tipo de solo está situado em relevo plano a suavemente ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, sendo profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos e de fácil preparo (TEIXEIRA et al., 2000).

Tabela 3.6: Distribuições das classes pedológicas e seus respectivos valores e pesos.

Pedologia	Área (ha)	Frequência (%)	PESOS
------------------	------------------	-----------------------	--------------

GLEISSOLO HÁPLICO	3.744,50	3,28	1
LATOSSOLO VERMELHO	37.424,50	32,82	1
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	41.997,80	36,84	2
NITOSSOLO VERMELHO	6.211,70	5,45	3
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	24.621,50	21,61	4
Total	114.000,00	100,00	-

A geologia do município de São Carlos está distribuída em seis tipos distintos (**Tabela 3.7 e Figura 3.2c**), sendo a formação Botucatu a que mais se destaca, composta por arenitos finos e médios bem selecionados, corresponde a área de recarga do Aquífero Guarani, maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, com hidrografia das sub-bacias Tiete-Jacaré e Mogi-Guaçu (BIOTA FAPESP, 2013).

Nas regiões com a presença da Formação Botucatu, destacam-se alguns tipos de solos em decorrência do intemperismo dessas rochas onde podemos destacar: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, LATOSSOLOS E ARGISSOLOS, o que explica a concentração de LATOSSOLOS na área de estudo (EMBRAPA,1999).

Tabela 3.7: Distribuições das classes geológicas e seus respectivos valores e pesos.

Geologia	Área (ha)	Frequência (%)	PESOS
Aluviões (Holoceno)	2.474,00	2,17	3
Grupo Bauru (Cretáceo-Superior)	9.108,00	7,99	3
Derrames Basálticos (Juro-Cretáceo)	20.325,00	17,83	2
Diques e Sills (Juro-Cretáceo)	21.200,00	18,60	2
Formação Botucatu (Jurássico)	60.700,00	53,25	3
Formação Piramboia (Triássico-Jurássico)	193,00	0,16	3
TOTAL	114.000,00	100,00	-

Na análise do uso e cobertura da terra realizada para o município de São Carlos foi possível identificar um predomínio das atividades agrícolas (**Figura 3.2d e Tabela 3.8**) com cerca de 86.000ha perfazendo 61,17% do total da área de estudo, essas atividades agrícolas em sua maioria estão consolidadas sobre os LATOSSOLOS, os quais apresentam

características que proporcionar condições favoráveis para essa atividade, onde podemos destacar a cana-de-açúcar, citricultura, silvicultura e pastagens.

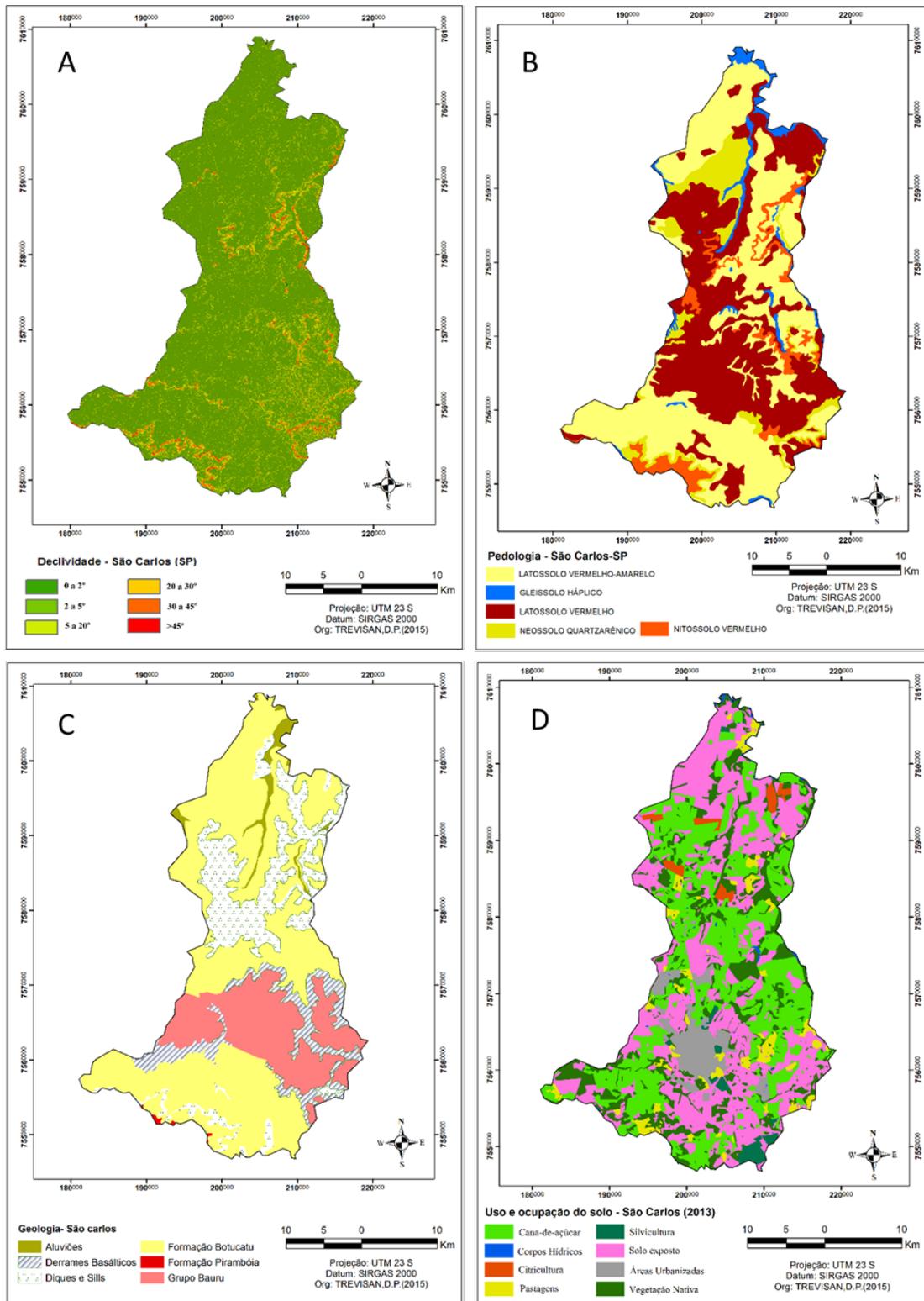


Figura 3.2: Variáveis determinantes para a análise da fragilidade ambiental do município de São Carlos, SP.

Tabela 3.8: Distribuições das classes de uso e cobertura da terra e seus respectivos valores e pesos.

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Frequência (%)	PESOS
Vegetação nativa	20.850,61	18,29	1
Cana-de-açúcar	36.842,37	32,32	4
Citricultura	1.749,04	1,53	4
Pastagens	4.747,75	4,16	3
Silvicultura	1.718,12	1,51	4
Solo Exposto	40.552,37	35,57	5
Áreas Urbanizadas	6.694,78	5,87	5
Represas	845,07	0,75	1
TOTAL	114.000,00	100,00	-

Diante as características encontradas, foi possível determinar o grau de fragilidade ambiental do município de São Carlos representados na **Tabela 3.9 e nas Figuras 3.3 e 3.4**, onde foi identificado um destaque no grau de média de fragilidade representado por 27,84%, do total da área de estudo, seguido pelo grau de alta fragilidade com 24,43%. A distribuição destes graus de fragilidades estão associadas principalmente a prática agrícola e área urbanizadas, regiões essa que se apresentam com déficit de áreas de vegetação nativa.

Tabela 3.9: Distribuições das classes e dos valores de fragilidade ambiental para o município de São Carlos, SP.

Classe	Área (ha)	Frequência (%)
1 - Muito Baixa	13.000,00	11,40
2 - Baixa	24.060,00	21,11
3 - Média	31.740,00	27,84
4 - Alta	27.850,00	24,43
5 - Muito Alta	17.350,00	15,22
Total	114.000,00	100,00

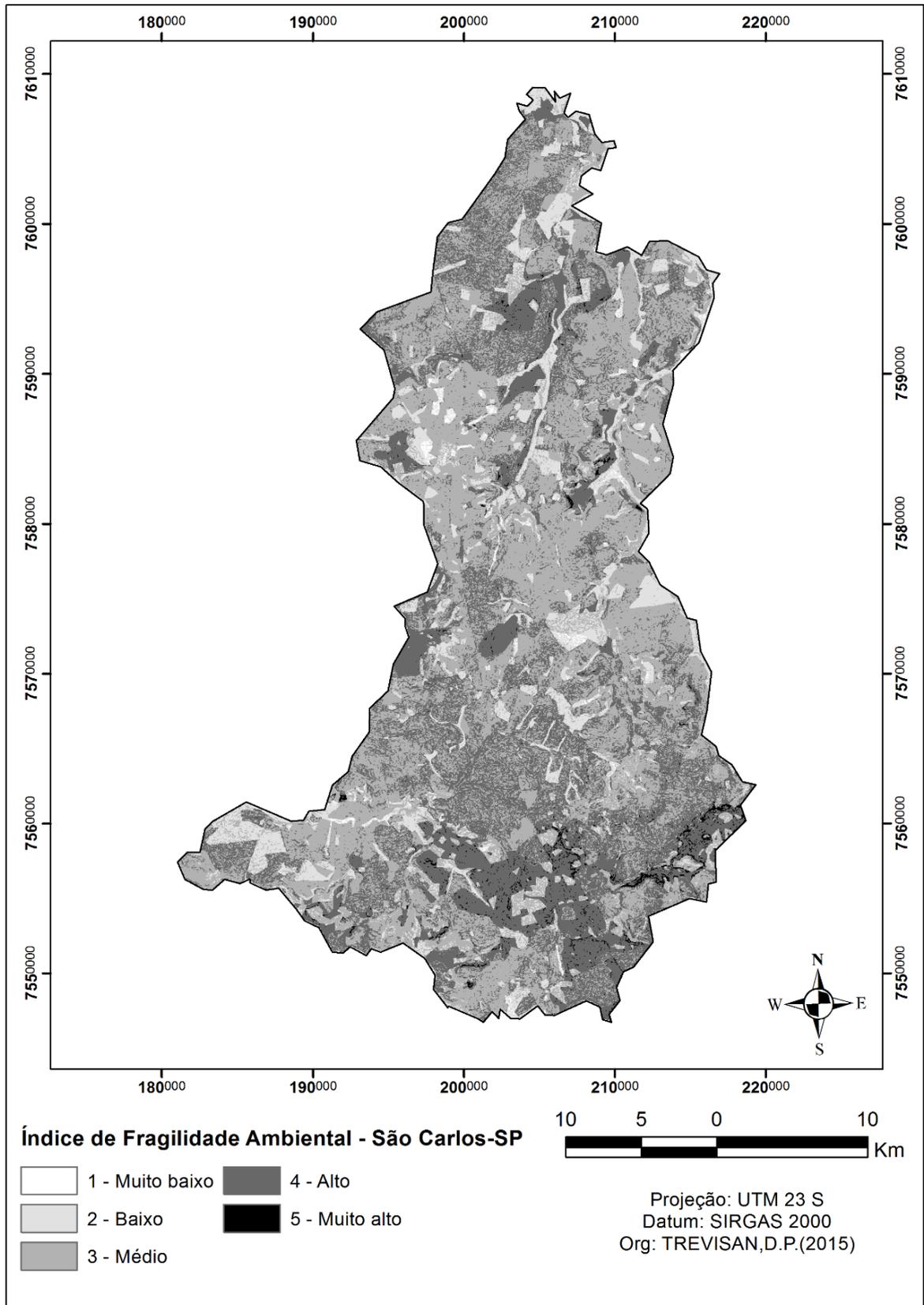


Figura 3.3: Espacialização do Grau de Fragilidade Ambiental para o município de São Carlos, SP.

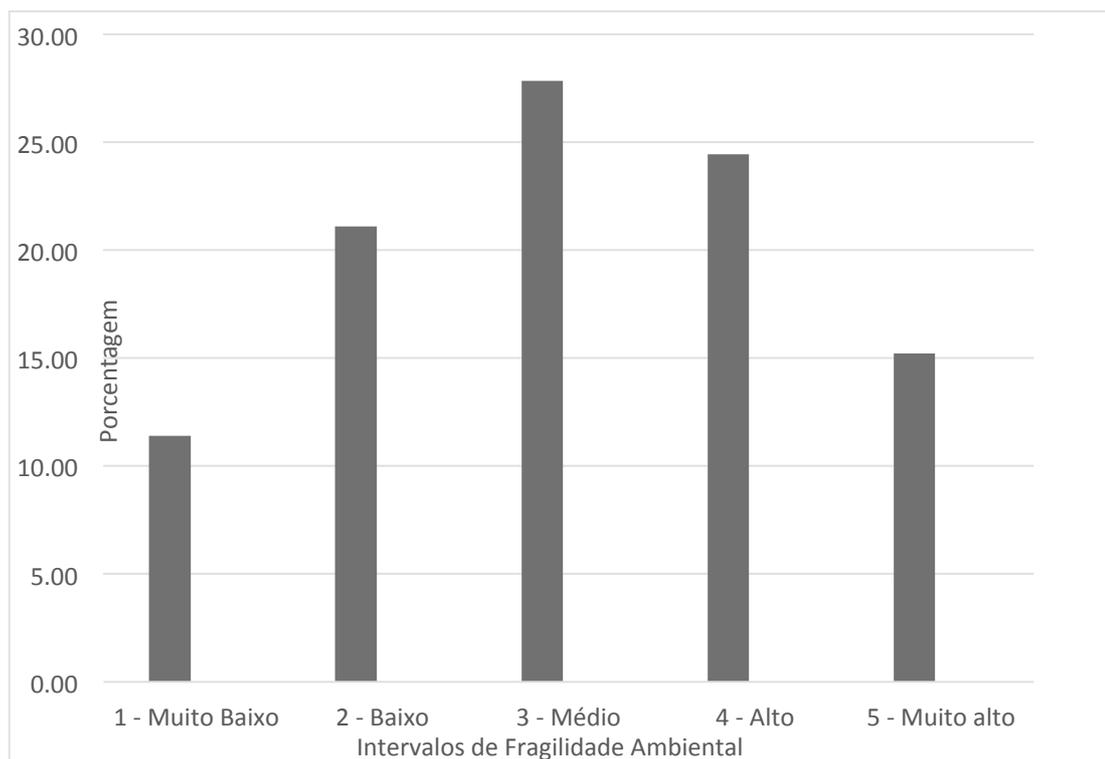


Figura 3.4: Distribuição dos valores de fragilidade ambiental de acordo com os intervalos.

O município de São Carlos apresenta problemas do ponto de vista conservacionista, frente aos processos de antropização, essa condição interfere diretamente no grau de fragilidade ambiental em que as paisagens estão sujeitas podendo ocorrer rupturas nas funções ecossistêmicas, interferindo de forma direta nos bens e serviços ambientais.

Podemos determinar uma concentração de cerca de 33% de áreas contempladas em um grau de fragilidade muito baixa a baixa (1 a 2), dadas regiões referem-se a locais com a presença de vegetação nativa, onde podemos destacar a presença de Áreas de Preservação Permanente (APP), além de serem áreas de solo com a presença do LATOSSOLO, o qual apresenta um baixo grau de fragilidade e com declividades que não ultrapassam 20°. Por outro lado mais de 67% da área de estudo está assentada em um grau de fragilidade média a muito alto (3 a 5), nestes locais destaca-se a presença dos NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS E NITOSSOLOS VERMELHOS, além de declividades que ultrapassa os 45°.

As formações geológicas pouco contribuíram para a análise do grau de fragilidade ambiental da paisagem do município de São Carlos, em decorrência dos pesos atribuídos a cada formação ser considerado baixo. A área de estudo está inserida em uma região que apresenta um alto potencial relacionado as atividades agrícolas, fator atribuído principalmente

a característica do relevo, cerca de 89% da área de estudo localiza-se em locais de baixa declividades, além das características atribuídas aos solos.

As características físicas e as variáveis bióticas e abióticas contribuíram para a determinação do grau de fragilidade ambiental ao qual o município de São Carlos vem sendo submetido ao longo do seu processo de ocupação do território, movido principalmente por questões econômicas, voltadas as commodities agrícolas impulsionadas pelas características ambientais presentes na área de estudo.

Desta forma torna-se evidente a tendência de perda da qualidade ambiental presente no município, frente a provável expansão das fronteiras agrícolas, as quais contribuem ainda mais para o comprometimento do grau de fragilidade ambiental do município, interferindo diretamente na conservação e manutenção dos serviços ambientais proporcionados pelo ecossistema.

Este cenário é também observado em outros estudos (DONHA et al. (2006), PINATTI,et.al (2013)), os quais demonstram a perda da qualidade ambiental devido a expansão das fronteiras agrícolas, evidenciando a expansão do cultivo da cana-de-açúcar e a supressão de áreas de vegetação nativa além da substituição de outras práticas agrícolas.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a determinação do índice de fragilidade ambiental foi possível analisar o estado de conservação do município de São Carlos, além de correlacioná-lo com as características físicas, bióticas e abióticas encontradas no área de estudo. O município encontra-se em um grau intermediário de fragilidade ambiental, mas em decorrência do avanço das atividades agrícolas, do modelo produtivo introduzido no município, ações precisam ser tomadas imediatamente afim de resguardas e proteger a biodiversidade local.

As áreas localizadas nos maiores graus de Fragilidade Ambiental (4 e 5), estão associadas as atividade agrícolas (cana-de-açúcar), e áreas urbanizadas (perímetro Urbano), desta forma reforça a necessidade de conservação das áreas de vegetação nativa assim como da produtividade dos sistemas agrícolas que ficam suscetíveis a impactos negativos acho avancem sobre áreas de baixa fragilidade.

A trajetória desenvolvimentista atual não pode ocorrer sem causar impactos, porém não estão proporcionando benefícios da forma como deveriam. A perda e a degradação das áreas de vegetação nativa remanescentes na paisagem do município de São Carlos continuam de maneira crescente. Contudo é evidente que a não continuidade deste processo de fragmentação da paisagem, pode proporcionar benefícios econômicos muito maiores do que os obtidos em decorrência da expansão das atividades agrícola.

3.5 REFERÊNCIAS

BIOTA FAPESP. **Sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo**, 2014. Disponível em: <www.biota.org.br/info/saopaulo/bacias>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

CEPAGRI. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas à agricultura. **Clima dos municípios paulistas**, 2015. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. **Latossolos**. Disponível em <www.agencia.cnptia.embrapa.br> Acesso em 23 de abril de 2015.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – São Carlos**,2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**, 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

MURO, D.M. 2000. **Zoneamento de áreas quanto a possível contaminação por produtos químicos**. 2000. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico,2000.

PINATTI, J.M.; MOSCHINI, L. E.; DOS SANTOS, R.M.; TREVISAN, D. P. Dinâmica da Paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Vassununga, SP. IN: José

Eduardo dos Santos; Elisabete Maria Zanin. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. 1ed. São Carlos, SP: Rima, 2013, v. 5, p. 144-162.

RAMOS, A. **Diccionario de la naturaleza, hombre, ecologia, paisaje**. Madrid, Espasa-Calpe S.A., 1987. 1016 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n. ° 8, p. 63-73, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 208 p.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. 2004. 107f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SÃO CARLOS. Prefeitura municipal de São Carlos. **História do município de São Carlos**. 2015. Disponível em: <www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/historia-da-cidade/115269-historia-de-sao-carlos.html> Acesso em: 31 de julho de 2015.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P.S. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima - Minas Gerais. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 31, p. -, 2014.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis municipais**, 2015. Disponível em: <www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**, 2008. 105f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.

TEIXEIRA, M.A.; MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Equipamento para extração de amostras indeformadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 693-699, 2000.

TROBETA, L.R.; GARCIA, R.M.; NUNES, R.S.; GOUVEIA, I.C.M.C.; LEAL, A.C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Caderno de prudentino de geografia**, nº36, Volume especial, p.159-173,2014.

Indicadores de sustentabilidade ecológica do município de São Carlos, São Paulo, Brasil

Ecological sustainability index of São Carlos, São Paulo, Brazil



Vegetação natural do município de São Carlos (SP). Fonte: DONODOV, 2008

RESUMO

A maioria das paisagens são influenciadas pela ação do homem e o mosaico de paisagens resultante é uma mistura de elementos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e arranjo, de modo que medidas usadas para descrever os padrões de paisagem podem ser aplicadas na análise de sua estrutura. Diante dos fatos apresentados, o presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da intensidade do uso da terra sobre os padrões espaciais e temporais da paisagem do município de São Carlos em 2003 e 2013, por meio de indicadores de Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos, Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação, Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem, Índice de Densidade de Floresta Ciliar e Índice de Comprimento Médio de Fragmentos Florestais para identificar a condição de sustentabilidade ecológica da mesma. Tais análises permitiram a identificação da redução nas áreas de florestas nativas ao longo do tempo com intensa expansão das áreas agrícolas, principalmente o cultivo de cana-de-açúcar, evidenciando desta forma a diminuição da qualidade da paisagem ao longo do tempo e conseqüentemente o aumento da vulnerabilidade da mesma, principalmente devido à diminuição das áreas de floresta no município. O crescimento das atividades antrópicas e a perda de áreas naturais podem levar a total da biodiversidade do município, implicando em perda das funções ambientais e conseqüentemente dos benefícios que estas proporcionam, sendo que essas áreas servem de suporte para manutenção das atividades urbanas e agrícolas de uma forma geral.

Palavras chave: Análise da paisagem; Índices da paisagem; qualidade ambiental; planejamento ambiental.

ABSTRACT

Men influence most landscapes and the result mosaic is a blend of natural and man-made elements that vary in size, shape and arrangement, in a way that measures used to describe the landscape patterns can be applied in the analysis of its structure. In face of such facts, this study aimed to analyze the effects of land usage intensity on spatial and temporal patterns of the municipality in São Carlos (SP) in 2003 and 2013 through Quality Index indicators Environmental Water Resources, Environmental Quality Index of vegetation and Landscape Environmental Vulnerability Index to identify the condition of ecological sustainability of the area. Such analysis allowed the identification of reduction in native forests over time with intense expansion of agricultural areas, especially sugarcane cultivation, thus showing a decrease in the quality of the scenery over time and consequent increase in vulnerability, mainly due to the decrease in forest areas in the municipality. The growth of human activity and natural area loss can lead to total loss of municipal biodiversity, resulting in loss of function and, therefore, environmental benefits they provide given that these areas serve to maintain urban and agricultural activities of general.

Keywords: Landscape analysis; landscape indexes; environmental quality; environmental planning.

4.1 INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser considerada uma unidade espacial, cuja heterogeneidade é modificada principalmente pela relação estabelecida entre sociedade e natureza, produzindo assim uma configuração marcada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos (GOERL et al.,2011).

A maioria das paisagens são influenciadas pela ação do homem e o mosaico de paisagens resultante é uma mistura de elementos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e arranjo (TURNER, 1989), de modo que medidas usadas para descrever os padrões de paisagem podem ser aplicadas na análise de sua estrutura (GALO; NOVO, 1998).

Os processos que atuam na interação sociedade–natureza definem os tipos de usos da terra que por sua vez definem o padrão espacial de paisagens culturais, diversas do ponto de vista dos valores estéticos, econômicos e ecológicos, resultando na degradação dos habitats, perda de solos e empobrecimento dos ecossistemas naturais. Estes processos comprometem a sustentabilidade ambiental, ao comprometerem o capital natural que proporciona os serviços dos ecossistemas para o bem-estar humano (Dos SANTOS, 2011).

Sendo que a estrutura da paisagem é resultado das complexas interações entre forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais, caracterizando uma estrutura fragmentada por usos distintos (TURNER et al.,1998).

Neste sentido, a análise da estrutura da paisagem é fundamental para designar a sua configuração, que corresponde à estrutura espacial explícita do mosaico de suas unidades (LANG; BLASCHKE, 2009) subsidiando a compreensão dos impactos das alterações antrópicas em processos de origem natural, considerando que a conectividade estabelece o grau de facilidade que os elementos podem se mover entre as unidades de paisagem (GARDNER; O'NEILL, 1991).

Um pré-requisito para o entendimento das relações entre os padrões e processos na paisagem, relevando ou não a sua organização hierárquica, tem sido o desenvolvimento de métodos para a quantificação da sua estrutura. Nas últimas décadas houve grande busca por novos métodos quantitativos que possam analisar padrões, determinar a importância de processos espaciais explícitos e desenvolver modelos confiáveis (TURNER e GARDNER

1991), onde uma das formas de quantificar os atributos espaciais de uma paisagem são as métricas e/ou índices (LI; WU, 2004).

Autores como Turner, (1987); O'Neill et al., (1988); Gustafson e Parker, (1992); Mcgarigal e Marks, (1995) e Schumaker, (1996), têm desenvolvido um grande número de índices e medidas descritivas dos padrões espaciais da paisagem. Desta forma, a modelagem vem se firmando como uma excelente aliada para a obtenção de conhecimento e geração de hipóteses em Ecologia de Paisagens. Questões populacionais, incluindo dinâmica de metapopulações, efeitos de fragmentação, importância de corredores e processos de dispersão ou invasão, estão entre os temas mais abordados com modelos.

Essas medidas têm sido utilizadas, para comparar a composição e a estrutura de diferentes paisagens (O'NEILL et al., 1988), identificar mudanças na paisagem ao longo do tempo (TURNER, 1987), explorar os efeitos de diferentes configurações impostas por práticas de manejo alternativas, sobre a probabilidade de ocorrência de perturbações (FRANKLIN e FORMAN, 1987) e também, como variáveis independentes em modelos explicativos da abundância e diversidade de espécies em função de aspectos da estrutura da paisagem como o tamanho e distância entre fragmentos florestais (MCGARIGAL e MCCOMB, 1995; METZGER, 2000).

Diante dos fatos apresentados, o presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da intensidade do uso da terra sobre os padrões espaciais e temporais da paisagem do município de São Carlos entre os anos de 2003 e 2013, por meio de indicadores de sustentabilidade ecológica.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

O município de São Carlos localiza-se na região Administrativa Central do Estado de São Paulo (IGC, 2015), entre as coordenadas 22° 09' 39" e 21° 35' 50" de latitude sul e 48° 05' 27" e 47° 43' 09" de longitude oeste, com aproximadamente 1.140 km² (**Figura 4.1**) (IBGE,2015).

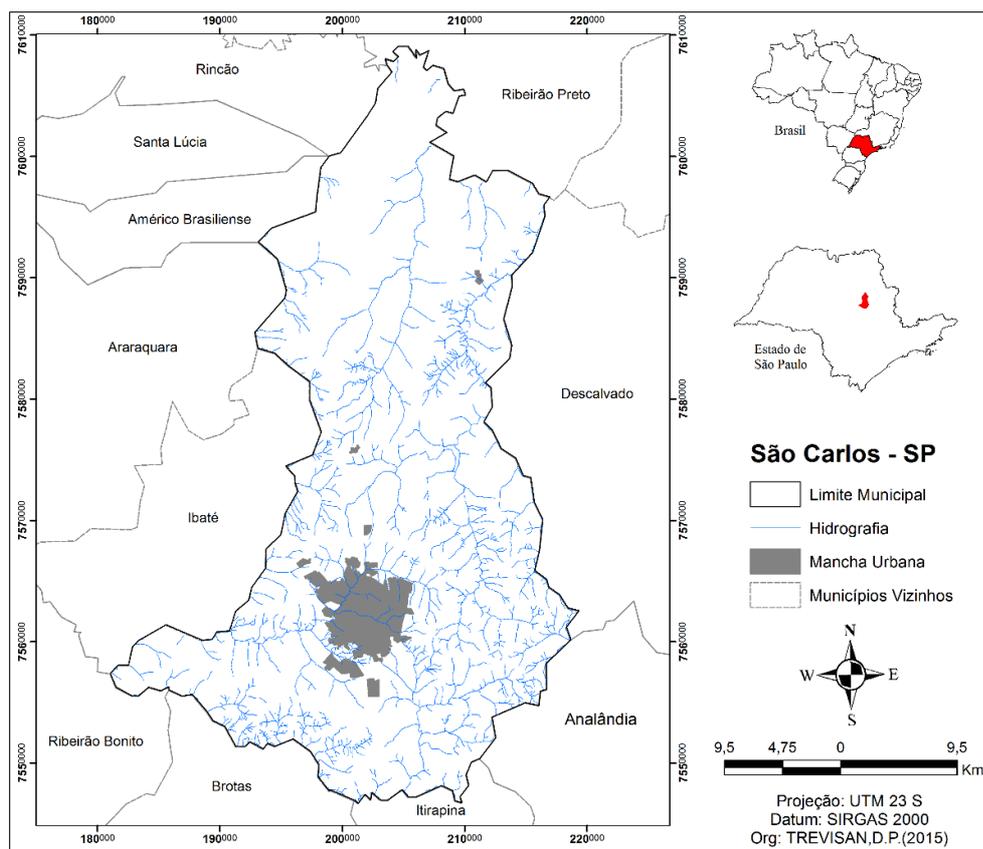


Figura 4.1: Localização do município brasileiro de São Carlos (SP).

O município possui uma população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 habitantes por km²), com grau de urbanização de 96,00% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2015).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto, bioma de Cerrado, a temperatura média aproxima-se de 21,12°C e média mensal pluviométrica de 118,56mm num total de 1.422,8mm anuais (CEPAGRI, 2015).

4.2.2 Metodologia

A abordagem metodológica envolveu o uso de técnicas para o planejamento ambiental voltado ao gerenciamento do município de São Carlos (SP), tendo como enfoque principal do procedimento metodológico a caracterização ambiental do município.

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizados os softwares ArcGis 10.2.2 e IDRISI-Andes. Para a elaboração de um banco de dados georreferenciado do município de São Carlos, foi adotado o

sistema de projeção geográfica Universal Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

4.2.3 Índices da paisagem

Para descrição do padrão temporal da paisagem decorrente da influência dos processos antrópicos (usos da terra) no município de São Carlos, para os anos de 2003 e 2013, foram utilizados os índices da paisagem. Esta abordagem pressupõe que a relevância dos impactos ambientais resultantes dos tipos de usos da terra estão associados à vulnerabilidade e suscetibilidade dos componentes ambientais (vegetação e recursos hídricos).

Para compreensão da aplicação dos Índices da paisagem foi essencial entender o conceito de Lógica Fuzzy, a qual foi utilizada dentro das análises dos índices utilizados. A lógica difusa ou lógica fuzzy é uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o falso (0) e o verdadeiro (1); por exemplo, o valor médio 'talvez' (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. A lógica convencional ou clássica usa distinções bem definidas para separar conjuntos. As implementações da lógica difusa permitem que estados indeterminados possam ser tratados por dispositivos de controle (MARRO et al., 2013).

O Índice de Qualidade Ambiental (IQA) configura a suscetibilidade de um componente ecológico aos efeitos de uma determinada atividade antrópica (BOJÓRQUEZ-TAPIA et al., 2002). A escala dos valores de (IQA) foi estabelecida na forma de uma curva funcional que expressa a medida do grau de impacto ambiental, variando entre 0 e 1. Esta curva funcional da qualidade ambiental tem sua fundamentação teórica baseada nas curvas funcionais para determinação da qualidade do habitat (Habitat Quality Index) estabelecido por Canter (1996).

A suscetibilidade dos recursos hídricos municipais em relação à distância das fontes de impactantes foi gerada pelo Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO). Este índice considera como impactos o despejo de poluentes (acidentais ou não), os efeitos dos agrotóxicos e o carreamento de resíduos sólidos, entre outros, decorrentes do uso da terra na paisagem local (CANTER, 1996).

O IQA-HIDRO foi determinado com base na sobreposição das cartas temáticas de atividades antrópicas agrícola e não agrícola obtida através da reclassificação da carta

temática de usos da terra, e da rede de drenagem do município. A representação espacial foi elaborada com base no uso do módulo DISTANCE do SIG-Idrisi (EASTMAN, 1997) e reescalado com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y=f(x)$], com valores de zero a um.

A análise realizada representa a distância dos recursos hídricos em relação às fontes impactantes. Foram considerados com grau mínimo de qualidade (IQA-HIDRO = 0) os rios cuja distância em relação às áreas impactadas (atividade antrópica) aproximou-se de zero. O grau máximo de qualidade (IQA-HIDRO = 1) correspondeu aos rios cuja distância em relação às áreas impactadas for superior a 1.000 metros.

O Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) reflete a suscetibilidade da paisagem em relação à perda de biodiversidade e de habitats decorrente da condição da fragmentação da classe de vegetação nativa, incluindo os diferentes níveis de alteração (CANTER, 1996). O IQA-BIO foi obtido com base na análise das seguintes métricas da paisagem (IQA-Área), forma (IQA-Forma) e distância (IQA-Distância) entre os fragmentos de vegetação nativa da paisagem do município de São Carlos, definido pela expressão:

$$IQABIO = \frac{IQA \text{ Área} + IQA \text{ Forma} + IQA \text{ Distância}}{3}$$

Para estimativa do IQA-Área foi utilizada a carta temática da classe de vegetação nativa obtida da reclassificada da carta temática de usos da terra, sendo aplicada a função AREA do SIG-IDRISI (EASTMAN, 1997) e reescalado com base na lógica difusa (FUZZY) de tipo linear [$y=f(x)$] com valores de zero a um, para obtenção de uma nova carta temática onde cada fragmento está vinculado a sua área (apenas os maiores que 1 hectare).

Foi considerado que quanto maior a área de um fragmento maior é a sua qualidade ambiental em termos de biodiversidade, e conseqüentemente maior é a vulnerabilidade da paisagem em relação a sua perda. Serão considerados com grau mínimo de qualidade (IQA Área = 0) os fragmentos de vegetação com áreas equivalentes a 1 hectare. Para o grau máximo de qualidade (IQA Área = 1) foram considerados fragmentos com áreas superiores a 1.000 hectares.

Para estimativa do IQA-Forma foi utilizada a carta temática dos fragmentos de vegetação nativa (reclassificada com base na carta temática de usos da terra) para o cálculo do

perímetro (P) de cada fragmento. Utilizando a função PERIM do SIG-Idrisi (EASTMAN, 1997) foi obtida uma carta temática representando cada fragmento associado ao seu respectivo Perímetro. Por meio do módulo IMAGE CALCULATOR foi aplicado o índice de forma ($IF = 0,25 \cdot P/\sqrt{A}$) proposto por Valente (2001), resultando em uma carta temática onde cada fragmento apresenta um valor relacionado à sua forma. Tanto para o cálculo do Perímetro, quanto para o cálculo de forma foi realizado um reescalonamento com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y=f(x)$], com valores de zero a um.

Quando utilizado o formato “raster” para obtenção da carta temática, a forma padrão do fragmento é representada por um quadrado. Deste modo, quanto mais distante desse padrão geométrico, mais irregular é considerada a forma do fragmento e, portanto, mais sujeito aos efeitos de borda, implicando na redução de sua qualidade ambiental. Assim, os fragmentos com valores de índice de forma mais próximos a 1 apresentam um menor efeito de borda e, conseqüentemente, maior qualidade ambiental (IQA Forma = 1), enquanto fragmentos com índices de forma próximos a 0 apresentam menor qualidade ambiental (IQA Forma = 0).

Para a estimativa do Índice de Qualidade relacionado com a distância (IQA Distância) foi aplicado o módulo DISTANCE do SIG-IDRISI (EASTMAN, 1997) na carta temática dos fragmentos de vegetação nativa (reclassificada com base na carta temática de usos da terra) do município de São Carlos, gerando uma carta temática representando a distância entre os fragmentos. Posteriormente foi realizado um reescalonamento desta carta temática com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y=f(x)$], com valores de zero a um. O menor grau de qualidade ambiental foi atribuído quando os fragmentos apresentarem distâncias superiores a 1.000 metros entre si (IQA Distância = 0), enquanto o maior grau de qualidade ambiental foi atribuído quando a distância entre os fragmentos estiver próxima a zero (IQA Distância = 1).

A manutenção da integridade dos Ecossistemas Naturais é o cerne do desenvolvimento do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P), uma vez que a integridade do ecossistema está ameaçada por riscos naturais e antrópicos. A vulnerabilidade e a resiliência estão intimamente relacionadas, com o termo vulnerabilidade referindo-se à propensão a danos devido à falta de proteção ou de precariedade ou o risco de ser afetada por um impacto negativo. Sempre que a vulnerabilidade é considerada alta, a resiliência será considerada baixa e vice-versa (STEFFEN et al., 2004). O Índice de

Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) determina o grau de suscetibilidade à deterioração mediante a incidência de impactos ambientais, exprimindo o potencial da paisagem em absorver ou ser perturbada pela atividade antrópica (CANTER, 1996).

A vulnerabilidade da paisagem é definida como o inverso da capacidade da paisagem absorver possíveis alterações sem perda da qualidade. Assim, quanto maior a capacidade em absorver impactos ambientais, menor será a vulnerabilidade da paisagem. O IVA-P foi obtido pela média dos Índices IQA-HIDRO e IQA-BIO com base na aplicação do módulo IMAGE CALCULATOR do SIG-Idrisi (EASTMAN, 1997). O resultado final foi escalonado com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y=f(x)$], com valores de zero a um. O IVA-P é definido pela expressão:

$$IVAP = \frac{IAQ\ Hidro + IQA\ Bio}{2}$$

O maior grau de vulnerabilidade ambiental da paisagem (IVA-P = 1) foi atribuído para uma condição mais suscetível aos impactos, enquanto o menor grau de vulnerabilidade ambiental da paisagem (IVA-P = 0) será atribuído para uma condição de maior capacidade (resiliência) em absorver impactos.

Para análise da extensão da cobertura das áreas de preservação permanente (APP) no município de São Carlos, foram utilizadas os planos de informação de hidrografia e de uso e cobertura da terra das quais foram realizadas uma reclassificação, extraíndo-se apenas os fragmentos de vegetação natural do município, no intuito de analisar as áreas de nascentes e de vegetação ripária. A configuração dos buffers foi realizada a partir das áreas estipuladas pelas Leis nº 12.651/2012 e 12.727/2012 que instituem o Código Florestal Brasileiro.

Para avaliação da vegetação foram utilizados os índices de Densidade de Floresta e o de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais de Floresta Ciliar, baseado no modelo utilizado por Fritzsos et al., (2004).

O Índice de Densidade de Floresta Ciliar (DFC) foi obtido da seguinte forma:

$$DFC = \frac{CFC/CD}{2}$$

Foram totalizados pra ambas as margens, o comprimento total da floresta ciliar (CFC) e dos canais de drenagem (CD), tendo o resultado dividido por dois, uma vez que cada trecho deveria estar protegidos. Neste índice, quanto maior o valor da razão, mais protegidos estarão os canais de drenagem, considerando 1 o valor ideal, onde todos os canais estariam cobertos por florestas ciliares.

Serão também obtidas as quantidades, em números, dos fragmentos de florestas ciliares e além disto, será elaborado e aplicado um Índice de Comprimento Médio Dos Fragmentos Florestais (CMF). Este índice foi obtido dividindo-se a extensão (comprimento) de floresta ciliar (CFC), pelo número de fragmentos florestais (NFF) de floresta ciliar, como mostra a equação abaixo. Estes dois índices foram totalizados para todas as sub-bacias do município.

$$CMF = \frac{CFC}{NFF}$$

A obtenção do Índice de Comprimento Médio de Fragmentos Florestais é importante pelo fato de poder evidenciar uma tendência na bacia, quando analisado de forma temporal e associado ao índice anterior. Assim, no contexto de uma análise temporal, isto é, obtido em determinado intervalo de tempo, para bacias, ou trechos rios, com um mesmo valor de DCF, um valor mais alto do CMF poderia indicar uma tendência a se reduzirem fragmentos florestais de menor comprimento e aumentarem os de maior comprimento, indicando um processo de cicatrização e retomada da floresta ciliar ao longo da rede de drenagem, unindo fragmentos antes separados (FRITZSONS et al., 2004).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cenário observado para o município de São Carlos corresponde ao de perda da qualidade ambiental dos compartimentos da paisagem, sendo semelhante a estudos realizados por (MORAES et al., 2013; MOSCHINI,2005, Dos SANTOS,2011). Essas pesquisas também evidenciaram a perda de áreas de vegetação natural e conseqüente aumento dos impactos nas paisagens estudadas. Desta forma, o Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação do município de São Carlos demonstra uma diminuição na qualidade ambiental ao longo dos dez anos de análise (**Figura 4.2**).

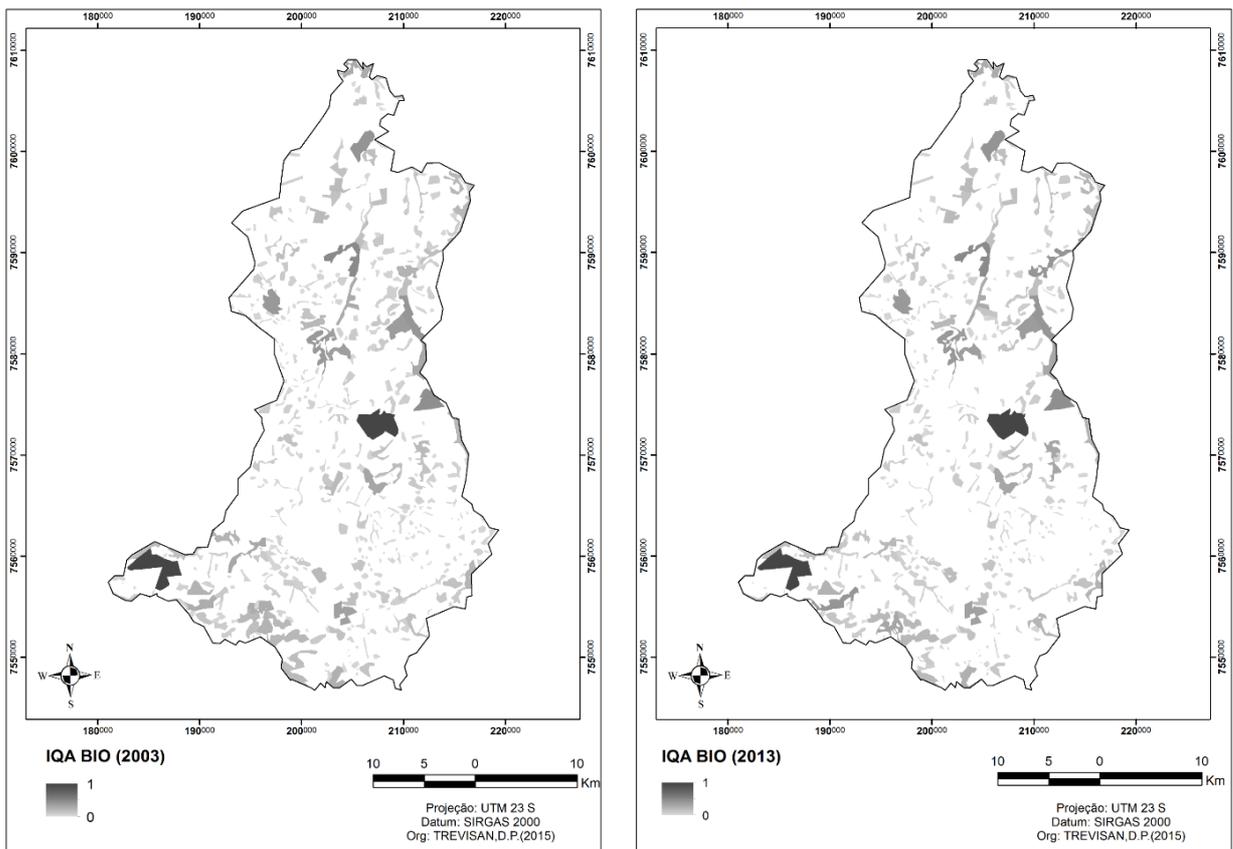


Figura 4.2: Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Na **Tabela 4.1** e na **Figura 4.3**, podemos observar um acréscimo dos fragmentos com baixas qualidades (IQA-BIO = 0,0 a 0,2) considerando que os fragmentos em qualidade intermediária (IQA-BIO = 0,2 a 0,6) diminuíram em quantidade pois estes ou foram extinguidos ou converteram-se em fragmentos com baixa qualidade (de 2003 a 2013 houve uma perda de 3067,09 hectares de vegetação nativa), e os fragmentos com alta qualidade (0,6 a 1) mantiveram-se com os mesmos valores de hectares.

Verifica-se que o município além de perder áreas de vegetação natural também perdeu qualidade dos remanescentes que permaneceram ao longo do tempo, sendo 2003 a 2013 houve uma perda de 3067,09 hectares de vegetação nativa), sendo que está implica na diminuição da qualidade de vários compartimentos ambientais como na qualidade dos recurso hídricos observado pelo Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos.

Tabela 4.1: Valores do Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Intervalos	2003		2013	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
0,0 – 0,2	4.900,02	20,49	6.455,39	30,96
0,2 – 0,4	7.812,72	32,67	5.028,85	24,12
0,4 – 0,6	5.800,66	24,25	3.959,92	18,99
0,6 – 0,8	3.771,18	15,77	3.773,34	18,10
0,8 – 1,0	1.633,11	6,83	1.633,11	7,83
TOTAL	23.917,69	100,00	20.850,60	100,00

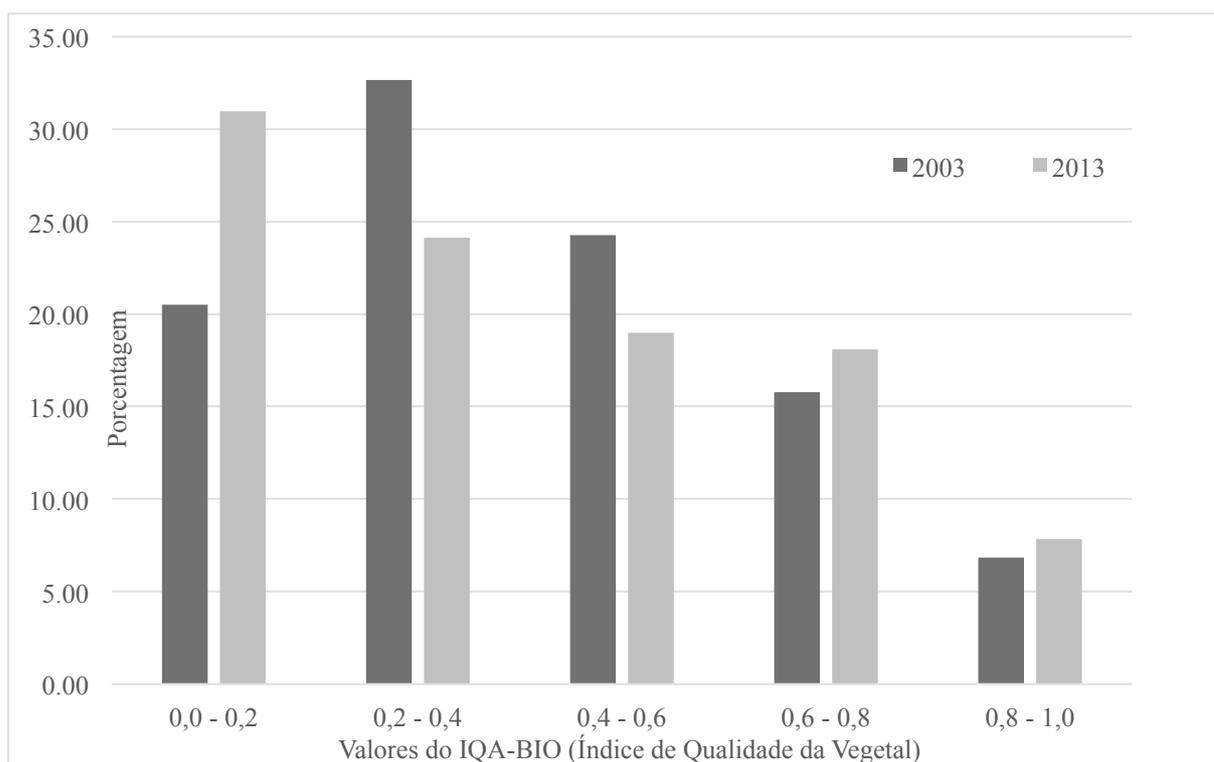


Figura 4.3: Variação dos valores dos intervalos do Índice de Qualidade Ambiental da Vegetação (IQA-BIO) ao longo do período estudado.

O Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos do município de São Carlos segue a mesma tendência do IQA-BIO, no qual pode-se identificar uma diminuição na qualidade ambiental ao longo dos dez anos da análise (Figura 4.4).

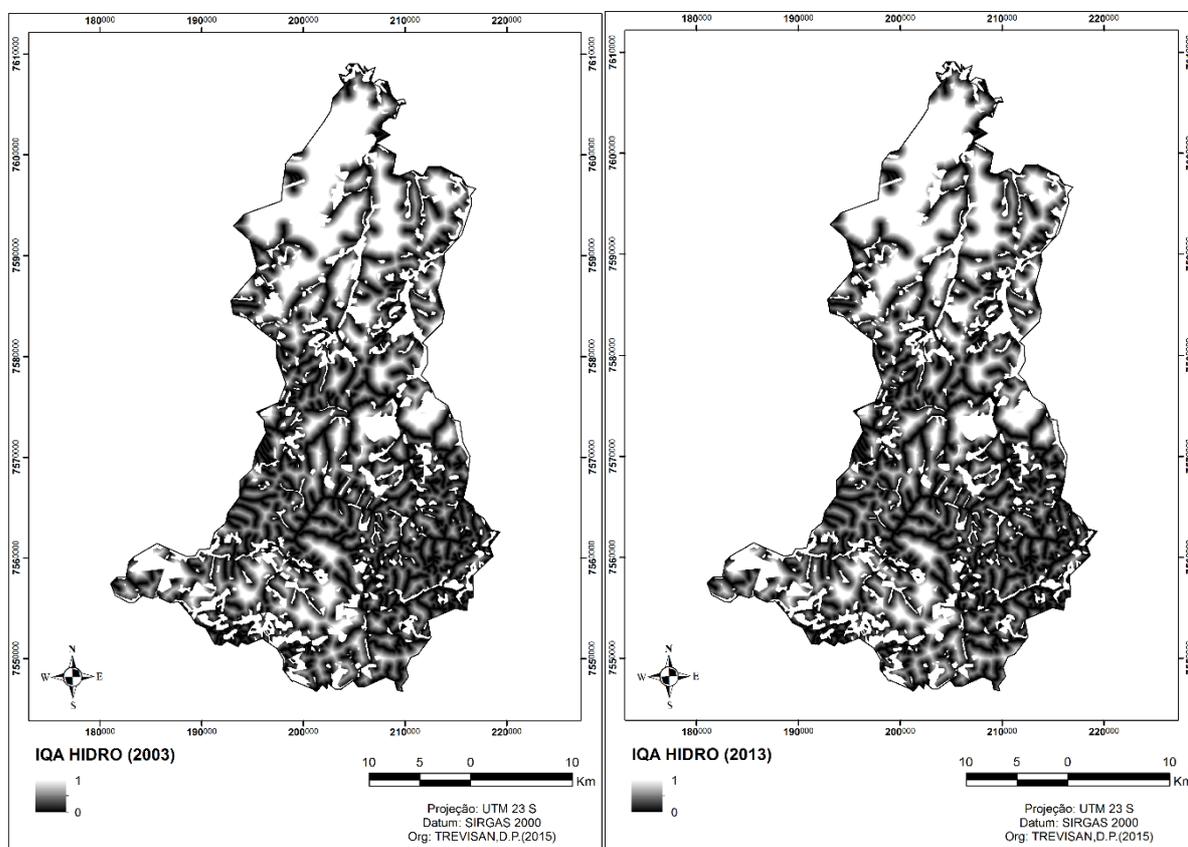


Figura 4.4 : Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

As análises (Tabela 4.2 e Figura 4.5) revelam um acréscimo dos fragmentos concentrados no intervalo de baixa qualidades (IQA-HIDRO = 0,0 a 0,2), considerando que os fragmentos em qualidade intermediária (IQA-HIDRO = 0,2 a 0,6) também cresceram, já para fragmentos com alta qualidade (0,6 a 1,0) houve um decréscimo significativo.

Verifica-se para IQA-HIDRO assim como no IQA-BIO, que o município além de perder áreas de vegetação natural também perdeu qualidade dos remanescentes que permaneceram ao longo do tempo, além da substituição das áreas naturais por fontes impactantes, como atividades agrícolas e urbanização que contribuem para o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos por meio de impactos negativos, como perdas de vegetação ciliar, assoreamento, despejo de resíduos entre outros, contribuindo para aumento da vulnerabilidade ambiental da paisagem.

Tabela 4.2: Valores do Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Intervalos	2003		2013	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
0,0 – 0,2	28.472,4	25,0	29.472,4	25,9
0,2 – 0,4	23.763,31	20,8	25.763,31	22,6
0,4 – 0,6	15.251,64	13,4	16.251,64	14,3
0,6 – 0,8	8.746,53	7,7	7.746,53	6,8
0,8 – 1,0	37.833,69	33,2	34.766,6	30,5
TOTAL	114.000,00	100,00	114.000,00	25,9

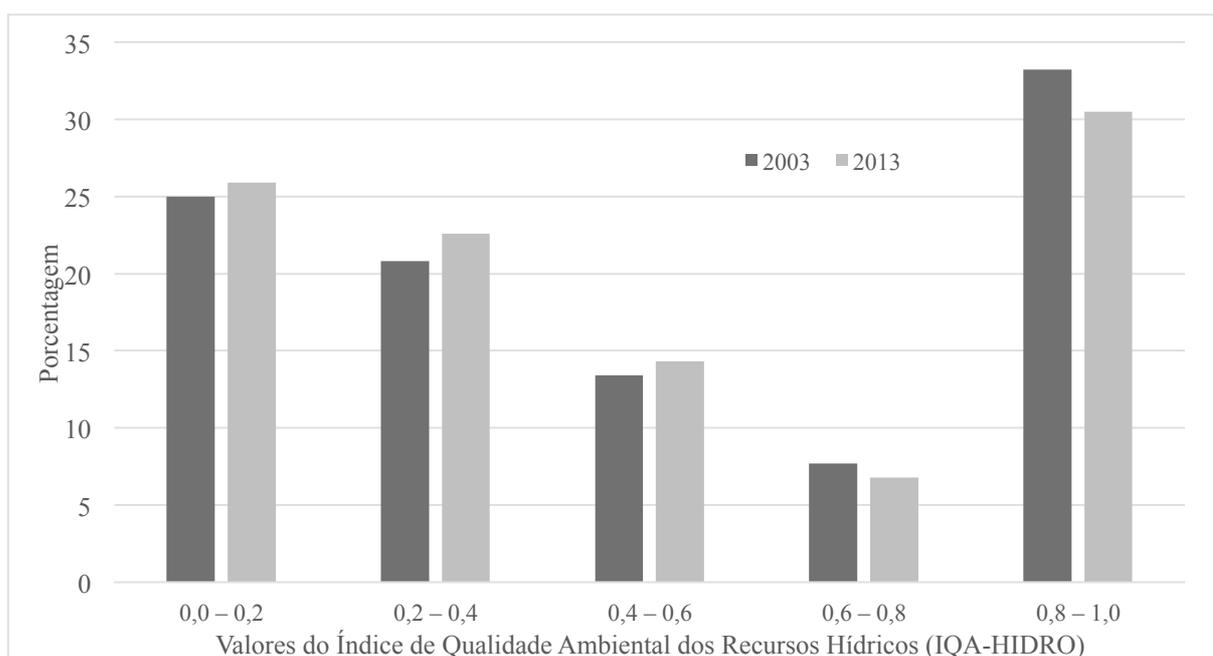


Figura 4.5: Variação dos valores dos intervalos do Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) ao longo de cada ano do período estudado.

A determinação da vulnerabilidade ambiental é uma importante ferramenta para elaboração de estratégias que visem a sustentabilidade ecológica da paisagem, pois permite identificar as áreas que necessitam de atenção imediata ou que apresentam menor vulnerabilidade, representando locais ecologicamente mais conservados e com potencial para

conservação. No entanto, cabe ressaltar que o Índice de Vulnerabilidade Ambiental calculado considerou apenas as forças diretas de mudanças na paisagem, ou seja, as atividades agropecuárias e a urbanização.

A vulnerabilidade ambiental representada na **Figura 4.6**, assim como observado com o índice de qualidade ambiental da vegetação, observa-se uma tendência de expansão do processo de antropização da paisagem, em decorrência da redução dos fragmentos vegetacionais ao longo do tempo, onde os remanescentes apesar de não perderem sua importância ecológica, em sua maioria são inexpressivos no que tange a possibilidade de resguardarem biodiversidade, onde muitos apenas servem como corredores ecológicos.

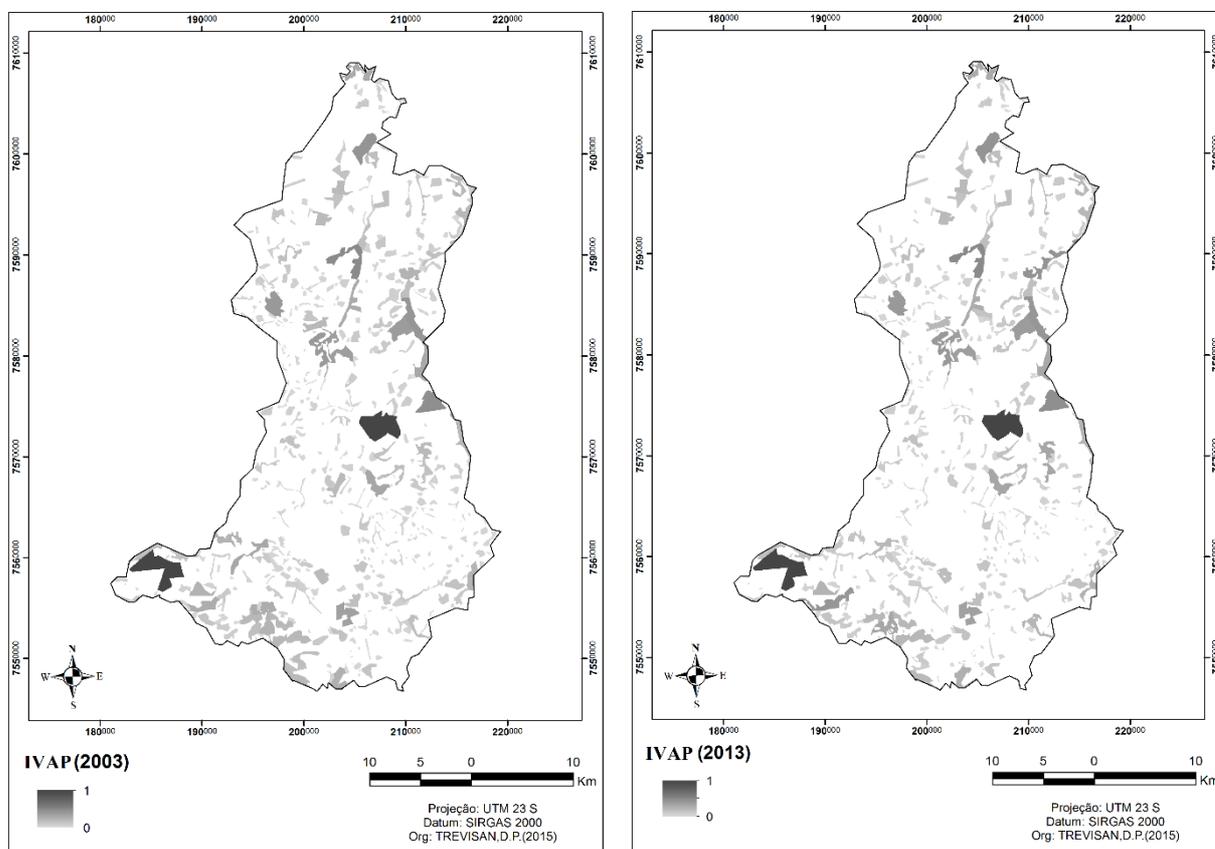


Figura 4.6: Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Os valores baixos representam áreas com menor vulnerabilidade (**Tabela 4.3 e Figura 4.7**), sendo essas áreas correspondentes ao intervalo de 0,0 a 0,2. Apresentaram maior frequência em 2003 quando comparado com 2013. Situação diferente observada para os intervalos de 0,6 a 1,0 de 2003 e 2013. Este resultado se dá pela perda dos fragmentos ao

longo do tempo, onde principalmente os fragmentos que estavam vulneráveis em 2003 foram convertidos para outras atividades e/ou práticas e desta forma não configurando uma melhora na qualidade da paisagem.

Torna-se evidente que o grau de vulnerabilidade mantém-se elevado para os dois períodos estudados, nas proximidades dos corpos hídricos. As margens dos rios e córregos, permanente e perenes continuam sendo áreas mais vulneráveis do município, devido à grande proximidade com as atividades antrópicas, sobretudo aquelas relacionadas com a agricultura, principalmente o cultivo de cana-de-açúcar.

Essa perda de fragmentos florestais encontrados para o município de São Carlos foi semelhante a estudos realizados por (MELLO, 2014; MORAES, 2013, MOSCHINI, 2005; CINTRA et al., 2004), os quais também identificaram a ocorrência de paisagens fragmentadas pelo uso desordenado da terra e consequente aumento do grau de vulnerabilidade ambiental.

Tabela 4.3: Valores do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

Intervalos	2003		2013	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
0,0 – 0,2	16.733,9	69,96	13.241,00	63,50
0,2 – 0,4	4.806,49	20,10	5.218,74	25,03
0,4 – 0,6	744,19	3,11	751,19	3,60
0,6 – 0,8	790,83	3,31	793,20	3,80
0,8 – 1,0	842,273	3,52	846,47	4,06
TOTAL	23.917,69	100,00	20.850,60	100,00

As áreas com maior grau de vulnerabilidade são também as regiões mais suscetíveis as perturbações ambientais e com menor capacidade de resiliência. Nesse caso, toda a paisagem do município de São Carlos necessita de especial atenção do planejamento municipal, pois 93,17% da área de vegetação nativa encontra-se no intervalo de IVA-P de 0,0 a 0,6, ou seja, praticamente todas as áreas verdes do município estão expostas ao elevado grau de vulnerabilidade além de susceptíveis a impactos. Desta forma torna-se evidente a

necessidade de restauração e conservação das áreas de vegetação nativa, para que possamos reduzir o grau de vulnerabilidade ambiental assim como a susceptibilidade de impactos.

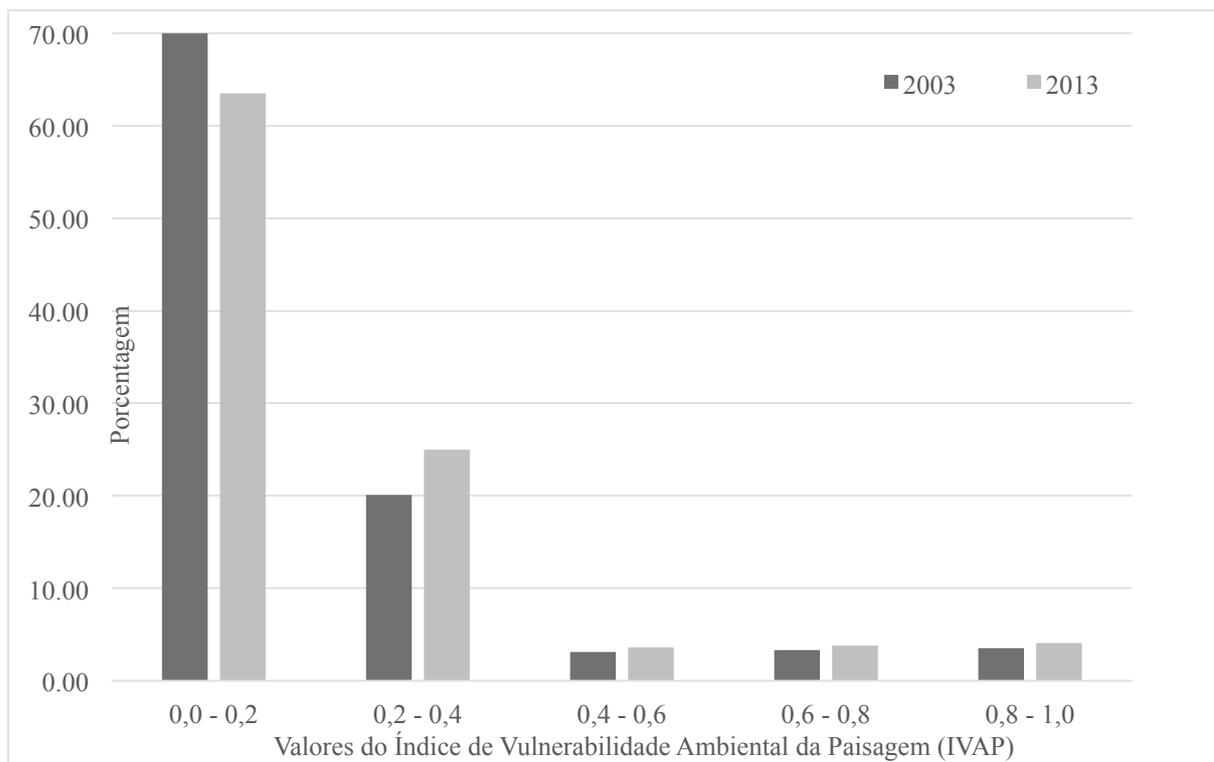


Figura 4.7: Variação dos valores dos intervalos do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da Paisagem (IVA-P) ao longo do período estudado.

Mediante as análises anteriores, as análises realizadas para a obtenção dos índices de Densidade de Floresta Ciliar e do Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais também demonstram uma diminuição quantitativa das áreas de preservação permanente do município de São Carlos em relação aos anos de 2003 e 2013 (**Figura 4.8**). Para a realização desta análise, todas as formações arbóreas ao lado dos rios e canais de drenagem foram consideradas como sendo floresta ciliar, o que inclui todas as áreas verdes presentes neste entorno.

Os valores obtidos destas análise podem ser observado na **Tabela 4.4**, onde estão presentes as informações sobre a extensão em quilômetros da floresta ciliar ao longo dos canais de drenagem, a extensão em quilômetros da rede de drenagem, a densidade de floresta ciliar (DFC), número de fragmentos florestais ciliares (NFF) e comprimento médio dos fragmentos florestais ciliares (CMF).

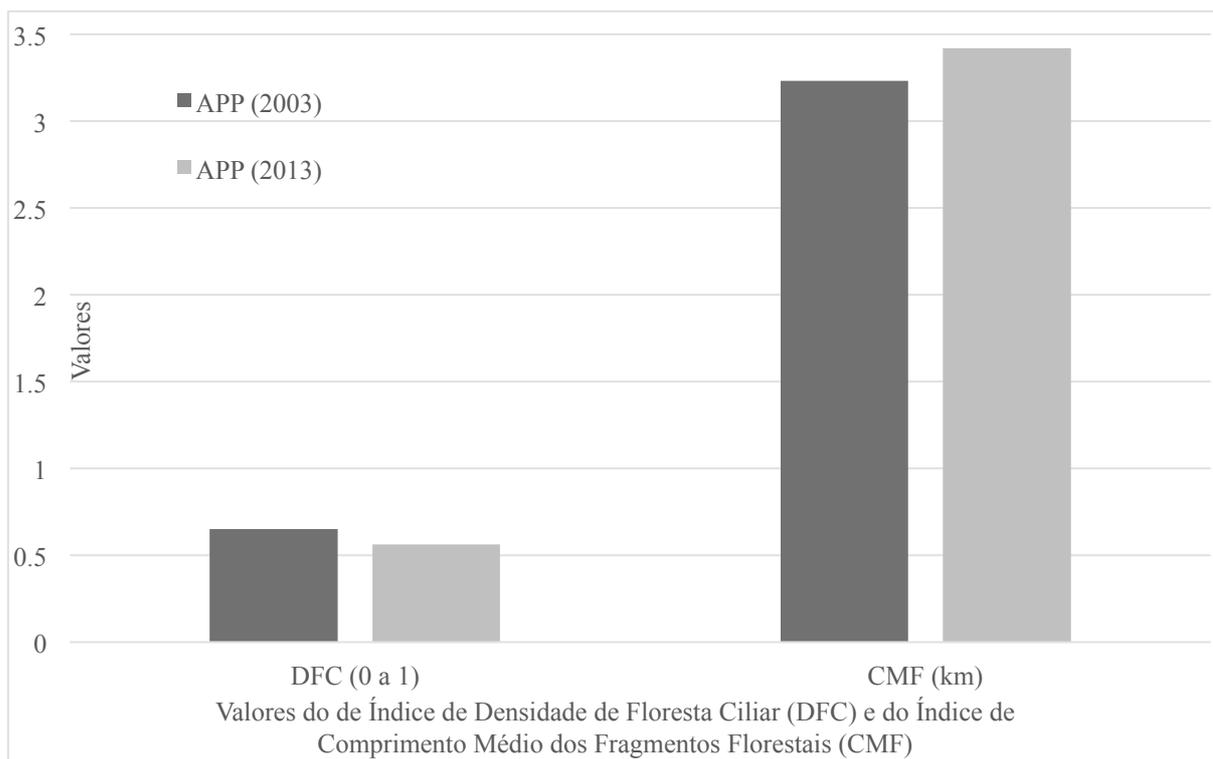


Figura 4.8: Intervalos do Índice de Densidade de Floresta Ciliar (DFC) e Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais (CMF), ao longo do período estudado.

Considerando que o maior valor para o Índice de Densidade de Floresta Ciliar é de 1 quilômetro de floresta ciliar, em ambas as margens, para cada quilômetro de drenagem, nota-se a forte degradação da floresta ciliar já em 2003. A densidade de florestas estava em 65%, sendo observada uma diminuição de 9% para o ano de 2013.

As mudanças encontradas na análise temporal do uso e ocupação da terra, principalmente correlacionadas com as perdas de vegetação nativa, contribuem para a compreensão da diminuição também das áreas de preservação permanente (em dez anos houve uma perda de 3.067,08ha).

Com a elaboração do Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais Ciliares, verificou-se um aumento de aproximadamente 0,21%. Esse aumento pouco expressivo não reflete nas características qualitativas e nem quantitativas, pois dentre os 3.067,08ha de vegetação nativa que foram convertidos de 2003 a 2013, cerca de 207,02ha

estão relacionados a vegetação ripária e também cerca 88 fragmentos foram extintos ao longo do período observado.

Tabela 4.4: Valores do Índice de Densidade de Floresta Ciliar e do Índice de Comprimento Médio dos Fragmentos Florestais da paisagem do município de São Carlos (SP), para os anos de 2003 e 2013.

	Comprimento (km)	Número de fragmentos	DFC (0 a 1)	CMF (km)
Rede de Drenagem	1911,66	-	-	-
APP (2003)	1.551,25	480	0,650	3,231
APP (2013)	1.344,23	392	0,564	3,420

Foi possível identificar que apenas 4 fragmentos aumentaram sua conectividade, mas por outro lado muito fragmentos pequenos foram convertidos em outros usos e poucos destes foram agrupados com outros fragmentos, o que seria o ideal para recuperação ambiental da paisagem. Neste contexto observa-se a necessidade de proteção e recuperação destas áreas. No cenário brasileiro, importância das áreas da APP foi legalmente respaldada por meio do Código Florestal Brasileiro constituído em 1934 pelo Decreto nº23.793, posteriormente em 1965 pela Lei nº 4.771/65 e atualmente pela Lei nº 12.561/12. A legislação define que a mata ciliar tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e de flora, bem como proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Apesar do crescimento dos impactos antrópicos sobre os ecossistemas ripários, discutiu-se em 2012 no cenário brasileiro a alteração do Código Florestal de 1965 no intuito de diminuir as restrições e penalidades impostas por este, através do Projeto de Lei nº 1.876 de 1999, gerando novas restrições por meio das Leis nº 12.561 de 25 de maio de 2012 e nº 12.727 de 17 de outubro de 2012, revogando desta forma o Código Florestal anterior.

O Novo Código Florestal propõe mudanças no que se refere principalmente ao cálculo da reserva ambiental dentro das propriedades rurais, a diminuição das áreas de preservação permanente (margens de rios, morros e montanhas), as diminuições das punições impostas a quem desmatar e ao cultivo de culturas agrícolas dentro dessas propriedades (OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL,2015).

Alterações que podem comprometer os serviços ambientais proporcionados por estas vegetações. Entretanto esta mudanças vem na contramão dos conservação, pois como pudermos observar para São Carlos, existe uma carência destas áreas (**Figura 4.9**).

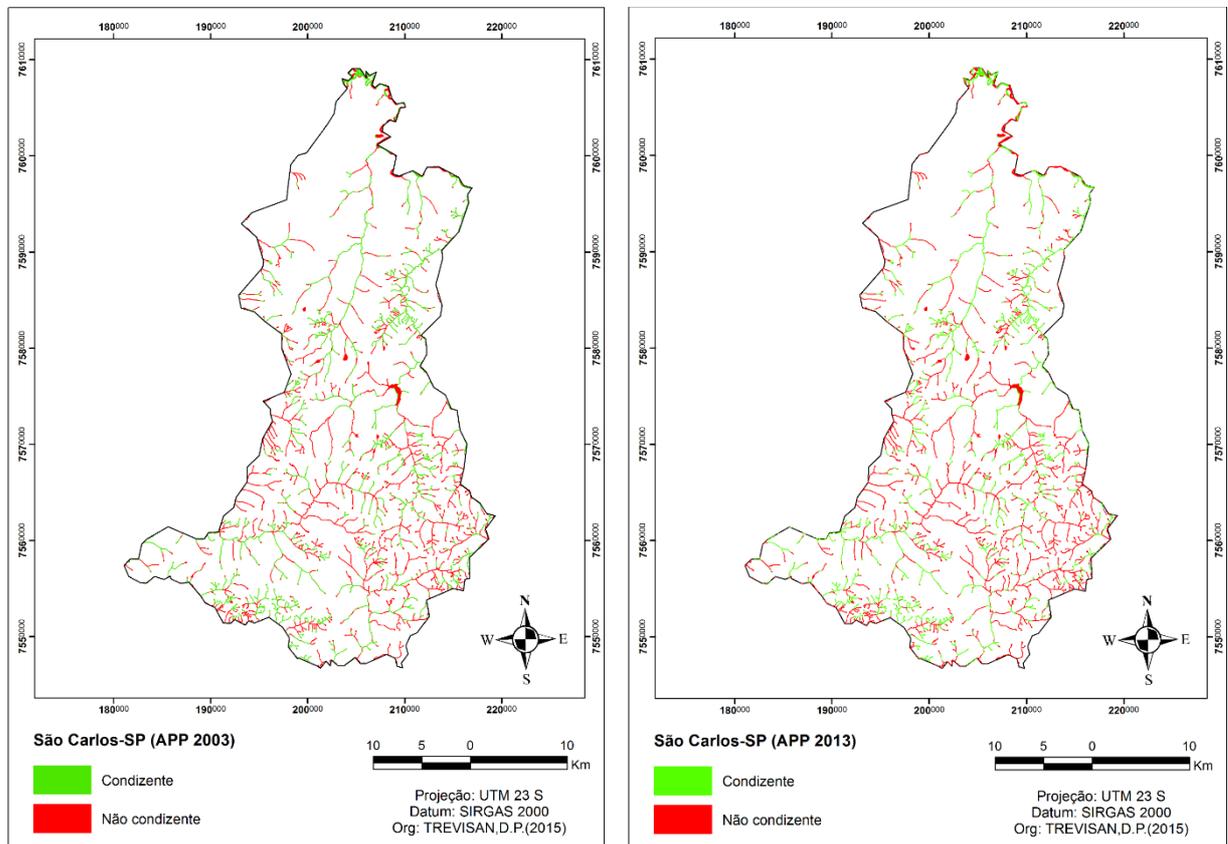


Figura 4.9: Área de Preservação Permanente condizente e não condizente de acordo com a Lei nº 12.561 de 25 de maio de 2012.

Estudo realizado pelo IPEA, (2011), vislumbram a possibilidade de perda de cerca de 79 milhões de hectares, ou seja, cerca de 30% da área de reserva legal atual no país, considerando as áreas de preservação permanente este número passaria para a casa das centenas de milhões. A remoção destas áreas torna insustentável a agricultura em curto prazo (TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2010) comprometendo assim a atividade econômica, motivo das principais frentes de alterações no código florestal.

Lembrando que não trata-se de uma determinação visando o desenvolvimento social como um todo, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA,2011), aproximadamente 76% das terras produtivas (436.047.761,07 ha do total de 571.740.440 ha

existentes) estão em propriedade de aproximadamente 10 % dos proprietários agrícolas. E em curto prazo causará danos irreversíveis à quantidade e qualidade da água de desta forma comprometer a saúde humana e a produção de alimentos (LIKENS, 1992).

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices utilizados apresentaram-se como ferramentas importantes para o diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas possibilitando uma análise mais precisa de cada fragmento da paisagem estudada, sendo observado as interligações entre as qualidades ambientais dos diferentes compartimentos ambientais da paisagem, onde a perda de áreas naturais implica conseqüentemente na perda da qualidade em vários compartimentos que estão interligados.

O município de São Carlos necessita de um planejamento imediato voltado a manutenção dos remanescentes de vegetação nativa, priorizando a conservação e recuperação destas áreas, levando em consideração não apenas o estado atual do município, mas a tendência desenvolvimentista a qual este vem seguindo.

O crescimento das atividades antrópicas e a perda de áreas naturais podem comprometer a biodiversidade presente na área de estudo, podendo implicando em perda das funções ambientais e conseqüentemente dos benefícios que estas proporcionam, sendo que essas áreas servem de suporte para manutenção das atividades urbanas e agrícolas de uma forma geral.

4.5 REFERÊNCIAS

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A.; JUÁREZ, L.; CRUZ-BELLO, G. Integrating fuzzy logic, optimization and GIS for ecological impact assessments. **Environmental Management**, v. 30, p. 418-433, 2002.

CANTER, L. W. Environmental impact assessment - Series in Water Resources and Environmental Engineering. 2nd ed. **McGraw-Hill International Editions**, 1996,660 p.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**, 2015. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-

informacoes/clima_muni_224.html >. Acesso em: 31 de maio de 2015.

CINTRA, R. H. et al. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. IN: SANTOS, J. E.; ZANIN, E. M.; MOSCHINI, L. E. (Ed.). **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos, SP: Rima, 2004.

DOS SANTOS, R.M. **Padrão temporal e espacial das mudanças de usos da terra e cenários para a conservação da biodiversidade regional do município de São Félix do Araguaia, MT**. 2011.153f. Tese (Doutorado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

DUNODOV, E. **Pista de saúde UFSCar**, 2008. Disponível em: < www.flickr.com/photos/eugeni_dodonov/3016725791/> Acesso em: 31 de julho de 2015.

EASTMAN, J. R. Idrisi for Windows. Tutorial Exercises. Version 2.0. **Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis**. Clark University, 1997.

FRANKLIN, J.F.; FORMAN, R.T.T. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 5-18,1987.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; RIZZI, N.E. Aplicação de índices de paisagem às florestas ciliares na Bacia Do Alto Capivari – Região Cárstica Curitibana. **Revista Floresta**, p. 3-11, Curitiba-PR, 2004.

GALO, M.L.B.T. NOVO. E.M.L.M. Índices de paisagem aplicados à análise do Parque Estadual Morro do Diabo e entorno. IN. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto **Anais**. Santos-SP, 1998.

GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. Pattern, process, and predictability: the use of neutral models for landscape analysis. IN: TURNER, G.M.; Gardner, R.H. (Ed) **Quantitative methods in Landscape ecology: the analyses and interpretation of landscape heterogeneity**. 1ª Ed. New York, Springer,1991, p. 289-308.

GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; SANTOS, C. S.; SANTOS, I. Elaboração e aplicação de Índices de Fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 05, p. 1000-1012, 2011.

GUSTAFSON, E.J.; PARKER, G.R. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. **Landscape Ecology**, v. 7, n. 2, p. 101-110, 1992.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – São Carlos**, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Região administrativa central**, 2015. Disponível em: <www.igc.sp.gov.br/>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Código Florestal: Implicações do PL 1876/99 Nas Áreas de Reserva Legal**. Governo Federal Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2011.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 424 p.

LEI 12.651/2013. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa** República Federativa do Brasil, 2013. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em: 08 de outubro de 2013.

LEI 12.727/2013. **Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. República Federativa do Brasil, 2013. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm> Acesso em: 08 de outubro de 2013.

LI, H.; WU J. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**. v.19 n. p.389-399, 2004.

LIKENS, G. E. 1992. The ecosystem approach: its use and abuse. Excellence in Ecology. **Ecology Institute**, Oldendorf/Luhe, Germany, v.3, 167p.

MARRO, A.A.; SOUZA, A.M.C.; CAVALCANTE, E.R.S.; NUNES, G.S.B.R.O. **Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações**, material didático. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. **Fragstats * ARC**. Fragstats Manual, 1995. Disponível em: <www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/manual/index.html>. Acesso em: 10-de dezembro de 2015.

MCGARIGAL, K.; MCCOMB, W. Relationships between landscape structure and breeding birds in the oregon coast range. **Ecological Monographs**, v. 65, n. 3, p. 235-260, 1995.

MELLO, K.; PETRI, L., CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, v. 38, p. 309-317, 2014.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71 p. 445- 463, 2000.

MORAES, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP**. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem**: estudo de caso, município de Araraquara, SP. 2005. 88f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

O'NEILL, R.V.; KRUMMEL, J.R.; GARDNER, R.H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; De ANGELIS, D.L.; MILNE, B.T.; TURNER, M.G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S.W.; DALE, V.H.; GRAHAM, R.L. Indices of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 3, p. 153-162, 1988(a).

OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL. **Código Florestal**, 2015. Disponível em <hwww.observatoriodoflorestal.org.br/pagina-basica/o-codigo-florestal> Acesso em 22 de julho de 2015.

SCHUMAKER, N.H. Using landscape indices to predict habitat connectivity. **Ecology**, v. 77, n. 4, p. 1210-1225, 1996.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis Municipais**, 2015. Disponível em: <www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso em: 31 de maio de

2015.

STEFFEN, W.; SANDERSON, A.; TYSON, P. D.; JÄGER, J.; MATSON, P. A.; MOORE III, B.; OLDFIELD, F.; RICHARDSON, K.; SCHELLNHUBER, H. J.; TURNER, B. L.; WASSON, R. J. **Global change and the earth system: A planet under pressure**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2004, 336 p.

TUNDISI, J.G; MATSUMURA-TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotrop.** 2010, 10(4): 67-76.

TURNER M.G.; BAKER W.L.; PETERSON C.J.; PEET R.K. Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. **Ecosystems**, v. 1, n. 6, p. 511–523, 1998.

TURNER, M. G. The effect of pattern on process. **Landscape Ecology**, n.20, p.171-197, 1989.

TURNER, M.; O'NEILL, R.V.; GARDNER, R. H.; MILNE, B.T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 3/4, p. 153-162, 1989.

TURNER, M.G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 29-36, 1987.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in Landscape Ecology**. Springer-Verlag, New York, NY, USA, 1991, 27 p.

VALENTE R.O.A. **Análise da estrutura da Paisagem na Bacia Do Rio Corumbataí-SP**, 2001. 162f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de São Carlos possui um alto potencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas (principalmente pela evidência de baixas declividades e pelas características dos solos presentes). Este potencial é concretizado na prática ao observar-se por meio da análise temporal de uso e cobertura da terra e do crescimento das áreas agrícolas ao longo do tempo.

Entretanto, por serem em sua maioria solos com baixa fertilidade e que necessitam de insumos agrícolas para desenvolvimento das atividades, principalmente relacionadas ao plantio de culturas deve-se atentar aos cuidados com a utilização destes, em consequência de evitar impactos ambientais tais como o acúmulo de nitrogênio e fósforo nos corpos hídricos, levando a eutrofização ou mesmo a contaminação das águas subterrâneas por estes levados através da infiltração e percolação da água no solo.

A diversificação e rotação das culturas é uma possibilidade no controle da fertilização do solo, já que as monoculturas interferem nos ciclos de nutrientes gerando o empobrecimento dos solos, levando a problemas como a desertificação (processo dinâmico que resulta na transformação de determinadas áreas em deserto ou a elas se assemelhem) e arenização (processo de degradação de ambientes sob climas úmidos com formação de ilhas de areia exposta e solta, denominadas de areais).

A economia do município é fortalecida também pelo municípios vizinhos, que movimento as relações comerciais de São Carlos ao buscar por serviços diversos, além da facilidade de escoamento pela malha viária.

Contudo, verificou-se o crescimento de impactos negativos na paisagem do município, com a redução das áreas de vegetação natural assim como a ausência em muitas regiões de áreas de preservação permanente, ausentes também em áreas urbanas, o que contribui para o histórico de enchentes no município.

Todos os índices calculados foram essenciais no que tange a análise temporal da paisagem do município de São Carlos, indicando as forças motrizes que atuam na paisagem e qual a consequência destas ao longo do tempo, onde ficou evidente a perda das áreas naturais e conseqüentemente da qualidade ambiental do município.

A história de uma determinada paisagem expõe seus padrões evolutivos, revelando seus estágios ecológicos, períodos culturais e processos fundamentais para se entender suas transformações. Esta história constitui uma ferramenta valiosa para promover a descrição, predição e prescrição no planejamento ambiental da paisagem. Os padrões temporais de mudanças desta paisagem em particular somente serão revelados através da descrição da série de estágios ecológicos e sequências culturais e pela identificação dos processos-chave, isto é processos formadores que influenciam a trajetória da dinâmica da paisagem (MARCUCCI, 2000).

Em princípio, a identificação dos processos-chave associados à paisagem do município de São Carlos, envolve a descrição dos processos que moldaram o seu cenário atual ao longo do tempo, em termos basicamente dos sucessivos estágios culturais e consequentes estágios ecológicos, na perspectiva de se acoplar uma múltipla visão da escala temporal. Entretanto, ao efetuarmos o estudo da paisagem para o município em um intervalo de tempo de apenas dez anos, deixamos de perceber e considerar processos-chave que são aparentes em outras escalas de tempo.

Apesar de não percebermos tais processos-chave ao caracterizarmos o município, podemos observar o fortalecimento de características agrícolas em São Carlos ao longo do tempo, tendo desta forma sua economia e a maior parte de suas áreas voltadas a este setor.

Em contra partida, tal crescimento tem gerado impactos sobre os ecossistemas naturais, com perda de áreas e isolamento das mesmas, como é apresentado tanto na Análise de uso e cobertura da terra como no Índice de Urbanidade, como exemplo podemos destacar as áreas de vegetação que apresentam-se em fragmentos remanescentes.

Questões essenciais, tais como a elaboração e revisão do Código Florestal devem ser discutidas com mais rigor científico e que realmente foque em benefícios a conservação dos ecossistemas e não para o avanço de determinadas atividades ou de interesses financeiros, o qual ao longo dos anos aumentaram as restrições das terras, mas estas foram ineficazes, de fato, constituindo atualmente uma realidade onde o Código vigente dificilmente seria aprovado se de fato aplicado, dado o balanço de poder entre interesses da sociedade. A diferença entre a lei e o seu cumprimento tornou-se hoje motivo de reversão das negociações políticas, em que os argumentos para menores restrições são valorizados, visando a mudanças no Código Florestal (ALSTON, MULLER, 2008).

As discussões em torno da pretendida atualização do Código Florestal devem obrigatoriamente incorporar a dimensão da sustentabilidade ambiental do desenvolvimento socioeconômico. Nesse sentido, os interesses das futuras gerações, e os seus (atuais) direitos positivados na forma de norma constitucional, não poderiam ser ignorados do debate contemporâneo. Trata-se de inescusável omissão, pois é elevada obrigação ética que têm os diversos atores envolvidos nas discussões, particularmente as lideranças que representam os diferentes segmentos da sociedade (AHREN, 2003).

Cabe registrar que a proteção ambiental não pode ser tarefa exclusiva do Estado, seja através dos Órgãos do Poder Executivo, seja através do Poder Judiciário, mas de todos, ou seja, indivíduos, empresas e sociedade civil devem garantir o direito de as gerações presentes e futuras usufruírem de um meio ambiente ecologicamente equilibrado (PINTO, 2009).

O plano diretor é uma ferramenta essencial para o planejamento deste crescimento e desenvolvimento do município futuramente. Previsto pela Constituição Brasileira de 1988, este que deve ser base da política de desenvolvimento e expansão urbana, tendo como objetivo o melhoramento da qualidade de vida da sociedade além da ordenação do desenvolvimento e das funções sociais, estabelecendo princípios, normais e diretrizes a serem seguidas (BRAGA, 1993).

O plano diretor de São Carlos está vigente desde 2005 (Lei nº 13.691/2005) e prevê sua revisão a cada cinco anos, entretanto este ainda está voltando principalmente para o ordenamento territorial no que tange as ocupações habitacionais e industriais, e ainda não incorpora principalmente as questões ambientais de forma estratégica voltada a conservação dos ecossistemas tanto naturais como artificiais (áreas antrópicas), as quais foram discutidas ao longo desta dissertação.

O fortalecimento dos espaços de participação, através da mobilização da população e de suas instâncias de representação, deve ser uma premissa da administração municipal, para a formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano (SEBRAE, 2006).

O Planejamento do desenvolvimento das cidades tem como finalidade promover a justa distribuição espacial da população e das atividades econômicas, não somente do território do município, mas também da área sob sua influência, com vistas a evitar e corrigir

as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (SEBRAE, 2006).

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é uma realização positiva dentro desse processo e é um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e Lei Estadual nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006), que tem como finalidade o Ordenamento Territorial. Através dele almeja-se induzir o desenvolvimento econômico de forma planejada, compatível e sustentável com as potencialidades do patrimônio ambiental e sociocultural de determinado espaço geográfico (SMEA-BAHIA, 2013).

O ZEE é um instrumento técnico, econômico, político e jurídico, de grande importância no planejamento, reconhecido entre as várias esferas do setor público, do setor privado e da sociedade civil, por facilitar a construção de parcerias na busca da equidade, e por considerar o uso do território como algo de interesse de todas as classes sociais e segmentos econômicos (SEMA-BAHIA, 2013).

5.1 Referências

AHREN, S. O “Novo” Código florestal brasileiro: Conceitos jurídicos fundamentais IN: **Sociedade Brasileira de Silvicultura**; Brasília: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003, p 1-15.

ALSTON, L. G.; MULLER, B. Legal reserve requirements in Brazilian forests: path dependent evolution of de facto legislation. Revista **Economia**, Brasília, vol. 8, n.4, 2008, p.25-53.

BRAGA, R. **Aspectos da ordenação territorial nas leis orgânicas municipais do Estado de São Paulo**. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MARCUCCI, D.J. Landscape history as a planning tool. **Landscape and urban planning**, n.49, p.67-81, 2000.

PINTO, O.P.A.M. **A Importância do desenvolvimento sustentável**. Instituto de Direito Internacional de Brasília, 2009. Disponível em: <www.dcs.ufla.br/Cerrados/Portugues/CIntroP.htm>. Acesso em: 31 de maio de 2013.

SEBRAE. **A importância do plano diretor para o desenvolvimento municipal.** Confederação Nacional dos Municípios, São Paulo: SEBRAE,2006. Disponível em <www.sebraesp.com.br/arquivos_site/cartilha_diretor.pdf> Acesso em 06 de maio de 2015.

SEMA-BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia. **Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE),** 2013. Disponível em: <www.meioambiente.ba.gov.br/conteudo.aspx?s=ZONEAECO&p=PROPANAM> Acesso em: 06 de maio de 2015.