

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**MODELAGEM DA DINÂMICA ESPACIAL DO USO DA TERRA  
PARA O MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS: CONDIÇÕES PRETÉRITAS  
E FUTURAS**

**FÁBIO NOEL STANGANINI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. José Augusto de Lollo

São Carlos  
2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S785m Stanganini, Fábio Noel  
Modelagem da dinâmica espacial do uso da terra  
para o município de São Carlos : condições pretéritas  
e futuras / Fábio Noel Stanganini. -- São Carlos :  
UFSCar, 2016.  
206 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2016.

1. Planejamento urbano. 2. Modelagem espacial. 3.  
Geoprocessamento. 4. Previsão de cenários. 5. SIG.  
I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

Folha de Aprovação

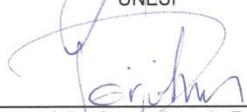
---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Fábio Noel Stanganini, realizada em 16/12/2016:



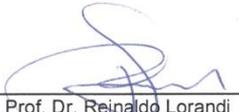
---

Prof. Dr. José Augusto de Lollo  
UNESP



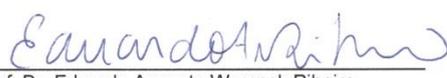
---

Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm  
UFSCar



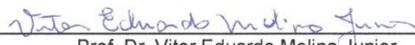
---

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi  
UFSCar



---

Prof. Dr. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro  
IFC - Camboriú



---

Prof. Dr. Vitor Eduardo Molina Junior  
UNIARA

*“É preciso explicar por que o mundo de hoje, que é horrível, é apenas um momento do longo desenvolvimento histórico e que a esperança sempre foi uma das forças dominantes das revoluções e das insurreições. E eu ainda sinto a esperança como minha concepção de futuro”.*

Jean-Paul Sartre

Nota: no prefácio de "Os condenados da terra", de Frantz Fanon, 1963.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

Ao Prof. Dr. José Augusto de Lollo pela orientação, aprendizado e amizade ao longo dessa tese, bem como por acreditar no desenvolvimento, potencial e finalização desse trabalho. Nosso caminho foi trilhado por longos 7 anos de convivência. Fica o agradecimento e o respeito eterno acima de tudo.

Ao querido Prof. Dr. Raul Borges Guimarães por ter despertado a sede na pesquisa científica. E, os inúmeros e Queridos Professores com quais tive a oportunidade de aprender durante essa longa trajetória.

Aos meus pais Luiz e Eva, meu irmão Adão, que mesmo sem compreender a grandiosidade deste processo tiveram paciência, dando apoio e carinho no decorrer do desenvolvimento da tese.

Aos parceiros, colegas e amigos que fiz durante esta passagem, em especial o pessoal do Labgeo.

Aos queridos e eternos amigos, que sempre estiveram do meu lado, Everton de Oliveira, Alessandro Hirata, Fernando Amorim, Eduardo Werneck, Vitor Molina, Vagner Serikawa, João Vitor, Wellisson Rogato, Rodrigo Vernini, Alex Prando, Salvador Zanoto, Reginaldo Tavares, Vanderson, Pedro Caballero, Anelise Sempionato e Maria Carla (carinho) entre tantos outros pela ajuda e amizade nesta longa viagem.

A Faculdade Logatti, em especial Walter Logatti, Chico Logatti, Paulo Vaz, Elizete, Carlinhos, Caiudi, Talita e todos que auxiliaram e tiveram paciência neste período.

Aos funcionários da UFSCar, em especial a secretaria do PPGEU que sempre quando solicitados foram atenciosos, meu muito obrigado.

À CAPES pelo suporte financeiro proporcionado durante a tese, sem esse seria impossível esta construção.

## RESUMO

A intensificação do processo de crescimento da área urbana do Município de São Carlos vem ao longo dos anos aumentando de forma rápida e sem elementos que auxiliem no planejamento e gestão dessas áreas, acarretando mudanças na dinâmica espacial, e alterações significativas nos condicionantes ambientais e conseqüentemente na paisagem natural. O trabalho objetivou uma construção histórica e temporal do uso e ocupação da terra através de uma análise durante um período de 30 anos por meio das imagens do satélite LANDSAT 4, 5, 7 e 8 com os sensores MMS, TM, TM+ e OLI, concomitantemente foi construído através dessas análises uma perspectiva de cenários futuros para os anos de 2020 e 2030 através do software DINAMICA EGO, totalizando um período de 50 anos de estudos sobre o processo de crescimento da área urbanizada. A tese, com base nos dados obtidos de 1980, 1990, 2000 e 2010, demonstrou a situação da área neste período e no entorno imediato do Município no que concerne ao uso e ocupação da terra, divididos em cinco classes de uso, sendo elas, solo exposto, área agrícola, vegetação, área urbanizada e hidrografia, por meio da classificação e interpretação visual das informações. Foram geradas cartas temáticas que auxiliaram na construção dos cenários previstos e dos quadros futuros apresentados em um curto período de tempo. Os resultados apontam que, a área urbanizada do município teve um aumento significativo durante o período de análise do trabalho, assim como o aumento populacional, aumento de veículos e conseqüentemente gerando degradação ambiental e impactos ambientais quase que irreversível devido à intensa forma de ocupação. Outro fator preponderante é a pressão sobre os recursos naturais, principalmente vegetação e recursos hídricos. A abordagem histórica e o processo de modelagem das informações espaciais com vista à previsão de cenários futuros fornece subsídios para compreender as transformações no uso da terra, como a ocupação de sub-bacias hidrográficas, inundações, drenagem urbana, perda de vegetação e aumento da área impermeabilizada, gerando desta maneira um artifício técnico para futuras intervenções e tomada de decisões pelo poder público local.

**Palavras-chave:** Planejamento Urbano. Modelagem Espacial. Geoprocessamento. Previsão de Cenários. SIG.

## ABSTRACT

Urban area growth intensification process of São Carlos's county has been quickly rising over the years and without helpful elements on planning and management of these areas, leading changes on spatial dynamic, and significant changes on environmental conditioning and consequently in natural landscape. This work aims an historical and temporal construction of land's use and occupation through an analysis during a period of 30 years by means of LANDSAT satellite images 4, 5, 7 e 8 with the sensors MMS, TM, TM+ e OLI, concomitantly was build through these analysis a little perspective of future sceneries for the years of 2020 and 2030 through the DINAMICA EGO's software, totalizing a period of 50 years of study about urban area growth process.

The thesis, based on obtained data of 1980, 1990, 2000 e 2010, had demonstrated the area situation on this time period and immediate surroundings of the city regarding land's use and occupation, divided in 5 classes of use, being them, exposed soil, agricultural area, vegetation, urban area and hydrography, by means of informations' classification and visual interpretation. Were developed thematic cards that will help on the provided scenarios build and the future frames in a little period of time. The results point out that, like the population rises, vehicles rise and consequently generating environmental's degradation and impacts almost irreversible due to intense occupation form. Another important factor is the pressure above natural resources, especially vegetation and water resources. The historical approach and the modeling process of spatial information with a provided view of future scenarios provides subsidies to understand the land's use transformation, like the hydrography sub basin's occupation, floods, urban water drain, lost of vegetation and waterproofing increase, generating this way a technical device for future interventions and decision-making of local public power.

**Keywords:** Urban planning. Spatial modeling. GIS. Scenarios Forecast. SIG.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1984 a 1990.....	87
Tabela 2. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1990 a 2000.....	87
Tabela 3. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 2000 a 2010.....	88
Tabela 4. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1984 a 1990.....	92
Tabela 5. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1990 a 2000.....	93
Tabela 6. Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 2000 a 2010.....	95
Tabela 7. Evolução Temporal das Classes utilizadas no trabalho.....	96
Tabela 8. Matriz de Probabilidade de Transições de Classes de Uso da Terra entre 1980 a 2010.....	99
Tabela 9. Variáveis Estáticas selecionadas.....	100
Tabela 10. Parâmetros utilizados e seus respectivos operadores.....	120
Tabela 11. Índices de similaridade entre o mapa um e dois.....	123

Tabela 12. Parâmetros utilizados na construção dos cenários de simulação de 2010.....	125
Tabela 13. Valores dos parâmetros do Mean Patch Size da função Expander.....	125
Tabela 14. Brasil, Região Sudeste e Município de São Carlos (SP).....	174
Tabela 15. Grau de Urbanização do Município de São Carlos (SP).....	179

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. População Urbana do Estado de São Paulo segundo o Censo Demográfico de 2010.....	14
Figura 2. Recorte Geográfico do Município de São Carlos – SP.....	18
Figura 3. Fonte: IBGE: Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010.....	20
Figura 4. Expansão Urbana de São Carlos.....	21
Figura 5. Gráfico com relação comparativa de loteamentos e condomínios fechados em São Carlos.....	22
Figura 6. Evolução da área urbana e do perímetro urbano do município de São Carlos (1947-1980).....	23
Figura 7. Mapa com a hidrografia na área urbana do Município de São Carlos.....	24
Figura 8. Divisões territoriais em Macrorregiões e Microrregiões do Estado de São Paulo.....	31
Figura 9. Divisão por Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.....	37
Figura 10. População Urbana dos Municípios do Estado de São Paulo.....	41
Figura 11. Proposta de divisão regional do Estado de São Paulo.....	44

Figura 12. Processo de Representação Computacional.....	59
Figura 13. Representação de dados espaciais.....	61
Figura 14. Estrutura de um Sistema de Informação Geográfica.....	65
Figura 15. Arquitetura do software DINAMICA.....	77
Figura 17. Sub-bacia do Chibarro uso da Terra entre 1984 e 1990.....	80
Figura 18. Sub-bacia do Chibarro uso da Terra entre 2000 e 2010.....	81
Figura 19. Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos entre os anos de 1980.....	82
Figura 20. Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT-4 de 1980.....	83
Figura 21. Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 1990.....	83
Figura 22. Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 5.....	84
Figura 23. Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 2000.....	84
Figura 24. Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 7.....	85
Figura 25. Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 2010.....	85
Figura 26. Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 7.....	86
Figura 27. Evolução da Área Urbanizada na Sub-bacia do Chibarro entre os anos de 1980 a 2010.....	89
Figura 28. Área Urbanizada da Sub-bacia do Chibarro no ano de 2016.....	90

Figura 29. Evoluções da Área Urbanizada no Município de São Carlos entre os anos de 1980 a 2010.....	97
Figura 30. Área Urbanizada do Município de São Carlos em 2016.....	98
Figura 31. Variáveis Estáticas.....	101
Figura 32. Distância das Variáveis Estáticas.....	102
Figura 33. Distância Ferrovia.....	103
Figura 34. Distância Estradas e Rodovias.....	104
Figura 35. Distância dos Rios e Córregos (Hidrografia área de estudos).....	105
Figura 36. Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Vegetação entre os anos de 1980 a 2010.....	108
Figura 37. Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Área Agrícola entre os anos de 1980 a 2010.....	109
Figura 38. Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 1980 a 2010.....	110
Figura 39. Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe da Vegetação entre os anos de 1980 a 1990.....	113
Figura 40. Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe da Vegetação entre os anos de 2000 a 2010.....	114
Figura 41. Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 1980 a 1990.....	115
Figura 42. Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 2000 a 2010.....	116

Figura 43. Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Área Agrícola entre os anos de 1980 a 1990.....	117
Figura 44. Área de Estudos - Evolução Temporal da Área Agrícola Exposto entre os anos de 2000 a 2010.....	118
Figura 45. Mapa de probabilidade de mudança espacial na área de estudos.....	122
Figura 46. Simulação do Uso e Ocupação da Terra para ano de 2010 utilizando a função Expander. (a) Final real (b) Final simulado.....	126
Figura 47. Mapa de uso e ocupação da terra do Município de São Carlos em 2016.....	128
Figura 48. Cenários de Uso e Ocupação da Terra 2016 e 2020.....	129
Figura 49. Cenário simulado para o ano de 2020 para área urbana do Município de São Carlos – SP.....	130
Figura 51. Cenário simulado para o período de 2030.....	132
Figura 52. Eixo de crescimento da Área Urbanizada do Município de São Carlos – SP.....	134
Figura 53. Espacialização da degradação ambiental em uma área de expansão urbana.....	139
Figura 54. <i>Buffer</i> das Áreas de Preservação Permanente.....	140
Figura 55. Novas áreas de expansão na sub-bacia do Chibarro.....	141
Figura 56. Região ao sul da sub-bacia.....	142
Figura 57. Região sul da Sub-bacia.....	142
Figura 58. Região central da Sub-bacia.....	143
Figura 59. Região norte da Sub-bacia.....	143

Figura 60. Região central da Sub-bacia.....	144
Figura 61. Mapa Hipsométrico (ou relevo) do Município de São Carlos/SP.....	146
Figura 62. Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 1980 e 1990.....	147
Figura 63. Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2000 e 2010.....	148
Figura 64. Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2012 e 2016.....	149
Figura 65. Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2020 e 2030.....	150
Figura 66. Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos.....	155
Figura 67. Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 1980 e 1990.....	156
Figura 68. Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2000 e 2010.....	157
Figura 69. Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2012 e 2016.....	158
Figura 70. Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2020 e 2030.....	159
Figura 71. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, recorte da área.....	162

Figura 72. Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico do Município de São Carlos.....	165
Figura 73. Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 1980 e 1990.....	166
Figura 74. Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2000 e 2010.....	167
Figura 75. Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2012 e 2016.....	168
Figura 76. Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2020 e 2030.....	169
Figura 77. Projeções do crescimento do PIB segundo as regiões administrativas de São Paulo – 2012-2015.....	172
Figura 78. Crescimento populacional e sua projeção.....	178
Figura 79. Evolução da área urbana do Município de São Carlos ao longo dos anos de 1980, 1990, 2000 e 2010.....	181
Figura 80. Evolução da área urbana do Município de São Carlos ao longo dos anos de 2012, 2016, 2020 e 2030.....	182

## LISTA DE SIGLAS

AC - Autômatos Celulares  
APA – Área de Preservação Ambiental  
AU – Arquitetura e Urbanismo  
CAD - Computer Aided Design  
CBH – Comitês de Bacias Hidrográficas  
DE – Diretoria de Ensino  
DIRS - Direções Regionais de Saúde  
DRTS - Delegacias Regionais Tributárias  
EC – Estatuto da Cidade  
EDRS - Escritórios de Desenvolvimento Rural  
FND - Fundo Nacional de Desenvolvimento  
FNMA - Fundo Nacional do Meio Ambiente  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IGC - Instituto de Geologia e Cartografia  
MNT - Modelo Numérico de Terreno  
OT - Ordenamento Territorial  
PAS - Plano Amazônia Sustentável  
PDDI - Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado  
PDRI - Plano de Desenvolvimento Regional Integrado  
PDSA - Plano de Desenvolvimento do Semiárido  
PMSC - Prefeitura Municipal de São Carlos  
PNDR - Política Nacional de Desenvolvimento Regional  
PNDU - Política Nacional de Desenvolvimento Urbano  
PNLT - Plano Nacional de Logística de Transporte  
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente  
PNOT - Política Nacional de Ordenamento Territorial  
PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos  
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar  
RA – Região Administrativa  
RH – Região Hídrica  
RM – Região Metropolitana  
SEADE - Sistema Estadual de Análise de Dados  
SERFHAU – Serviço Federal de Habitação e Urbanismo  
SIG - Sistema de Informação Geográfica  
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle  
TIN - Triangulated Irregular Network  
UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos  
UGRHIs - Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo  
UHG – Unidades Hídricas de Gerenciamento  
UR – Unidades Regionais  
USP - Universidade de São Paulo

# Sumário

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
Objetivo Geral .....	6
Objetivos Específicos .....	6
<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>7</b>
<b>1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
1.1 Expansão Urbana do Município de São Carlos.....	11
1.2 O Município como Unidade de Planejamento .....	25
1.3 Cidades Médias e a Gestão Ambiental no Estado de São Paulo .....	41
<b>CAPÍTULO II – ABORDAGEM METODOLÓGICA .....</b>	<b>47</b>
2.1 Métodos de Análise Dinâmica .....	47
Métodos .....	48
2.2 Materiais .....	50
<b>CAPÍTULO III - A MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO IV - MODELAGEM ESPACIAL PARA A ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO V - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
5. 1 Mudanças no Uso e Ocupação da Terra.....	79
5.2 Calibração do Modelo.....	86
5.2.1 Matriz de Transição Proposta Teste Sub-bacia Chibarro.....	86
5.2.2 Matriz de Transição .....	91
5.2.3 Variáveis Estáticas .....	99
5.2.4 Pesos de Evidência.....	105
5.2.5 Sub-bacia do Chibarro Área Teste .....	106
5.2.6 Área de Estudo.....	111
5.2.7 Correlação dos Mapas.....	118
5.3 Construindo um Modelo de Simulação e Validação .....	119
5.4 Validação do Modelo de Simulação da Área de Estudos.....	122
5.5 Simulação dos Cenários da Área de Estudos .....	124
5.6 Tendência Histórica de Cenários na Área de Estudos.....	127
5.7 Impactos do Crescimento da Área Urbana no Meio Ambiente .....	135
5.8 Mapa Hispométrico e o Processo de Urbanização .....	144
5.9 Impactos da Urbanização nas Sub-bacias Hidrográficas .....	151
5.10 Projeções Socioeconômicas e Ambientais .....	172
5.11 Iniciativas Locais – Estaduais – Federais Para conter o Processo de Crescimento da Área Urbanizada e Degradação Urbana Ações Federais .....	185
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES .....</b>	<b>187</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>191</b>

## INTRODUÇÃO

As transformações territoriais que ocorrem no Brasil, em um curto período de tempo, aceleram o processo, e as mudanças sociais e econômicas, que ao longo dos atuais anos mudaram as paisagens urbanas. O crescimento acelerado e desordenado da maioria das cidades brasileiras, a partir da década de 1960, resultou na ocupação de áreas desfavoráveis ao uso urbano, ocasionando, por sua vez, desequilíbrios ao meio ambiente.

A partir dos anos 1970, o processo de urbanização alcança novo patamar, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto do ponto de vista qualitativo. Consecutiva à revolução demográfica dos anos 1950 desenvolve-se, primeiramente, uma urbanização aglomerada, com o aumento do número e da população respectiva – dos núcleos com mais de 20 mil habitantes. Em seguida, uma urbanização concentrada, com a multiplicação das cidades e tamanho intermediário, para alcançarmos depois, o estágio da metropolização, com o aumento considerável do número de cidades milionárias e de grandes cidades médias, entorno de 500 mil habitantes (SANTOS 1993).

O advento de crescimento das cidades ditas médias é hoje um dos maiores objetos de pesquisa dos planejadores regionais. Entender como essas aglomerações urbanas irão evoluir, de forma a conciliar os diversos ciclos de desenvolvimento econômico pelos quais algumas delas passam, e o desenvolvimento que a atual geração espera, pleiteando o desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, o planejamento urbano ambiental, vinculado à crescente necessidade de ordenar as áreas urbanas, principalmente em cidades de porte médio que ao longo dos anos vêm se tornando áreas com maior adensamento populacional na qual a tendência ao crescimento e expansão é maior, tem sido tema de grande interesse nas últimas décadas.

Ao se discorrer sobre as questões que envolvem o papel do Planejamento Urbano Ambiental e os rumos a serem adotados para se alcançar um nível mínimo de desenvolvimento

que consiga agregar em torno de um projeto as questões sociais, econômicas e ambientais, percebe-se a importância que tal ação influencia sobre as condições que virão a existir naquele determinado território.

No processo de desenvolvimento urbano brasileiro, observamos que as políticas públicas e prioridades foram tratadas de forma equivocadas, sendo estabelecidas por setores, como os de transporte, saneamento, habitação e drenagem. As cidades passaram a sofrer um “inchaço”, concentrando cada vez mais população e sem infraestrutura urbana alguma.

Observa-se claramente, que ao tratar dessas questões, e por afetar direta e indiretamente todas as outras esferas em que o objeto de análise, é o ordenamento territorial, planejamento urbano, deve-se atribuir uma grande importância para que a ação seja posta em prática por completa. Dessa maneira, fica claro que os objetivos do planejamento urbano ambiental, devem estar em consonância com outras questões de extrema importância para o desenvolvimento do município.

Ao se tratar das questões do meio ambiente urbano e do desenvolvimento no contexto geral, o que se propõe, é um modelo que leve em consideração as questões ambientais que abrangem não apenas o espaço urbano do município, e sim o todo. A lógica mais adequada, do ponto de vista do planejamento urbano ambiental, é que os preceitos colocados em diversos documentos, como a AGENDA 21, o Estatuto da Cidade e o Código Florestal sejam aplicados no planejamento urbano.

O que é importante analisar, é que não se busca como objetivo principal, do atual contexto de ocupação em que o território está inserido, a mudança nos usos do solo, nem tão pouca a transformação do município em área de preservação ambiental, mas uma compatibilização entre as questões ambientais, que estão postas, e um modelo de desenvolvimento que compartilhe dos preceitos da sustentabilidade como parâmetro para qualidade de vida.

É possível identificar em diferentes estágios de atuação a crescente necessidade e o aumento no interesse das questões ambientais, a existência clara de um questionamento com os atuais modelos de desenvolvimento (entende-se neste sentido o crescimento que leva em consideração apenas os aspectos econômicos), além da necessidade de considerar os fatores ambientais.

À medida que os novos conceitos e valores vêm sendo inseridos na sociedade cria-se uma constante necessidade do poder público, em conjunto com os órgãos responsáveis pelo planejamento do território, em dar um caráter plausível às questões ambientais por meio de pressão e necessidade.

Portanto, ao pensar o espaço territorial no seu todo, e como ele pode e dever ser ocupado, deve-se considerar o desenvolvimento como parte integrante de um processo que tem como principal aspecto técnico a inserção da temática ambiental, esta não mais como mera supridora de matéria-prima, mas sim como um processo primordial para o desenvolvimento humano.

Ao responder estas questões, tanto o poder público, quanto a sociedade, traz consigo o desafio em sistematizar o desenvolvimento econômico ao desenvolvimento sustentável através de diversas ferramentas e instrumentos. Outro aspecto de extrema relevância quando pauta-se as duas vertentes (política e ambiental) está no estabelecimento de políticas que oferecem suporte à elaboração deste desenvolvimento, uma vez que apenas os aspectos técnicos não conseguem refletir esta anuência, sendo necessária a inclusão de fatores que busquem um diálogo entre as partes.

Montão (2005) destaca que sobre os diversos setores nos quais o Poder Público tem o dever de atuar, deve-se considerar a necessidade de compatibilização entre o crescimento econômico e a qualidade ambiental, no qual um dos mais importantes aspectos é o que trata do ordenamento territorial, por cuidar de uma questão básica ao desenvolvimento das atividades como, por exemplo, a definição dos locais em que estes serão implantadas.

Quando debatemos questões relativas à organização, disciplina e desenvolvimento territorial é inadmissível que os atuais planejadores usem de argumentos de cunho econômico, a fim de embasar suas linhas de atuação, como “geração de emprego” e “geração de renda”. Estas questões não devem mais permear ou impossibilitar um debate que justifique os limites do uso do meio ambiente mesmo porque, a inoperância colocada pelos atuais planejadores leva em consideração apenas o crescimento econômico em detrimento das questões ambientais, ocasionando uma falsa impressão do entrave que o meio ambiente causa no aumento da capacidade de crescimento dos municípios.

Vale ressaltar que este argumento econômico infundado já foi utilizado durante décadas pelos governos tecnocráticos brasileiro, deixando claro que o meio ambiente não poderia servir de barreira para o crescimento econômico do país. Fato este que ao longo dos anos demonstrou o retrocesso, tanto social, econômico, político, cultural e, principalmente, ambiental das nossas cidades. Esses fatores estão interligados, dependendo irrestritamente um do outro e, conseqüentemente, afetam as lógicas que permeiam suas cadeias desenvolvimentistas.

É necessário, portanto, uma adequação ao atual processo vigente, e que ainda aparenta estar em curso nos municípios brasileiros, sobretudo no que concerne a uma mudança na forma em que vem sendo tratada a questão do desenvolvimento, sendo necessário romper com antigos padrões e incorporar um novo paradigma. Neste sentido, faz-se relevante alicerçar a alternância entre as questões ambientais e econômicas de forma sólida, para que ocorra o comprometimento entre as partes envolvidas, bem como o estabelecimento de práticas de desenvolvimento sustentáveis.

O acelerado crescimento das cidades nas últimas décadas tem motivado preocupações relacionadas à sua gestão e ao seu ordenamento, a fim de alcançar a sustentabilidade em seu uso e ocupação. Assim, as técnicas e os produtos compreendidos pelas geotecnologias têm sido os grandes aliados no desafio de planejar e ordenar esse espaço dotado de grande dinamicidade.

O uso de técnicas específicas procura auxiliar no planejamento e na análise do uso da terra, que tenham como finalidade contribuir com projetos e iniciativas de crescimento ordenado que ofereçam um impacto reduzido ao meio ambiente. Afinal, o uso da terra pode ser entendido como a forma pela qual o espaço é ocupado pelo homem. Dessa forma, o levantamento e as constantes atualizações referentes ao uso da terra tornam-se de grande importância para a compreensão da organização espacial.

Busca-se, desta forma, cidades mais humanas e ambientalmente equilibradas, indo ao encontro das decisões tomadas para a Agenda 21 brasileira que, por sua vez, objetivava definir estratégias de desenvolvimento articulando um processo de parceria entre governo e sociedade (BEZERRA, 2002).

Nesse sentido, a presente tese busca adotar procedimentos metodológicos referentes à análise da dinâmica de uso da terra, por intermédio de ferramentas de sensoriamento remoto e imagens do satélite Landsat/TM para diferentes anos; técnicas de modelagem baseadas na dinâmica de uso da terra e fundamentadas na base cartográfica da área a ser estudada e na inserção de variáveis econômicas e sociais.

Desse modo, a presente tese adota uma abordagem teórica, uma vez que considera o município como área de estudo, e um recorte específico, além de partir de uma análise temporal da expansão urbana sobre o meio natural e seus condicionantes.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Prever cenários ambientais futuros para o Município de São Carlos com base na modelagem da Dinâmica Espacial com a utilização da ferramenta DINAMICA EGO.

### **Objetivos Específicos**

Identificar e analisar a influência do meio natural na ocupação da área;

Analisar a influência de eventos históricos e socioeconômicos na ocupação da área.

Elaborar série multitemporal do uso e ocupação da terra na área, com o auxílio de imagens do LANDSAT dos anos de 1984, 1990, 2000 e 2010.

Geração de informações para tomada de decisões dos futuros gestores municipais.

Projetar cenários, para os anos de 2020 e 2030 que caracterizem a evolução da área urbanizada, assim como, os condicionantes naturais e antrópicos podem influenciar no equilíbrio ambiental, e como os atributos devem ser tratados de forma a evitar processos de degradação ambiental.

## JUSTIFICATIVA

As dificuldades hoje existentes, no que tange ao planejamento, gestão e organização territorial dos municípios, regiões, macrorregiões e microrregiões, exigem um grau de conhecimento e pesquisa avançados para cada situação e caso específico. Cada vez mais observa-se que os antigos métodos de análise e planejamento não dão respostas tão eficazes no momento atual das cidades.

O processo de urbanização dos municípios brasileiros, certamente foi um dos elementos que mais causaram impactos, tanto sociais, econômicos e ambientais na história recente do país.

O modelo como se deu a ocupação desse espaço e, principalmente, dos padrões de produção direcionados para a região resultaram em intensas alterações da paisagem natural, e do uso da terra. Aspectos esses, que em conjunto com outros elementos tendem a impactar de forma negativa todo o processo que busca meios de desenvolver, de forma mais sustentável, o ambiente urbanizado.

Para minimizar os problemas decorrentes do uso inadequado do solo, a grande maioria dos gestores municipais optou por um modelo de planejamento que resultou na ocupação inadequada do meio físico territorial, sobretudo nas áreas urbanas dos municípios. Em muitas situações, os gestores não consideram os condicionantes do meio físico, deixando como mera informação na instalação e ocupação das áreas, e dessa forma, alimentando diversos problemas no que tange às questões ambiental e socioeconômica.

Desta forma, modelar as informações espaciais é parte do processo de detalhamento, e que tenta transformar o ambiente natural em virtual, com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento.

A modelagem da dinâmica espacial torna-se um tema relevante nas ciências geográficas e ambientais, e compreende simular, em ambiente computacional, fenômenos dinâmicos espaciais que ocorrem tanto no meio urbano, quanto no meio ambiente natural.

Mudanças de uso da terra, na dinâmica de transporte, fluxo de transeuntes, enchentes, dispersão de poluentes atmosféricos, ilhas de calor, ou outros fenômenos dinâmicos observados no território podem ser modelados por meio de modelos e plataformas computacionais específicas, alimentadas por mapas, imagens e dados vetoriais.

Tais informações em conjunto tornam-se importantes elementos para subsidiar o processo de tomada de decisão para o poder público e o empreendedor, colaborando como critério para futuras instalações de propostas de uso da terra.

Uma alternativa de grande importância são as imagens multitemporais de uso da terra, que têm auxiliado como ferramenta na construção de modelos espaciais capazes de detectar alterações em cenários futuros nas formas de uso da terra, auxiliando na previsão das transformações ambientais que ocorreram ao longo das décadas e que poderão ocorrer, por meio de métodos que condicionam os modelos espaciais com dados geográficos.

As imagens, em conjunto com as ferramentas de geotecnologias, têm dado grande respaldo para gestão do território e dos recursos naturais, devido a sua capacidade de prover informações para interpretações e análises dos diferentes condicionantes ambientais de um sistema em constante alteração.

Segundo Nascimento (2011), nessas situações, estudos sobre cobertura e uso da terra têm fornecido contribuições consideráveis ao ordenamento territorial e às análises de impactos ambientais, principalmente no que diz respeito à utilização de técnicas de sensoriamento remoto, as quais têm possibilitado análises multitemporais, sendo consideradas altamente eficientes, uma vez que permitem bons resultados, em menor tempo e a baixo custo.

A dinâmica do meio físico e seus atributos são responsáveis por distintos fatores, que associados ao meio socioeconômico, tendem a condicionar a ocupação territorial de diferentes maneiras, como conjuntos habitacionais e condomínios residenciais.

Outras questões vêm, ao longo dos anos, influenciando este processo, como o crescimento populacional associado ao desenvolvimento das atividades produtivas que tem acelerado a degradação do solo, ocasionando processos erosivos, assoreamento, comprometimento de recursos hídricos superficiais.

Estudos que relacionam ferramentas de geotecnologias na avaliação de condicionantes ambientais têm demonstrado grande potencialidade na solução de problemáticas relacionadas à ocupação e uso do solo, dando subsídio técnico nas ações de ordenamento e planejamento tanto urbano como regional.

A maioria dos métodos que trabalham com a modelagem da dinâmica espacial, que envolve análise de séries multitemporais e previsão de cenários futuros, utiliza como fonte uma série histórica que consegue demonstrar as alterações sofridas durante um determinado período, sendo importante ressaltar que essas mudanças e previsões muitas vezes não podem ser detectadas no caso de desastres naturais recentes, mudanças em políticas públicas e, principalmente, no que diz respeito às questões de relevância econômica em um curto período de tempo.

De acordo com Pedrosa e Câmara (2004), o objetivo dos modelos espaços-temporais é a simulação numérica de fenômenos do mundo real, em que seus estados modificam-se ao longo do tempo, assim como em função de diversas condições de entrada. Os modelos dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo.

Segundo Soares-Filho et al (2002), o DINAMICA é um modelo de simulação espacial do tipo AC (autômatos celulares, no qual as células interagem entre si de maneira dinâmica, estabelecendo relações de vizinhança, considerando seu estado prévio e regras de transição e respeitando um intervalo de tempo assumido de maneira semelhante com seres animados), que utiliza um conjunto de mapas como entrada, que corresponde a um mapa da paisagem inicial como, por exemplo, um mapa de uso da terra, um mapa do tempo de permanência de cada célula

no seu estado atual e um conjunto de variáveis cartográficas, subdivididas em estáticas e dinâmicas.

É importante salientar que a previsão de cenários futuros, que tenham como finalidade demonstrar a evolução ou tendência de mudança de cenários de uso da terra, permite verificar o que pode vir a ocorrer, entretanto, isso não deve ser uma regra, mas sim um parâmetro que possibilita ações que possam auxiliar os planejadores na mitigação acerca das ações que devem ser tomadas no sentido de impactar da menor forma possível os danos que venham a ocorrer.

A tese faz uma comparação entre os períodos de 1980 a 2010 através de ferramentas de geoprocessamento, através dos objetivos, dificuldades históricas, tendências e atual situação do uso e ocupação da terra, assim como o crescimento da área urbanizada, foca do trabalho, através da caracterização deste sistema por meio de imagens satélites de diferentes períodos, utilizando da modelagem espacial e conceitos de operacionais.

Caracterizando, e procurando entender melhor as causas e mecanismos que interagem sobre as mudanças de uso/cobertura da terra no município de São Carlos no Estado de São Paulo.

No que se refere à originalidade do tema, encontram-se na bibliografia estudos relacionados à dinâmica espacial, e modelagem de sistemas ambientais, porém não com diferentes variáveis ambientais aplicadas em municípios de médio porte (até 250 mil habitantes). Neste sentido, o trabalho visa contribuir para discussão e aprimoramento de modelagem de informações espaciais para a gestão ambiental urbana, bem como para integração de estudos relacionados à Engenharia Urbana. As informações a serem geradas servirão de base para tomadas de decisão dos futuros gestores municipais.

# **1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1 Expansão Urbana do Município de São Carlos**

O processo de urbanização do território brasileiro ocorreu de forma diferente do processo ocorrido tanto na América do Norte quanto na Europa, os países hoje desenvolvidos, tiveram seu processo de urbanização alicerçado em um período longo, entre cem e duzentos anos, enquanto no Brasil o processo denotou em entorno de cinquenta anos.

Essa margem de tempo ocasionou uma junção entre o processo de urbanização e industrialização, ocasionando hoje parte dos ditos “problemas urbano”, principalmente nas grandes cidades brasileiras.

Desde o final do século XX o Brasil tem adotado um modelo de desenvolvimento econômico que privilegia o transporte individual, tanto como meio de locomoção, como meio para escoar e transportar suas mercadorias. Neste sentido, o planejamento das cidades e regiões tem sido construído a partir de eixos que ligam essas localidades, com intuito de alavancar o desenvolvimento entre as diferentes regiões brasileiras.

Este modelo de desenvolvimento, não foi calculado do ponto de vista dos impactos ambientais, sociais e econômicos que viriam ter em um futuro próximo. Complexos sistemas urbanos veem sendo construídos e ampliados ao longo de rodovias, ocasionando o surgimento de novos conglomerados urbanos, denominados condomínios, que utilizam da infraestrutura das rodovias como vias de acesso rápido pelas cidades.

Essa modelo de urbanização tem sido um dos principais fatores decorrentes da ocupação do espaço seguindo a orientação de rodovias, tem se mostrado nas últimas décadas como um fenômeno preocupante, pois reduzem áreas destinadas à agricultura, torna as legislações ambientais e urbanísticas municipais obsoletas e coloca à margem da cidade a população mais carente, localizada nas periferias (POLIDORO & BARROS, 2012).

No Brasil, entre 1940 e 1991, a população total cresceu 355% e a urbana algo em torno de 750%. Segundo NOVAK (1988), a previsão era que no ano 2000 a população brasileira tivesse próxima de 180 milhões de habitantes. Sendo hoje, segundo as projeções do IBGE (2016) estamos próximos de 206 milhões de habitantes, deste quase 95% é urbana. Estas informações, reforçam a necessidade de políticas que auxiliem no processo de urbanização dos municípios brasileiros.

Dados demonstram a necessidade da implementação de medidas que auxiliem no processo de expansão urbana, neste caso, especificamente dos municípios paulistas de médio porte (cidades acima de 200 mil habitantes), que tem tido um aumento vertiginoso no que concerne ao crescimento de condomínios horizontais e condomínios habitacionais “populares”, além de áreas ocupadas irregularmente.

Existe uma lacuna na realização de estudos históricos que não levem em consideração o processo de expansão urbana desses municípios, haja vista que parte dos atuais problemas urbanos estão ligados/relacionados a está questão. O fornecimento de dados que subsidiem o processo de ocupação territorial visa minimizar futuros impactos gerados por este modelo atual.

A expansão dos municípios brasileiros, sem um planejamento prévio ao longo dos anos trouxe grandes problemas, de cunho social, econômico e mais recentemente, os ambientais. O enfoque nos problemas ambientais tem sido cada dia mais valorizado na explicação das dificuldades humanas no território, em conjunto com as ações políticas e administrativas.

Com isso, os problemas têm se potencializado, fruto da pressão sobre os recursos naturais, associados à falta de informação, de educação ambiental e de políticas públicas adequadas, resultando em condições precárias de habitação e degradação ambiental, que por vezes ultrapassam os limites entre o urbano e o rural atingindo toda área do município, com graves danos aos recursos naturais.

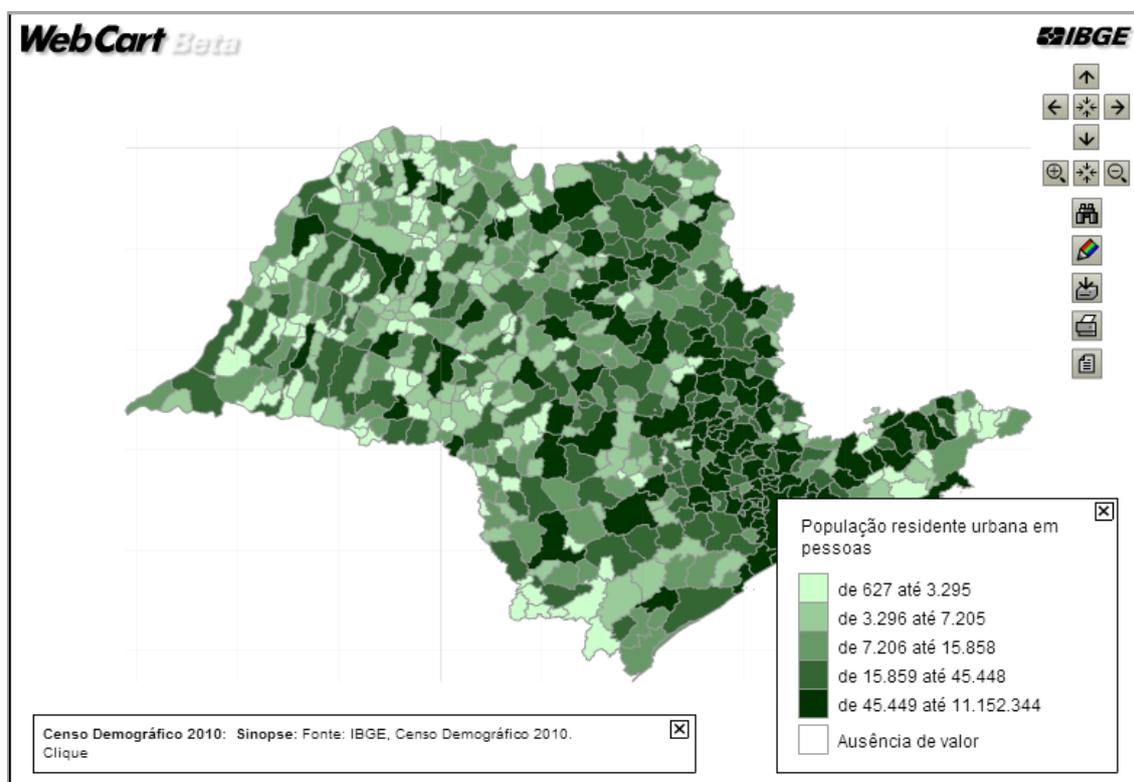
O pensamento amplamente difundido no Brasil, baseado na adaptação da hidrografia ao sistema de mobilidade urbana, fez com que vários rios urbanos sofressem intervenções drásticas de retificação de seus meandros (MENDES, 2005).

A lei Federal de número 6.766/1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para regularizar e atualizar o então usado decreto-lei número 58 de 1937, que regulamentava o parcelamento em nível federal e também se aplicava a áreas rurais, mas mediante ao seu escasso conteúdo já não era adequada para as cidades que estavam em seu ápice de desenvolvimento. Isso aconteceu devido à intensificação da urbanização que o território brasileiro estava passando que possuía como características a sua velocidade, extensão e profundidade, acompanhada e influenciada pelo processo de industrialização que se acelerava através do desenvolvimentismo (JORDÃO, 2010).

A partir dos anos 80, as cidades com mais de 100.000 habitantes foram as que mais cresceram no Brasil, sendo que hoje, 1/3 da população do Estado de São Paulo reside em cidades entre 100.000 e 500.000 habitantes (IBGE, 2001). Neste contexto, São Carlos se destaca, apresentando em 1980 uma taxa de crescimento anual de 2,57%, superior à média do Estado de São Paulo (PMSC, 2002).

Esses municípios considerados de médio porte têm entre si características em comuns, como aspectos educacionais (Universidades e Faculdades), aspectos tecnológicos (Institutos Estaduais e Federais), parques industriais com uma grande gama de empresas e indústrias de ponta, o setor de comércio abrange os municípios circunvizinhos, e em sua maioria são considerados polos tecnológicos regionais, pelo porte e infraestrutura urbana de suas cidades.

A Figura 1 demonstra a relação da população urbana residente no Estado de São Paulo segundo o censo demográfico de 2010 do IBGE.



Fonte: Censo Demográfico de 2010.

Com isso, o Município de São Carlos, se encaixa nesta categoria de cidade de médio porte, pois atende todos os aspectos técnicos e conceituais colocados por diferentes autores e institutos de pesquisa, como IBGE e SEADE.

O município de São Carlos encontra-se localizado no centro do Estado de São Paulo na Região Administrativa Central, com uma população de 221.950 mil habitantes, sem dúvida é o principal centro industrial, educacional e tecnológico da região. Conhecida como capital da tecnologia pela infraestrutura educacional e suas universidades, na região se observa também o desenvolvimento de atividades agroindustriais relacionadas à agroindústria da cana-de-açúcar, da laranja, e antigas fazendas de café, o que permitiu no passado a ocupação de grandes áreas de

cultivo, o que também ocasionou grande diversidade de ocupações pela mudança histórica no crescimento urbano e desenvolvimento da cidade.

A rodovia Washington Luiz cruza o município, como também é uma rota para o escoamento da produção para a capital paulista e o porto de Santos. Sua construção deu início a uma nova dinâmica na região e no município que passou a oferecer novas alternativas de escoamento que estimularam a produção agrícola, com a chegada de novos empreendimentos, abertura de novas áreas para a agricultura, a intensificação da produção e abertura de novos espaços urbanos. O aumento da produção agrícola passou a influenciar de maneira mais severa os aspectos ambientais, ocasionando mudanças na dinâmica social, econômica e no uso e ocupação do solo.

Nos atuais dias a produção agrícola da região continua sendo baseada no cultivo da cana – de – açúcar exclusivamente na fertilidade natural do solo, e o uso do sistema de corte e queima que perdurou por várias décadas, sendo responsável pela descaracterização natural da paisagem e pela degradação do solo.

As transformações físicas – territoriais ocorridas nas últimas décadas no Município de São Carlos são frutos do descompasso entre crescimento econômico e desenvolvimento econômico e desenvolvimento sustentável, e trouxeram consequências que são marcantes no cenário urbano da cidade, como a evolução do processo de urbanização e expansão urbana pelas franjas do município.

O histórico de ocupação territorial do município demonstra, que um dos elementos cruciais nesta condução do planejamento urbano territorial, e mais recentemente no processo de condução de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano ambiental, alicerçado em mudanças na condução do modelo de ocupação, como, por exemplo, por bacias hidrográficas. Os elementos como a drenagem urbana, são frutos de equívocos neste processo de ocupação, por não respeitar o

processo natural de condução dos rios urbanos, ocupados ao longo de décadas de expansão desordenada no município, ocasionando diversos impactos ambientais, sociais e econômicos.

O processo de organização e planejamento do Município de São Carlos foi, seguindo o modelo urbano tradicional, com traçado ortogonal e homogêneo, já implantado pelos portugueses em suas colônias desde a segunda metade do século XVIII (LIMA, 2007).

Desde a fundação até 1929 a cidade se expandiu de forma concentrada, em torno do núcleo urbano inicial; e contínua, seguindo o traçado homogêneo. Com a implantação da ferrovia e chegada dos imigrantes europeus, a partir de 1889, a área urbana teve expressivo crescimento (LIMA, 2007).

O Município de São Carlos, assim como a maioria dos municípios de porte médio do Estado de São Paulo, sofreu modificações em sua malha urbana, caracterizando um desordenamento no processo de ocupação territorial, envolvendo diferentes fatores.

Segundo Lima (2007) apud Gonçalves (1994):

*“Ao longo dos anos 60, o processo de urbanização já vinha se intensificando em todo o país. Nesse período a população urbana brasileira ultrapassou a rural, e em 1970 a taxa de urbanização, chegou a 56,8%. No Estado de São Paulo a população urbana já representava 62,6% do total em 1960. Nos anos 1970 e 1980, a população do interior cresceu rapidamente. Em 1970, 22 cidades do Estado tinham mais de 100 mil habitantes, entre as quais apenas uma (cidade de São Paulo) tinha população com mais de 500 mil habitantes. Em 1980, já existiam 30 municípios paulistas com população entre 100 e 500 mil habitantes e quatro cidades com mais de 500 mil habitantes (GONÇALVES, 1994, p. 42, 51). A população são-carlense passou de 62 mil habitantes em 1960, para 119 mil habitantes em 1980. A taxa de urbanização, que era 75,10% em 1960, chegou a 92,2% em 1980, representando expressivo crescimento, superior à média brasileira”.*

Entre os anos de 1960 e 1977, ocorria no estado de São Paulo uma redefinição dos eixos da expansão industrial que desencadeou o processo de desconcentração da indústria metropolitana. O processo de interiorização da indústria paulista tornou-se ainda mais evidente nos anos 1970, incentivado pelo Programa Nacional de Cidades Médias, do governo federal (Negri, op. cit, p. 117).

Este processo de institucionalização do planejamento em São Carlos veio no bojo de transformações administrativas e de planejamento da expansão urbana. Essas transformações vinham ocorrendo em todo o país fomentadas por políticas federais e estaduais de desenvolvimento econômico e planejamento urbano.

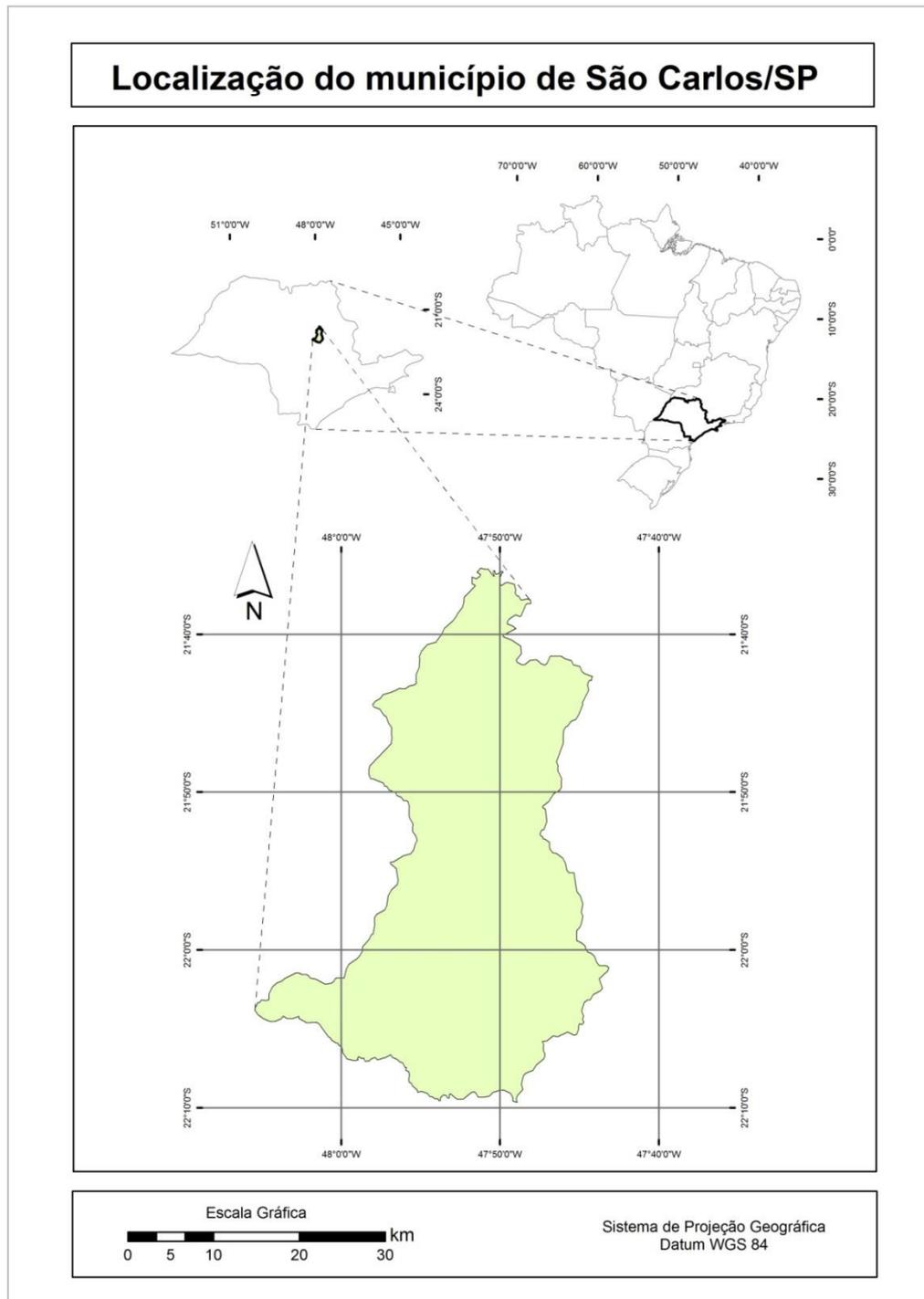
Que, apesar das iniciativas institucionais, dos novos planos e das leis aprovadas, a ação dos especuladores imobiliários se intensificou em São Carlos nesse período. A cidade passou a crescer rumo à periferia de uma forma cada vez mais segregada e descontínua, estabelecendo um novo padrão urbanístico. Travou-se nesse momento um conflito entre o controle e o descontrole da expansão urbana (LIMA, 2007).

Em meados dos anos 60, foi implantado pelos órgãos da prefeitura o processo de institucionalização do planejamento urbano do município, sendo elaborado dois planos além de aprovado uma legislação urbanística composta por leis como, zoneamento, perímetro, edificações e loteamentos.

Neste mesmo período, ocorreram grandes projetos de parcelamento do solo, que tinham como um grande viés as populações de classe média e baixa do município, acarretando o processo de ocupação e expansão urbana com maior intensidade durante estas décadas.

A Figura 2 localiza o Município de São Carlos frente a posição referente ao Estado de São Paulo e o mapa do Brasil.

Figura 2 – Localização da Área de Estudos do trabalho.



Fonte: Próprio Autor, 2016.

*“Entre 1968 e 1970, foi elaborado o segundo Plano Diretor para São Carlos, o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), que incorporou os princípios do planejamento integrado difundidos pelo SERFHAU e exigidos pelo governo estadual. O PDDI foi elaborado pela equipe da administração municipal, em parceria com a Escola de Engenharia de São Carlos, cujo convênio foi firmado pela lei municipal n. 5853, de 1968. O conjunto de leis urbanísticas era formado por três leis vinculadas entre si: a lei de perímetro e zoneamento n. 6871/71, a de edificações n. 6870/71, e a nova lei de loteamentos n. 6808/71. A lei de edificações e a de perímetro e zoneamento, por apresentarem erros e imprecisões, foram revistas em 1972. Este conjunto de leis compôs o arcabouço legal que passou a regulamentar a expansão urbana no município e que, somente após três décadas, começou a ser revisto (LIMA, 2007)”.*

Silva (1997a) afirma que, em São Carlos, já na década de 50, houve uma explosão no tamanho da cidade, com um crescimento de quase 100% em relação à década de 40. Daí em diante, o crescimento se manteve de forma acelerada, com enormes áreas nitidamente rurais sendo incorporadas à cidade entre 1970 e 1988. Apenas após 1988 a cidade parece reduzir o seu ritmo de crescimento, talvez como consequência do elevado número de vazios nas áreas já loteadas (estimado em 15000 lotes em 1996).

Mendes (2005) afirma em sua dissertação que, entre 1940 e 2002, a área loteada de São Carlos aumentou aproximadamente em 8 vezes, passando de 4,4 km<sup>2</sup> para 36,9 km<sup>2</sup>.

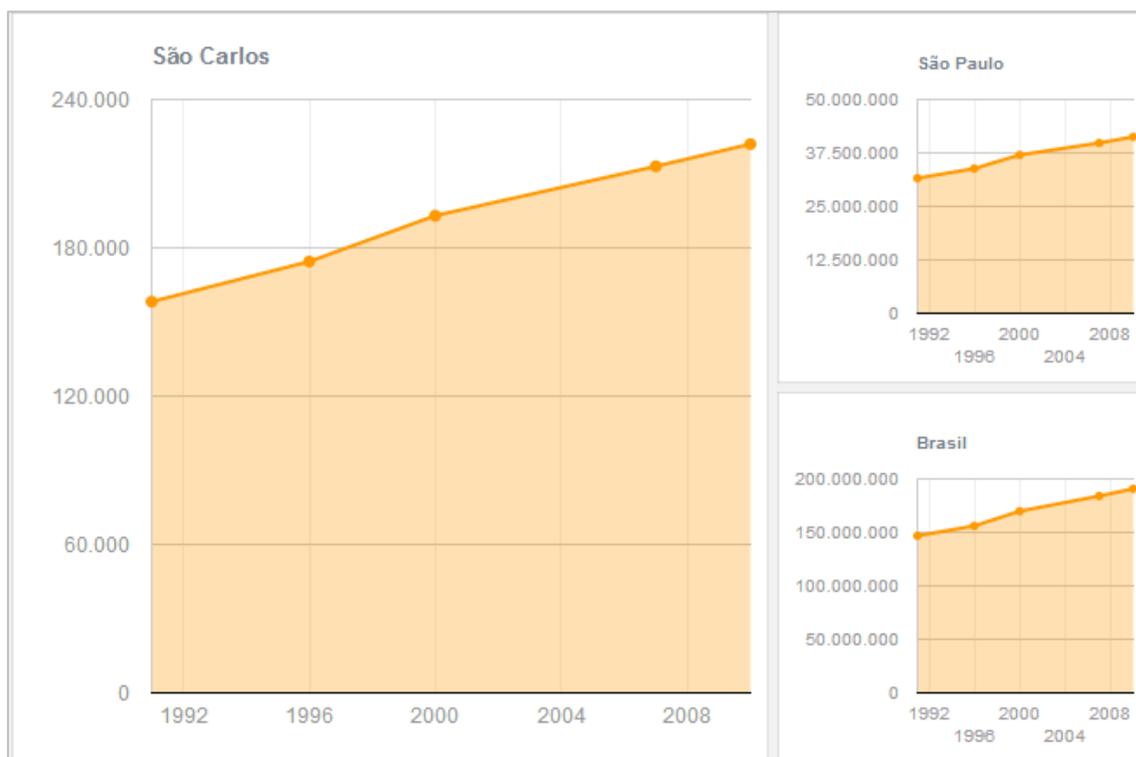
No mesmo período, a população urbana passou de 25.746 para 191.465 habitantes (IBGE). Em 62 anos a área loteada aumentou em 32,5 km<sup>2</sup>, e a população urbana aumentou em 165.719 habitantes. Portanto, concluímos que, entre 1940 e 2002, a área urbana loteada de São Carlos aumentou em aproximadamente 3,2 m<sup>2</sup> por habitante, por ano (3,2 m<sup>2</sup>/ hab x ano).

Segundo Reis (2006), e outros autores que trabalham e pesquisam o crescimento urbano tanto do município de São Carlos, como de outros municípios do mesmo porte, esta nova forma de expansão urbana, através de condomínios e loteamentos fechados, não trata-se de uma simples mudança, mas sim de uma completa mudança de estado, onde novos centros comerciais surgem como supermercados e shoppings, mas neste caso voltados em sua maioria a classe média ou alta,

já que o acesso depende quase sempre de carros, por se localizarem em áreas distantes, e assim competem com os antigos centros.

Em contrapartida, dados referentes à densidade demográfica do município, demonstram o aumento populacional na periferia da cidade. A figura 3 demonstra esta questão.

Figura 3 – Dados Populacionais.



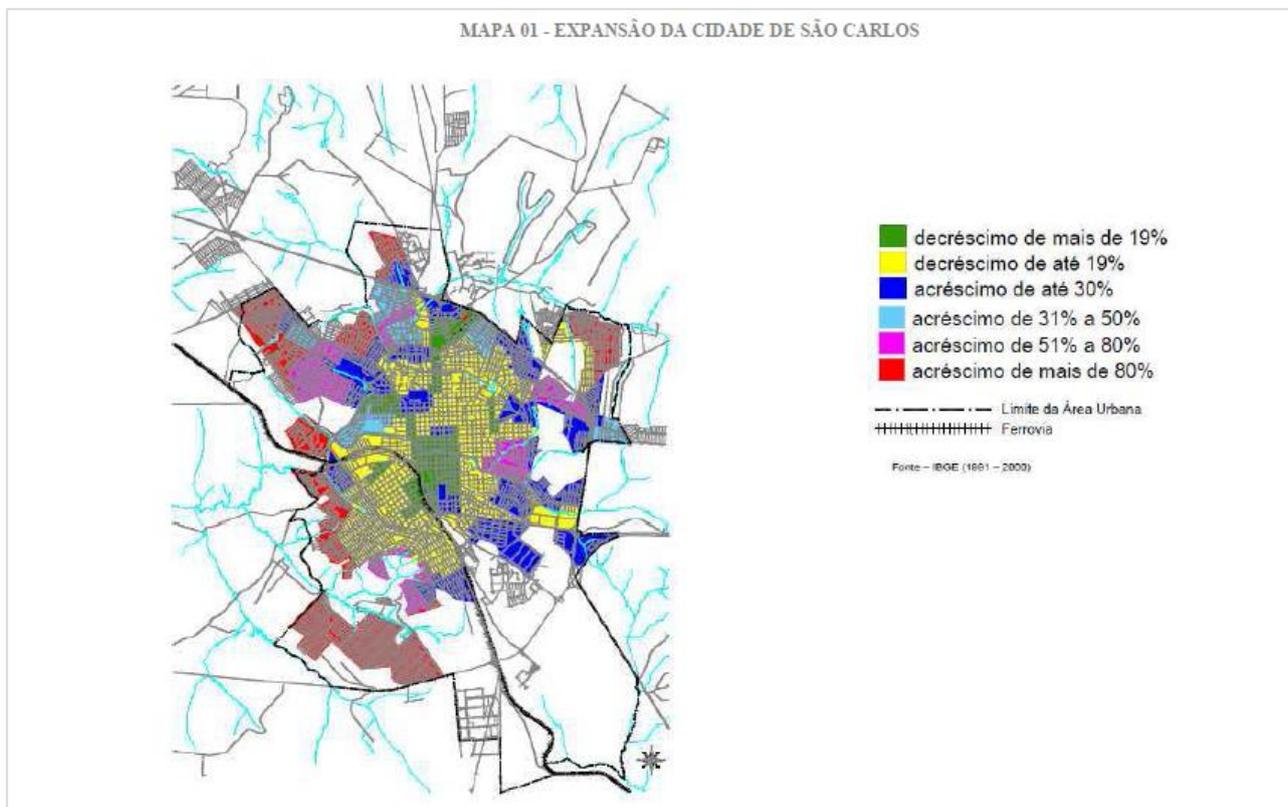
Fonte: IBGE: Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010.

Fato esse, desencadeado, principalmente pela falta de políticas públicas relacionadas ao planejamento territorial e urbano do Município, um modelo que não auxilia o processo de desenvolvimento sustentável do espaço urbano-ambiental.

São claras as práticas de expansão urbana, sendo acolhidas as melhores áreas do município, sendo destinadas ao capital imobiliário, para construção de condomínios e loteamentos fechados de alto padrão, e as áreas mais distantes e precárias de infraestrutura urbanas destinadas a programas de moradias “ditas populares”.

O mapa da figura 4 demonstra a expansão urbana ao longo dos anos pela malha urbana do município, mostrando claramente que há um aumento nas franjas urbanas e um decréscimo nas áreas centrais.

Figura 4 – Expansão Urbana do Município.

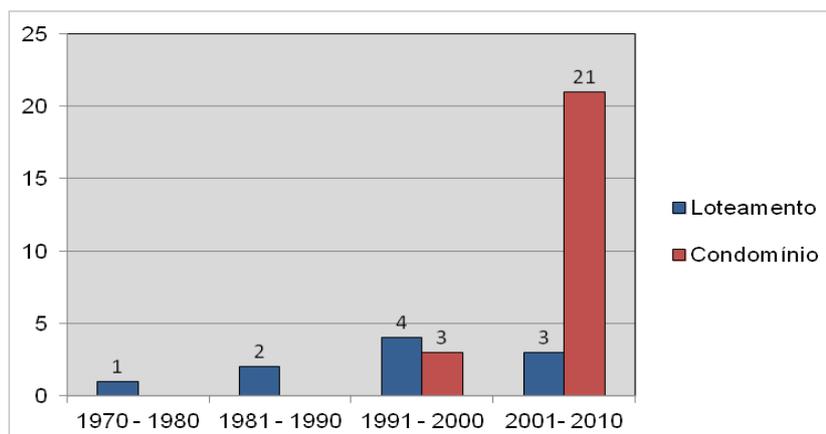


Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos. Retirado do texto de JORDÃO (2010).

Trabalho como o de Lima (2007), Jordão (2010) e De Nardin (2010), demonstram que a expansão urbana e a instalação de condomínios fechados no município têm início nos anos 70, caracterizando uma expansão concentrada e contínua, com profundas mudanças no espaço urbano e territorial da cidade.

A figura 5 demonstra a evolução ao longo de 40 anos no Município de São Carlos, o aumento dos loteamentos e condomínios fechados.

Figura 5 - Gráfico com relação comparativa de loteamentos e condomínios fechados em São Carlos.



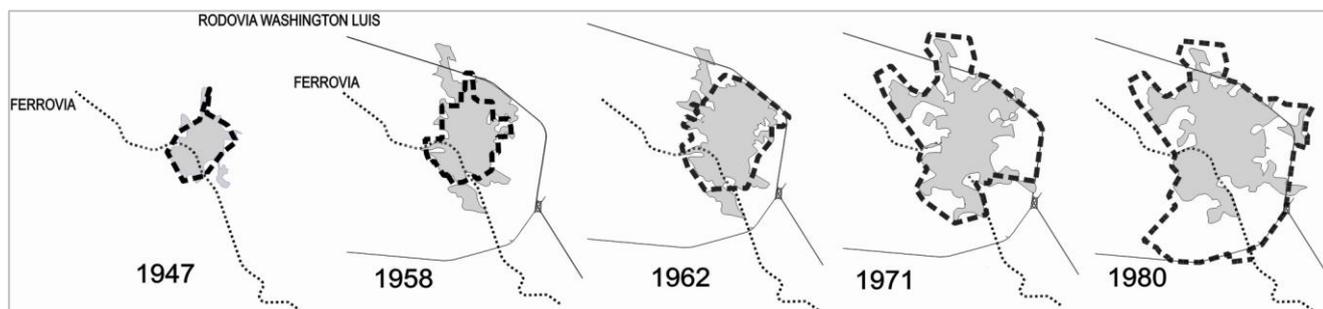
Fonte: Dados da Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano de São Carlos, De Nardin, 2013.

De Nardin (2013) explica que, os padrões diferenciados exemplificam que a principal forma de expansão da cidade de São Carlos tem sido através de condomínios fechados em oposição aos loteamentos convencionais.

Em contra partida, Ferreira (2005) destaca que, o centro vem se descaracterizando e seus espaços passam a ser ocupados por outras atividades (comércio e serviços), que acabam por interferir no bem-estar dos moradores, que buscam novas alternativas para o seu morar. O uso misto do solo (uso residencial e não-residencial) produz um impacto negativo sobre o convívio social, pois agrega um contingente circulante e anônimo da população.

Fatores estes associados ao crescimento desordenado de determinadas regiões da cidade, em detrimento de outras regiões, a maneira como se deu a ocupação desse espaço e, principalmente, dos padrões de produção direcionados para a região resultaram em uma intensa alteração da paisagem natural, e nas mudanças de uso e de ocupação da terra urbana. A figura 5 demonstra de forma clara o crescimento da área urbanizada ao longo das décadas, entre 1947 a 1980.

A figura 6 demonstra a expansão urbana do Município de São Carlos entre os anos de 1947 e 1980.



Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos.

Para minimizar os problemas decorrentes do uso inadequado do solo, a grande maioria dos gestores municipais optou por um modelo de planejamento com ênfase na ocupação inadequada do meio ambiente, sobretudo nas áreas urbanas dos municípios, onde, muitas vezes, os gestores não tenham considerado os condicionantes do meio físico, como mera informação na instalação e ocupação das áreas, e dessa forma, criando e alimentando diversos problemas no que tange a questões ambientais e consequentemente de ordem ambientais e socioeconômicas.

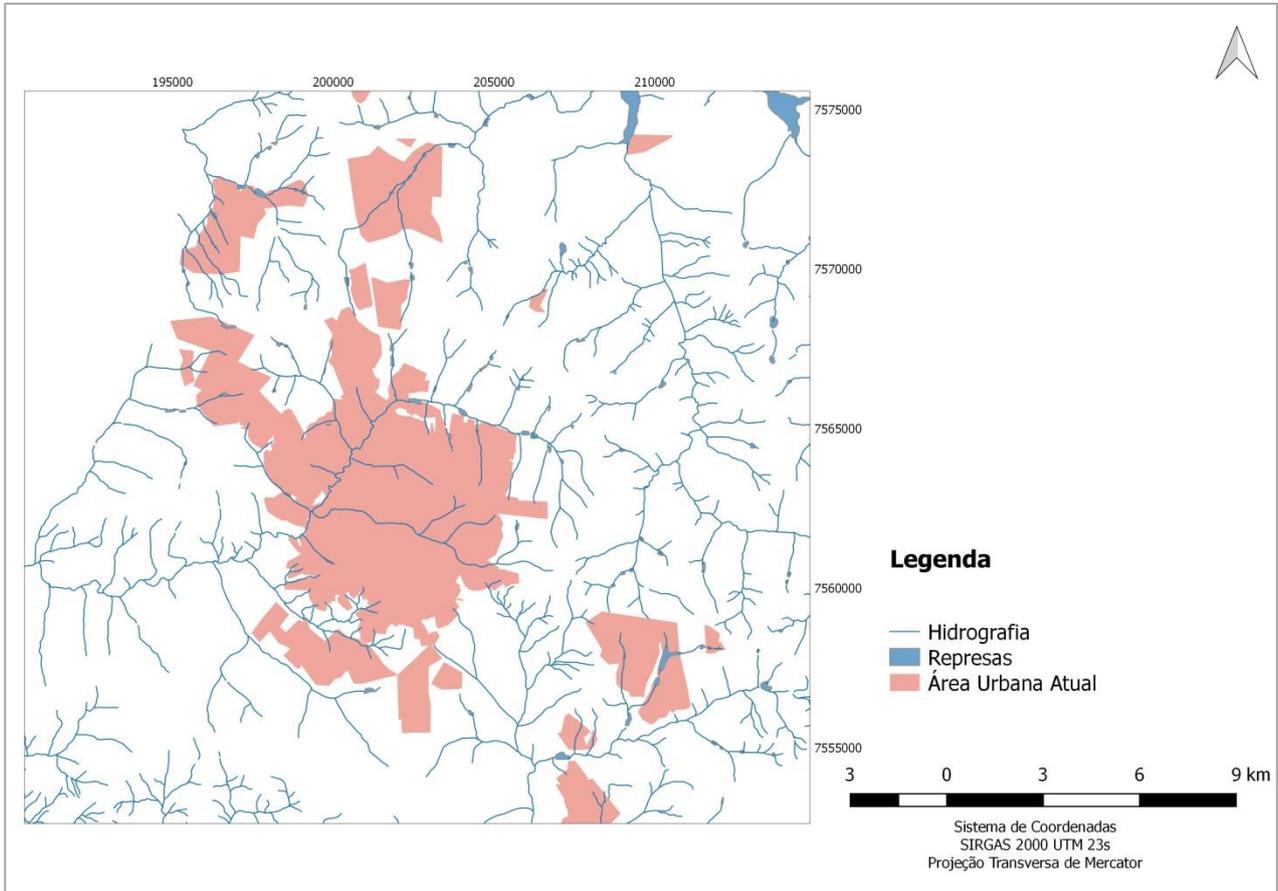
O Município de São Carlos, e os seus gestores públicos ao longo de décadas também não tiveram as devidas preocupações relacionadas ao planejamento urbano e o seu processo de expansão desordenado, isto fica claro ao analisarmos os diversos trabalhos, livros, artigos e estudos de campo, que abrangem os aspectos físico, urbano e ambiental.

Hoje, os problemas no meio urbano ocasionados principalmente pelo modelo de ocupação territorial adotado, trouxe consequências que transcendem um determinado grupo de impactos, como, por exemplo, os problemas ambientais e de infraestrutura urbana como, inundações, tráfego de veículos, uso e ocupação do solo entre outros, que somados tendem a causar grandes impactos.

A figura 7 demonstra a bacia hidrográfica e a área urbana do Município de São Carlos, mostrando que o processo de ocupação territorial não respeitou os rios que existem dentro da área urbana do Município, e o seu crescimento foi justamente dentro de áreas que legalmente deveriam

estar protegidas por legislações Federais, Estaduais, Municipais e por planos de ordenamento territorial, instrumentos de zoneamento, zoneamento ambiental dentre outros.

Figura 7 – Mapa com a hidrografia na área urbana do Município de São Carlos.



Fonte: autor, 2012.

## 1.2 O Município como Unidade de Planejamento

Ao tratarmos da abordagem que envolve o território e as unidades de planejamento, que podem existir e serem construídas partiu do pressuposto e de conceitos centrais como território, região, desenvolvimento regional, ordenamento territorial, usos do território e políticas territoriais. E que, necessariamente em algum momento estão interligados em diferentes sentidos, e que envolvem questões de planejamento territorial, regional e municipal em abordagens de diferentes escalas, tanto micro como em escala macro.

As divisões territoriais regionais são formas de organização do espaço geográfico por razões políticas, administrativas, sociais, econômicas e mais recentemente ambientais. Elas surgem, geralmente, da necessidade de organizar o crescimento e administrar problemas comuns de abastecimento, habitação, uso do solo, saúde, transportes, trânsito, educação, segurança entre outros.

Existem diversas formas de divisão regional "convivendo" na área física de um Estado da Federação ou, mesmo, ultrapassando esta divisão administrativa. No Estado de São Paulo, convivem diversos sistemas de divisão territorial (Secretaria dos Transportes Metropolitanos, 2010).

O território, e suas escalas de investigação, é sem dúvida um objeto de estudos que muitas vezes ultrapassa as linhas políticas e administrativas traçadas por planos, programas e projetos elaborados em determinados períodos para intervir, modificar e transformar determinado espaço, seja ele local ou regional, natural ou artificial, e que tenham como foco a região, o município e as políticas de planejamento regional e suas diversidades.

Se por um lado as tradicionais ideias do urbanismo sanitariaista tão difundida no final do século XIX por Saturnino de Brito, e que foram dominantes nos últimos séculos, realizando intervenções estruturais, canalizando, represando e transpondo corpos hídricos com o objetivo de

drenar e sanear os ambientes e assim possibilitar o processo de expansão urbana; por outro lado, planejadores ambientais indicam hoje que os recursos hídricos são estruturantes no processo de crescimento urbano, desenvolvimento e sua preservação é vital à manutenção da vida humana no planeta (POLIDORI, 2011).

As atividades humanas são desempenhadas na superfície terrestre, neste sentido, é cada vez maior a necessidade perene de encontrar um meio termo que consiga congrega a utilização do planejamento territorial, como ponto fundamental para ordenação, ocupação e desenvolvimento das atuais gerações.

O planejamento sempre esteve ligado a diferentes vertentes que nele operam, como os fatores físicos, biológicos e humanos. E interagir de forma que esses fatores consigam estabelecer uma única posição, é um grande desafio para os atuais planejadores do espaço.

Delimitar o território e fazer com que ele interaja com diferentes posições sociais, ambientais e principalmente políticas, é um dos grandes gargalos a serem solucionados. As atuais demarcações territórios e seus limites, não parecem ser suficientes, e ao mesmo tempo não conseguem dar uma resposta plausível na condução das unidades de planejamento.

Ao analisarmos as diferentes delimitações que encontramos em um mesmo território, nós deparamos com demarcações como, o município, distrito, zoneamento e bairro são algumas das limitações. Sendo sua função ordenar a ocupação dos espaços ali delimitados, caracterizando ambos com uma função específica.

O ponto central deste conflito está relacionado com o território adotado para o planejamento, uma vez que, na maioria dos casos, a área geográfica, em questão, tem seus limites de contorno estabelecidos artificialmente (como é o caso do espaço municipal, que tem seus limites estabelecidos por critérios políticos/administrativos), dificultando a harmonização dos interesses de desenvolvimento e de preservação ambiental que carregam em seu entorno (SOUZA & FERNANDES, s.d).

Abramovay (2001b e 2003) sugere que o território possui, antes de tudo, um tecido social, com relações de bases históricas e políticas que vão além da análise econômica. À dimensão territorial do desenvolvimento somam-se as já estudadas dimensões temporais (ciclos econômicos) e setoriais (a exemplo dos complexos agroindustriais).

Diante dessas inúmeras questões que são colocadas sobre o território e o seu adequado uso, é necessário discutir e fortalecer os conceitos e definições que devem reger esses obstáculos, e em conjunto determinar quais podem e quais devem fazer parte dos diferentes contextos existentes hoje.

É claro, na história econômica recente do país, uma total falta de sincronia entre o modelo de desenvolvimento adotado por décadas pelos governos, e o planejamento urbano, territorial e o ordenamento das unidades.

Esses planos deram-se em sua maioria como meios isolados de planejamento, por setores, metas, e que tinham como foco principal alicerçar o desenvolvimento econômico em um primeiro momento e em segundo plano a parte física do país.

Ficou evidente, que as lógicas do planejamento urbano/ordenamento territorial/gestão territorial e a questão ambiental, trabalham distintamente uma das outras. Os instrumentos, as competências e as práticas diferem, dando um caráter incompleto para o processo.

Essas divergências tendem a serem diminuídas a partir da inserção de mecanismos que deem suporte para decisão, um desses mecanismos que teria grande eficácia seria o PNOT (Política Nacional de Ordenamento Territorial).

A ideia remonta a década de 80, onde o Governo Federal assumiria de forma coordenada ações referentes ao Ordenamento Territorial Nacional, que segundo a Constituição de 1988, cujo texto da Carta Magna estabelece, em seu Artigo 21, parágrafo IX: “Compete à União elaborar e

executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social”.

Neste sentido, observamos a forte desarticulação e dispersão do Estado em conduzir a gestão integrada do território. O que analisamos hoje é uma ação de diversos órgãos governamentais em diferentes sentidos, e que na maioria das vezes não conseguem chegar a um denominador comum e convergir para um mesmo objetivo central.

É importante ressaltar que, mesmo sem uma política específica de ordenamento territorial no país, não significa a inexistência de políticas públicas que impactam o território.

Tomemos como exemplo, os instrumentos de ordenamento territoriais existentes como: Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC); Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU); Planos Diretores Municipais (e seus instrumentos de Gestão Territorial); Plano Nacional de Recursos Hídricos; Planos Diretores de Bacias Hidrográficas; Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável; Política de Defesa Nacional; Políticas Marítimas Nacional e Nacional para os Recursos do Mar; Programa de Proteção de Terras Indígenas, Gestão Territorial e Etnodesenvolvimento; Programa de Zoneamento Ecológico - Econômico; Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento (ENIDS).

Os instrumentos que imitem um reflexo sobre as questões de Ordenamento Territorial como: os Políticos; os Planos Macros e Microrregionais; Planos Setoriais; Programas; Fundos.

Dentre esses podemos destacar a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Plano Amazônia Sustentável (PAS), Plano de Desenvolvimento Regional Integrado (PDRI), Plano de Desenvolvimento do Semiárido (PDSA), Plano Nacional de Logística de Transporte (PNLT), Plano Nacional de Energia, Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e Conservação de Solos na Agricultura, Programa Nacional de Apoio a Agricultura Familiar (PRONAF), Programas de Agendas 21 local, PROAMBIENTE, Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), Fundo

Nacional de Desenvolvimento (FND) e outros como o Sistema Nacional de Conselhos de Cidades, Sistema Municipal de Planejamento e os Consórcios Públicos Municipais.

Ao observamos mais atentamente as questões regionais no Estado de São Paulo, por exemplo, os órgãos de administração do Estado agregam os municípios de forma específica, e que na maioria das vezes não “conversam” entre si, deixando uma lacuna entre as diferentes delimitações.

Existindo subdivisões criadas pelas secretarias de Segurança Pública, Fazenda, Agricultura e Abastecimento, Educação, Saúde e de Recursos Hídricos que correspondem, respectivamente, aos departamentos de Polícia Judiciária e às delegacias seccionais de Polícia; às delegacias regionais tributárias (DRTs); aos escritórios de desenvolvimento rural (EDRs); às diretorias de ensino (DE); às direções regionais de Saúde (DIR); e às unidades de gerenciamento de recursos hídricos – UGRHIs (Secretária de Planejamento do Estado de São Paulo, 2011).

A colocação das questões ambientais em conjunto com as políticas, planos e programas urbanos ainda é recente no país, e pouco integrada se comparados com outras questões, tendo uma grande dificuldade de integração entre ambas as frentes. Tais entraves se justificam pelo conhecimento adquirido entre as duas questões, distante de um contexto que consiga congrega as duas frentes da melhor maneira. As inserções das políticas vivenciam e vivenciaram diferentes momentos históricos no país, e ambas carregadas com o peso do desenvolvimento econômico como “carro chefe”.

Mesmo diante destas conquistas, e que os atuais instrumentos de política urbana trouxeram para as cidades hoje, a incorporação das práticas ainda está distante dessas premissas. A temática ambiental relacionada à questão urbana no Brasil ainda esta em fase de consolidação, e na busca entre a integração entre o planejamento e a gestão ambiental urbana.

A relação entre os instrumentos da política urbana e os instrumentos da política ambiental, não tem conseguido interagir de forma significativa em ambos os contextos, seja por deficiência

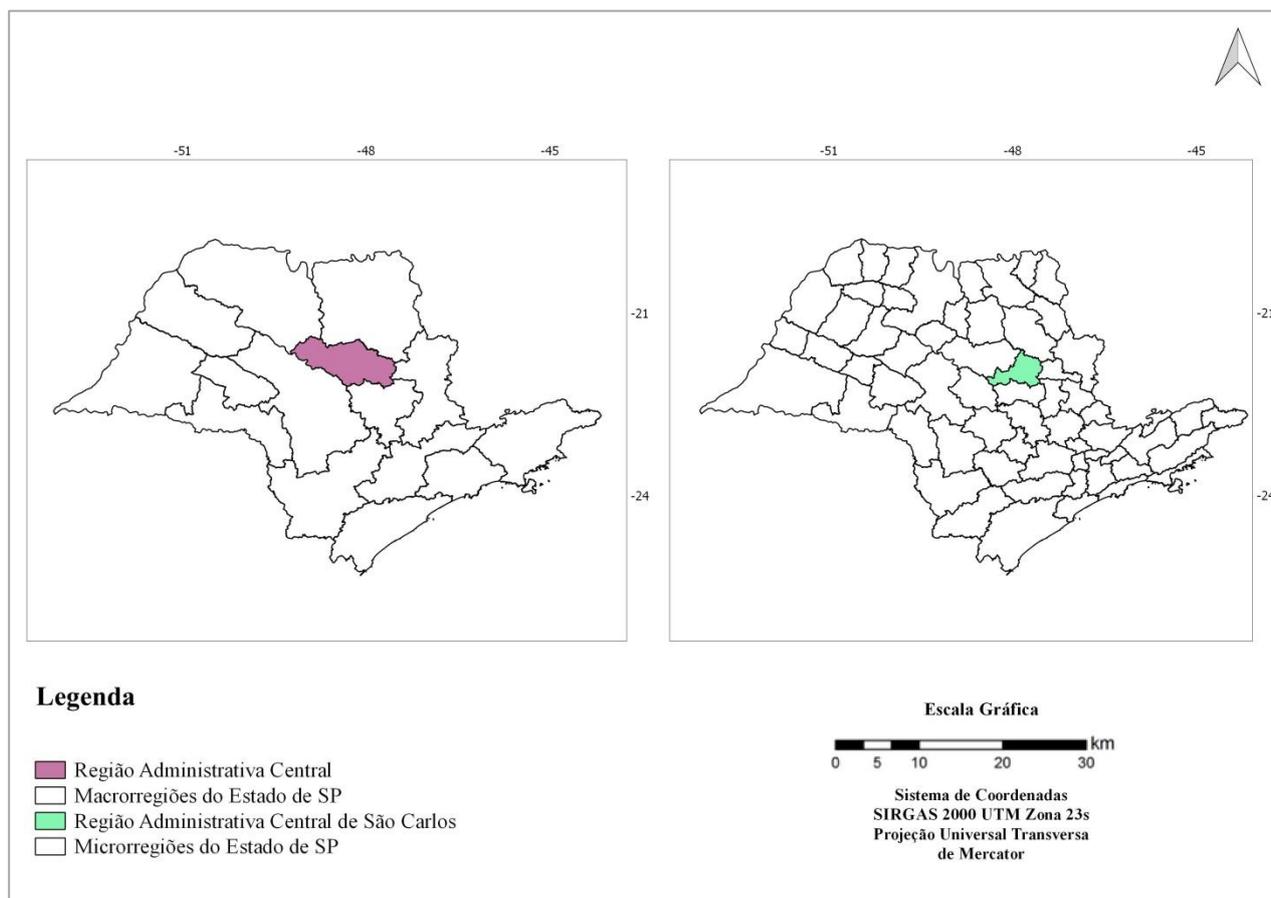
técnica, ou seja, por aplicabilidade. É visível na prática essa dicotomia entre as duas faces, que constituem um único ambiente, o conflito entre esses instrumentos e o ordenamento territorial, constituem objetivos opostos, e que não conseguem se complementar.

Embora em suas linhas e nas novasavas de planos diretores municipais a questão ambiental e a sustentabilidade tiveram um discurso de incorporação, na prática observamos que essa dimensão não foi dada. Tendo suas diretrizes postas em grandes temas, como, saneamento, resíduos sólidos e áreas verdes, não tendo uma conotação no que tange ao ordenamento territorial em si, enquanto aspecto de infraestrutura e articulação entre diferentes limites municipais.

A necessidade de “ordenamento do território” em unidades homogêneas em termos dos recursos naturais e das características socioeconômicas surge da preocupação em compatibilizar a “utilização dos recursos com a sua disponibilidade, levando em conta sua extingüibilidade e degradabilidade. O ordenamento ambiental permite... uma visualização das principais incapacidades (potencialidades) e limitações, e, portanto a gama de seus usos legítimos...” (URIBE, 1982:3).

A figura 8 demonstra a configuração regional do Estado de São Paulo, dividida em setores (regiões) administrativas, sendo elas macrorregiões e microrregiões, em que as sedes em sua maioria são Município de médio porte e com grande destaque na região que atua, assim como, população urbana acima de 200 mil habitantes.

Figura 8 – Divisões territoriais em Macrorregiões e Microrregiões do Estado de São Paulo.



Fonte: Autor, 2016.

É importante ressaltar que mesmo diante das imensas lacunas e conflitos que hoje existem no ordenamento territorial, gestão ambiental municipal, planejamento urbano ambiental, planos diretores e unidades territoriais, são necessários que o Poder Público dos municípios comprometam-se com princípios de sustentabilidade, com isso, aumentando as tendências que caminham para uma melhora nas posturas e práticas que envolvam tais questões.

A abordagem ou enfoque territorial tenta compatibilizar várias ideias, princípios e valores na promoção do desenvolvimento, segundo preceitos de sustentabilidade e de participação social. É uma visão essencialmente integradora e não setorializada (GUIMARÃES, 2011).

As transformações ocorridas no território acarretam mudanças significativas, e as escalas de atuação de determinado limite, seja ele, político, administrativo ou ambiental e, no seu âmbito

local e regional, são modificados na medida em que esses territórios vão sendo apropriados por diferentes formas e modelos. Tomamos como exemplo a divisão por bacias hidrográficas.

A elaboração dos diversos planos de ordenamento territorial, no país, trouxe consigo a necessidade de criar sistemas que auxiliassem no planejamento e execução desses planos, assim como, a permissão, articulação e funcionamento entre eles. Esta nova fase no país de planejamento territorial, também demonstrou um grande abismo entre as diferentes formas de articulação e análise desses planos.

Portanto, a falta de uma política nacional que permitisse a articulação entre esses instrumentos e a necessidade de criação de um Sistema Nacional de Ordenamento do Território que se mostrasse capaz de dirimir conflitos de interesse e imprimir uma trajetória convergente para gestão adequada do território (Miragaya e Signori, 2011, p. 139).

Como salienta Milton Santos (1994), a noção de território, na atualidade, transcende a ideia apenas geográfica de espaços contíguos vizinhos que caracterizam uma região, para a noção de rede, formados por pontos distantes uns dos outros, ligados por todas as formas e processos sociais; o espaço econômico, neste sentido, é organizado hierarquicamente, como resultado da tendência à racionalização das atividades e se faz sob um comando que tende a ser concentrado em cidades mundiais, onde a Tecnologia da Informação desempenha um papel relevante; este comando então passa a ser feito pelas empresas através de suas bases em territórios globais diversos.

A formulação de políticas públicas adequadas que consigam dar respaldo com base em argumentos que abordem a realidade do espaço geográfico em que a região administrativa esta inserida, adequando-se aos conceitos territoriais presentes de cada macrorregião e microrregião, é necessária para gerir diferentes espaços ocupados ou a serem ocupados.

Segundo Peres (2012), o recorte regional por bacias hidrográficas constitui-se em um campo fértil para o surgimento de um modelo de governança, que não substitui o papel do Estado,

mas sim pode torná-lo mais democrático com a participação daqueles que também produzem e incidem no espaço.

Peres (2012), salienta ainda que, foi justamente dentro dessa visão que o Brasil passou a adotar a Bacia Hidrográfica como um território de gestão e planejamento, podendo construir novos espaços políticos por meio de novas territorialidades com seus comportamentos, sociedades, indivíduos e todas as subjetividades do espaço geográfico.

Considerando necessário reconhecer modos e intensidades diversos da prática estratégica espacial, é importante distinguir territorialidade e gestão do território, duas faces conflitantes de um só processo de reorganização política do espaço contemporâneo (BECKER, 1988).

Tornou-se evidente, nas das últimas décadas, que as escalas territoriais tradicionalmente utilizadas pela administração pública no país são inadequadas (ou, ao menos, insuficientes) para servirem de suporte ao planejamento governamental e à formulação e implementação de políticas públicas (BANDEIRA, 2007).

O processo de desenvolvimento pelo qual o país passou, tinha como intuito real o desenvolvimento econômico, as bases que neste período foram alicerçadas levou a forte concentração econômica e produtiva de poucos espaços e em poucos Estados e regiões. Neste sentido, ficou claro que o modelo neste momento construído tinha como principal função diminuir as desigualdades sociais, econômicas e a promoção da ocupação do território.

A questão ambiental, ao longo dos últimos anos, vem sendo introduzida nas diferentes esferas da política pública brasileira com uma intencionalidade que caracteriza uma preocupação latente com o bem estar que a questão exige.

A definição e aplicação dessas políticas definem regiões especificamente claras, que vão sofrer estas intervenções, e que, se constituem em territórios que caracterizam possíveis unidades de planejamento territorial. Suas escalas de extensão ou abrangência são orientadas por fatores,

condicionantes e aspectos que envolvem as questões socioeconômicas, administrativas, culturais e mais recentemente as ambientais.

Ainda que os avanços sejam em pequena “escala” e, a inserção da questão ambiental nas políticas territoriais esteja no embate entre o desenvolvimento econômico e a busca pelo desenvolvimento sustentável como entrave é claro os passos que permeiam esta questão.

A Política Ambiental vem sendo, trabalhada e entendida dentro dos planos diretores como uma ferramenta, arcabouço sem uma compreensão da estrutura territorial que esta deve ser aplicada. Aparecendo desvinculado de outros instrumentos de ordenamento territorial urbano ambiental.

É importante ressaltar, que não é apenas a incorporação da questão ambiental nos âmbitos dos planos que vai efetivar a sua melhoria, é necessário agrupar questões que sejam de cunho relevante em conjunto com a questão, os aspectos sociais, políticos e culturais, não devem ficar deslocado, devem fazer parte do mesmo plano, para que o processo de ordenamento territorial integre diferentes abordagens.

Observamos constantemente as consequências das inúmeras ações tanto socioambientais e sociopolíticas pelo uso e ocupação inadequado do solo urbano/rural. As grandes complexidades dessas ações são vistas a curto e longo prazo, pelo avanço da degradação nesses meios.

Para conhecer os limites territoriais, é necessário considerar a distribuição espacial de cada localidade, subsequentemente o conjunto de fatores que interagem naquele sistema, e só a partir desta informação delimitar subsistemas que vão auxiliar na construção das unidades a serem planejadas.

Outro aspecto colocado por diversos autores é a escala, que muitas vezes é insuficiente para demonstrar os fenômenos espaciais, à heterogeneidade e fatores que determinam a ocupação, planejamento e ordenamento territorial da área de um município.

As articulações entre os diversos autores e as políticas que envolvem a questão ambiental divergem quanto aos diferentes recortes que a contemplam, aparenta ser um dos maiores desafios quando estudamos os territórios e a gestão dessas unidades, pela diversidade de agentes que compõe um mesmo espaço.

As condições hoje são frutos de evoluções históricas ocorridas ao longo dos anos, e, compreender esta formação socioeconômica, ambiental e política, é um elemento fundamental para modelagem dos sistemas urbanos ambientais como para diagnósticos, prospecção e previsão de cenários.

Nas últimas décadas o país viveu uma mudança no contexto paradigmático entre o rural e o urbano, em um curto período de tempo, o Brasil passou de extremamente rural, para extremamente urbano. Este crescimento acarretou vários dos atuais “ditos” problemas urbanos brasileiros, e foi justamente neste período de 1960 a 1990 que as questões tomaram-se de maior relevância no atual contexto. A degradação ambiental, a acentuada desigualdade social, o uso do solo a ocupação de áreas de riscos entre tantos outros problemas que estão latentes em nosso cotidiano.

O planejamento das unidades territoriais e seu gerenciamento devem proporcionar uma visão abrangente dos diferentes processos que interagem em um mesmo contexto socioespacial. E com isso, incluir as novas tecnologias, políticas públicas e regionais, com o intuito de promover em longo prazo estratégias que irão dar suporte para tomada de decisões nas diferentes escalas das unidades de planejamento, que serão modeladas e adequadas para o ordenamento territorial.

Tomemos como exemplo, as bacias hidrográficas como unidades de planejamento como já colocado por outros autores, que é de aceitação mundial, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados a priori pelo input e output, assim bacias hidrográficas podem ser tratadas como

unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram (NASCIMENTO & VILLAÇA, 2008).

Segundo Peres (2012) uma das temáticas ambientais mais consolidadas em termos de planejamento regional e que possui grande estreitamento com o planejamento municipal é a conservação e preservação dos recursos hídricos, sobretudo, através da formulação de políticas públicas, da constituição de novas instituições e de novas práticas de alcance regional.

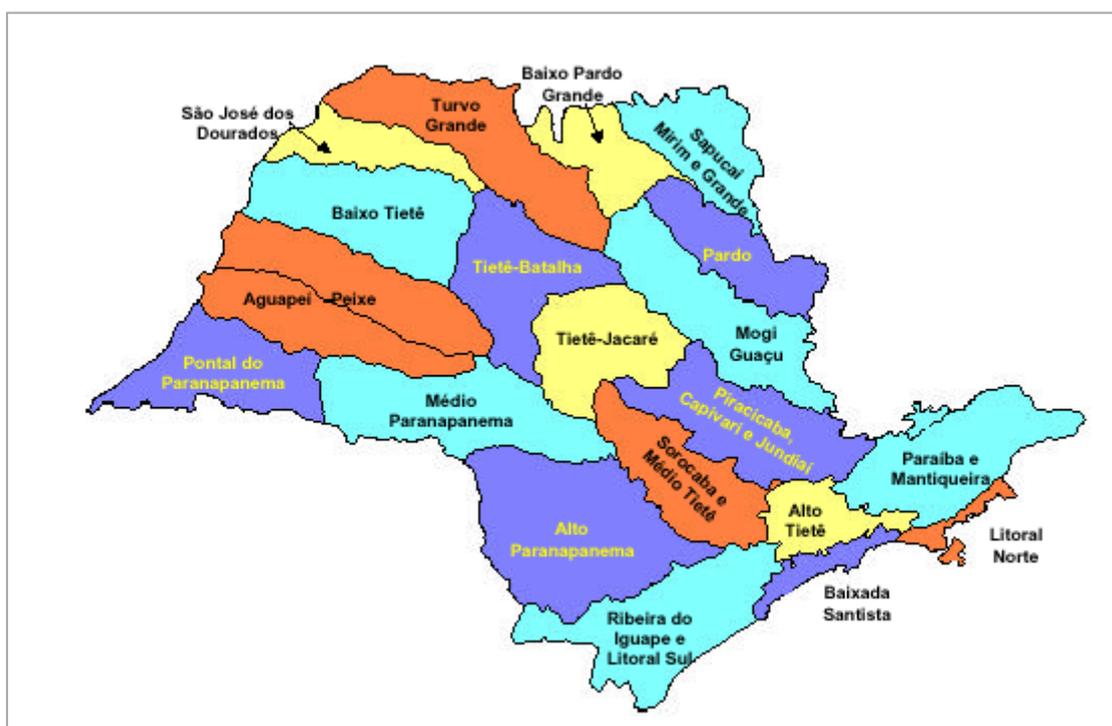
Neste contexto, as bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos. Considera-se que o comportamento de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo ocorre por dois fatores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela pré-disposição do meio à degradação ambiental, e antrópicos, onde as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia (VILAÇA, 2009).

Conforme SOUZA & FERNANDES (s.d), com a estratificação do território municipal nos componentes sócio-fisiográficos (sub-bacias) têm-se a unidade celular política (município) e as unidades celulares fisiográficas (sub-bacias hidrográficas).

A GESTÃO de recursos hídricos baseada no recorte territorial das bacias hidrográficas ganhou força no início dos anos 1990 quando os Princípios de Dublin foram acordados na reunião preparatória à Rio-92. Diz o Princípio n.1 que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

A figura 9 demonstra a divisão do Estado de São Paulo em unidades territoriais por bacias hidrográficas, que segundo diferentes autores é o recorte territorial com maior capacidade de adequação, ordenamento e planejamento.

Figura 9 - Divisão por Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.



Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br>.

Nesta visão municipal, segundo NASCIMENTO & VILAÇA (2008), o gerenciamento de bacia hidrográfica encontra vários desafios, como o grau de urbanização, conflito por usos múltiplos da água, impactos ambientais, dentre outros, mas o município é detentor de competência para realizar o ordenamento e ocupação do solo.

Neste sentido, fica evidente o papel do município e suas responsabilidades quanto às questões ambientais, pois esse fica incumbido de organizar e assumir a gestão ambiental e ordenamento do seu território com base na ótica de responsabilidade pelo estabelecimento de regras, normas e avaliações pertinentes quanto à qualidade ambiental e desenvolvimento sustentável.

E que segundo ARAÚJO *et al.* (s.d), tanto a gestão de recursos naturais, quanto os recursos culturais e urbanísticos usam como unidade de planejamento o seu limite político, deixando

apenas a gestão de recursos hídricos adotando como unidade de planejamento a bacia hidrográfica.

A um conflito entre as competências que podem, e as que devem ser exercidas pelo município no que tange os limites municipais. É preciso construir um único modelo, que seja válido tanto para os recursos hídricos, como para as questões urbanas, já que um necessariamente interage com o outro de diferentes formas no território.

Essas novas formas de pensar, analisar e construir relacionadas às Unidades de Planejamento e Gestão territorial vem sendo trabalhadas, como meio alternativo para refletir e melhorar as questões e problemas ambientais urbanos de forma sistêmica, não só, a gestão por bacias hidrográficas.

A defesa do fortalecimento do município enquanto unidade territorial responsável por legislar em matéria urbana se deu desde os anos 30. Tanto a Constituição Federal de 1988, quanto o Estatuto da Cidade reforçaram essa ideia (PERES, 2012).

Concentrar no município a gestão e o planejamento urbano seria um dos lócus apontados pelo governo, pois daria a possibilidade real de participação dos cidadãos, já que, é nas cidades que as pessoas tendem a concentrar.

Ao delinear esta postura, o governo, delimita o tratamento e condicionamento das soluções apenas no âmbito territorial do município, pois daria neste sentido o poder do legislativo e do executivo municipal em executar com maior respaldo cada caso especificamente.

De acordo com a Constituição de 1988, o município possui competências comuns, que são compartilhados com a União e Estados; competências exclusivas, constituídas por prerrogativas que configuram a autonomia municipal, como a elaboração de Lei Orgânica e a cobrança dos respectivos tributos; e as competências suplementares pelas quais a União estabelece as diretrizes

e normas gerais, cabendo ao Estado e município legislar supletivamente. Este é o caso da Política Urbana (PERES, 2012).

Até meados dos anos 90, a questão ambiental não estava inserida como elemento nas diretrizes, propostas e políticas no que concerne ao planejamento urbano no país. Apesar dos crescentes problemas ambientais e sociais que vivenciamos antes e durante este período, frutos do mau uso e da total falta de planejamento e do modelo adotado na ocupação territorial, a questão ambiental e social era apenas superficial nas “entranhas” municipais.

Recentemente, e como consequência desse processo, foi aprovado o Estatuto da Cidade, Lei 10.257/2001 que regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, dando alento e traçando as diretrizes gerais para execução das políticas urbanas, tendo como foco principal a função social da cidade. O Estatuto veio para reforçar a importância do Plano Diretor Municipal como principal instrumento de articulação e desenvolvimento, articulando as lacunas existentes entre o meio urbano e rural, e fortalecendo a gestão territorial das unidades de planejamento existente dentro do município.

Entre as diversas diretrizes estabelecidas pelo Estatuto da Cidade, uma que evidencia a importância e cuidados com o crescimento urbano se destaca na quarta diretriz, dando especial atenção a esta questão. O desenvolvimento, planejamento das cidades e das atividades econômicas que devem ser corrigidas, mitigadas e observadas no processo de implantação/instalação para diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente.

De acordo com Santos (2004), a temática ambiental foi incorporada á nova geração de planos diretores municipais pós o Estatuto da Cidade, sendo a partir desses trabalhos que se obtiveram informações contundentes que relacionavam qualidade de vida, sociedade e meio ambiente.

Os instrumentos que atuam sobre os fatores ambientais foram definidos no EC, mas não foram caracterizados em sua essência (como fazer) e também não tiveram a sua obrigatoriedade

efetivada. Não definindo suas finalidades e nem seu escopo, dando neste sentido, uma margem para o conflito entre as duas vertentes, a sua competência e a sua aplicação.

A gestão municipal e o planejamento permeiam um conjunto de interfaces com as questões de ordenamento territorial e ambiental, que possui uma infinidade de inter-relações entre a gestão do espaço urbano ambiental.

É só a partir do final da década de 90 que se retoma no país o debate sobre o planejamento regional, redirecionado agora para uma nova escala de ação (microrregiões, regiões metropolitanas, aglomerados urbanos). As antigas Superintendências de Desenvolvimento que, na época de sua criação, constituíram uma forma de pacto federativo, foram substituídas por “Agências de Desenvolvimento Regional”, refletindo as diretrizes da política nacional.

No novo modelo, a participação dos estados e municípios é diminuída e a função de planejamento se dissolve na preponderância da gestão dos incentivos fiscais. Neste contexto, surgem novos arranjos e iniciativas que rediscutem a necessidade do planejamento, agora para uma realidade espacial diferente, preponderantemente urbana (EGLER, 2002).

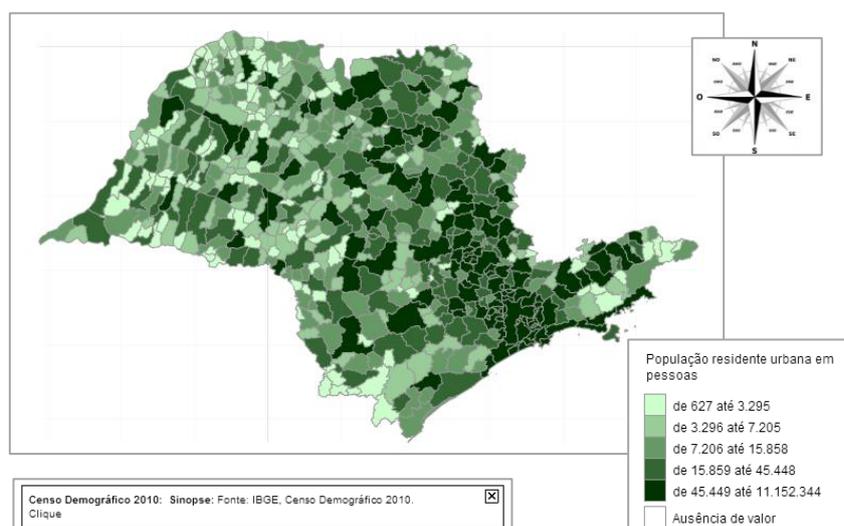
### 1.3 Cidades Médias e a Gestão Ambiental no Estado de São Paulo

Inserido neste contexto, às cidades médias, tornam-se protagonistas em um quadro em que diferentes escalas de atuação, onde o crescimento destas cidades médias ocupa um grande espaço. Constituindo polarizações urbanas que visam garantir uma base territorial equilibrada, contrariando a polarização bicéfala das áreas metropolitanas por um lado e por outro a rarefação de áreas afastadas das zonas de maiores dinâmicas territoriais.

Desenvolvem-se como âncoras na estruturação do território, e são espaços de articulação privilegiada entre políticas nacionais e locais, garantindo equidade e coesão nacional.

O que definia cidade média há décadas não satisfaz mais à atual estrutura socioeconômica, em que uma cidade média deve dar suporte a uma quantidade importante de atividades e serviços que exigem para existir uma população não inferior a 100 mil habitantes.

Figura 10 – População Urbana dos Municípios do Estado de São Paulo.



Fonte: Censo Demográfico de 2010, IBGE.

Neste contexto, surge o principal objeto de diversos estudos relacionados à urbanização, densidade demográfica, deslocamento populacional, eixos de desenvolvimento (pelas rodovias) e os polos regionais de desenvolvimento, que são as cidades “ditas” médias. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), cidades com população no entorno de 100 mil a 600 mil habitantes são consideradas de médio porte.

As cidades médias hoje no Estado de São Paulo com esse perfil, são cerca de 67, que abrange todas as regiões do Estado, cada uma com uma peculiaridade e diferenciação econômica, que as divergem e as integram em regiões, macrorregiões e microrregiões, e em comum dividem o mesmo perfil populacional, com alto grau de urbanização dentre elas, alcançando taxas de 80 a 95%.

Segundo Matos (s.d) que não causa surpresa a evolução do grau de urbanização no país entre 1940 e 1996. De 31,2% da população residindo em domicílios urbanos em 1940, para 44,7% em 1960; 67,6% em 1980; 75,6% em 1991 e 78,4% em 1996.

O ritmo de crescimento que esse indicador apresenta claramente demonstra a aceleração do processo de urbanização nas décadas de 60 e 50. Dessa forma, não surpreende a constatação de que em 1970, os municípios com população superior a 100 mil habitantes chegavam a 70, enquanto em 1991, apenas 21 anos depois, esse número evoluiu para 185.

No Brasil, o processo de desenvolvimento econômico caminhou para uma concentração até o início da década de 1970, principalmente na área metropolitana de São Paulo (AMSP). A partir daí, inicia-se um processo de reversão da polarização, ocorrendo, em sua primeira etapa, um relativo espraiamento da produção industrial em nível nacional (PEREIRA & LEMOS, 2003).

Algumas das mudanças no Brasil pós-1980 como o declínio do planejamento regional, o avanço do neoliberalismo e da ideologia do Estado mínimo e as privatizações, se juntaram aos novos movimentos da economia brasileira e internacional que diminuíram a capacidade do setor público ordenar o território, reforçado pelas políticas macroeconômicas que, ao abrirem mercado

de forma acelerada e não planejada promovendo a internacionalização do espaço econômico nacional, tornaram muito mais precária a capacidade de ordenamento territorial por parte do estado nacional (MACEDO, 2008).

Muito embora, tenha implícita uma noção de dimensão populacional há, contudo, diversos critérios necessários para uma definição mais completa sobre o conceito de cidade média. Ao critério demográfico, devem-se somar aspectos como nível de funcionalidade urbana, especialização ou diversificação das atividades econômicas, natureza, intensidade e periodicidade das relações espaciais, o papel como centros de gestão do território e o arranjo espacial das hinterlândias que comandam, assim como se deve examinar a gênese e a evolução do contexto sócio-espacial, no qual estão inseridas essas cidades (DINIZ & ALVEZ, 2008).

Segundo Bandeira (2007) a tarefa de institucionalizar uma nova escala, intermediária entre o estado e o município, é dificultada pela quase total inexistência de identidades territoriais consolidadas nesse nível. Um dos principais obstáculos para a formação dessas identidades é a própria ação da administração pública, que geralmente utiliza uma multiplicidade de divisões regionais, setoriais ou ligadas a programas específicos, incompatíveis entre si.

No caso específico do Estado de São Paulo observamos a grande quantidade de hierarquias regionais existentes que automaticamente constrói, fragmentam e articulam-se aos territórios em diversas divisões, interpolando e sobrepondo informações de diferentes níveis hierárquicos. O Estado de São Paulo tem hoje Regiões Administrativas (RA) – 13, Regiões Metropolitanas (RM) – 3, Unidades Regionais (UR) – 34, Microrregiões (MR) – 22, Aglomerações Urbanas (AU) – 9, Áreas de Proteção Ambiental (APA's) – 24, Regiões Hidrográficas (RH) – 7, Comitês das Bacias Hidrográficas (CBH) – 21, Unidades Hidrográficas de Gerenciamento (UHG) – 7 e Regionais de Saúde (RS) – 17.

Segundo De Toni e Klarmann (2002) isto implica em aceitar que há racionalidades distintas na ação governamental que obedecem, no mínimo, a duas restrições: (a) uma restrição



As sobreposições das diferentes regionalizações, divisões regionais fez surgir durante as décadas de 70 e 80 proposições quanto a: centralidade administrativa, que visa tipologia das instituições públicas que agem naquele determinado território; o tamanho funcional, que tem comparativos dos indicadores de demografia, social, de equipamentos, funcionalidade entre outros; o grau de acessibilidade das cidades, que tem como fator as redes urbanas, os trechos viários e centros urbanos; e o grau de comunicabilidade que envolve os setores da imprensa presentes nas regiões.

É evidente que as diversas formas de tratar a questão territorial das regiões já estabelecidas passam por diferentes meios de abordagem do território, e esta se materializa em escalas territoriais que muitas vezes não conseguem se convergir (falar ou interagir), ocorrendo modos de ações que muitas vezes não interage um com o outro dentro de uma mesma região.

Observamos que as políticas, programas que tinham como planos de ação o desenvolvimento regional em macro escala e que vigoraram em décadas anteriores, não conseguiram ter uma efetividade quanto à diminuição das desigualdades inter-regionais.

Outro fator determinante nesta questão é que os governos estaduais tende a seguir as mesmas fórmulas teóricas e políticas de planejamento regional feita pelo governo federal, deixando de considerar aspectos relevantes quanto à escala territorial, diversidade territorial urbana e regional, diversidade natural entre outros fatores.

A região passou a ser entendida como unidade de planejamento por reunir características semelhantes sobre um espaço contíguo. Assim, diversas classificações foram estabelecidas por institutos, como o IBGE e outros órgãos ligados aos estados da federação, de acordo com critérios políticos e econômicos. A região assume a sua dimensão política, com vínculos socioeconômicos, a serviço do planejamento do Estado. (BEZZI, 2004).

O grande desafio dos planos regionais que envolvam as variadas divisões e variáveis é viabilizar a transmissão das informações entre as mesmas de forma que ambas tenham uma

determinada conexão frente às ações de planejamento, atingindo uma gama maior de informações que auxiliem na construção de unidades de planejamento que se interagem entre ambas, criando conexões.

VASCONCELOS (2000) relata que a um entusiasmo arrebatador neste momento pelas questões atinentes ao território. Nem mesmo no auge do debate sobre o desenvolvimento nacional na década de 50, dos desequilíbrios regionais na década de 60, ou da “questão urbana” nos anos 70 e 80 viveu-se tamanho fascínio e exaltação por tal problemática.

Tais países, no entanto, devido o processo de planejamento não contemplaram igualmente toda a região, não conseguem atingir níveis de desenvolvimento e crescimento desejáveis. O planejamento adotado, neste caso, reflete-se em termos de ineficiência principalmente no planejamento regional e em suas três vertentes principais, que são o planejamento dos transportes, planejamento em infraestrutura e finalmente o planejamento territorial.

## **CAPÍTULO II – ABORDAGEM METODOLÓGICA**

### **2.1 Métodos de Análise Dinâmica**

A metodologia desta tese fundamenta-se na pesquisa e na análise comparativa das mudanças no uso da terra, e sua relação com o processo de expansão urbana do município de São Carlos em diferentes períodos, no qual vem ocorrendo a expansão urbana do município, assim como a utilização e o desenvolvimento de uma ferramenta de SIG para realização do processo de modelagem e das previsões de cenários futuros.

Para a análise comparativa entre os diferentes períodos da história de ocupação territorial do município foram adotadas etapas, organizadas em períodos de tempo que consideram as fases do processo de ocupação territorial entre os anos de 1980, 1990, 2000 e 2010. Esta divisão facilitou a interpretação das informações geradas, coletadas e posteriormente modeladas.

Desse modo, definiu-se as décadas, os períodos, o grau de abrangência, os modelos utilizados no processo de geração das informações, assim como suas respectivas adequações.

A caracterização, organizada por períodos de tempo, tende a gerar uma melhor informação, elaborada, onde a comparação entre os diferentes períodos buscam demonstrar, de forma mais clara, a evolução e impactos da urbanização ao longo dos anos.

A expansão urbana tem se tornado, ao longo das décadas, um objeto de estudos de diferentes áreas, que envolvem as ciências humanas, exatas e da terra, os quais caracterizam fenômenos como a urbanização, o crescimento urbano e, principalmente, a fragilidade ambiental e seus respectivos impactos no uso e ocupação da terra frente a este processo.

## **Métodos**

A metodologia de estudos foi dividida em cinco etapas, com a função de melhor caracterizar as fases separadamente e por período analisado. Na série espaço-temporal, que utiliza imagens dos Satélites LANDSAT, o processo foi dividido em duas etapas, sendo uma pautada no período de 30 anos (1980 a 2010), que analisou preliminarmente a atual situação na área de estudo, e a outra que, por meio da utilização do DIANMICA EGO, auxiliou na construção de cenários prévios que abrange um período que vai de 2010 até 2030, totalizando um período de 50 anos.

Na primeira fase, foram construídos os dados de entrada da modelagem; na segunda fase os parâmetros de definição e a calibração do modelo; na terceira fase a construção da modelagem, sua simulação e validação do modelo; na quarta fase a criação da série histórica com imagens satélites; e na quinta fase foram construídos os cenários futuros a partir dos dados obtidos das fases anteriores.

O recorte geográfico e a unidade escolhida para modelagem do trabalho foi o Município de São Carlos. Localizado na Região Administrativa Central do Estado de São Paulo nas coordenadas 22,0175° (latitude) e 47,89083° (longitude), o município de São Carlos apresenta uma altitude próxima de 854 m, e abrange uma área total de 1.132 km<sup>2</sup> (IGC 2012) / 1.141 Km<sup>2</sup> (IBGE 2009), sendo que a área urbana corresponde a 67,25 km<sup>2</sup>, ou seja, totaliza 6% da área total, onde abriga uma população de 221. 936 mil habitantes.

As atividades de caracterização preliminar da área de estudos e levantamento das referências bibliográficas, quanto dos dados cartográficos e de sensoriamento remoto (utilizados durante a primeira etapa dos estudos), adquirem um caráter auxiliar para a construção da base de entrada dos dados e dos levantamentos de campo. Desse modo, os dados obtidos foram organizados em um banco de dados geográfico em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O material utilizado na pesquisa consistiu em dados de sensoriamento remoto de diferentes sistemas sensores como, o MSS, o TM e o ETM, com resoluções de 30 metros e 250 metros do Satélite LANDSAT 4, 5, 7 e 8.

Foram também utilizadas cartas topográficas, mapas com a divisão municipal e regional da localidade, além do Sistema de Informação Geográfica Quantum Gis, versões 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.14 e o DINAMICA EGO para modelagem e projeções dos cenários.

O modelo, segundo uma ou mais teorias, é entendido como a representação de um sistema, obtido a partir de diferentes linguagens: matemática, lógica, física, icônica, gráfica (NOVAES, 1981 citado por ALMEIDA, 2003). Assim, Almeida, Monteiro e Câmara (2005) indicam as seguintes tipologias de modelos conforme Echenique (1968) e Novaes (1981):

- modelo descritivo: objetiva somente entender o funcionamento de um sistema;

- modelo exploratório: é um modelo descritivo que envolve a análise paramétrica de vários estados, por meio de variações nos elementos dos sistemas e nos seus relacionamentos, sem interferência externa sobre ele. Esse tipo de modelo destina-se a responder perguntas como: O que acontece se...? ;

- modelo preditivo: é um modelo exploratório que envolve a variável tempo, compreendendo a projeção de alguns elementos básicos;

- modelo operacional: possibilita a interferência do modelador, o qual pode introduzir fatores exógenos nos componentes do sistema e nos seus relacionamentos, de modo a alterar o seu comportamento.

Mapas temáticos e informações do meio físico como rochas, solo, relevo, clima, água superficial e os processos geodinâmicos, que fazem parte dos dados de entrada, relativos aos cenários em que a pesquisa foi construída, oferecem suporte para geração dos mapas de uso e

ocupação da terra (segundo as classes Área Urbana, Hidrografia, Área Agrícola, Vegetação e Solo Exposto), hidrografia, rodoviários, sub-bacias, dentre outros dados vetoriais.

Diferentes autores ressaltam que o software é utilizado como instrumento de investigação da trajetória das paisagens e da dinâmica dos fenômenos espaciais por ser um modelo genérico de mudanças. Trabalhos como o de Yi e Gao (2013), que estudam as mudanças no uso da terra através de diferentes modelos de simulação na China, Alcamo e Schaldach (2011), que relacionam a mudança integrada ao uso da terra na África, e de Mas e Sandoval (2011), que modelam a alteração do uso da terra nas regiões tropicais do México, são exemplos da utilização de softwares para modelagem de condições pretéritas e futuras.

## **2.2 Materiais**

Os materiais utilizados na pesquisa são basicamente compostos por produtos cartográficos com escalas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, sendo eles:

### **Produtos Cartográficos:**

- Carta Topográfica;
- Carta de Declividade;
- Mapa Geológico;
- Mapa Pedológico;
- Mapa do Aquífero;
- Mapa das Bacias Hidrográficas;
- Mapas de Áreas Verdes;

### **Produtos de Sensoriamento Remoto:**

- Imagem LANDSAT 4 Sensor MSS Bandas 3, 4 e 5 – Resolução Espacial 30 metros;
- Imagem LANDSAT 5 Sensor TM Bandas 3, 4 e 5 - Resolução Espacial 30 metros;
- Imagem LANDSAT 7 Sensor ETM Bandas 3, 4 e 5 – Resolução Espacial 30 metros;

- Imagem LANDSAT 8 Sensor OLI Bandas 3, 4 e 5 – Resolução Espacial 30 metros na multiespectral.

### **Levantamento de Dados Estatísticos**

- População Urbana;
- População Rural;
- Dados Econômicos;
- Dados Sociais;
- Dados de Infraestrutura.

### **Elaboração do Banco de Dados Espaciais:**

Os dados foram armazenados em diferentes bancos de dados, haja vista que o trabalho foi construído em dois softwares diferentes, sendo que sua função é armazenar as informações vetoriais e rasters, dando suporte para construção dos modelos espaciais.

### **CAPÍTULO III - A MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS**

Preocupações relacionadas à gestão, planejamento urbano, planejamento ambiental e principalmente ao ordenamento territorial das cidades, tem motivado entre pesquisadores que trabalham com essa temática, uma discussão latente quanto à sustentabilidade destas formas de apropriação do espaço pelo homem. Assim, as ferramentas e técnicas que compreendem as geotecnologias, tem sido de grande valia para subsidiar e apoiar o processo de ocupação espacial.

O rápido avanço no processo de crescimento e expansão urbana gerou impactos ambientais e as mudanças no uso e ocupação da terra ao longo de algumas décadas no Brasil, tanto no meio urbano como no meio natural (rural), trazendo uma necessidade constante em encontrar meios para minimizar os avanços do processo de degradação causada pela ação antrópica.

E com isso, é de extrema importância buscar soluções que tenham um caráter mais sustentável, e que leve a um modelo que privilegie tanto o planejamento urbano, planejamento urbano ambiental como o planejamento em escalas macro e microrregional, já que os impactos são “sentidos” em todas as escalas de mensuração em que o fenômeno é detectado.

Para atingir o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e desenvolvimento sustentável, os projetos pensados para os municípios brasileiros, começam a ser elaborados a partir de uma visão integrada e sistêmica, procurando estabelecer correlações entre as políticas ambientais, socioeconômicas e as políticas de cunho urbano. Com isso, as políticas passam a ter subsídios técnicos no auxílio de diagnósticos ambientais e urbanos, analisados em conjunto e de forma integrante, abarcando não apenas um fato isolado do território.

O que observamos hoje, é que as técnicas existentes que auxiliam no planejamento e na análise do uso da terra, corriqueiramente, não são utilizadas para auxiliar projetos e iniciativas de ordenamento territorial, planejamento urbano e regional, e que poderiam minimizar os impactos no meio ambiente urbano e rural. Encontrando duas frentes claras de atuação, primeiro os

métodos utilizados hoje por pesquisadores acabam ficando no objeto teórico, e segundo, grande parcela dos municípios brasileiros não tem um corpo técnico especializado para lidar com novas geotecnologias.

Esta lógica deve ser alterada em um determinado momento, e as geotecnologias vem para alterar a sistemática desta questão, incluindo neste processo o uso de variados instrumentos de ordenamento territorial.

Com isso, a gestão das áreas urbanas e rurais apresenta-se como um dos desafios a serem enfrentados pelos tomadores de decisão no planejamento do território. Consequentemente, torna-se necessário desenvolver metodologias, técnicas e ferramentas que tenham como objetivo principal auxiliar os tomadores de decisão em processos inerentes ao planejamento, tanto do município, como territorial e regional os quais envolvem o processamento, análise de dados, informações distintas e espacialmente distribuídas.

O processo que envolve a questão física do meio ambiente, o uso e ocupação da terra, mobilidade urbana, microclima, infraestrutura urbana, regional e municipal possuem mecanismos de atuação que, tem distintas regras de transição, envolvendo aspectos que se encontram em ambientes inertes e propensos a dinâmica de variados fenômenos geográfico-espaciais. O espaço, como conceito chave desta análise, e por consequência na transformação do fenômeno espacial a ser interpretado e modelado por um sistema, deve corrigir as lacunas existentes no atual modelo e, interpretar e buscar uma solução.

A dinâmica da grande quantidade de processos físicos existentes, que são passíveis de serem modelados, e com aplicações nas mais variadas áreas do meio natural, como, geomorfologia, geotécnica, estudos climáticos, dinâmica populacional, recursos hídricos, uso e ocupação do solo, e sua respectiva capacidade de representar as alterações ocorridas durante determinado período.

Faz com que, à medida que o processo de modelagem, envolva diferentes vertentes, e ele tenha um grau de complexidade maior, necessitando assim do aperfeiçoamento de diferentes fontes para solução da questão.

Com isso, o planejamento municipal, regional, urbano e ambiental, vinculado à necessidade crescente de ordenar e adequar os espaços em um curto período de tempo, e principalmente quando abordamos a questão das cidades médias brasileiras, especificamente as cidades paulistas têm um atenuante, que é o crescimento das áreas urbanas em detrimento com as áreas rurais. Ou seja, a perda cada vez maior de áreas de cultivo agrícola e vegetação natural para construção de áreas urbanas.

As cidades de médio porte tem sido objeto de estudos, pela tendência que vem sendo observado no seu crescimento e expansão nas últimas décadas.

Assim, o advento tecnológico permitiu a inserção de novas práticas e técnicas para a avaliação das características, limitações e potencialidades de cada área, informações necessárias para a concretização de ações de ordenamento territorial, pois a complexidade apresentada pelas áreas urbanas demanda instrumentos que permitam uma análise menos onerosa em tempo e que possa integrar todas as informações disponíveis com a finalidade de se obter o diagnóstico e a proposição de prognósticos (TRENTIN, 2009).

As características dos dados geográficos, a transformação de objetos ou fenômenos geográficos reais em dados armazenados no computador, desde a sua percepção pelo usuário, sua redução a conceitos matemáticos e representações; os tipos de arquivos e acesso de dados, que influenciam na velocidade de processamento, as estruturas da base de dados e as representações computadorizadas de dados geográficos de uma estrutura percebida são discutidos por Burrough (1997), Xavier-da-Silva (2001), Câmara e Monteiro (2009).

A perspectiva da modelagem de dados que envolvem fenômenos espaciais no território, tem papel preponderante, ao buscar aproximar a realidade existente e a transferência desta

informação para o computador. Ao modelar estes dados, e transferir essa informação, as variadas situações que a simulação dos modelos geram, podem antever varias situações que poderiam ocorrer naquele dado local.

A compreensão da dinâmica que os fenômenos espacial e territorial estão inseridos é inerente, e fazem parte de uma abordagem sistêmica que envolve a questão temporal e escala que o município encontrasse, sendo ela regional ou estadual.

De acordo com Pedrosa e Câmara (2004), o objetivo dos modelos espaços-temporais é a simulação numérica de fenômenos do mundo real em que seus estados modificam-se ao longo do tempo e em função de diversas condições de entrada. Os modelos de SIG dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo.

Uma das maiores potencialidades de aplicação das modelagens espaciais está nas áreas de planejamento territorial, principalmente no que tange as simulações relacionadas ou crescimento urbano, ordenamento territorial, preservação de áreas ambientais, unidades de recursos hídricos, etc.

Segundo Burrough (1998), a modelagem da dinâmica procura ultrapassar os limites impostos pela atual fase que se encontram o geoprocessamento, e as geotecnologias atuais, bem como os modelos baseados na bidimensionalidade e na visão estática dos processos. É importante ressaltar, que essas limitações vêm sendo diminuídas pela melhoria na qualidade dos produtos, nas novas ferramentas e instrumentos e softwares hoje utilizados.

Os atuais avanços tecnológicos contribuem para o desenvolvimento de modelos que sejam dinâmicos e não somente estáticos como os existentes no estágio atual do SIG, ou seja, visam somente à representação espacial de determinado fenômeno - o mapa.

Segundo Câmara, Monteiro e Medeiros (2003), visto que os fenômenos espaciais são dinâmicos, as representações estáticas não conseguem representá-los de forma adequada. Assim, o

desafio da Geoinformação está em desenvolver técnicas e abstrações que consigam representar os fenômenos dinâmicos, como mudanças de uso da terra, enchentes urbanas, tráfego viário e de pedestres, por exemplo, (TRENTIN, 2009).

O desenvolvimento de plataformas, software e ferramentas, que deem suporte a decisão, tem intensificado ao longo dos anos, dando poder de atuação na previsão e simulação de cenários futuros, com isso minimizando os possíveis impactos gerados.

O processo de modelagem que envolve sistemas complexos, que tentam comportar na sua estrutura informações que não são modeláveis, como os municípios e os sistemas ecológicos, o qual invariavelmente utilizam critérios espaço temporal, que são de difícil compreensão nos atuais sistemas de informação geográfica.

Até recentemente, as pesquisas científicas realizadas têm sido voltadas para construir um modelo espacial adequado para representar a realidade geográfica, de modo que a maioria dos sistemas computacionais trata apenas de uma reprodução estática e invariável da mesma, que desconsidera fenômenos inerentemente dinâmicos como, por exemplo, mudanças na paisagem (BENEDETTI, 2010).

Nesse sentido, o propósito da modelagem dinâmica é simular mudanças espaços-temporais nos atributos do meio ambiente e atrelada a um território geográfico. Sua concepção permite o entendimento dos mecanismos influentes que determinam a função de mudança e, assim, avaliar como um sistema evolui diante de um conjunto de circunstâncias definidas pelo modelador. (BENEDETTI, 2010).

A modelagem é um processo constituído de uma série de etapas com o intuito de converter uma ideia em um modelo conceitual (Jackson *et al.*, 2000). Esse processo se desenvolve fundamentado em uma teoria, através da definição de um conjunto de hipóteses que poderão ser comparadas com o mundo real. Dependendo da concordância entre o observado e o simulado, o modelo será aceito, rejeitado ou modificado, para novamente ser testado (Soares-Filho, 1998).

Os modelos de simulação de ambientes terrestres são desenvolvidos com o intuito de representar os fatos e simular o atual nível dos processos, além de demonstrar de forma efetiva a atual situação dos usos e das mudanças que os processos de ocupação e uso da terra estão causando.

Constituir esse processo é aproximar há realidade, são um dos grandes entraves dos atuais sistemas de modelagem, que assim como a evolução dos componentes computacionais, também passa por um processo de atualização do conhecimento pelos pesquisadores do espaço geográfico.

Ramos (2005), coloca que a uma preocupação dos pesquisadores em estudar o uso de novas tecnologias para prover ferramental exploratório para facilitar a percepção espacial, e fornecer ao leitor, informações que não seriam visíveis por meio de mapas em papel:

“Na visualização cartográfica, interatividade e exploração são conceitos chave. Assim, a cartografia digital e os sistemas de informação geográfica podem ser utilizados para a elaboração de uma aplicação na linha da visualização cartográfica, mas um mapa em formato digital não é necessariamente um mapa concebido dentro do conceito da visualização cartográfica (Ramos, 2005, p. 40)”.

Na medida em que os processos do sistema terrestre a serem modelados se tornam mais complexos, devido à necessidade de representar múltiplas escalas, as diferentes interações entre os processos, a necessidade de considerar processos antrópicos e a maior disponibilidade de dados, faz-se necessária à utilização de diferentes técnicas e ferramentas (LIMA, 2010).

Há necessidade em alcançar uma forma de representar os processos ocorridos no território faz com que as tecnologias deem um grande salto na qualidade de seus produtos, dando assim maior poder de suporte em sua aplicação, independente do objeto do trabalho.

Segundo Soares-Filho (1998), a modelagem é conhecida como sendo a arte de se construir modelos, referente ao processo de pesquisa que leva à geração do modelo, ou seja, a representação de um sistema. Este processo é desenvolvido através da definição de um conjunto de hipóteses ou

predições, que poderão ser comparados com medidas do mundo real. O modelo somente é aceito, rejeitado ou modificado de alguma maneira, após a comparação entre o resultado gerado e o observado, para novamente ser testado.

O objetivo dos modelos espaços-temporais é a simulação numérica de processos do mundo real em que os estados do modelo se modificam ao longo do tempo e em função de diversas condições de entrada. Os modelos de SIG Dinâmico descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo (PEDROSA & CÂMARA, 2002).

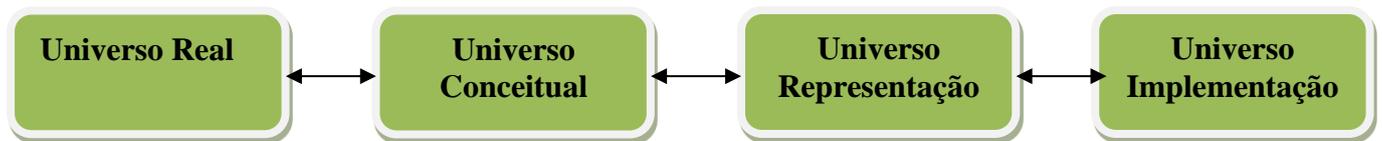
Historicamente, as tecnologias voltadas ao estudo de geoprocessamento, e que envolvem a paisagem, o meio ambiente físico e urbano veem construindo meios de representar os fenômenos espaciais, através da tela do computador.

Apesar de representar um conjunto de abstrações, que são estáticas, o mapa representa um conjunto significativo de eventos, que são representados por meio de diferentes formas e modelos, a partir de ferramentas integradas ao computador, a mais conhecida hoje e utilizada para esse tipo de representação são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Por meio de um modelo de simulação é possível obter medidas de alguns aspectos do estado atual da paisagem que possam fornecer indicações do seu potencial para se tornar algo diferente, diante de um conjunto de condições. Para isso, é necessário o mapeamento de uso e cobertura da terra, o qual pode ser feito através de métodos de levantamento de campo, imagens de sensores orbitais, fotografias aéreas, dados publicados por censos dentre outros (YANAI, 2010).

A figura 12, demonstra um esboço da representação conceitual feita através do computador, comparando os universos real, conceitual, representativo e de implementação.

Figura 12- Esquema conceitual de Representação Computacional.



Fonte: CÂMARA, 1998.

Entretanto, uma significativa gama de eventos que não são estáticos e tem por dimensões a sua dinamicidade, necessitam de um modelo de representação que caracterize a sua dinâmica no espaço-tempo. Como o planejamento urbano, os índices de chuva durante o ano, o crescimento populacional dentre tantos outros eventos relacionados que não conseguem capturar a sua melhor forma de análise.

Com base em períodos pré-determinados ao longo de variados ciclos, que passa o processo de desenvolvimento de uma localidade. Como por exemplo, a expansão urbana em diferentes períodos do processo de ocupação que o município vivenciou ao longo das décadas.

Simular um ambiente computacional, as dinâmicas que a terra e os seus determinados usos passam, e um grande desafio, pois as mudanças não são estáticas e móveis, ao contrário, estão em constante alteração. Avaliar o grau de importância de cada impacto, determinar, caracterizar, prognosticar com base em dados de cenários requer um conhecimento extenso sobre a dinâmica de cada modelo, principalmente quando esta vinculasse a questão espaço-escala.

Cada vez mais, os modelos procuram representar os fenômenos do espaço de forma atrelada com a realidade, uma vez que são considerados sistemas complexos com propriedades geográficas, tais como cidades e sistemas ecológicos e usualmente envolvem processos espaciais e temporais, difíceis de serem embutidos nas propriedades do SIG (TRENTIN e FREITAS, 2009).

Modelos de simulação espacial visam auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como que eles evoluem

diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais.

A modelagem ambiental consiste na criação de modelos matemáticos, estocásticos e determinísticos que relacionam atributos e condicionantes ambientais na forma de camadas, para representar os processos que interagem no território. Estes modelos ambientais, são transformados em modelos computacionais para melhor serem representados no SIG.

As inúmeras possibilidades de modelagem, simulação, representação e visualização dos ambientes digitais urbanos e não urbanos, que envolvem recursos da linguagem SIG, CAD (Computer Aided Design), modelagem numérica tridimensional de terrenos (MNT) e da fotografia digital, vêm sendo reconhecida como o movimento das Cidades Visuais (Hudson-Smith, 2007). Estas cidades visuais significam novas possibilidades de representar o espaço da cidade, de forma cada vez mais rápida, e cada vez com maior precisão.

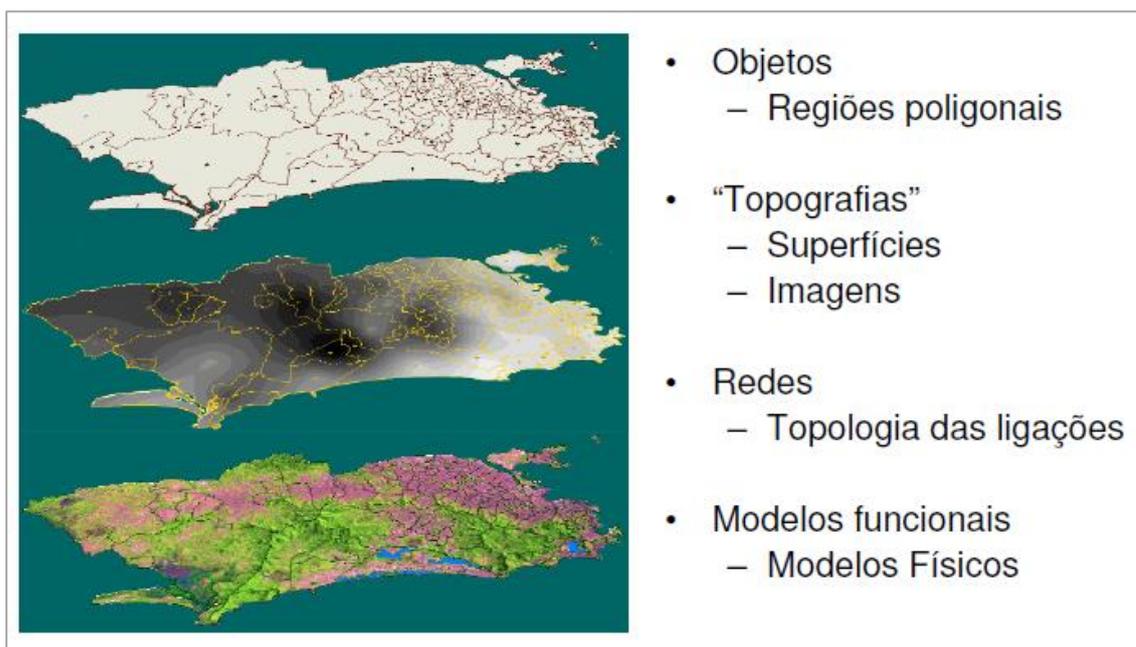
Felgueiras (2001) coloca que a modelagem deve considerar que os processos da natureza resultam de interações/inter-relações espaços-temporais complexas entre os diversos elementos que os compõem, ou seja, as propriedades ambientais. No modelo matemático de um processo, as propriedades ambientais são tratadas como variáveis do modelo enquanto que suas inter-relações são representadas por operações aritméticas ou lógicas.

Isso demonstra que, um dos objetivos da modelagem espacial de fenômenos dinâmicos, estáticos ou não estáticos, tende a interagir com os condicionantes que serão postos no foco do trabalho, determinando deste modo à interação dos diferentes fatores a serem demonstrados naquele dado momento ou num momento futuro. Esta interação também leva em consideração as ferramentas e dados que foram utilizados para determinado fim.

As tradicionais abordagens em que, são separadas as questões do espaço urbanizado do espaço “dito” natural, devem ser ultrapassadas, é preciso que paradigma seja alterado, e as abordagens integradas para qualificar e compreender melhor o ambiente dos municípios. A

modelagem dos fenômenos espaciais consegue fazer esta integração, trazendo uma abordagem que consegue trabalhar e quantificar diferentes fatores em um mesmo ambiente. A figura 13 representa a composição, formação e representação dos dados, objetos e modelos no sistema de informação geográfica.

Figura 13- Representação de dados espaciais.



Fonte: autor, 2012.

A consideração de um conjunto exige a seleção e interpretação dos fenômenos ocorrentes na escala territorial a ser modelada, para identificação dos elementos mais significativos, ao restante dos outros elementos, por exemplo, a vegetação, que é de grande importância para caracterização regional do espaço a ser modelado.

O crescimento acelerado e a expansão da ocupação sobre áreas não urbanizadas e de proteção, torna-se necessário o desenvolvimento de formas eficazes de monitoramento, avaliação, previsão e mitigação dos impactos causados e que suporte para subsidiar os diferentes processos que ocorrem dentro do território, sejam eles de curto, médio ou longo prazo.

Parker (2001), afirma que o espaço de tempo sobre o qual uma predição é válida é uma função que depende da persistência do fenômeno observado, podendo-se considerar um intervalo de 10 a 15 anos como sendo consistente para a maioria das mudanças de uso do solo. Entretanto, mudanças políticas, institucionais e condições econômicas podem causar mudanças rápidas na taxa ou direção da mudança de uso do solo.

Toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço urbano deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente e seu inter-relacionamento, devendo também ser precedidas de uma análise dos impactos causados (CÂMARA, 2006).

Outro fator determinante nesta análise, é a escala, elemento primordial na construção do objeto de estudos, pois é elemento preponderante na observação/ação do território, faz parte de um sistema integrado de elementos e variáveis que se completam dentro de uma lógica territorial que ultrapassa os limites impostos por barreiras políticas-administrativas dos municípios, tendo uma dimensão macrorregional e com isso impactando outras localidades.

Neste sentido, como os modelos ambientais representam sistemas ambientais, é fundamental que eles abordem a técnica transdisciplinar em sua concepção, pois sabemos que no ecossistema as disciplinas/dimensões não são segmentadas, e sim, todas interligadas. Este se torna o maior desafio para o alcance da construção e entendimento de um modelo (BORGES, 2011).

A caracterização de um sistema ambiental deve levar em consideração a escala espacial e temporal de análise, uma vez que a complexidade das relações dá origem a sistemas aninhados e inter-relacionados, o que não permite um contorno exato que possibilite separar um sistema de outro. Um sistema ambiental pode incluir o solo, a vegetação, os seres vivos que habitam o local, a água presente e o ar circundante (LIMA, 2011).

Isso é o que vem acontecendo atualmente, diversas técnicas de modelagem e plataformas de software têm sido utilizadas no desenvolvimento de modelos ambientais e nas simulações destes modelos (LIMA, 2011).

Segundo Soares-Filho et al. (2002), embora os modelos ambientais estejam se tornando cada vez mais complexos e híbridos para serem classificados definitivamente em uma única categoria, o paradigma dominante de modelagem, em geral, é baseado em indivíduos (*individualbased*), processos (*process-based*) ou autômatos celulares orientados ao espaço (*spaceoriented cellular automata*).

Um modelo pode representar o estado de um sistema em um dado momento e unicamente nele – sendo então considerado um modelo “estático” –, como também pode representar as mudanças de estado e comportamento ao longo do tempo – sendo então considerado “dinâmico”. Os modelos dinâmicos podem simular processos em termos de cenários futuros, fictícios ou mesmo retrospectivos.

Com isso, a construção de um sistema acontece em um ambiente geográfico, delimitado por aspectos físicos, químicos e biológicos, tanto antrópicos como natural, e são esses determinantes que apresentam elementos para construção de um sistema que venha a ser modelado, podendo assim ser representado.

Mudanças de uso do solo, dinâmica de tráfego, fluxo de pedestres, enchentes, dispersão de poluentes atmosféricos, praticamente qualquer forma de fenômeno dinâmico observado em áreas urbanas pode ser modelada por meio de modelos estatísticos e plataformas computacionais específicas, alimentadas por mapas digitais de cidades, elaborados e/ou refinados por imagens de satélite (ALMEIDA, 2010).

As condições e limites que interagem no espaço geográfico na modelagem de um sistema ambiental, que vai ser representado, por um modelo espacial, bem como de sua escala temporal, é apenas um método científico para mensurar os impactos e alterações que naquele espaço podem ocorrer hoje ou em determinado momento pós alguma ação de planejamento pré-determinada.

Segundo Castanheira (2010), as características dos dados geográficos, a transformação de objetos ou fenômenos geográficos reais em dados armazenados no computador, desde a sua

percepção pelo usuário, sua redução a conceitos matemáticos e representações; os tipos de arquivos e acesso de dados, que influenciam na velocidade de processamento, as estruturas da base de dados e as representações computadorizadas de dados geográficos de uma estrutura percebida são discutidos por Burrough (1997), Xavier-da-Silva (2001), Câmara e Monteiro (2009).

As variáveis selecionadas e os modelos a serem utilizados na construção das áreas a serem modeladas, muitas vezes não se relacionam, ou seja, não podem ser distribuídas no espaço territorial em que o modelo deseja ser aplicado. Por isso, é importante, que os modelos sejam anteriormente testados, e necessariamente que os mesmos sejam espacializáveis. Ou seja, existem modelos que devem ser aplicados em determinadas áreas e outros não, por isso a necessidade de escolha correta dos instrumentos e ferramentas a serem utilizados.

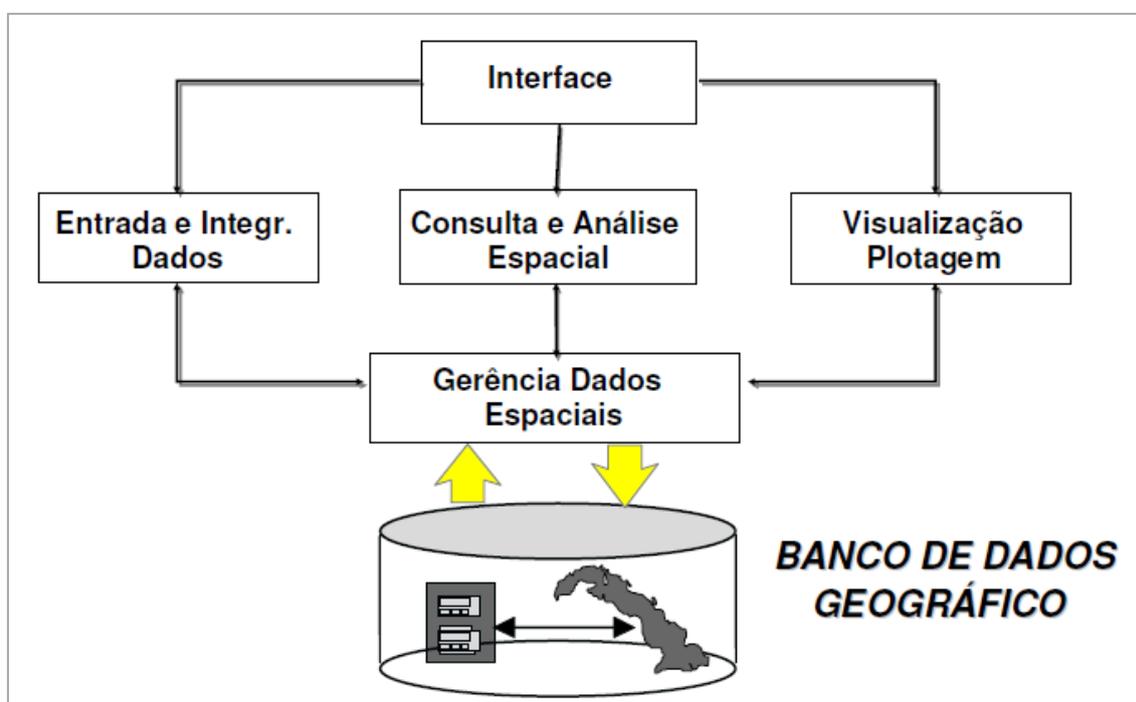
Embora pareça um único sistema, é na verdade um conjunto de informações que, interagem conforme a necessidade do objeto analisado, sendo esta interação, determinada por coletar, tratar, visualizar, integrar e transformar a informação de maneira que o fenômeno a ser representado tenha uma melhor visualização pelo usuário do sistema.

A informação organizada, correta e disponível de forma ágil é um recurso estratégico e indispensável para tomar decisões adequadas e em tempo hábil. Neste contexto, o Geoprocessamento é importante ferramenta de gestão, pois é um conjunto de tecnologias para processamento da informação cuja localização geográfica é uma característica inerente, indispensável para análise (MOURA, 2003).

Os procedimentos de análise espacial, desenvolvidos no ambiente de um SIG, possibilitam, no estágio tecnológico atual, a análise de processos, alguns simples e outros mais complexos, do mundo real. Para isto é necessário à criação de modelos ambientais, que representem adequadamente o fenômeno natural em estudo (FIGUEIRAS, 1999).

Observa-se hoje, uma grande difusão do SIG na produção de inventários e apoio à prática do planejamento, uma vez que permite a definição física e a análise quantitativa dos componentes ambientais, mesmo análises qualitativas, atribuindo pesos às características identificadas dentro de uma escala de valores estabelecida. Tem-se tornado, o principal instrumento de planejamento de exploração mineral e gestão da recuperação ambiental por possibilitar um retrato mais fiel da complexidade e permitir a integração de análises por disciplinas diversas.

Figura 14 – Estrutura de um Sistema de Informação Geográfica.



Fonte: CÂMARA, 1999.

Como um sistema, é um conjunto de partes que interagem; que não estão somente agregadas, mas sim correlacionadas. Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, podem traçar cenários, simulações de fenômenos com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas, de modo a produzir informações espacializadas antes não perceptíveis (MOURA, 2003).

A tendência, para um futuro próximo, é que, os modelos espaciais de projeção de cenários deixem de serem apenas objetos teóricos de pesquisa e, passem a serem utilizadas como ferramentas indispensáveis para o suporte e tomadas de decisões relacionadas ao ambiente artificial e natural.

Ou seja, o município e suas concretudes vão necessitar de ferramentas que além de dar suporte à decisão, passam a transformar em objeto no tratamento das questões de envolvam o planejamento “dito” estratégico das questões ambientais urbanas.

É um dos grandes desafios do Geoprocessamento como ciência do conhecimento e da informação espacial, desenvolver instrumentos, ferramentas e técnicas que deem suporte para caracterizar e representar os fenômenos espaços-temporais.

Os diferentes fenômenos geográficos, ao se distribuírem sobre a superfície da terra, estabelecem padrões variados de ocupação. E ao representar estes diferentes fenômenos, o geoprocessamento procura determinar e esquematizar os mecanismos explícitos de inter-relações entre eles, quer dizer, entre espaço – escala - tempo.

Os padrões de inter- relações tendem á assumir diferentes formas, variando da intensidade e correlação espacial, sendo o fenômeno espacial relacionando inteiramente com o entorno ao qual ele pertence, sendo a relação de uma característica através do espaço.

Estas correlações espaciais são moldadas por um conjunto de fatores que determina a região geográfica em que o objeto encontra se, como o relevo e o solo, deste modo, pode se traçar uma correspondência entre determinados fatores que estejam associados à mesma região de estudos. Sendo a relação de uma característica com outra, através do espaço geográfico.

As correlações estão divididas em quatro determinantes, a espacial, a temática, a temporal e a topológica.

Sendo a espacial a relação entre uma característica e ela mesma, através do espaço; a temática, a característica relacionada a fatores com outras através do espaço; a temporal, é a relação de uma característica espacial com ela mesma, através do tempo; a topológica é a relação puramente espacial, que permite estabelecer os relacionamentos entre determinados objetos geográficos.

A tendência, para um futuro próximo, é que os modelos espaciais de projeção de cenários/previsões futuros deixem de serem apenas objetos teóricos de pesquisa e passem a ser utilizadas como ferramentas indispensáveis para o suporte e tomada de decisões relacionadas ao ambiente artificial e natural, ou seja, o município e suas concretudes.

As principais diferenças entre as diferentes abordagens no contexto da modelagem espacial são observadas nas metodologias adotadas e nos seus objetivos, ou seja, abordam fatores, condicionantes e elementos que tornam uma diferente da outra. A essas diferenças do sistema ambiental, destacando-se pelos diversos interesses e aplicações dos modelos ambientais urbanos hoje encontrados.

Os modelos evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem em mudanças políticas, ambientais e socioambientais. A modelagem de dados determina uma capacidade infindável de representação visual dos dados gerados, em formato de mapas, o que gera uma ampla capacidade de suporte a decisão. Nos processos de modelagem espacial, que envolvem a simulação de cenários, a reprodução do ambiente natural (o município neste caso) em um ambiente computacional, envolve uma grande complexidade entre as relações real versus virtual.

## **CAPÍTULO IV - MODELAGEM ESPACIAL PARA A ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA**

A modelagem de uma informação ambiental tem um propósito, e um fim específico passível de ser generalizada e ampliada, descrevendo e transportando de forma mais clara e simples, a realidade a ser estudada e modelada.

Testar esta hipótese requer ferramentas que deem suporte para integrar e interagir com informações de diferentes cenários, como, ambiental, político e socioeconômico, oferecendo desta forma o melhor meio para tomada de decisão.

Segundo Christofolletti (1999), o objetivo principal da modelagem é buscar reproduzir as características relevantes para o tratamento de uma determinada questão, e não produzir uma cópia exata. Assim, pode-se modelar uma mesma situação de maneiras diferentes, de acordo com as informações e objetivos que se quer alcançar.

Uma das importantes contribuições que os atuais recursos de computação vêm tendo, são as possibilidades de simulação de fenômenos espaciais dinâmicos como, expansão urbana, mudança do uso do solo, processos de ocupação, ilhas de calor, entre outro.

O crescimento das cidades médias está presente em uma gama de estudos que envolvem desenvolvimento sustentável, crescimento econômico, desenvolvimento regional entre outros temas, portanto abarca um modelo de crescimento que atinge diferentes regiões no Estado de São Paulo, inclusive o município objeto do estudo.

Tal estudo pode englobar uma série de estudos sobre as diferentes temáticas que abordam essas ditas cidades “médias”, o que tem causado maior interesse em desenvolver métodos e técnicas que aliviem e eliminem a pressão sobre os recursos naturais e as atuais formas de ocupação territorial que vem ocorrendo ao longo das últimas décadas no Estado de São Paulo, e principalmente no Município de São Carlos.

O crescimento urbano, processo de conotação espacial com dimensão temporal, ocorre quando as cidades requerem novos espaços para ampliação, decorrentes do crescimento populacional, ou por deterioração de áreas já ocupadas possuindo funções residenciais e serviços, ou ainda pela reorganização funcional de setores centrais da cidade e incorporação de novas áreas além do atual perímetro (ROSSETTI, 2011).

Em consequência, a grande quantidade de estudos sobre o meio ambiente e o crescimento das cidades brasileiras, tem permitido um grande salto qualitativo no que concernem as representações espaciais e geográficas do território, usando-se de ferramentas com grande capacidade de manipular e representar dados computacionais e modelos sistêmicos.

Historicamente, classificação do uso e cobertura da terra e de suas mudanças tem se mostrado um tópico recorrente em meio à comunidade científica que utilizam das geotecnologias como o sensoriamento remoto nos últimos anos. As demandas por estudos neste sentido podem ser justificadas pelo ritmo, magnitude e grandeza espacial sem precedentes que as alterações na biosfera terrestre alcançaram a partir do século XX (LAMBIN et al., 2001).

Tais estudos se concentram na busca por alternativas técnicas e métodos que possam auxiliar na construção de um ambiente urbano que permita a integração dos recursos naturais com o desenvolvimento ambiental.

As geotecnologias - (Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto, cartografia digital, entre outros) revelam-se ferramentas indispensáveis para sociedade nos dias atuais por permitirem análises de propostas para o planejamento territorial em decisões complexas, criando subsídios para tomada de decisões referentes a diversas ações que relacionam planejamento e gestão territorial.

A dinâmica do meio natural é influenciada por distintos elementos e condicionantes, que, estão relacionados a diferentes fatores econômicos, sociais e ambientais.

Com a finalidade de ordenar racionalmente a ocupação desses espaços, é necessário que exista um planejamento para o uso e ocupação do solo, com informações sobre a tendência do crescimento urbano e o padrão da ocupação, bem como sobre as características ambientais e os diferentes fatores e/ou agentes envolvidos (ROSSETTI, 2011).

O desafio aumenta à medida que as áreas disponíveis para expansão nos municípios estão mais escassas e distantes do núcleo urbano, especialmente quando se observa que esses locais muitas vezes apresentam características do meio físico menos favorável à instalação de empreendimentos ou projetos menos impactantes (STANGANINI, MOLINA JR & LOLLO, 2010).

As limitações tecnológicas, sem dúvida são os maiores entraves para simulação e modelagem de cenários que levam em consideração a perspectiva de previsão futura gerando complexidade e incertezas na descrição do produto gerado.

O conhecimento do meio físico (geomorfologia, hidrologia, clima, geologia, uso do solo) torna-se cada vez mais importante por ser este o suporte de todas as atividades antrópicas presentes e futuras, e o domínio de processos de análise da dinâmica dos mesmos é imprescindível para a tomada de decisão quanto a alternativas locacionais e técnicas de tais propostas.

Assim como base dos processos naturais (ecossistema, biodiversidade), sendo imprescindível na compreensão dos processos atuantes nos usos da terra, o meio físico e seus condicionantes naturais.

Há uma grande diversidade de metodologias que visam à modelagem da dinâmica espacial, que segundo Câmara e Almeida (2003), diferenciam se pelas características e objetivos que cada modelo vai ser construído e seus respectivos dados de entrada, como hidrografia, topografia, declividade entre outros.

Existe uma grande quantidade de softwares que tem sido desenvolvido para auxiliar estas questões técnicas, em aplicações que utilizam de dados ambientais, que em especial, tem como fator preponderante a prestação de serviços ligados a informação geográfica.

Dentre as metodologias que utilizam as características da modelagem da dinâmica espacial na previsão de cenários futuros podemos citar Soares-Filho (1998), Almeida (2003), Câmara (2003), Godoy (2004), Rodrigues (2007), Cuevas (2008) dentre outros.

A delimitação de uma área de estudos para modelagem da dinâmica espacial vai variar entre um trabalho e outro, em que o objeto de estudos pode ser a unidade espacial, bacia hidrográfica, unidades geomorfológicas, limites municipais e a área urbana, etc.

É importante salientar que na atual mudança de paradigma entre planejamento urbano tradicional, voltado apenas para questões econômicas e os núcleos centrais do município, e o planejamento ambiental pensando na gestão territorial a partir das questões prioritárias como os recursos naturais e seus condicionantes, a ordenação e o monitoramento por meio de ferramentas que deem subsídio técnico para gestão do território vem ganhando grande espaço entre os planejadores em todas as instancias.

A dinâmica do meio físico e os seus atributos é responsável por distintos fatores, os quais associados meio socioeconômico tendem a condicionar a ocupação de diferentes maneiras. Os condicionantes podem ser divididos em dois grupos: os de ordem natural como geologia, pedologia, geomorfologia, hidrológicos e climáticos, e os de ordem humana, como atividades humanas em geral.

Além do crescimento populacional, o desenvolvimento das atividades produtivas tem acelerado a degradação do solo ocasionando processos erosivos, assoreamento, comprometimento de recursos hídricos superficiais.

Estudos que relacionam ferramentas de geotecnologias na avaliação de condicionantes ambientais têm demonstrado grande potencialidade na solução de problemáticas relacionadas à ocupação e uso do solo, dando subsídio técnico nas ações de ordenamento e planejamento tanto urbano como regional.

Segundo STEYAERT (1993 apud Soares-Filho, 2003) os modelos podem ser classificados genericamente em três grandes grupos: escala ou réplica, conceitual e matemático. Um modelo em escala ou réplica consiste, em geral, numa redução análoga ao original. Por sua vez, os modelos conceituais modelam processos através da construção de blocos diagramas que mostram o sistema principal, processos e inter-relações qualitativas entre os subsistemas. Já os modelos matemáticos utilizam-se de sistemas de equações na construção do modelo. Modelos matemáticos podem ser classificados em determinísticos ou estocástico-probabilísticos (estatísticos).

Segundo NOVAES (1982):

um modelo pode ser ainda considerado como descritivo, quando tem por objetivo apenas o entendimento da estrutura do sistema. Eles constituem, por assim dizer, “uma vitrine da realidade sem que se possa atuar sobre ela” Segundo este autor, um modelo descritivo que envolva a análise paramétrica de seus diversos estados, através da variação dos elementos do sistema e de suas relações, é denominado de modelo exploratório.

Modelos de simulação espacial visam auxiliar no entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar o processo de evolução diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais.

Em efeito, modelos de simulação espacialmente explícitos têm recebido atenção por parte de pesquisadores de diversas áreas, sendo usados para avaliação de complexas questões ambientais, como no exemplo da influência das mudanças climáticas no turismo da ilha de Santa Lúcia (White *et al.*, 2000), determinantes espaciais do desmatamento nas Filipinas e Malásia (Verburg *et al.*, 2002) e resposta da paisagem a diferentes cenários de gerenciamento de bacias

hidrográficas (Costanza *et al.*, 1992). Sob esse contexto, foi desenvolvido o software Dinamica como um instrumento para investigação de trajetórias de paisagens e dinâmica de fenômenos espaciais (SOARES-FILHO *et al.* 2002, SOARES-FILHO, 2006).

Existem diferentes modelos que incluem diferentes abordagens, como, os exploratórios que incluem a variável tempo, com a projeção de alguns seus elementos básicos, são denominados preditivos ou de simulações. Estes são também considerados modelos dinâmicos, posto que descrevam o processo de evolução de um sistema ao longo do tempo (SOARES-FILHO, 1998).

Em particular, os modelos de simulação de sistemas ambientais auxiliam na compreensão de seu funcionamento e evolução e com isso nos permitem prognosticar os impactos e implicações, para a sociedade e a natureza, de possíveis trajetórias assumidas sob determinados conjuntos de condições circunjacentes, as quais se traduzem por cenários socioeconômicos, políticos e ambientais (SOARES-FILHO, 2008).

Várias disciplinas já utilizaram-se de modelos para descrever a evolução de padrões espaciais, como por exemplo: a Geografia, Ecologia, Demografia e Hidrologia. Os modelos atuais de paisagem incluem ou são derivados da experiência prévia dessas disciplinas na arte de modelar as feições do espaço geográfico (SOARES-FILHO, 1998).

Segundo Liverman *et al.*, (1998), os sistemas ambientais possuem expressão territorial, os modelos de simulação em questão configuram representações espaço-temporais desenvolvidas sobre plataformas de sistemas de informação geográfica – SIG. Portanto, daí advém a importância do geoprocessamento como instrumento transdisciplinar e meio de integração multidisciplinar com aplicação não só nas ciências naturais, mas também com crescente popularização nas ciências humanas e sociais.

Algumas plataformas possuem interfaces gráficas por meio das quais o usuário pode construir os modelos, sendo uma opção às linhas de comando. No caso do Vensim® (Ventana Systems, Inc., 2009), Simulink® (Mathworks, Inc., 2010), Dinamica EGO (SOARES-FILHO *et*

al., 2002) e Stella® (isee Systems, n.d.), por exemplo, os modelos podem ser construídos utilizando uma combinação de blocos e conectores, formando uma espécie de fluxograma que representa os processos que estão sendo modelados.

Os softwares, TerraME (CARNEIRO, 2006) e Dinamica EGO (SOARES-FILHO et al., 2002) são plataformas de modelagem específica para modelos ambientais, em especial, o TerraME e o DINAMICA EGO que permitem uma abordagem espacial dos fenômenos (Lima, 2011).

O DINAMICA EGO foi concebido como um software genérico de modelagem de mudanças ambientais, por isso, ele tem sido aplicado a uma variedade de estudos que incluem a modelagem de expansão urbana e dinâmica interurbana (Almeida *et al.*, 2003; Godoy e Soares-Filho, no prelo), avaliação de propostas de zoneamento ecológico-econômico (Castro *et al.*, submetido) e modelagem de desmatamento tropical desde uma escala local a da bacia Amazônica (SOARES-FILHO *et al.*, 2002; 2004; 2006).

O programa DINAMICA EGO foi desenvolvido, tendo como base a fundamentação teórica e a experiência prévia de modelagem de paisagem. Ele foi concebido para simular a dinâmica de paisagem em áreas de colonização amazônica ocupadas por pequenos colonos - propriedades com tamanho igual ou menor que 100 hectares (Cf. SOARES-FILHO, 1998).

O ambiente de modelagem do DINAMICA EGO envolve uma série de operadores chamados de *functores* (*functors*). Um *functor* pode ser entendido como um processo que atua sobre um conjunto de dados de entrada sobre o qual é aplicado um número finito de operações, produzindo como saída um novo conjunto de dados.

As variáveis de entrada são divididas em estáticas e dinâmicas. As primeiras são aquelas que não variam no decorrer da simulação e incluem: altimetria (Alti), declividade (Dec), distância a rios (Dist\_rios), distância a vias de acesso (Dist\_vias) e unidades de conservação de proteção integral (UPCI). As variáveis dinâmicas são as que variam ao longo da simulação e compreendem

as distâncias das próprias classes de uso e cobertura da terra (Dist “classe de uso e cobertura da terra”).

A modelagem foi realizada no programa DINAMICA EGO. Este programa realiza as simulações com base no método de pesos de evidência, em um processo estocástico, utilizando o paradigma de autômatos celulares. As etapas descritas neste estudo assim como conceitos e fórmulas podem ser consultados detalhadamente em Soares-Filho et al. (2002) e Almeida (2003). O processo de modelagem no DINAMICA EGO pode ser dividido em três etapas: parametrização, calibração e validação.

A maioria dos métodos que trabalham com a modelagem da dinâmica espacial, e que envolvem a análise, séries multitemporais e previsão de cenários utiliza como fonte uma série histórica de imagens de diferentes sistemas sensores, que consegue demonstrar as alterações sofridas durante um determinado período de tempo.

É importante ressaltar que essas mudanças e previsões muitas vezes não podem ser detectadas quando de desastres naturais recentes, mudanças em políticas públicas e principalmente quando englobe questões de relevância econômica em um curto período de tempo.

De acordo com Pedrosa e Câmara (2004), o objetivo dos modelos espaços-temporais é a simulação numérica de fenômenos do mundo real em que seus estados modificam-se ao longo do tempo e em função de diversas condições de entrada. Os modelos de SIG dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo.

Segundo Soares-Filho et al (2002), o DINAMICA é um modelo de simulação espacial do tipo AC (autômatos celulares no qual as células interagem entre si de maneira dinâmica estabelecendo relações de vizinhança, considerando seu estado prévio e regras de transição, respeitando um intervalo de tempo assumido, de maneira semelhante com seres animados), que utiliza um conjunto de mapas como entrada, correspondendo a um mapa da paisagem inicial, por

exemplo, um mapa de uso da terra, um mapa do tempo de permanência de cada célula no seu estado atual e um conjunto de variáveis cartográficas, subdivididas em estáticas e dinâmicas.

Os autores ressaltam ainda que o software é utilizado como um instrumento de investigação da trajetória de paisagens e da dinâmica de fenômenos espaciais por ser um modelo genérico de mudanças.

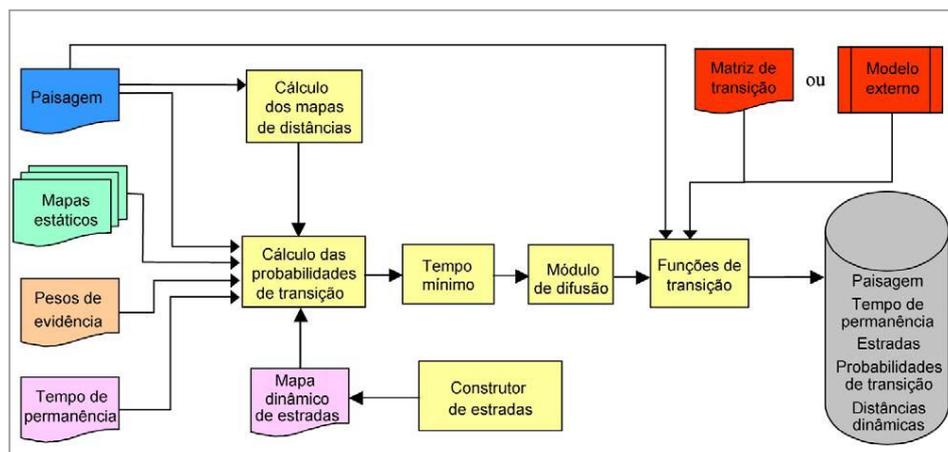
Delegando a dinâmica espacial um papel importante em conjunto com sensoriamento remoto urbano, destinando-se a simular, em ambiente computacional, fenômenos dinâmicos espaciais que ocorrem no meio urbano.

Mudanças de uso do solo, dinâmica de tráfego, fluxo de pedestres, enchentes, dispersão de poluentes atmosféricos, praticamente qualquer forma de fenômeno dinâmico observado em áreas urbanas pode ser modelada por meio de modelos estatísticos e plataformas computacionais específicas, alimentadas por mapas digitais de cidades, elaborados e/ou refinados por imagens de satélite.

As plataformas de modelagem se apresentam como um espaço de trabalho no qual o usuário constrói modelos a partir da combinação de funções pré-definidas existentes nas bibliotecas do programa. As funções podem ser fechadas, nas quais o usuário insere apenas os valores dos parâmetros necessários para sua execução, ou abertas, nas quais o usuário tem a liberdade de definir uma expressão matemática ou lógica do seu interesse (LIMA, 2011).

A figura 15 demonstra a arquitetura de modelagem e o processo do software DINAMICA EGO, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Figura 15 – Arquitetura do software DINAMICA EGO.



Fonte: SOARES-FILHO, 2003.

O software livre DINAMICA permite a construção de modelos espacializados, por meio de análises dinâmicas complexas, que podem envolver interações aninhadas, retroalimentações dinâmicas, abordagem multirregional, manipulação e combinação algébrica de dados em vários formatos, tais como: mapas, tabelas, matrizes e constantes, e uma série de algoritmos para a análise e simulação de fenômenos espaço-temporais (SOARES-FILHO *et al.*, 2002).

O modelo espacial dinâmico, para Burrough e McDonnel (1998), sintetiza a superação da modelagem em relação às limitações das ferramentas de geoinformação.

Modelos autômatos celulares, ACs, que transmitem a ideia de representação das cidades como células e transições urbanas como regras, conquistam cada vez mais usuários pelo fato de se articularem bem com dados matriciais muito usados em SIG (BATTY, 2007).

Os ACs podem ser entendidos como sistemas formais baseados em grades, representando os processos de mudanças célula a célula, como um mapeamento do estado atual de uma célula e das suas vizinhas para o estado da mesma no instante de tempo seguinte (ALMEIDA, 2003).

No modelo baseado em AC, o estado de cada célula depende de seu estado anterior, além de um conjunto de regras de transição, de acordo com o arranjo específico de certa vizinhança,

sendo todas as células atualizadas simultaneamente a passos discretos de tempo (SOARES-FILHO et al., 2002).

É importante salientar que a modelagem de dados espaciais, caminha para uma abordagem híbrida, não somente mesclando tipologias de modelos como também tomando partido de uma multiplicidade de técnicas de análise espacial que envolvem fortemente a álgebra de mapas (Tomlin, 1990) aliada às técnicas estatísticas clássicas ou espaciais, como regressão por defasagem espacial (Caldas *et al.*, 2007), métodos bayesianos, como pesos de evidência (Soares-Filho *et al.*, 2004), regressão geográfica (Fotheringham *et al.*, 2002) até mesmo métodos heurísticos avançados, como redes neurais (Mas *et al.*, 2004), algoritmos genéticos (Mason, 2005), lógica fuzzy (Sawyer & Beltrão, 1991; Hagen, 2003), entre outras.

## **CAPÍTULO V - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES**

### **5.1 Mudanças no Uso e Ocupação da Terra**

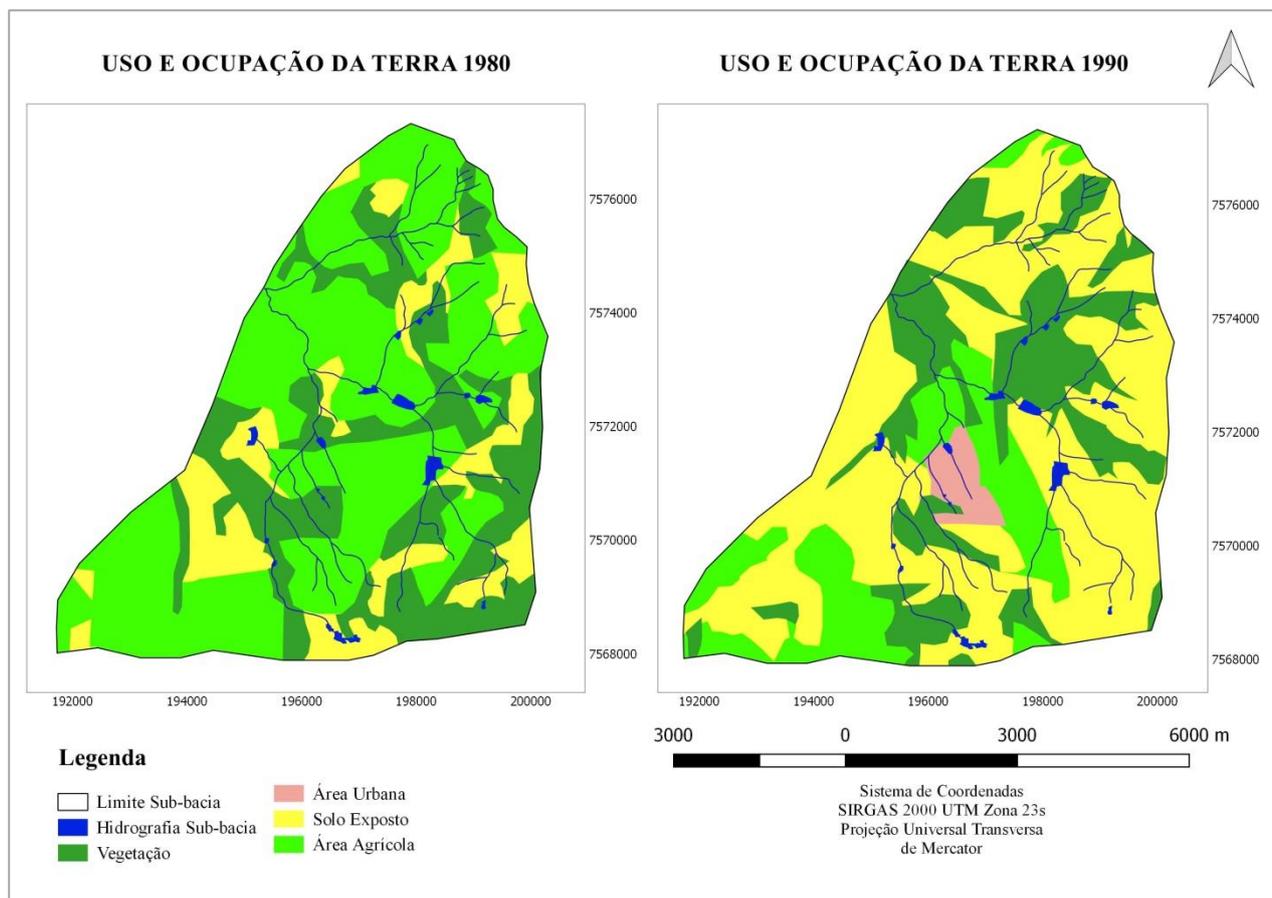
A unidade estudada durante o trabalho representa uma área de 340 km<sup>2</sup>, escolhida por representar uma parcela significativa do processo de urbanização e crescimento da área urbanizada do Município de São Carlos entre os anos de 1980 a 2010. Caracterizando, o que pode ocorrer no processo, se não for tomadas medidas para conter tal crescimento, e a perspectiva de cenário caso isso não venha a ocorrer. Com isso, pode-se concluir que, a modelagem de informações ambientais com previsão de cenários e seus diferentes usos tendem a ser uma perspectiva para trabalhos que levem em consideração o crescimento das áreas urbanas em Cidades de médio porte como São Carlos.

Desta forma, foram levantados e estudados a dinâmica do uso da terra através dos mapas de uso e ocupação dos anos de 1980, 1990, 2000 e 2010. Sendo, as classes de análise para o uso e ocupação da terra: área urbanizada, área agrícola, solo exposto, vegetação e hidrografia. Como parâmetro para uma perspectiva sobre o processo de urbanização e pelo tempo estimado que a pesquisa teve, neste caso início de 2013 e término em 2016, foi elaborado o mapa de uso e ocupação da terra para o ano de 2015, e a partir desta última construção a geração das informações para calibração, parametrização e validação das informações.

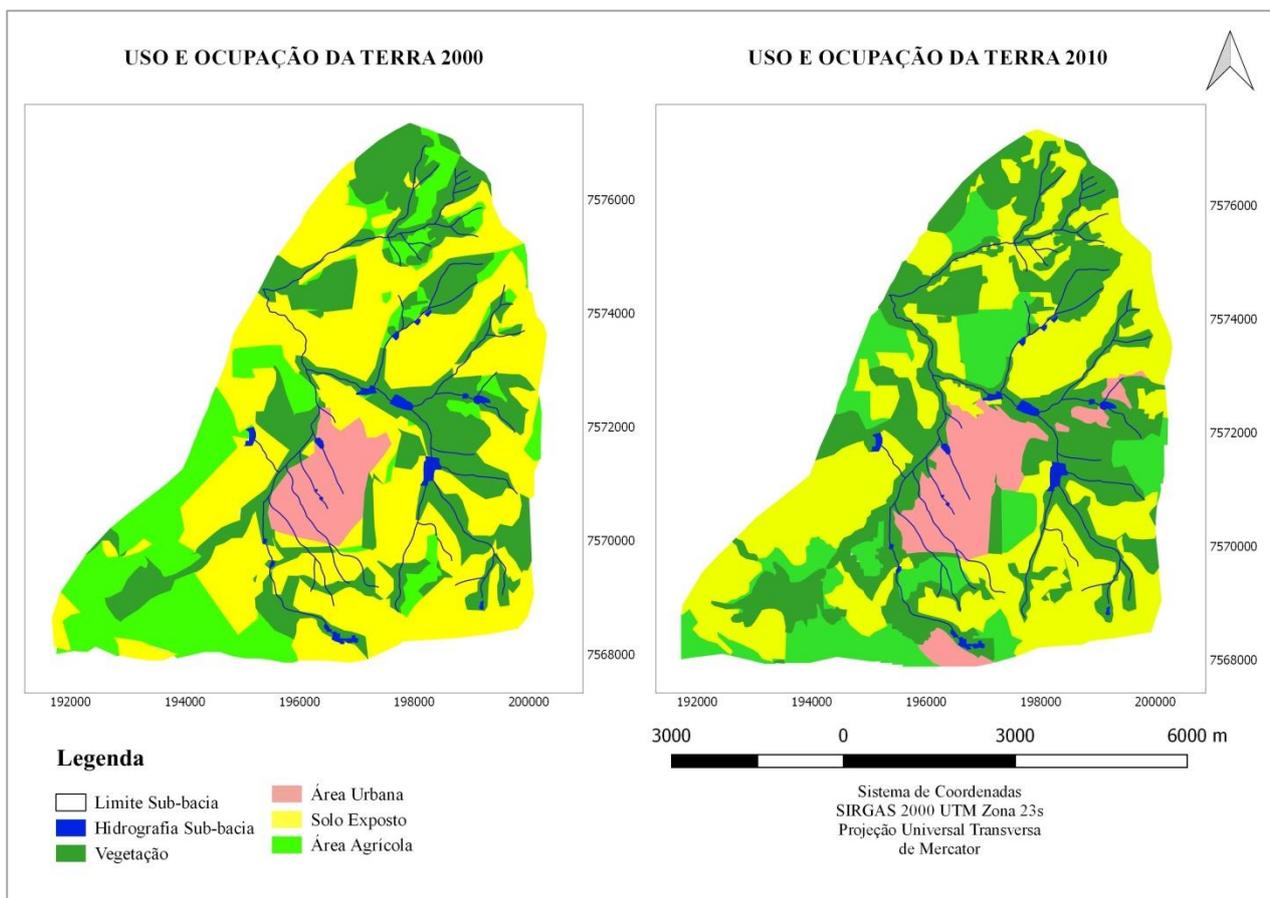
Como parte do processo de calibração da área de estudos, foi escolhida uma unidade que congrega e demonstre o processo de expansão urbana do Município, neste caso, a sub-bacia do Chibarro, por ter pouca variação no uso e ocupação da terra, e por ser a menor área de expansão dentro do raio delimitado para construção dos cenários e simulações do trabalho.

O processo de ocupação desta região é recente, e demonstra todo o potencial de crescimento que houve nas últimas décadas no município. Entre os anos de 1984 e 1990 não existia ocupação, a partir de 1990 o crescimento ocorreu de forma gradativa, intensificando ao longo dos últimos anos, como pode ser observado nas figuras 17 e 18.

As figuras 17 e 18 representam os mapas de uso e ocupação da terra na sub-bacia para os quatro períodos citados acima.



Fonte: Próprio Autor.



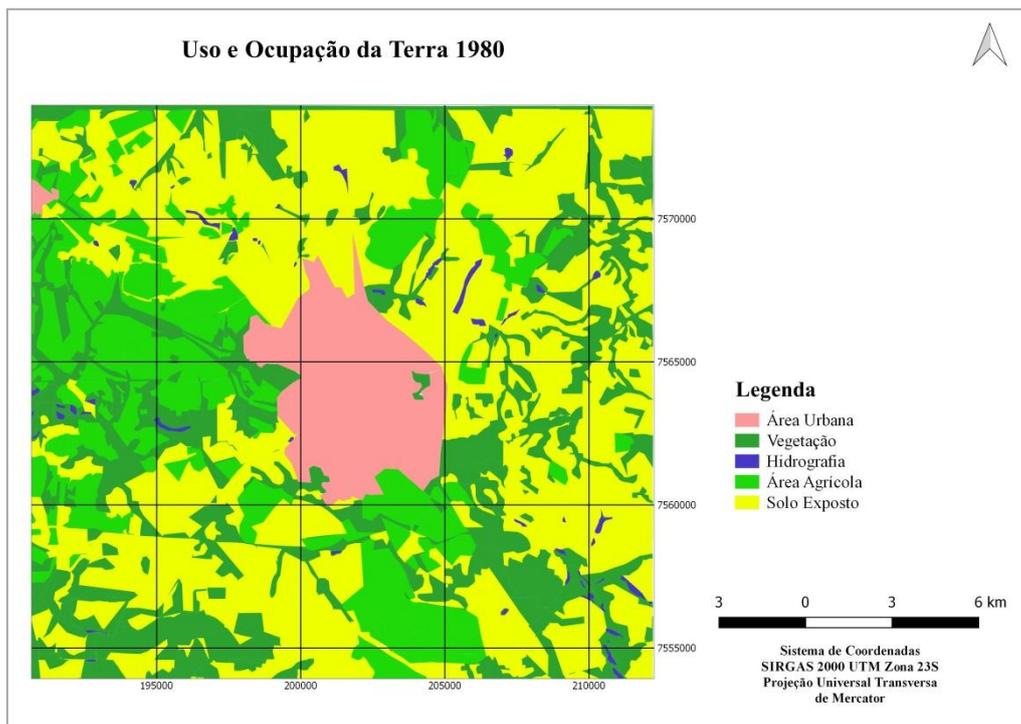
Fonte: Próprio Autor.

Conforme os objetivos e a metodologia adotada, que visou analisar a modelagem da dinâmica espacial das mudanças no uso da terra na área urbana do Município de São Carlos são apresentados os resultados para os períodos de simulações de 1980 a 1990, 1990 a 2000, 2000 a 2010 e simulações para prognósticos de cenários 2010 a 2020 (10 anos) e 2010 a 2030 (20 anos), conforme os itens que se seguem.

Foram gerados produtos temáticos por meio de imagens de Sensoriamento Remoto do sensor MSS, TM e TM+ do Satélite LANDSAT, os quais foram tratados e inseridos no Banco de Dados da Plataforma DINAMICA EGO. Os dados retirados das imagens representam os mapas de uso da terra, relativos aos anos de 1980, 1990, 2000 e 2010, respectivamente, ilustrados nas Figuras 19, 21, 23 e 25, assim como a composição das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT, nas figuras 20, 22, 24 e 26..

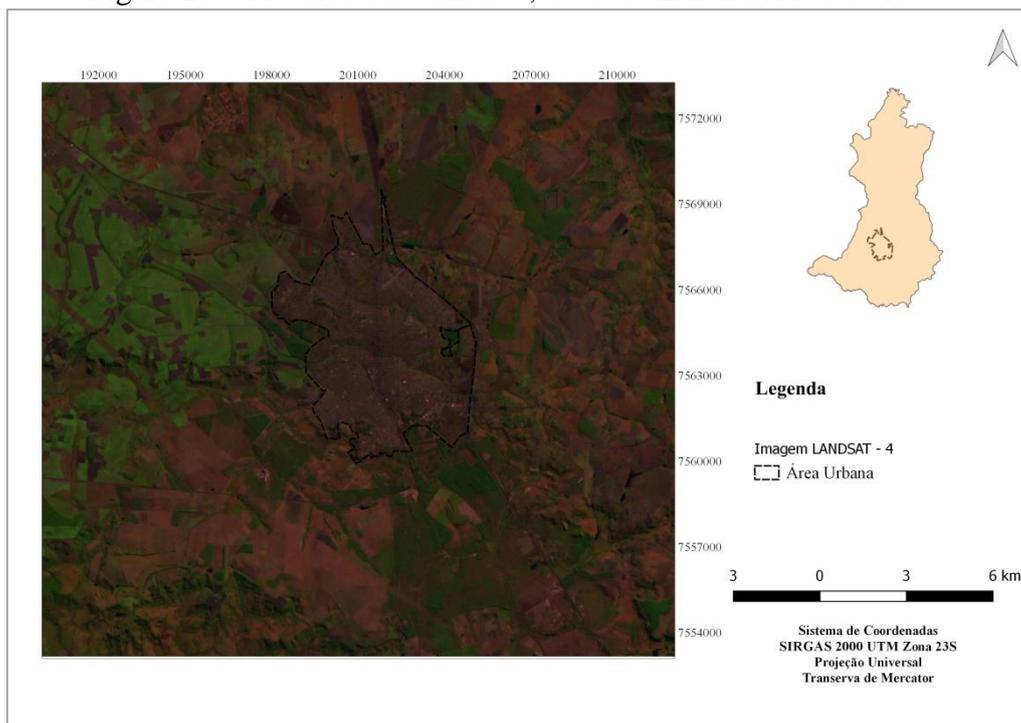
Por outro lado, os mapas de transição do uso do solo relativos aos períodos de 1980 a 1990, 1990 a 2000 e 2000 a 2010 não serão aqui apresentados devido ao número de classes geradas resultantes das múltiplas interações e combinações que foram desenvolvidas a partir dos mapas iniciais das classes do uso da terra.

Figura 19 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 1980.



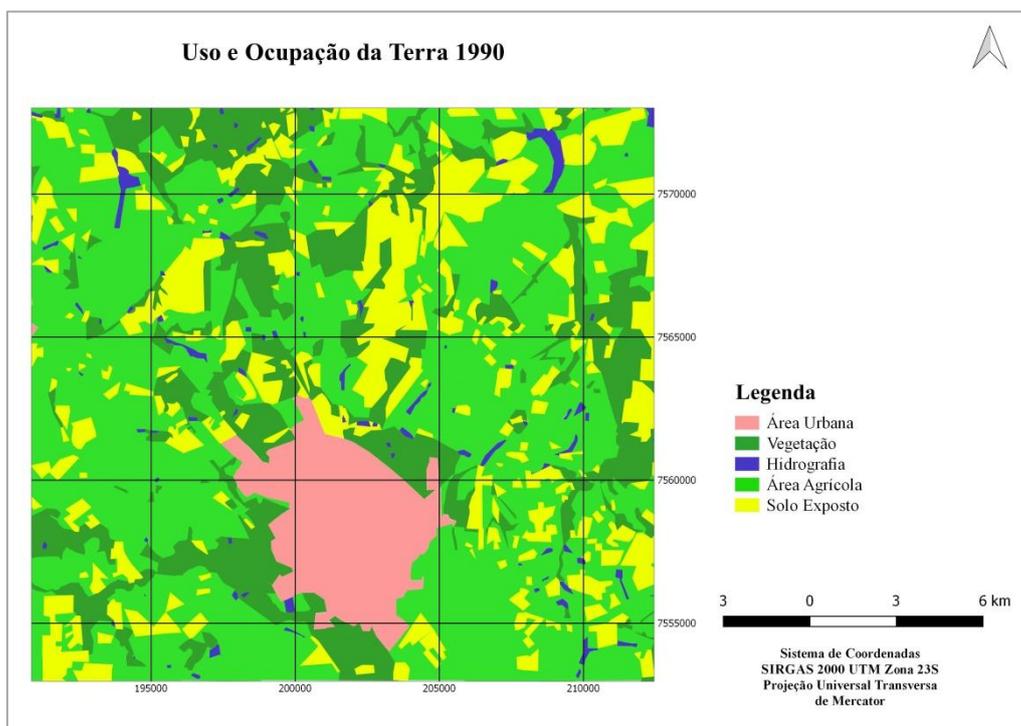
Fonte: Próprio Autor.

Figura 20 – Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT-4 de 1980.



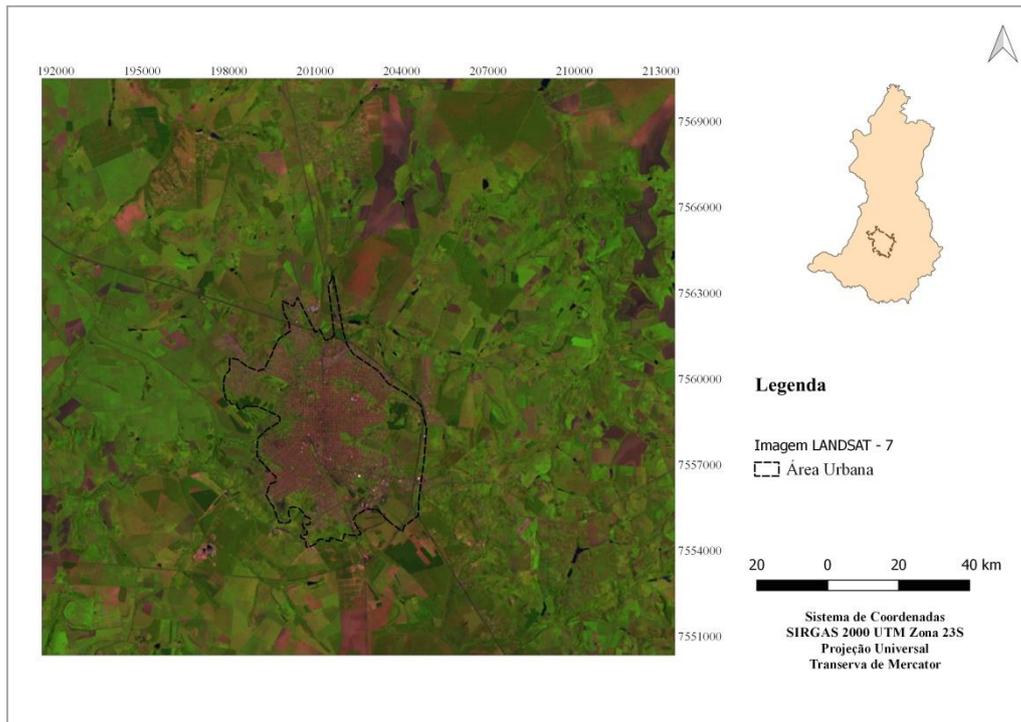
Fonte: Próprio autor.

Figura 21 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 1990.



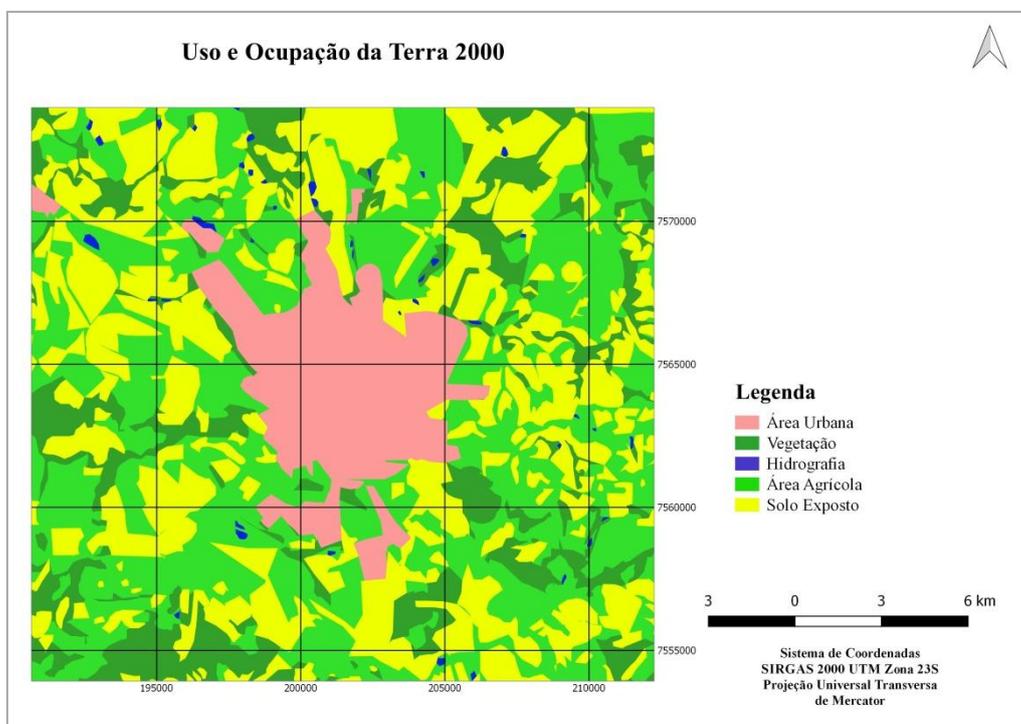
Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 5.



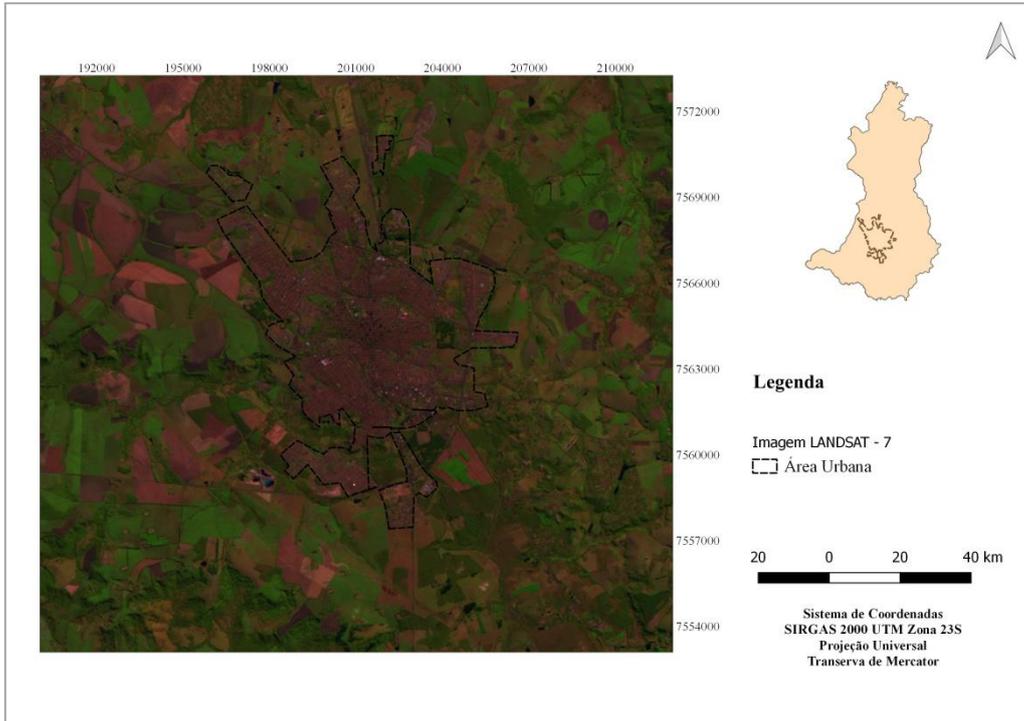
Fonte: Próprio autor.

Figura 23 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 2000.



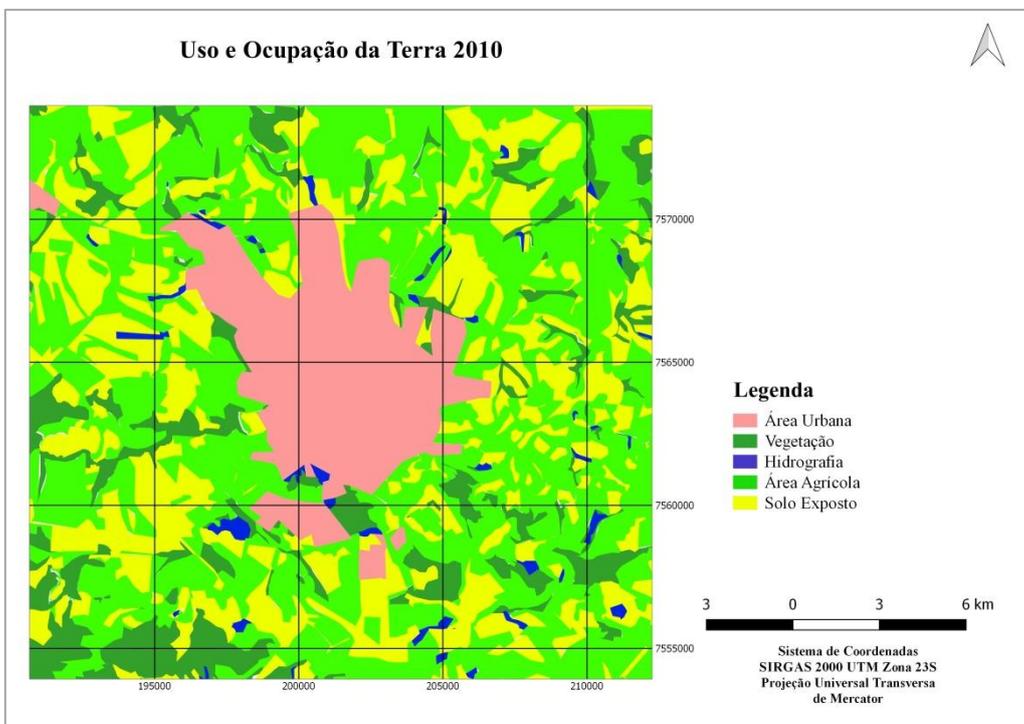
Fonte: Próprio autor.

Figura 24 – Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 7.



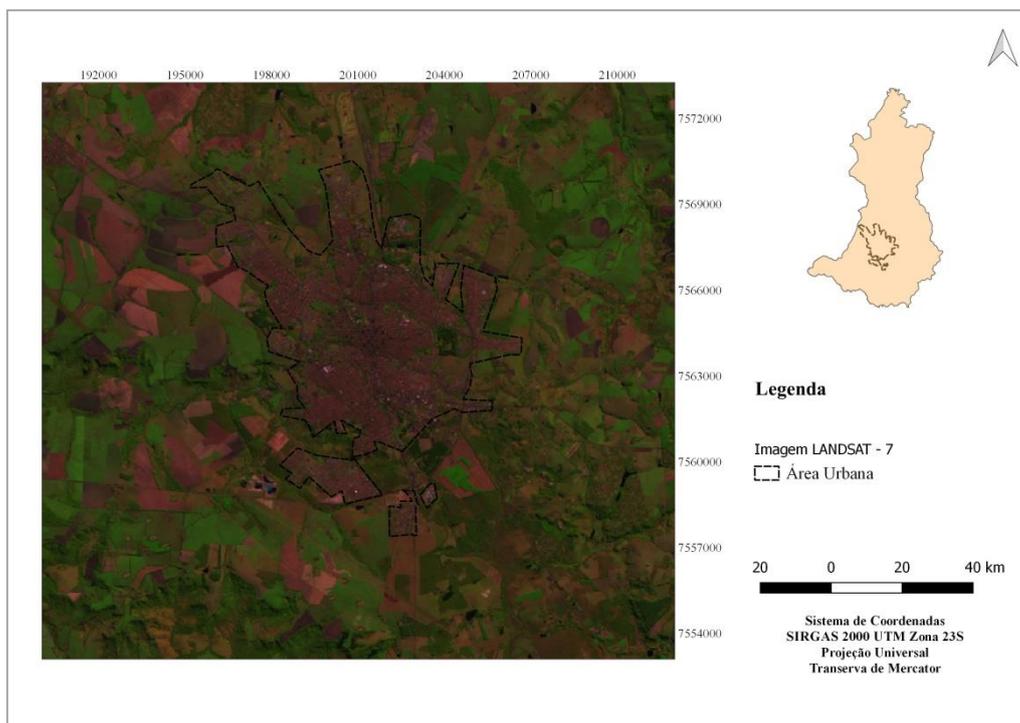
Fonte: Próprio autor.

Figura 25 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos de 2010.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26 – Mosaico das bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT- 7.



Fonte: Próprio autor.

O desenvolvimento de modelos espaço-temporais, nos quais o estado ou o atributo de certa localização geográfica muda com o passar do tempo em resposta a um conjunto de forças motoras é um pré-requisito crucial para modelagem ambiental e, portanto, abre uma vasta gama de possibilidades para rerepresentação dos fenômenos dinâmicos (SOARES-FILHO, 2003).

## 5.2 Calibração do Modelo

### 5.2.1 Matriz de Transição Proposta Teste Sub-bacia Chibarro

A partir dos mapas de uso da terra inicial e final dos respectivos anos de correspondentes aos períodos de 1984 a 1990; 1990 a 2000 e 2000 a 2010, foram calculadas as matrizes de transição no software DINAMICA EGO a partir da tabulação cruzada dos mapas utilizados.

Cada classe selecionada recebeu uma numeração, que vai ser utilizada para o cruzamento das informações, sendo: 1 – Área Agrícola, 2 – Área Urbanizada, 3 – Vegetação, 4 – Hidrografia e 5 – Solo Exposto.

As tabelas 1, 2 e 3 representam as transições encontradas na sub-bacia do Chibarro. Pode-se concluir, que, por meio da matriz de transição (tabela 1), que a transição mais relevante no que tange a sub-bacia, no período de 1984 a 1990 foi à alteração (mudança da área) entre área agrícola para área urbanizada. Fruto do início do processo de ocupação urbana da área por condomínios de alto padrão, visto que neste período da década de 90 começam a proliferar os condomínios e loteamentos fechados e de alto padrão no Município de São Carlos e em Municípios de médio porte do Estado de São Paulo, como afirma Sposito (1998).

**Tabela 1 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1984 a 1990.**

Classes		1990				
		1	2	3	4	5
1984	1		4,56%	-----	-----	-----
	2	-----		-----	-----	-----
	3	2,84%	4,99%		-----	3,85%
	4	-----	-----	-----		-----
	5	10,21%	20,31%	1,99%	-----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

A matriz de transição (tabela 2) referente ao período entre 1990 a 2000 nota-se que o houve uma alteração significativa entre as classes vegetação para área agrícola, e solo exposto para área urbanizada, sendo um dos períodos de mudanças e alterações mais significativos.

**Tabela 2 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1990 a 2000.**

Classes		2000				
		1	2	3	4	5
1990	1		-----	5,80%	-----	90,00%
	2	20,31%		7,90%	-----	
	3	7,11%	5,75%		-----	1,74%
	4	-----	-----	-----		-----
	5	90,00%	-----	10,75%	-----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

Na tabela 3 referente ao período de transição entre 2000 e 2010 na sub-bacia do Chibarro, ocorre as maiores alterações nos usos e mudanças. Podemos observar que os percentuais

aumentaram gradativamente quando comparados com as transições anteriores. No caso da classe área urbanizada, a área teve um aumento de mais de quase 50% frente ao período de 1990 e quase 50% frente ao período em questão (2010). A classe vegetação também teve uma perda referente ao período anterior, menos significativa em porcentagem, o que indica um recuo do processo de degradação e supressão da vegetação nativa para outros usos.

A classe de área agrícola e solo exposto podem ser explicados pela alternância entre as atividades e os períodos, já que em todos os dados estudos do processo houve uma mudança, entre perda e ganho de porcentagem entre ambas. Dentre as classes estudadas, foram a que menos tiveram alternância e transição. No que concerne às mudanças de uso da terra, a maior transição ocorreu entre a vegetação para área urbanizada.

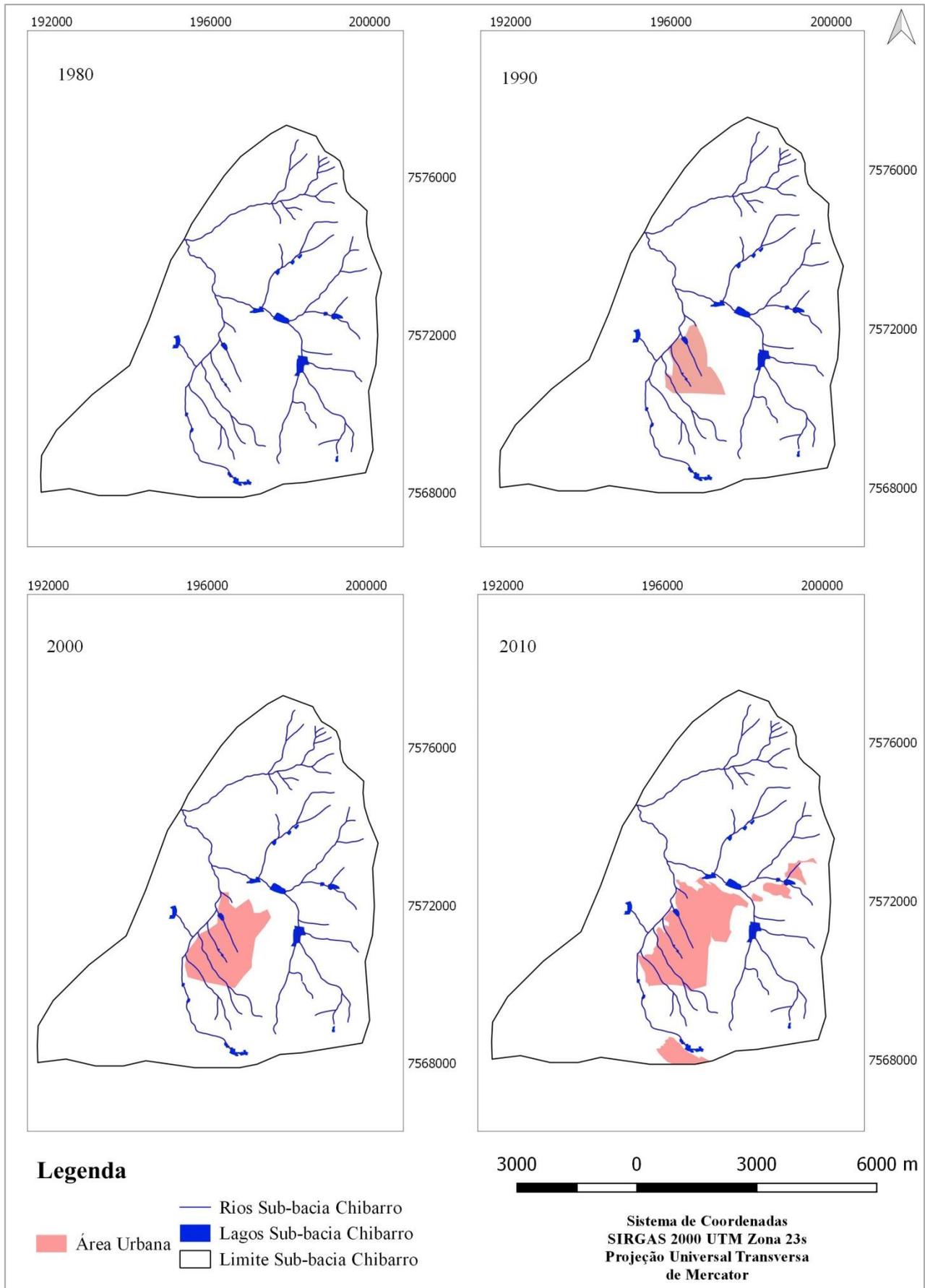
Sendo que a área urbanizada tinha em 1984 zero porcentagem, em 1990 1,5 km<sup>2</sup>, em 2000 a área já tinha 2,9 km<sup>2</sup> e em 2010 a área já era de 4,8 km<sup>2</sup>, sendo assim a maior alteração na taxa de transição.

**Tabela 3 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 2000 a 2010.**

Classes		2010				
		1	2	3	4	5
2000	1		20,90%	----	----	80,21%
	2	----		5,75%	1,76%	15,34%
	3	6,74%	7,85%		----	3,76%
	4	----	----	----		----
	5	20,05%	30,75%	----	----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

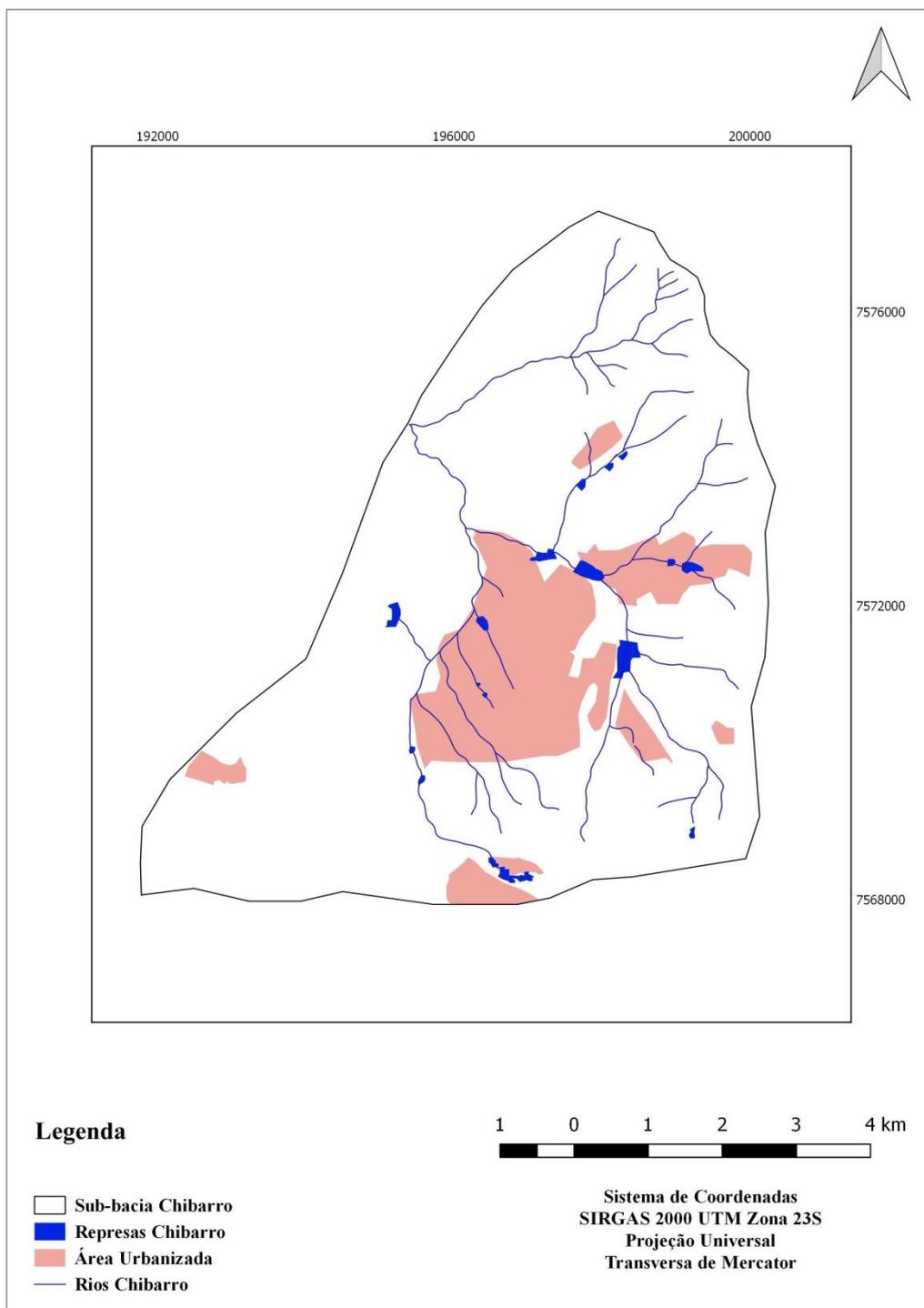
Figura 27 – Evolução da Área Urbanizada na Sub-bacia do Chibarro entre os anos de 1980 a 2010.



Fonte: Próprio autor.

A figura 28 representa a atual situação da área urbanizada na sub-bacia do Chibarro, caracterizando que o processo de ocupação e crescimento urbano do município continua em curso. Utilizando as mesmas práticas encontradas até o momento no trabalho, supressão de vegetação nativa, troca de usos da terra e uso de áreas estratégicas do ponto de vista de localização.

Figura 28 – Área Urbanizada da Sub-bacia do Chibarro no ano de 2016.



Fonte: Próprio Autor.

## 5.2.2 Matriz de Transição

Neste modelo foram calculados os pesos de evidência na matriz de transição, tendo como entrada os dados e os mapas relacionados ao uso e ocupação da terra, inicial e final, o cubo com as variáveis e o arquivo de intervalos das variáveis contínuas, correspondentes aos períodos de 1980 a 1990, 1990 a 2000 e 2000 a 2010.

Na saída deste modelo, foi gerado o arquivo texto (*weights.dcf*) contendo os pesos de evidência para todos os intervalos de cada uma das variáveis contínuas discretizadas, os quais podem ser visualizados em gráficos e Tabelas no próprio ambiente Dinamica EGO (ROSSETTI, 2011).

No que concerne à área de estudos do trabalho, as matrizes de transição estão nas tabelas 4, 5 e 6. Pode-se observar que no primeiro período de análise as alterações e mudanças não foram tão significativas quanto na área urbanizada, tendo um aumento de pouco mais 1,2 km<sup>2</sup> entre 1980 e 1990. No caso da área agrícola a perda não foi significativa neste período, o mesmo ocorrendo com o solo exposto. Na vegetação, houve uma perda de quase 11 km<sup>2</sup> durante o período. Essa perda está associada à expansão de áreas agricultáveis.

Na primeira matriz de transição da área de estudos não foram observados grandes alterações e transições quanto ao uso e ocupação da terra. Fatores determinantes para esta questão, podem ser explicados pelo momento econômico que assolaram o País naquele período, entre as décadas de 80 e 90, ocasionando atrasos no processo de construção e desenvolvimento econômico.

Tanto o País como o Estado de São Paulo passou por uma recessão econômica, ligada a elevadas taxas de crescimento negativo; cortes nos investimentos e gastos públicos; desestímulos ao investimento privado mediante a adoção de política monetária rígida com as restrições ao crédito e a elevação das taxas de juros; incentivos às exportações de manufaturados; política cambial para ampliar a rentabilidade das atividades exportadoras (NEGRI, 1992).

No final dos anos de 1980, desenvolveu-se uma malha metropolitana integrada pelos eixos de transportes urbanos e pelas autoestradas que servem de transporte local. As periferias e um conjunto de áreas nobres se multiplicaram, representadas pelos conjuntos empresariais ou condomínios residenciais de alta renda, adensadas dentro do espaço metropolitano (CANO et al., 1992).

Segundo Botelho (2009), a dispersão nas áreas metropolitanas caracterizou o espaçamento dos tecidos urbanos dos principais centros; a formação de núcleos urbanos de diferentes dimensões; a transformação do sistema de transporte diário inter-regional, ferroviário e rodoviário, em apoio ao transporte diário intrametropolitano.

**Tabela 4 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1984 a 1990.**

Classes		1990				
		1	2	3	4	5
1984	1		2,35%	----	----	30,47%
	2	----		----	----	----
	3	12,75%	15,20%		----	7,89%
	4	----	1,25%	----		----
	5	24,21%	12,45%	----	----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

A matriz de transição da tabela 5, referente ao período de 1990 a 2000 mostrou grandes alterações no que concernem as mudanças de uso e ocupação da terra. Foi observado um aumento gradual da área urbanizada, que nos anos de 1990 era de 38,9 km<sup>2</sup> foi para 60,01 km<sup>2</sup> em 2000, tendo um crescimento de 22,11 km<sup>2</sup>.

Outra classe que teve um destaque foi a vegetação que em 1990 tinha cerca de 96,98 km<sup>2</sup> na área de estudos foi reduzido para 78,15 km<sup>2</sup> em 2000, uma perda de 18,83 km<sup>2</sup> em 10 anos. A área agrícola e a classe solo exposto tiveram pouca alteração durante o período, demonstrando um ciclo produtivo que pouco foi alterado.

Algumas das razões que podem ser levantadas para explicar a perda da vegetação no período e o aumento da área urbanizada são fatores relacionados à Região Metropolitana de São Paulo e os centros urbanos de maior porte no interior do estado, como Campinas, São Carlos, São José dos Campos e Ribeirão Preto, que são diferenciados pela natureza e dimensão dos mercados de trabalho, representados pelas ocupações técnicas e conjuntos de infraestrutura tecnológica, de ensino superior e de pesquisa, neste período entre 1990 a 2000.

O desenvolvimento econômico, na década de 1990, proporcionou a consolidação de uma hierarquia da rede urbana paulista, organizada ao longo e/ou no entorno de eixos de desenvolvimento, onde estão concentrados a produção, o consumo e a população.

Segundo Brito (2011), o processo de urbanização concomitante com a metropolização demonstrou uma tendência a um maior crescimento dos municípios periféricos em relação às capitais. Período esse que houve um aumento da área urbanizada de municípios de médio porte.

O Estado de São Paulo alcançou níveis elevados de desenvolvimento econômico, acima das médias nacionais. As cidades de médio porte passam uma reestruturação econômica e social, principalmente pelo desenvolvimento do capital imobiliário, expansão das Universidades Públicas, incentivos fiscais e programas em conjunto com o Governo Federal.

**Tabela 5 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 1990 a 2000.**

Classes		2000				
		1	2	3	4	5
1990	1		21,23	2,35	----	15,68%
	2	----		----	----	4,57%
	3	5,67%	7,89%		----	6,51%
	4	1,56%	2,31	----		1,23%
	5	23,45%	12,67%	----	----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

Dentre os períodos analisados, o que apresentou as maiores taxas de transição entre as décadas do trabalho foi entre 2000 e 2010. As transições que tiveram grande significância foram

às relacionadas à vegetação para área urbanizada, solo exposto para área urbanizada neste período, demonstrando uma clara evolução do processo de urbanização que o Município de São Carlos sofreu durante os anos estudados.

Entre 2000 e 2010, a vegetação perdeu cerca de 25,2 km<sup>2</sup> de área para área urbanizada, que cresceu cerca de 20 km<sup>2</sup> no período, passando de 60,01 km<sup>2</sup> em 2000 para 80,82 km<sup>2</sup> em 2010. A classe solo exposto também teve uma perda significativa no período, demonstrando uma clara alteração no processo que vinha ocorrendo nos períodos anteriores.

Parte da classe solo exposto perdeu área para a classe área urbanizada, fruto do processo de crescimento urbano, verificado no período pela grande concentração de novos loteamentos e condomínios fechados de alto padrão próximo às saídas e pontos estratégicos da área urbanizada, ocupando áreas que antes eram de agricultura.

No que tange o processo econômico, há uma reestruturação da lógica territorial do município, onde este consegue uma recuperação da situação durante os anos 2000, principalmente por conta do impulso econômico que ocorre no país como um todo.

Um “boom” de empreendimentos imobiliários surge no Município e nas Cidades de Médio Porte do Estado de São Paulo, caracterizado por condomínios horizontais fechados e de alto padrão econômico.

O município é dotado de duas centenas de empresas consideradas como pertencentes a indústrias de ponta e de alta tecnologia, como por exemplo, desenvolvimento de materiais, ótica, cerâmica, etc. Este processo tem como um dos grandes fatores duas universidades públicas que formam mão-de-obra extremamente qualificada, o município é considerado um polo intelectual e tecnológico, fator esse que atrai empreendimentos, e causando um grande adensamento populacional em toda região direta e indiretamente.

Desta forma, podemos explicar parte do processo de transição, e das altas taxas de troca de usos entre solo exposto para área urbanizada e vegetação para área urbanizada ao longo das últimas décadas, tendo um acentuado crescimento no último período analisado.

**Tabela 6 - Matriz de Transição do Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos 2000 a 2010.**

Classes		2010				
		1	2	3	4	5
2000	1		15,67%	----	----	21,12%
	2	----		----	----	----
	3	5,21%	3,75%		----	2,45%
	4	----	1,43%	----		1,23%
	5	32,45%	24,56%	----	----	

1 – Área Agrícola; 2 – Área Urbanizada; 3 – Vegetação; 4 – Hidrografia; 5 – Solo Exposto.

A tabela 7 apresenta a evolução das classes de uso utilizadas no trabalho, durante os anos de 1980 a 2010. Demonstrando detalhadamente o quanto cada classe evoluiu e perdeu ao longo do período analisado no trabalho (1980 até 2010), como já demonstrados anteriormente nas matrizes de transição.

O processo de urbanização no Município de São Carlos vem ocorrendo de forma análoga ao longo das últimas décadas nas cidades ditas de médio porte do Estado de São Paulo. Fruto do adensamento populacional, da expansão urbana horizontal e principalmente da especulação imobiliária.

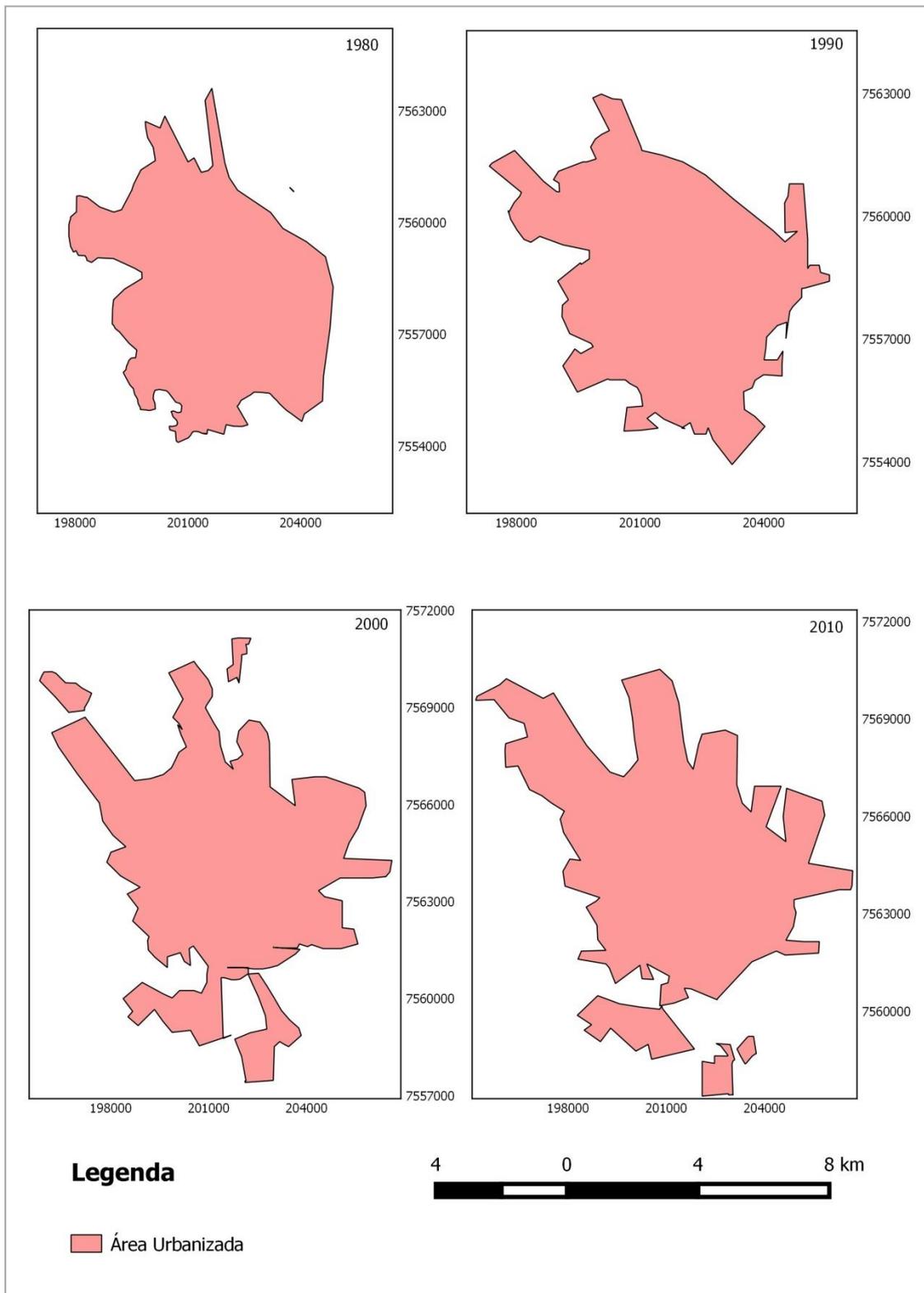
Todas as classes de uso analisadas perderam área/território para áreas urbanizadas, o processo que a mais de 30 anos vem ocorrendo no município. A classe de uso vegetação perdeu no período mais de 50% de sua área (recorte de estudos da tese), o que significa danos ao solo, rios, qualidade do ar, qualidade de vida, perda de biodiversidade entre outras.

**Tabela 7 – Evolução Temporal das Classes utilizadas no trabalho.**

<b>Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudos</b>				
<b>(Recorte da Área Total do trabalho 340 Km<sup>2</sup>)</b>				
<b>Classes de Uso da Terra</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
<b>Solo Exposto</b>	138,72	80,75	94,02	75,29
<b>Área Agrícola</b>	56,17	123,37	107,82	130,94
<b>Vegetação</b>	107,41	96,98	78,15	52,95
<b>Área Urbanizada</b>	37,70	38,90	60,01	80,82

A figura 29 foi obtida através da classificação supervisionada no sistema de informação geográfica Qgis 2.14, com o auxílio do plugin SCP (Semi-Automatic Classification). Delimitando por meio das imagens do LANDSAT 4, 5, 7 e 8 a área urbana em cada ano do trabalho, permitindo uma melhor visualização do objeto pelos mapas gerados.

Figura – 29 Evoluções da Área Urbanizada no Município de São Carlos entre os anos de 1980 a 2010.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 30 – Área Urbanizada do Município de São Carlos em 2016.



Fonte: Próprio Autor.

**Tabela 8 - Matriz de Probabilidade de Transições de Classes de Uso da Terra entre 1980 a 2010.**

<b>Transição de Uso</b>	<b>Probabilidade de Transição %</b>
Área Urbanizada para Vegetação	1,2
Área Urbanizada para Solo Exposto	0,1
Área Urbanizada para Área Agrícola	0,1
Vegetação para Solo Exposto	11,25
Vegetação para Área Agrícola	10,67
Vegetação para Área Urbanizada	7,89
Solo Exposto para Vegetação	2,7
Solo Exposto para Área Agrícola	77,21
Solo Exposto para Área Urbanizada	15,56
Área Agrícola para Vegetação	N
Área Agrícola para Área Urbanizada	5,75
Área Agrícola para Solo Exposto	70,89

Fonte: Próprio Autor.

Observando os valores da tabela 8, as expressivas transições entre as classes vegetação para área urbanizada, particularmente resultante da expansão da área urbana ocorrida em quase todo o período de análise do trabalho. Tendo um grande pico entre as décadas de 1990 para 2000 e 2000 para 2010. As outras respectivas classes não tiveram uma mudança ou alteração significativa.

### 5.2.3 Variáveis Estáticas

Como base nos resultados obtidos com as matrizes de transição, o próximo passo foi a definição e escolha das variáveis estáticas. Após alguns testes, que levaram em consideração a influência destas sobre as transições que ocorrem durante os períodos de 1980 a 2010, foi realizada a escolha das variáveis.

Assim como as variáveis estáticas, foram utilizados os mapas referentes à distância das classes como maior influência e possibilidade de alterações e mudanças, elaboradas pelo operador Calc Distance Map.

Esse *functor* calcula um mapa que representa a distância entre uma célula e as células mais próximas de dada uma categoria especificada. A distância calculada é a distância euclidiana e

sendo a unidade métrica o metro (DIAS, 2011). Desta maneira, foram utilizadas as variáveis que obtiveram os melhores resultados durante a análise, a tabela 9 representa essas variáveis.

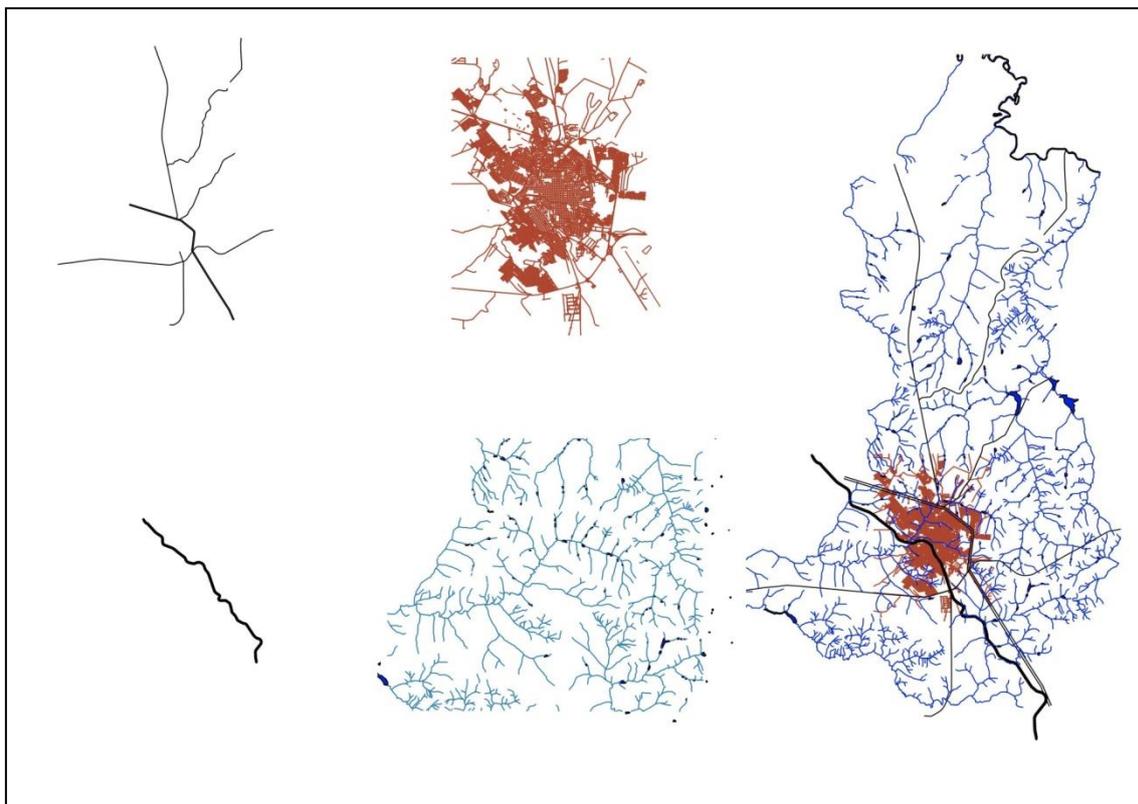
**Tabela 9 – Variáveis Estáticas selecionadas.**

<b>Variáveis Estáticas</b>	<b>Área Teste (Sub-bacia do Chibarro).</b>	<b>Área de Estudos da Tese</b>
Distância até Estradas/Vias	x	x
Distância Ferrovia		x
Distância até Drenagem	x	x

A figura 25 representa as variáveis utilizadas durante o trabalho, sendo elas rede de drenagem (hidrografia da área de estudos), estradas, rodovias, vias e ferrovia. Como parâmetro para utilização dessas variáveis, foi utilizado às legislações urbanísticas como o Plano Diretor Municipal e o Estatuto da Cidade, recursos hídricos e a Política Nacional de Recursos Hídricos e Código Florestal. Respeitando as distâncias mínimas estipuladas por cada legislação.

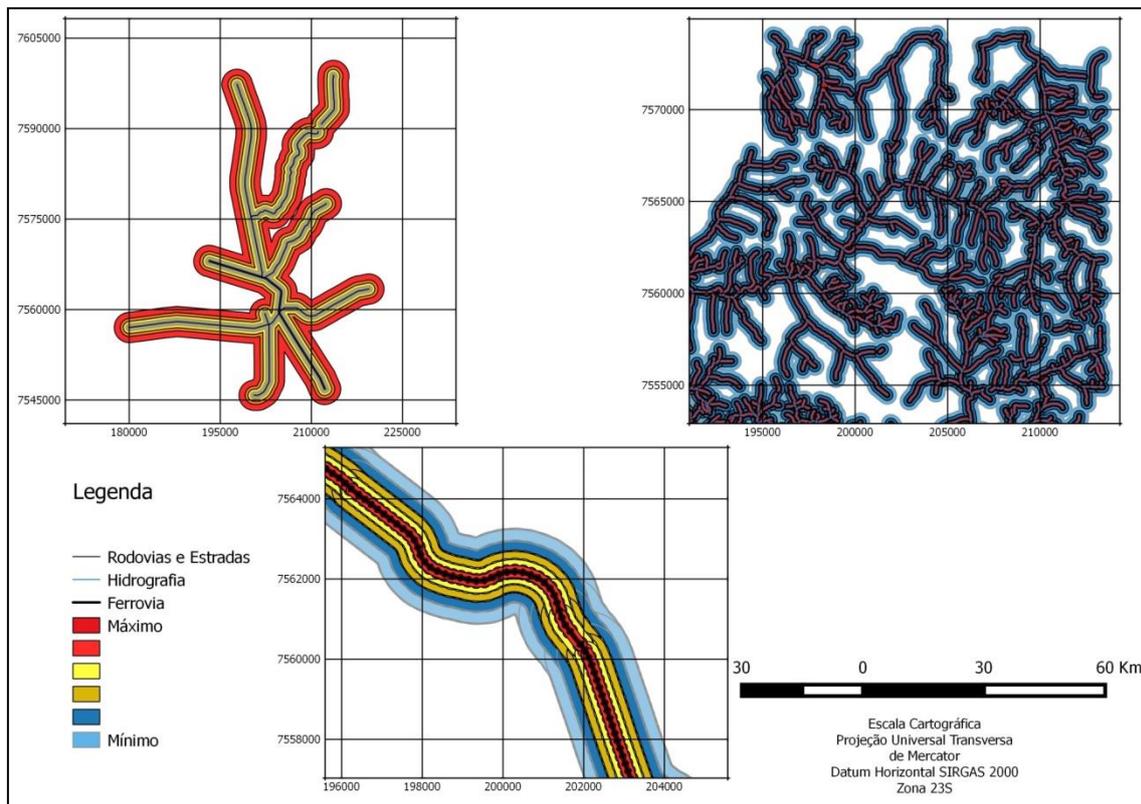
Fatores como a distância dos rios urbanos são essenciais para construção de um ambiente saudável, tanto do ponto de vista urbano como ambiental, questões como inundações, erosões e falta de vegetação estão ligados com a supressão das áreas de preservação permanente e principalmente com a prática de canalização dos córregos e rios urbanos ao longo de décadas nas cidades de médio porte.

Figura 31 – Variáveis Estáticas.



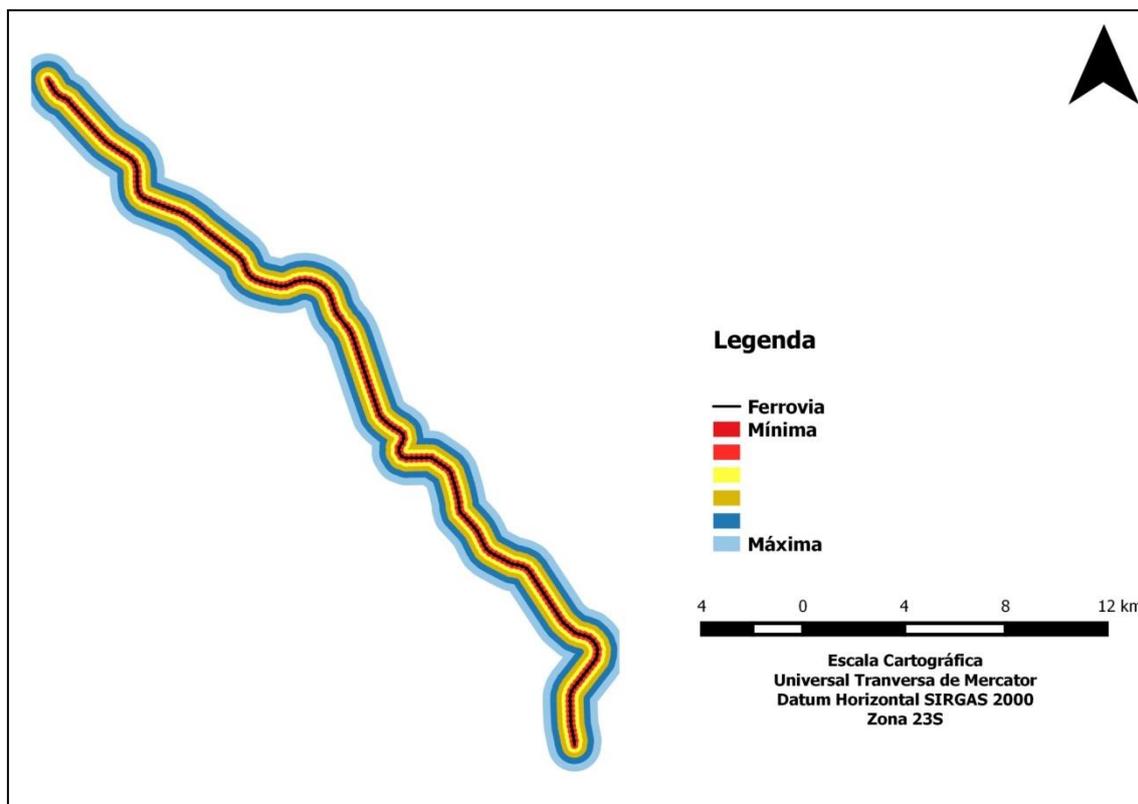
Fonte: Próprio Autor.

Figura 32 – Distância das Variáveis Estáticas.



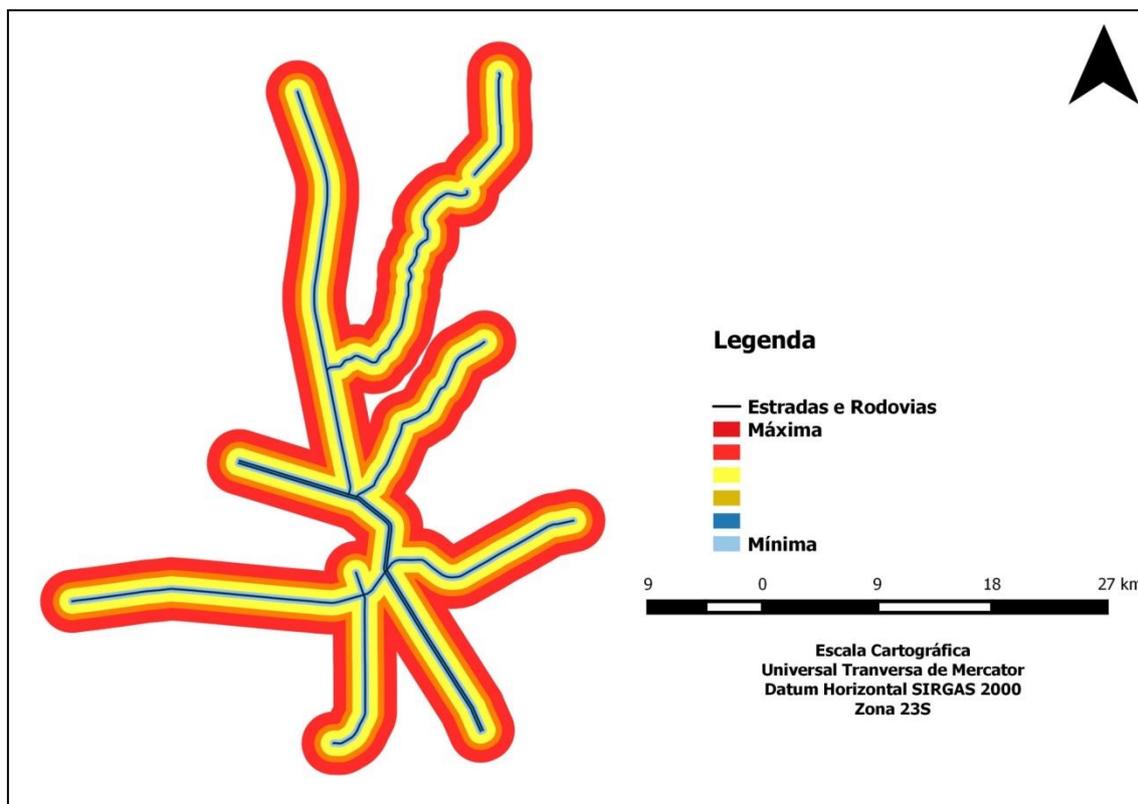
Fonte: Próprio Autor.

Figura 33 – Distância Ferrovia.



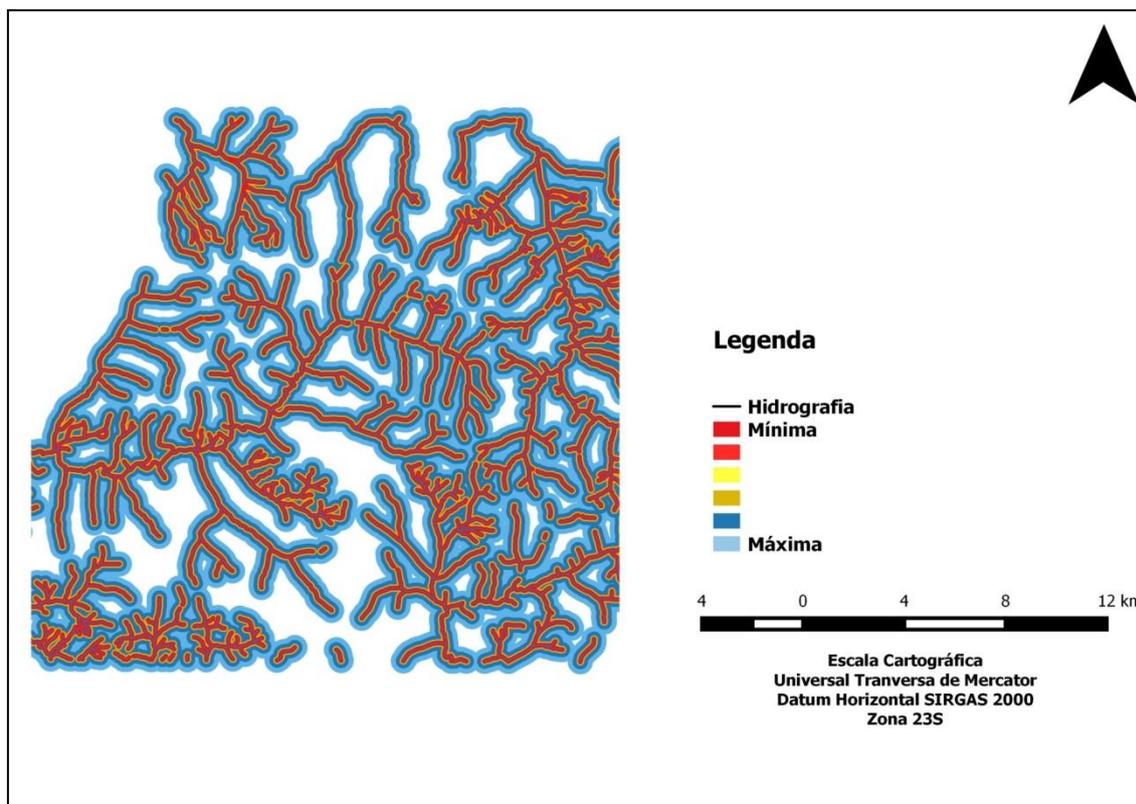
Fonte: Próprio Autor.

Figura 34 - Distância Estradas e Rodovias.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 35 – Distância dos Rios e Córregos (Hidrografia área de estudos).



Fonte: Próprio Autor.

#### 5.2.4 Pesos de Evidência

A partir das variáveis selecionadas e constantes na tabela 9 (página 98), foi construído o esqueleto para o cálculo dos pesos de evidência. Esta etapa foi de extrema importância, pois foram definidos os intervalos entre as distâncias das variáveis estáticas para cada classe e período de transição encontrada, incluindo as distâncias dos usos identificados ao longo de cada período.

O esqueleto gerado, estabelece quais são as melhores faixas de distância para o cálculo de pesos de evidência a partir do contêiner *Determine Weights of Evidence Ranges*.

O arquivo resultante com o esqueleto, com as faixas de distância foram então utilizados com o “mapa cubo”, que carrega as variáveis estáticas, e os mapas base de uso e ocupação da terra inicial e final de 1984 a 2010, para o cálculo dos coeficientes dos pesos de evidência ( $W+$ ). Dados esses coeficientes, os mesmos indicam se as variáveis são favoráveis ou não para explicar as

transições encontradas e ocorridas durante o período analisado, e quais realmente são os intervalos significativos entre as distâncias entre eles.

No atual modelo, o operador *Calc Distance Map* também foi utilizado para inclusão dos mapas de distância entre as respectivas classes de uso e ocupação do trabalho.

O cálculo do coeficiente dos pesos de evidência foi realizado por meio do contêiner *Determine Weights of Evidence Coefficients*. Como resultado desta etapa, obteve-se as faixas de distância, a probabilidade de transição dentro delas, as transições ocorridas, a medida do contraste e o resultado do teste de significância para cada variável dentro das transições encontradas.

Os resultados positivos indicam as faixas que são favoráveis à transição, os resultados próximos a zero indicam que as faixas não exercem efeitos sobre a transição e os resultados negativos indicam as faixas que repelem a transição. O valor do contraste mede o efeito de atração/repulsão, quanto maior o valor, maior a atração e quanto menor (negativo) maior é o efeito de repulsão (Soares-Filho et al., 2009).

### **5.2.5 Sub-bacia do Chibarro Área Teste**

Na sub-bacia do Chibarro os resultados encontrados nesta etapa foram os seguintes, dando ênfase às classes que tiveram a maior significância para as análises das classes:

**Vegetação para Solo Exposto:** nos quatro períodos analisados, foram observadas alterações e mudanças nesta classe de transição, vegetação para solo exposto, visto que a classe solo exposto manteve entre os anos de 1984 e 1990, alternando positivamente sua área, e a classe Vegetação teve perdas significativas ao longo de todo o período.

**Vegetação para Área Urbanizada:** favorecem a transição da classe vegetação para classe área urbanizada as faixas que atingem de 0 a 500 metros de distância as área previamente urbanizadas, como foi observado, o processo de ocupação urbana na sub-bacia teve início a partir da década de

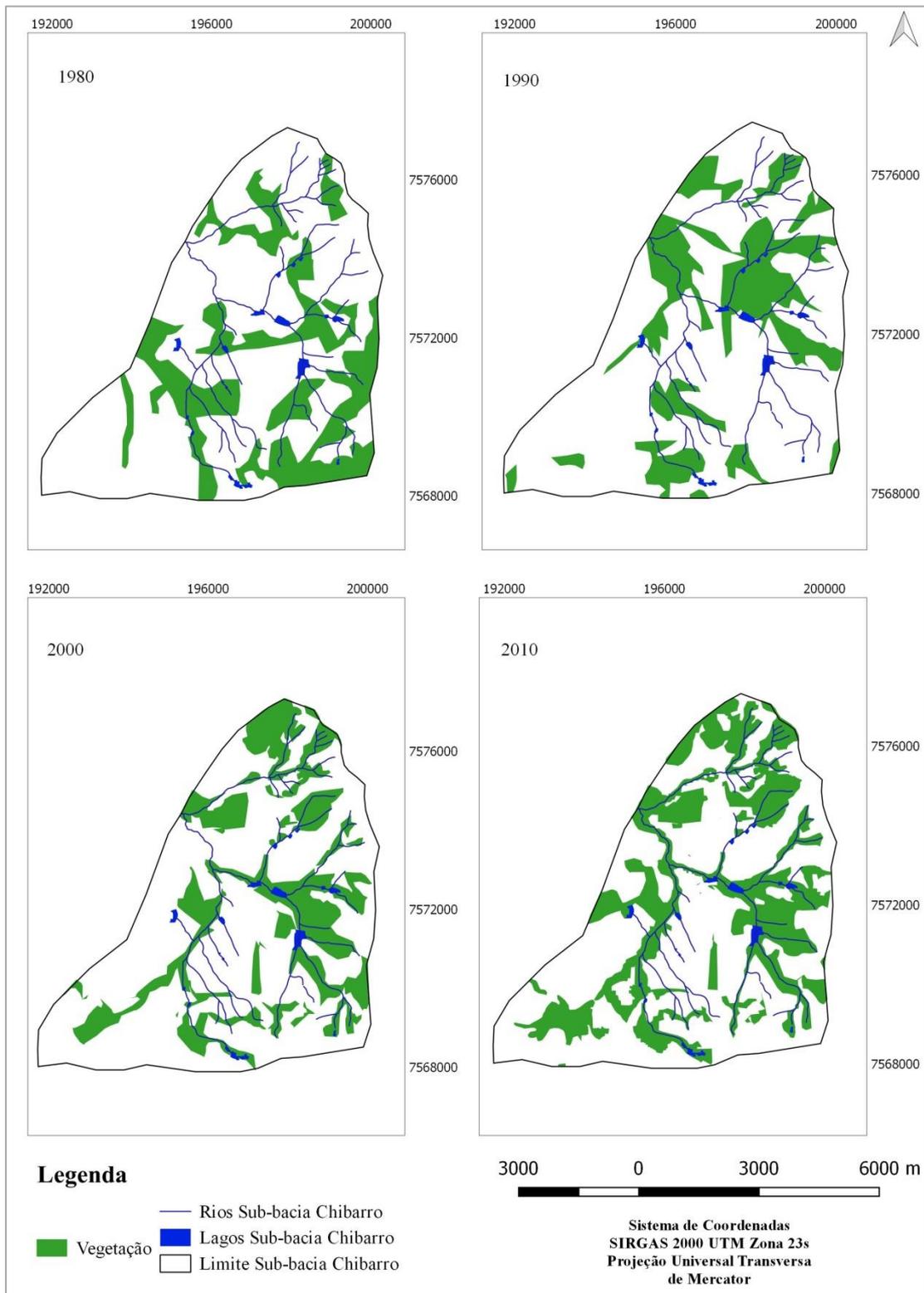
90, os intervalos entre 0 a 50m e 50 a 100m de distância desfavorecem, já que é necessário observar com rigor as legislações ambientais. As faixas maiores de 500m desfavorecem o processo de ocupação urbana. Os altos valores de distância até as micro drenagens e drenagens podem ser explicados como um dos fatores, além da área da sub-bacia ser uma área de expansão urbana, distante do núcleo urbanizado, mas próximo de rodovias e estradas.

**Solo Exposto para Área Agrícola:** favorece a transição da classe solo exposto para área agrícola às faixas que congregam 250m de distância da classe que está previamente ocupada, as faixas de 0 a 30m das redes hidrográficas, devem ser priorizadas para recuperação e preservação, assim como uma distância mínima de 10m das áreas protegidas com vegetação. Da mesma forma, a transição das classes leva em consideração os períodos de plantio e safra das culturas existentes na localidade.

**Solo Exposto para Área Urbanizada:** as faixas que compreendem as duas séries de classes e suas respectivas distâncias caracterizam pela mudança em suas características, sendo a faixa de 30m as mais favoráveis a sofrerem as alterações, assim como as faixas entre 50m e 120m de áreas já ocupadas pelo processo de urbanização. Tanto as áreas agrícolas, vegetação e solo exposto demonstraram grandes propensões a sofrerem o processo de mudanças pela classe área urbanizado nos períodos estudados, fatores como localização das vias, estradas, rodovias e novas áreas de expansão são determinantes para o fato.

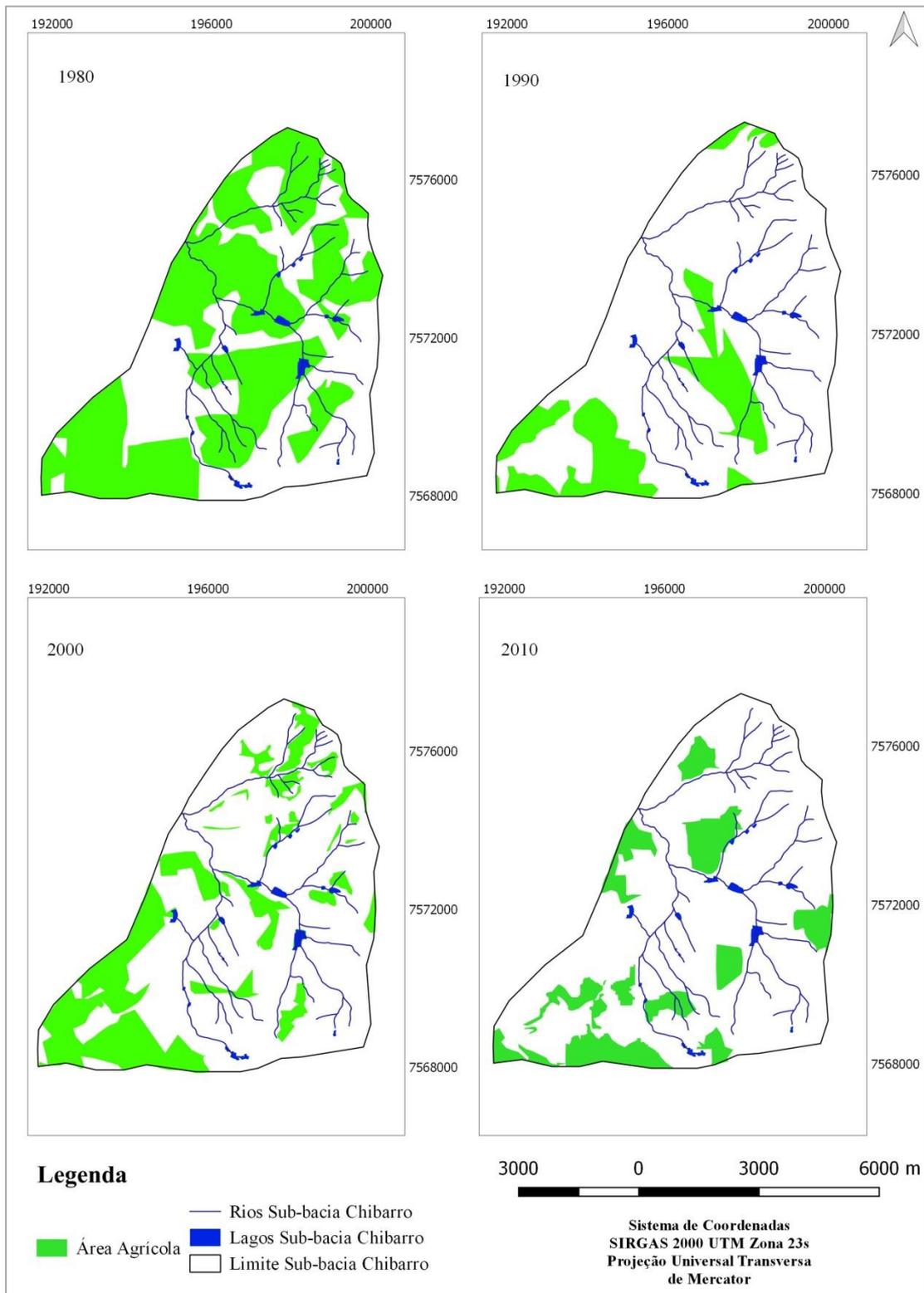
**Área Agrícola para Solo Exposto:** a faixa de 0 a 30m de distância até as áreas de hidrografia, assim como as faixas de 90 a 120m, apresentou valores que são positivos, o que para o modelo proposto favorece o processo de transição. As faixas que entre 30 e 90m apresentaram valores negativos para transição, desfavoráveis às classes próximas a áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental, sendo assim, apresentam resultados que inviabilizam a transição.

Figura 36 – Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Vegetação entre os anos de 1980 a 2010.



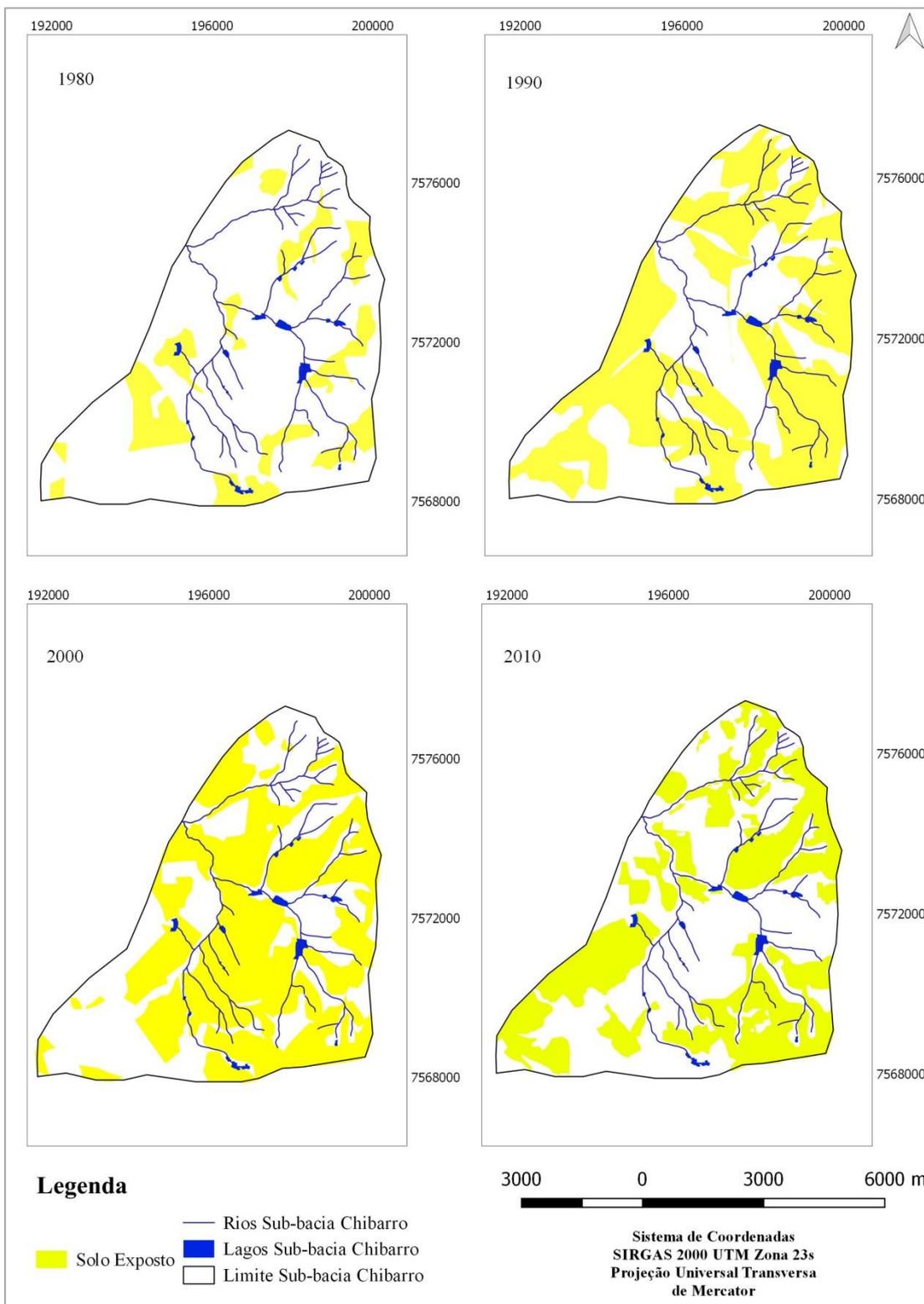
Fonte: Próprio Autor.

Figura 37 – Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Área Agrícola entre os anos de 1980 a 2010.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 38 – Área teste Sub-bacia do Chibarro Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 1980 a 2010.



Fonte: Próprio Autor.

### 5.2.6 Área de Estudo

Na área de estudo os resultados encontrados nesta etapa foram os seguintes:

**Vegetação para Solo Exposto:** as faixas que mais favorecem a transição entre as classes vegetação para solo exposto, estão entre 0 a 500m de distância, acima disso a transição é repelida. Das três faixas de distância até as áreas de hidrografia, ambas se mostraram favoráveis à transição, tendo dado positivo para o teste de significância, sendo a primeira faixa de 0 a 100m atrai a transição e as outras duas faixas repelem.

**Vegetação para Área Agrícola:** as faixas demonstram que as faixas de mudanças entre as classes são variáveis, e acontecem em quase todas as faixas analisadas, principalmente entre as mais próximas 0 a 100m e 120 a 500m de distância. A maior parte das transições ocorre entre a faixa de 0 a 250m de distância, das áreas de agricultura, indicando uma alta probabilidade de alterações. As faixas de distância até as áreas de hidrografia favorecem a transição de área agrícola para área urbanizada que ficaram entre 60 a 150m. Os valores próximos a zero, indicam que essas faixas não exercem influência sobre a transição de vegetação para área agrícola.

**Vegetação para Área Urbanizada:** no que pode se destacar, existe um favorecimento da alteração da classe vegetação para classe área urbanizada, segundo os resultados, as distâncias que vão de 0 a 500m são favoráveis ao processo de transição entre as classes, acima disso são repelidas pela transição. A matriz ainda demonstrou, que, as distâncias entre 0 a 100m das áreas de hidrografia repelem a mudança de classe, e as áreas a mais de 100m da hidrografia favorecem a transição. Com relação às vias de acesso (rodovias, vias, ruas) as faixas próximas de 0 a 100m favorecem o processo de transição neste caso, atraindo para alteração, assim como áreas urbanizadas próximas a zonas que sofreram recentemente o processo de urbanização.

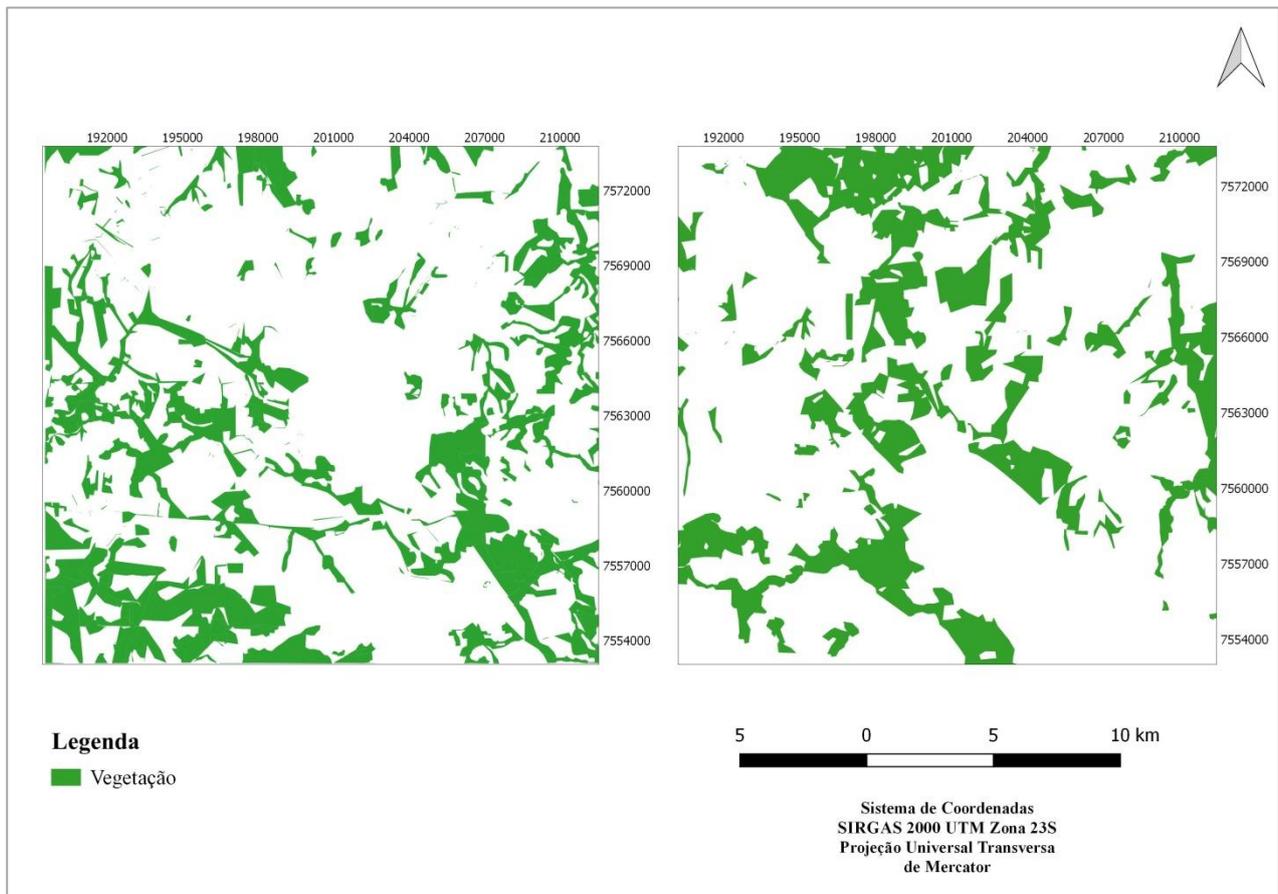
**Solo Exposto para Área Agrícola:** favorece a transição da classe solo exposto para área agrícola às faixas que congregam entre 250m de distância da classe que está previamente ocupada, as faixas de 0 a 30m das redes hidrográficas, devem ser priorizadas para recuperação e preservação,

assim como uma distância mínima de 10m das áreas protegidas com vegetação, seguindo o Novo Código Florestal. Da mesma forma, a transição das classes leva em consideração os períodos de plantio e safra das culturas existentes na localidade, não havendo tanto diferença nas mudanças e nas transições, mesmo com influências do processo de urbanização.

**Solo Exposto para Área Urbanizada:** as faixas que compreendem as duas séries de classes e suas respectivas distâncias caracterizam pela mudança em suas características, sendo a faixa de 30m as mais favoráveis a sofrerem as alterações, assim como as faixas entre 50m e 120m de áreas já ocupadas pelo processo de urbanização. Tanto as áreas agrícolas, vegetação e solo exposto demonstraram grandes propensões a sofrerem o processo de mudanças pela classe área urbanizado nos períodos estudados, fatores como localização das vias, estradas, rodovias e novas áreas de expansão são determinantes para o fato. Entre os períodos de análise mais recentes, 2000 a 2010, observaram uma maior tendência às transições e mudanças.

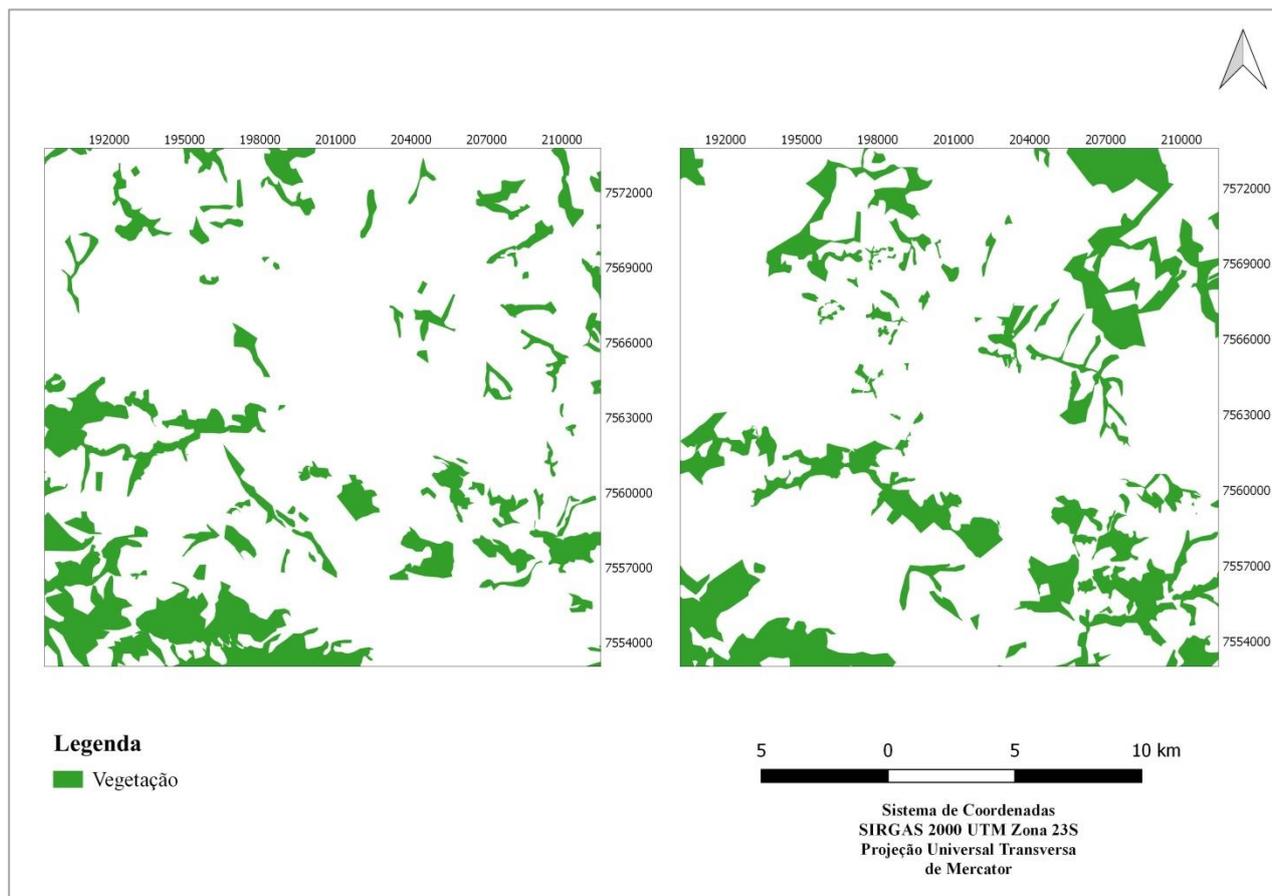
**Área Agrícola para Solo Exposto:** os dados e transições referentes a área teste, repetem as mesmas características na área de estudos. A faixa de 0 a 30m de distância até as áreas de hidrografia, assim como as faixas de 90 a 120m, apresentou valores que são positivos, o que para o modelo proposto favorece o processo de transição. As faixas que entre 30 e 90m apresentaram valores negativos para transição, desfavoráveis às classes próximas a áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental, sendo assim, apresentam resultados que inviabilizam a transição.

Figura 39 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe da Vegetação entre os anos de 1980 a 1990.



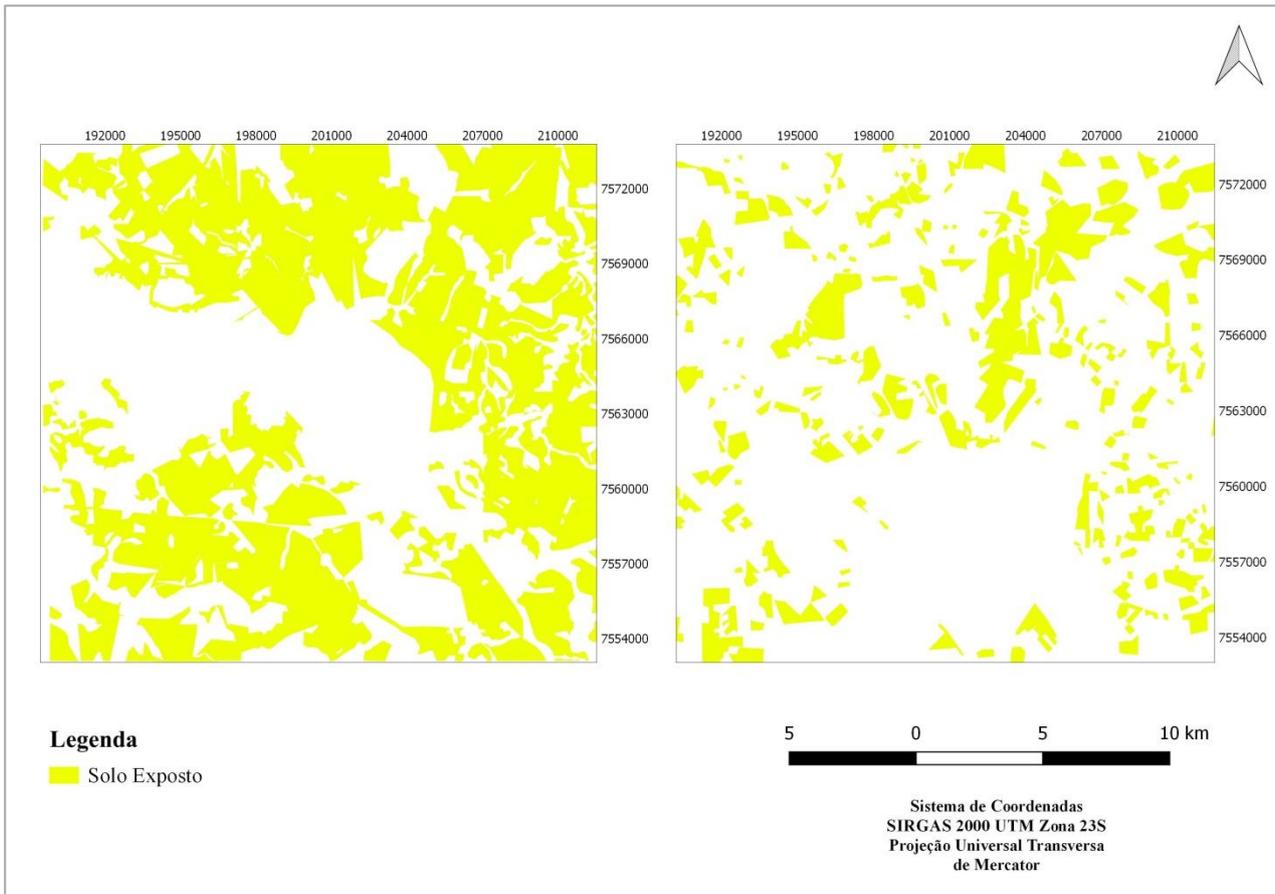
Fonte: Próprio Autor.

Figura 40 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe da Vegetação entre os anos de 2000 a 2010.



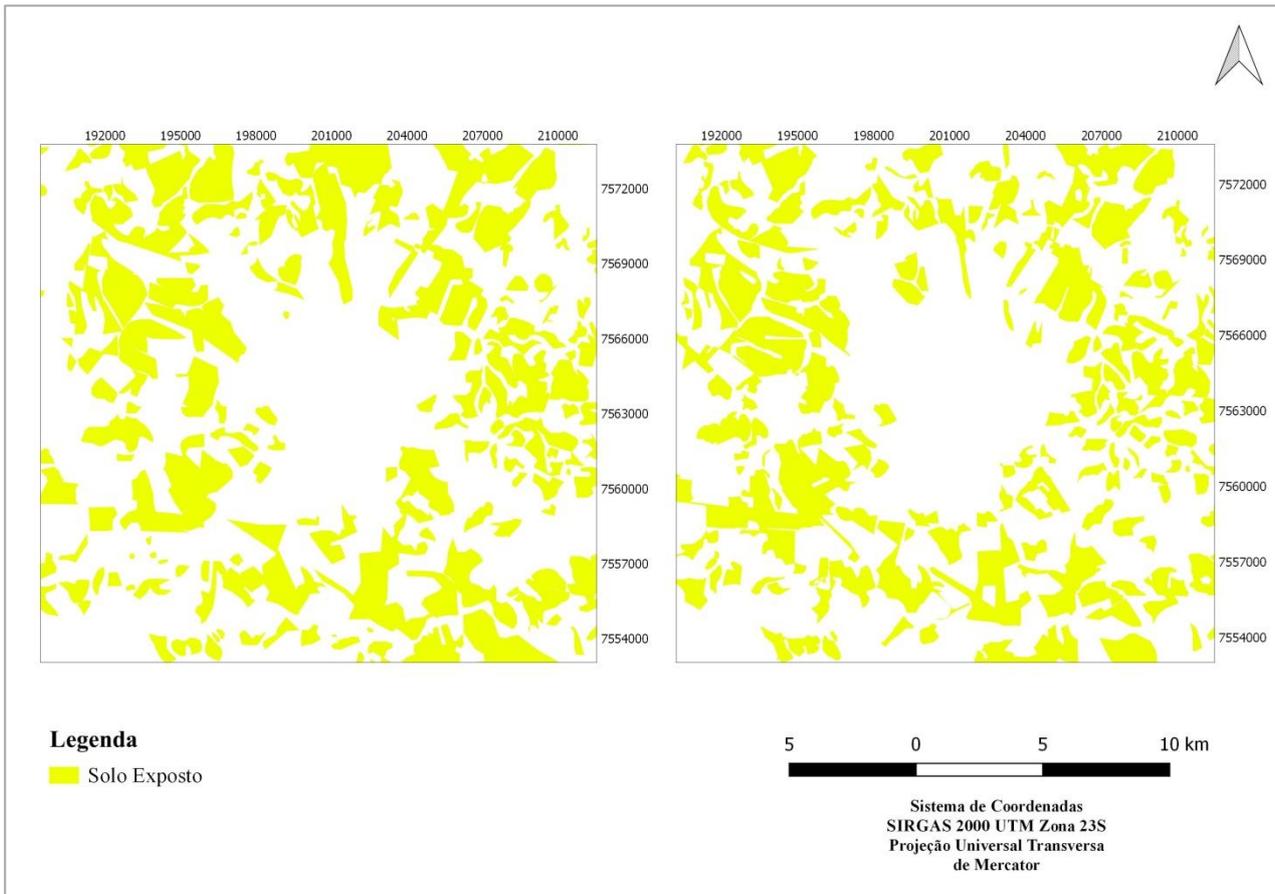
Fonte: Próprio Autor.

Figura 41 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 1980 a 1990.



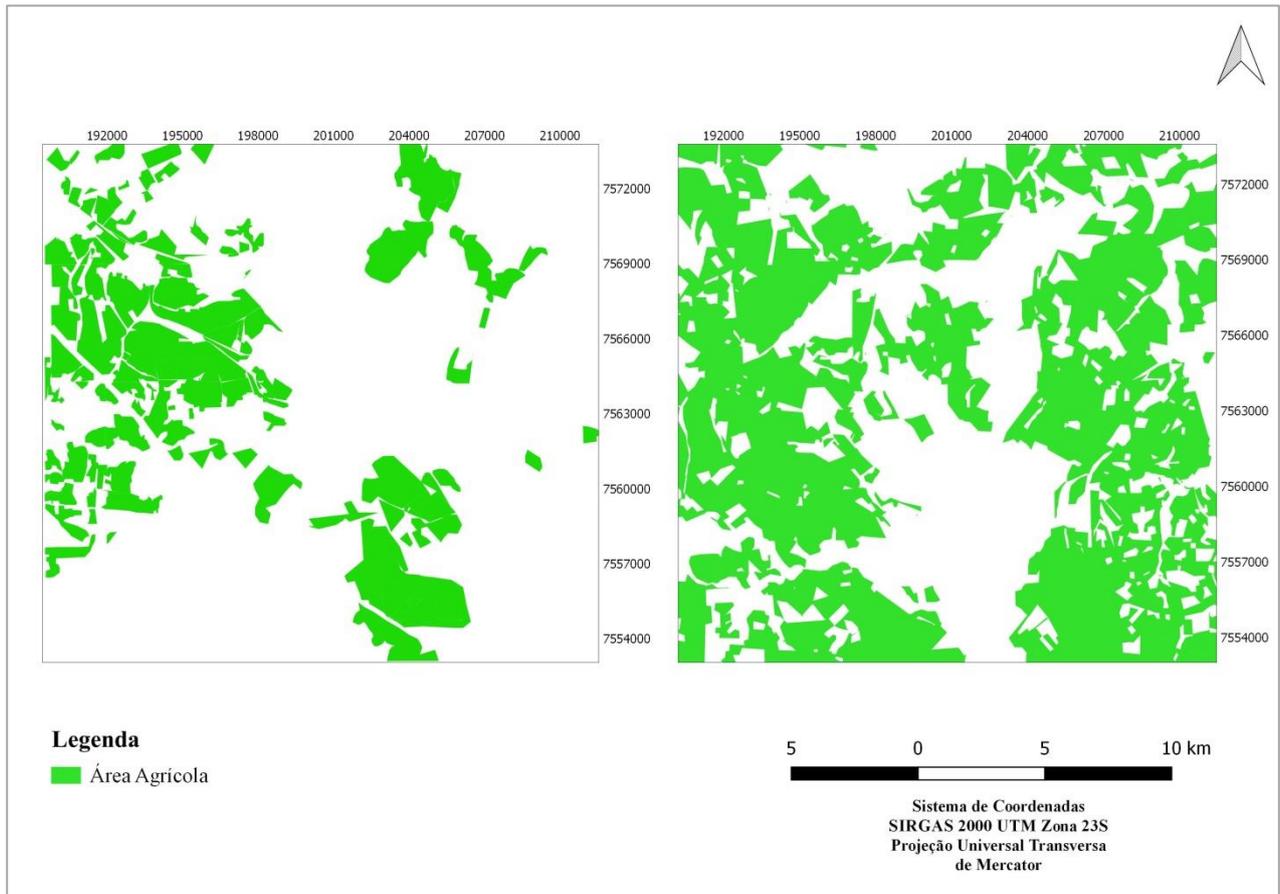
Fonte: Próprio Autor.

Figura 42 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Solo Exposto entre os anos de 2000 a 2010.



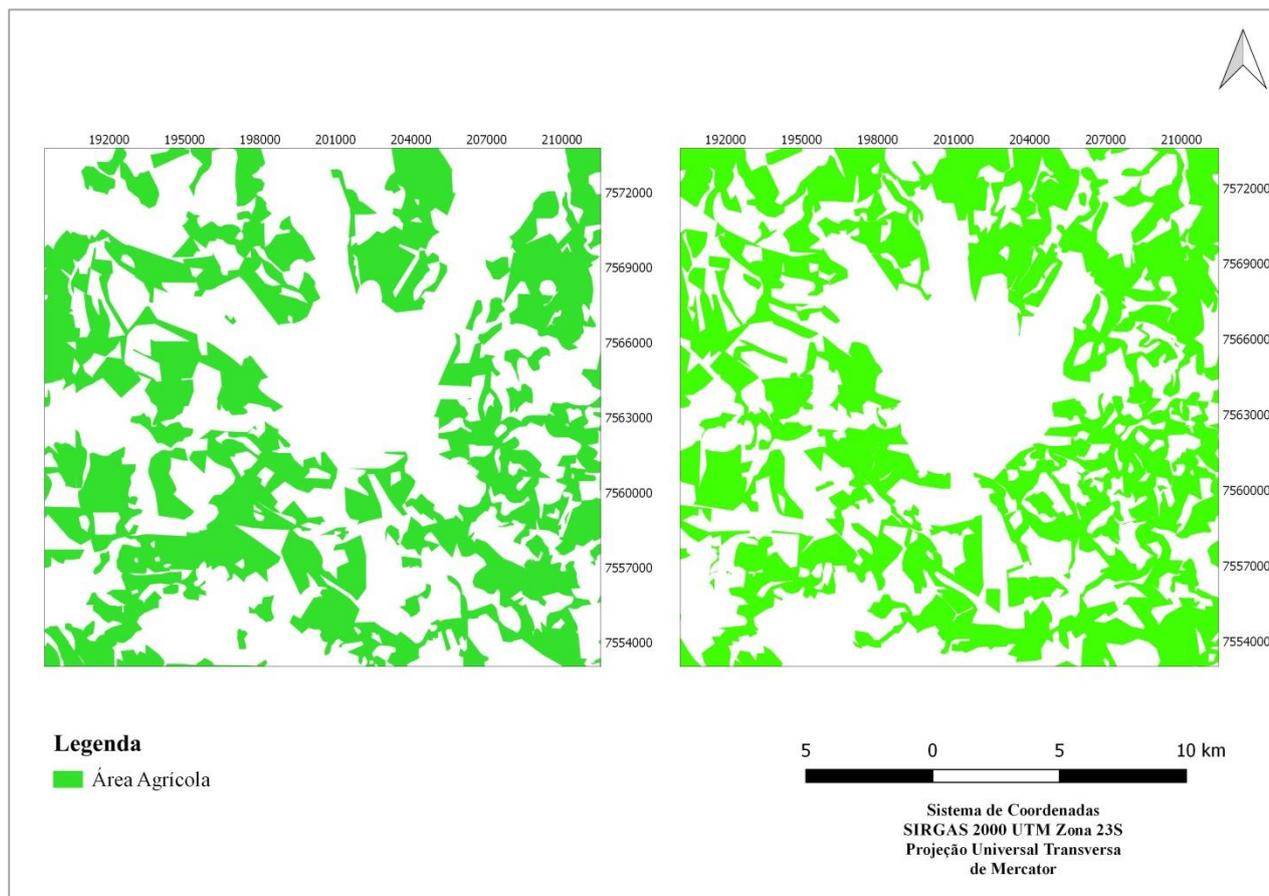
Fonte: Próprio Autor.

Figura 43 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Classe Área Agrícola entre os anos de 1980 a 1990.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 44 – Área de Estudos - Evolução Temporal da Área Agrícola Exposto entre os anos de 2000 a 2010.



Fonte: Próprio Autor.

### 5.2.7 Correlação dos Mapas

A aplicação do método de pesos de evidência requer que as variáveis sejam independentes espacialmente entre si. Segundo Bonham-Carter (1994) a independência entre os pares das variáveis é verificada pelo cálculo dos índices de Cramer (V) e da incerteza da informação conjunta (U).

Neste próximo passo para modelagem, foi utilizado o mapa de uso e ocupação da terra como inicial de (1984) e como entrada do modelo, estando ligado ao operador *Calc Distanc Map* que em conjunto com o mapa cubo, foi responsável pela integração entre as variáveis estáticas e o

arquivo com os pesos de evidências gerados na etapa anterior, seu cálculo foi feito através do contêiner *Determine Weights of Evidence Correlation*.

Foi gerada uma planilha, que contém o resultado dos testes gerados, tanto pela área teste, tanto para área de estudos do modelo aplicado. Segundo Diaz (2011), não existe ainda um consenso dentro da literatura sobre o valor de corte que deve ser considerado, e que quanto maior o valor, maior a correlação, desta forma, optamos por utilizar um valor superior ao de 0, 5 como sugerido em trabalhos anteriores como de Diaz (2011), Soares-Filho (2001) entre outros.

### **5.3 Construindo um Modelo de Simulação e Validação**

Após o processo de calibração do modelo, já exposto no capítulo IV da tese, tem início o processo de construção do modelo de simulação, que no caso do trabalho, abrange o período de 30 anos.

- O dado de entrada foi o mapa inicial do uso e ocupação da terra de 1984;
- O mapa com as variáveis selecionadas da área de estudos, e o mapa no formato cubo;
- Arquivo com os coeficientes dos pesos de evidência;
- Matriz de transição com os múltiplos passos gerados.

Após a definição dos parâmetros, para as manchas do uso e ocupação da terra na área de estudos, através do algoritmo *patcher*. Segundo Soares-Filho (2009) o operador *patcher* busca as células que apresentam a maior probabilidade de transição e assim gera novas áreas (manchas) de uma determinada classe de uso, utilizando um mecanismo de semeadura.

Diaz (2011) explica que os parâmetros devem ser definidos de forma que os algoritmos responsáveis pela geração das novas áreas (manchas), desta forma, foram escolhidos os algoritmos *Mean Patch Size*, *Patch Size Variance* e *Patch Isometry*. Tanto o tamanho médio como

a variância foi definida em km<sup>2</sup> e a isometria variaram de 0 a 2, sendo que quanto maior, mais isométrica a área aparece.

A definição e a variação dos parâmetros por meio dos diferentes padrões espaciais na área encontrados, conseguirem ser reproduzidos. A seleção e separação dos parâmetros foram feita através dos diferentes testes (área da sub-bacia do Chibarro foi utilizada para definição e congregação destes parâmetros para aplicação com a menor taxa de erros possível na área de estudos) para obter o melhor resultado, através da formação das classes de uso e ocupação da terra, assim como, a criação dos resultados através de mapas temáticos. A tabela 10 demonstra os parâmetros que foram utilizados e seus respectivos operadores.

**Tabela 10 - Parâmetros utilizados e seus respectivos operadores.**

	<b>Mean Patch Size</b>	<b>Patch Size Variance</b>	<b>Patch Isometry</b>
<b>Área de Estudos</b>	20	5	2

Dias (2011), Britaldo-Filho (2003) resalta que na construção do modelo diversos outros operadores são utilizados na construção desta etapa, como, *Calc Change Matrix*, que calcula a quantidade de mudanças, multiplicando as variáveis taxas de transição pelo número de células de cada categoria, e o *Mux Categorical Map* que um mapa categórico atualizado dinamicamente, interagindo em cada alteração do mapa de saída do modelo. Foi considerado neste caso a alteração e interação entre o intervalo de tempo entre o mapa inicial e final utilizado nas etapas. As interações foram controladas pelo *Container Repeat*. Este *container* contém os operadores que trabalham no fluxo de informações dos dados, repetindo “n” vezes conforme o numero de interações geradas pelo modelo.

Outros operadores fazem parte do *Container Repeat*, e que permite fazer as diversas interações e alterações no processo de modelagem, são eles, o *Calc Distance Map* e o *Container*

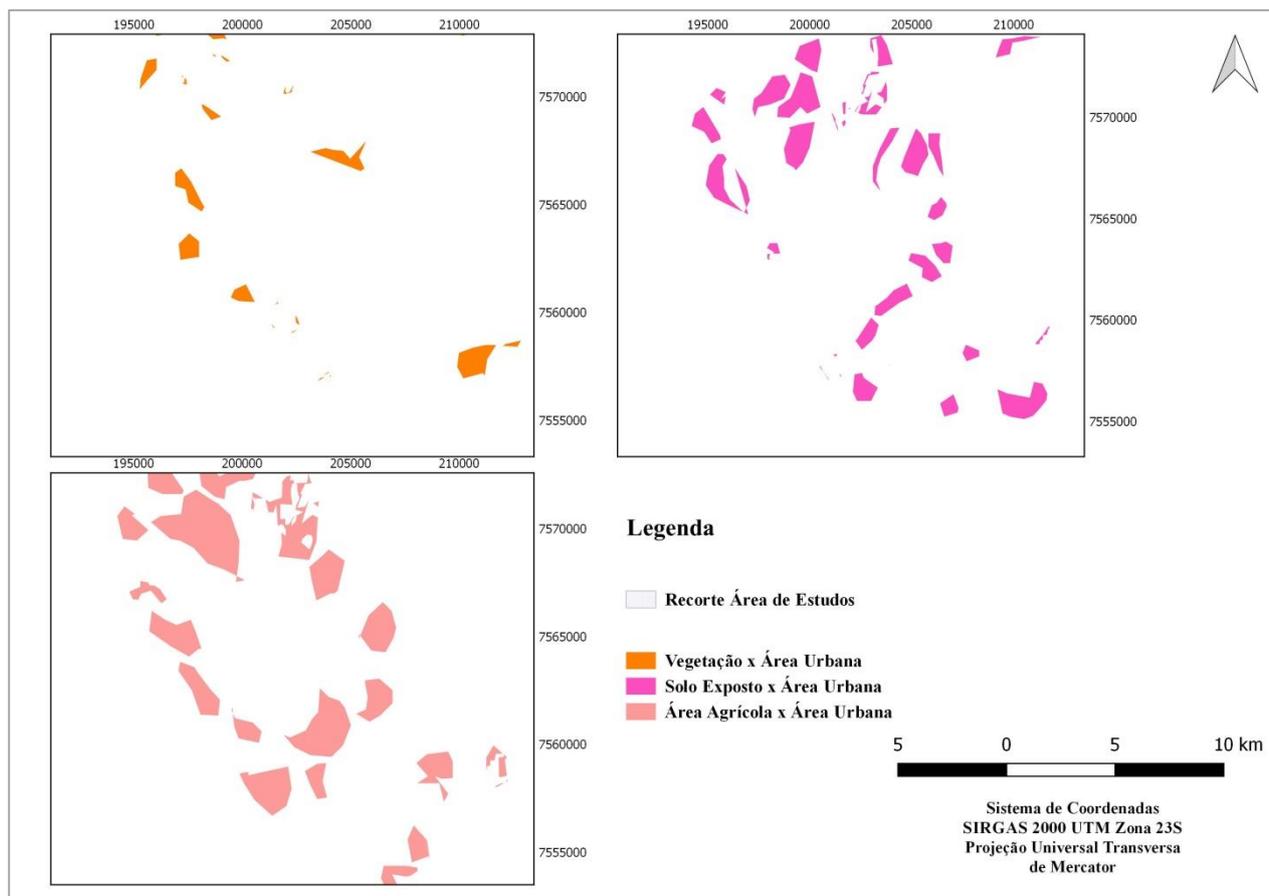
*Calc W. Of. E. Probability Map*, que é o *Contanier* que faz a geração dos mapas de probabilidades para cada uma das transições dos pesos de evidências, sendo estes mapas de probabilidades espaciais, demonstrando a possibilidade de transição entre as células, por exemplo de X,Y para um estado de “i” para “j”.

Na fase de simulação do uso e ocupação da terra, um dos primeiros resultados, foi o mapa de probabilidades de mudanças dos usos contidos naquele período, demonstrando as possíveis áreas que estão sujeitas as mudanças espaciais das classes de uso selecionadas para a modelagem das informações. O mapa que representa as probabilidades de mudanças no uso da terra é representado por cores, sendo o vermelho a probabilidade de haver as maiores alterações, alternando para o verde e o azul com menores chances de ocorrer às alterações, representando desta forma as probabilidades de mudanças para cada período selecionado.

A execução do modelo no software DINAMICA EGO, elabora uma série de funções que, em conjuntos com informações de operadores matemáticos, geometria e álgebra de mapas, determinam as possibilidades e probabilidades de ocorrer e demonstrar através dos mapas os passos para as mudanças nas transições encontradas durante a modelagem do trabalho proposto.

A figura com os mapas de probabilidades de mudanças nas classes de uso e ocupação da terra são apresentados na figura 45.

Figura 45 - Mapa de probabilidade de mudança espacial na área de estudos.



Fonte: Próprio autor, 2016.

#### 5.4 Validação do Modelo de Simulação da Área de Estudos

O processo de validação do modelo requer a aplicação de um método de análise, em que a similaridade seja observada, neste caso foi utilizado a “*Lógica Fuzzy*” adaptada do trabalho de Hagen (2003). O método faz o cálculo dos erros e acertos do processo de modelagem, dando maior precisão na análise.

Os dados utilizados nesta fase do trabalho foram os mapas de entrada inicial do uso e ocupação da terra do ano de 2000 e final 2010 (real), sendo o simulado final de 2010.

Na etapa inicial de construção, o modelo recebe 2 containers *Calculate Categorical Map*, sendo que o primeiro calcula as diferenças entre os mapas inicial e final real, gerando o primeiro mapa real desta fase do projeto. As células que recebem o mesmo parâmetro nos mapas inicial e

final real são classificadas como nulas, ao contrário das células do mapa final real que não são comparadas com as do mapa inicial são conservadas no processo. Já no segundo container é realizado o mesmo processo operacional com os mapas inicial e final simulado, resultando na obtenção do segundo mapa.

A conexão dos 2 mapas gerados no procedimento e os resultados obtidos, passam para o operador *Calc Reciprocal Similarity Map*, este operador faz a conexão dos cálculos projetos da similaridade da Lógica Fuzzy entre os mapas. Baseando se no ajuste de múltiplas resoluções, não no ajuste pixel a pixel, sendo o tamanho da janela estipulado em 11x11 células. Segundo Ferrari (2008) apud Dias (2011), os valores referentes às janelas acima disso podem saturar o sistema.

O operador gera 2 mapas e 2 índices de similaridade, sendo o de similaridade o *First Mean* e o *Second Mean*. A função básica dos 2 operadores é a comparação entre os mapas gerados o primeiro observa o segundo e vice-versa.

O primeiro mapa de similaridade demonstra o grau de correspondência espacial entre os mapas de entrada, tanto o primeiro mapa quanto o segundo mapa, enquanto o segundo mapa demonstra a similaridade do segundo para o primeiro mapa, intercalando o descrito no operador utilizado acima, sendo que está similaridade varia de zero a um, quando a combinação de ambos é perfeita.

**Tabela –11 Índices de similaridade entre o mapa um e dois.**

	<b>First Mean</b>	<b>Second Mean</b>
<b>Área de Estudos</b>	0.67214	0.69027

Segundo Trentim e Freitas (2010) os valores encontrados podem ser considerados válidos, já que a explicação para tal fato é a morfologia da área de estudos e sua dispersão, sendo que os índices encontrados variaram de 0 a 1.

## 5.5 Simulação dos Cenários da Área de Estudos

Ao analisarmos os princípios que norteiam o processo de ocupação, crescimento e troca de usos da terra em um ambiente, temos que pressupor que, não apenas a formação e mudanças nos usos já existem, e sim todo um contexto que leva em consideração os aspectos relacionados ao desenvolvimento econômico, ciclos econômicos e especulação imobiliária. Com isso, a simulação dos cenários, pressupõe a inclusão de 3 novos operadores para construção, sendo eles, *Modulate Change Matrix*, *Expander* e *Add Change Matrix* nesta etapa.

Soares-Filho (2009) destaca que o operador *Expander* é responsável pela expansão ou contração das manchas previamente existentes de uma determinada classe. Assim ocorre também com o operador *Patcher*, o *Expander* usa como parâmetro uma matriz de transição, assim como o *Patcher*, que inclui outros operadores, como, *Mean Patcher Size*, *Patcher Size Variance* e *Isometry*.

Por meio das variações desses parâmetros, vários padrões espaciais podem ser reproduzidos. O tamanho das novas manchas de expansão são fixados de acordo com uma distribuição de probabilidade lognormal. Portanto, é necessário especificar os parâmetros desta distribuição representada pela média e variância dos tamanhos das manchas a serem formadas (Soares-Filho, et al., 2009).

A inserção de novos operadores e a necessidade de estabelecer a quantidade de alterações e mudanças devem ser consideradas para cada modelo de transição, segundo destaca Dias (2011). A taxa deve ser considerada para criação de novas manchas e para expansão das categorias já existentes (Soares-Filho, et al., 2009). Com isso, outro operador foi colocado no processo de simulação, sendo ele o *Modulate Change Matrix*, responsável pela divisão dos modelos e da quantidade de mudanças entre os dois operadores *Patcher* e o *Expander*.

Os parâmetros selecionados para próxima etapa, estabelecidos, assim com a quantidade de alterações e mudanças para cada um deles, foi feito através de uma série de tentativas de erros e acertos, até a obtenção do melhor resultado para a simulação do período. Estes valores são apresentados na tabela 12.

**Tabela – 12 Parâmetros utilizados na construção dos cenários de simulação de 2010.**

Unidade	Modulate	Expander			Patcher		
		Mean Patch Size	Patch Size Variance	Isometry	Mean Patch Size	Patch Size Variance	Isometry
Área de Estudos	0,8	1	10	1,5	1	0	1

Os valores encontrados durante as transições podem variar conforme cada alteração. Pela grande quantidade de transições dentro da área de estudos, foi feita a opção de padronizar determinados valores, como no caso específico do parâmetro *Mean Patch Size* do *Expander*, sendo este parâmetro estabelecido através de valores na tabela subsequente (tabela 13), tendo como base as respectivas células e a quantidade que sofreram as transições.

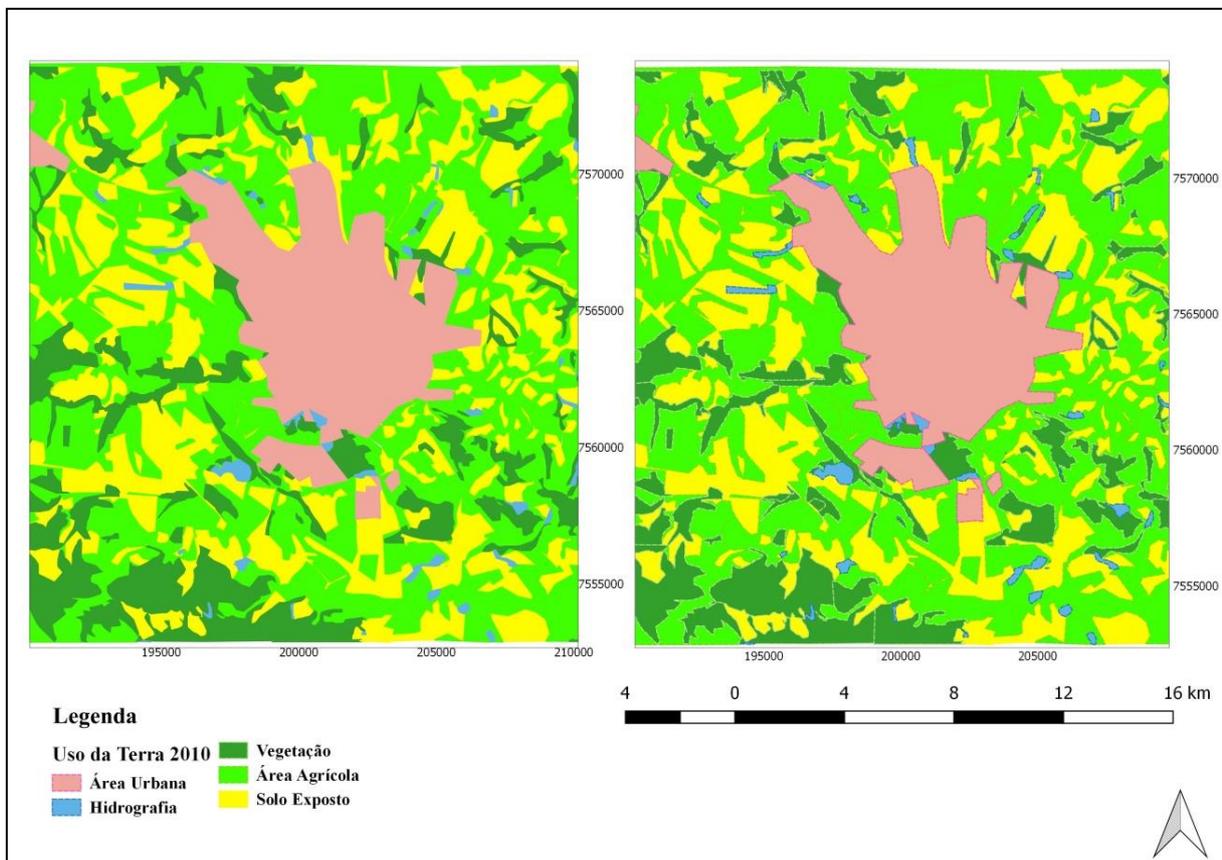
**Tabela 13 – Valores dos parâmetros do Mean Patch Size da função Expander para transições encontradas na área de estudos.**

Classes	1	2	3	4
2	35	----	70	15
3	280	730	----	20
4	45	17	60	----

Soares-Filho et. al (2009) destacam que, não é possível garantir que o *Expander* realize todas as transições passadas no seu contexto e dentro no processo de modelagem e simulação.

Dessa forma, ele passa a quantidade de mudanças remanescentes ao *Patcher* por meio do operador *Add Change Matrix*, esse operador faz a soma das duas matrizes da quantidade de mudanças que ocorreram. A matriz de quantidade estabelecida para o operador *Patcher* por meio do *Modulate Change Matrix* e conseqüentemente pela matriz remanescente das mudanças do operador *Expander*.

Figura 46 – Simulação do Uso e Ocupação da Terra para ano de 2010 utilizando a função *Expander*. (a) Final real (b) Final simulado.



Fonte: Autor, 2016.

## 5.6 Tendência Histórica de Cenários na Área de Estudos

“Criar cenários, não é prever o futuro, é simular desdobramentos, sem a preocupação de quantificar probabilidades e sem se restringir a identificar um único desdobramento esperado, tido como a tendência mais plausível” (SOUZA, 2003).

Os cenários tratam das mudanças conjecturais sobre as possíveis consequências de alteração. A tendência em projetar cenários históricos, consideram as possíveis interações e transições como taxas fixas, modelando os cenários para o futuro. Com isso, os cenários partem da premissa do processo de calibração através da simulação do cenário anterior, neste caso 2010, em que os parâmetros selecionados não foram alterados.

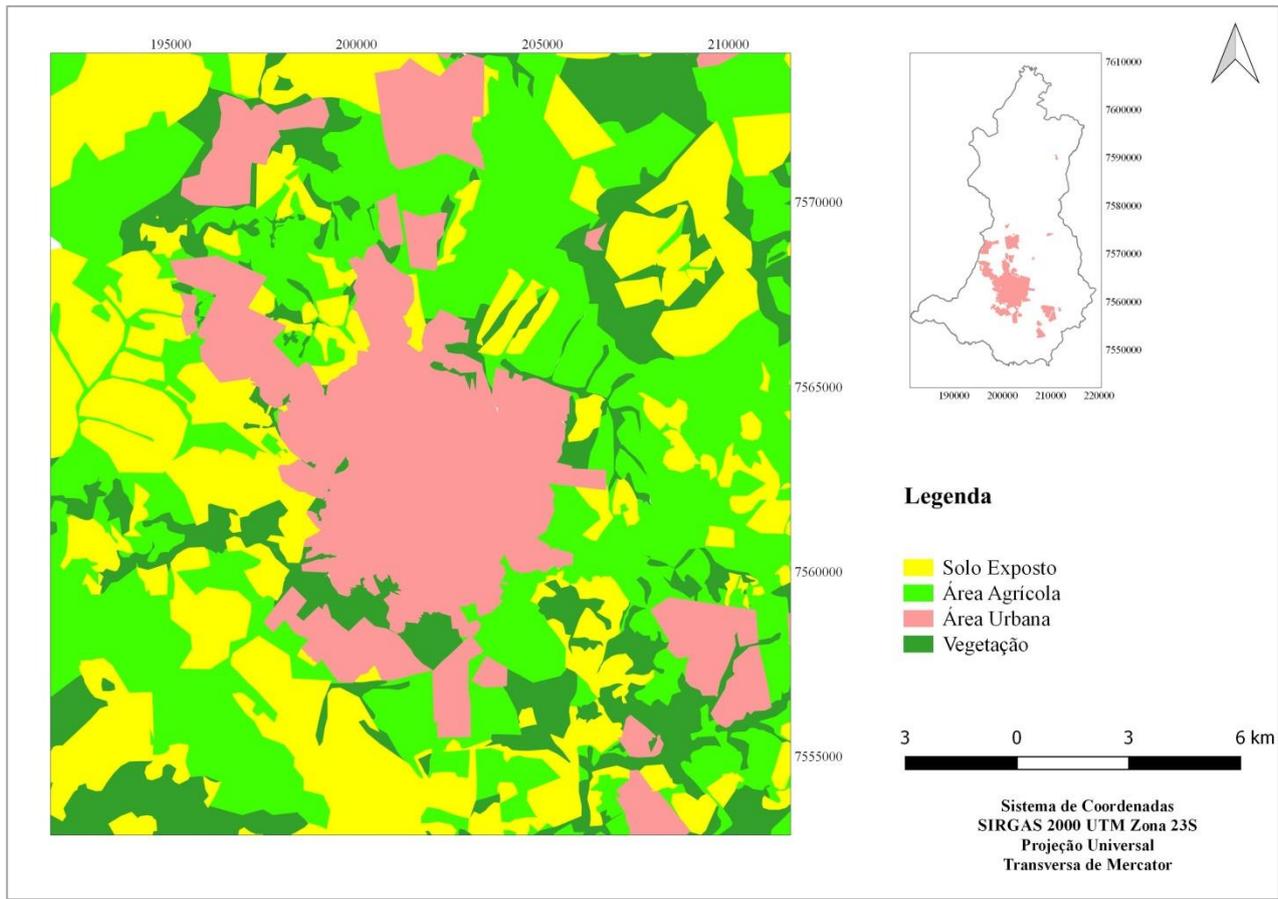
No prognóstico das mudanças e alterações no uso e ocupação da terra, foram utilizados os mesmos modelos anteriores, sendo que, a entrada no mapa inicial foi utilizado o mapa de uso e ocupação da terra do ano de 2010 e o *contêiner Repeat* para as atribuições e interações, sendo que as interações são variáveis em relação á quantidade e o período que serão simulados. Neste caso, 2020 e 2030.

Almeida (2003) destaca que, o prognóstico em longo prazo deve-se ser evitado, visto que existem fatores que interferem diretamente e indiretamente no processo de uso e ocupação da terra, como questões econômicas, dentre outros. Afirmando que as mudanças são dificilmente previsíveis para grandes períodos de tempo.

Segundo Dias (2011) na delimitação de horizontes de projeção, não existem definições oficiais com relação a curto e médio prazo para fenômenos de mudanças de uso do solo, sendo que a definição de curto prazo até cinco anos e de médio prazo entre cinco e dez anos.

A figura 47 representa o uso e ocupação da terra no ano de 2016, visto o período de análise do trabalho 4 anos, sendo o início em 2012 e término em 2016, foi necessário está construção, como meio para subsidiar e conferir possíveis passos dados durante a construção do cenário, já que, os anos estudos são 1980, 1990, 2000 e 2010.

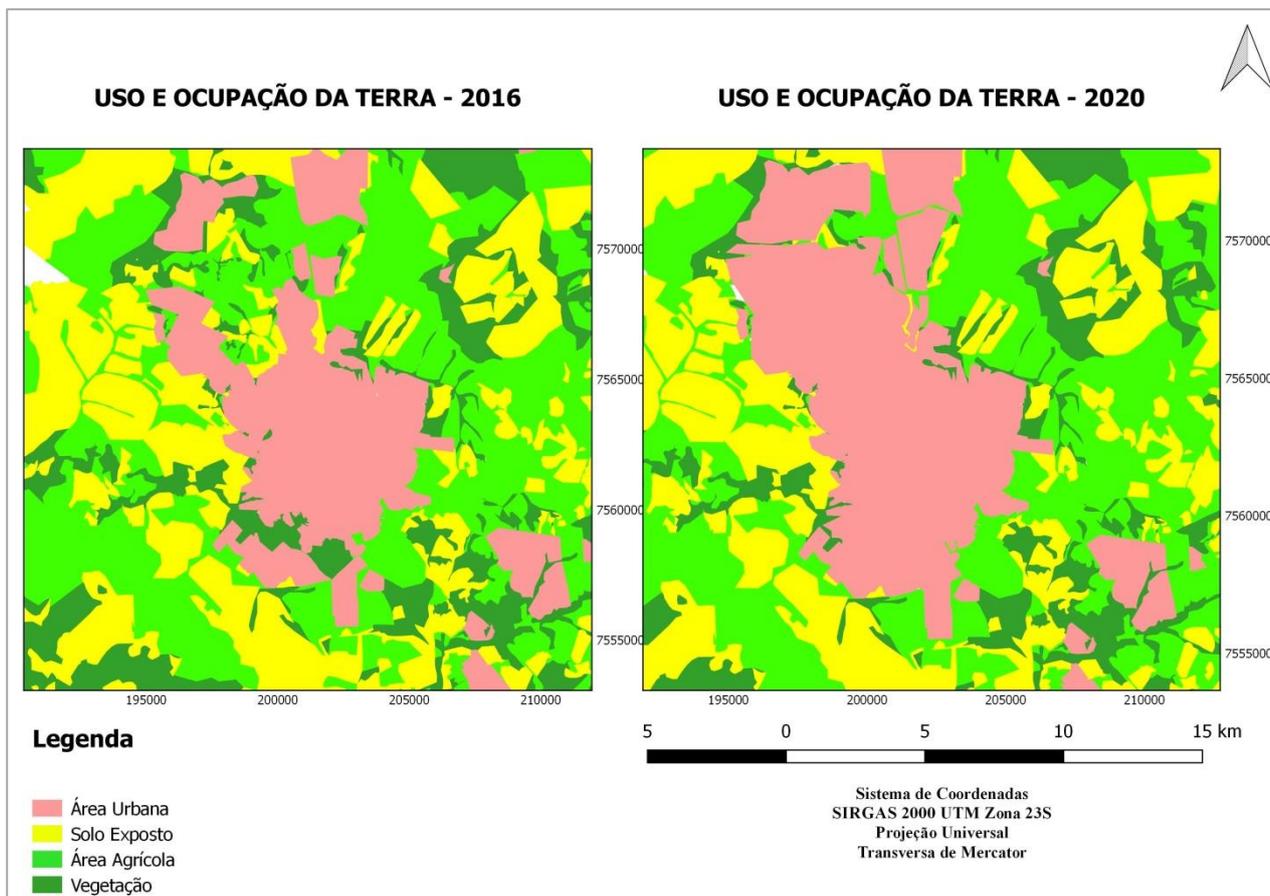
Figura 47 – mapa de uso e ocupação da terra do Município de São Carlos em 2016.



Fonte: Próprio autor, 2016.

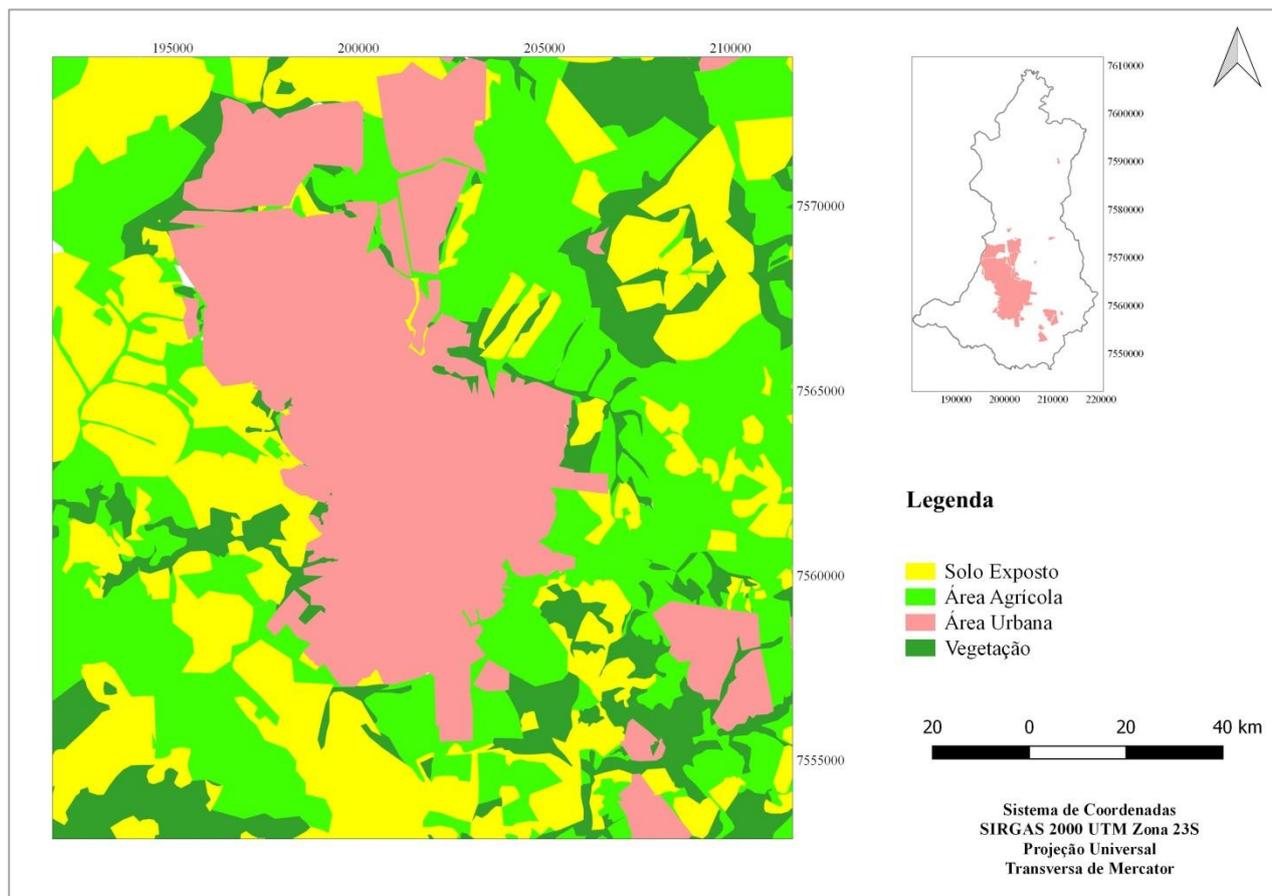
A simulação dos cenários para referente à área de estudos levou em consideração a análise temporal, proposta para os anos de 2020 e 2030, sendo estabelecido em curto e médio prazo. O período considerado de curto prazo abrange o mapa inicial de 2010 e o período e a simulação até 2020. O período considerado de médio prazo foi de 2020 a 2030. Sendo a simulação de cenários futuros de 20 anos. Os cenários futuros obtidos da simulação constam da figura 48 e 49. A figura 50 representa a comparação entre o ano de 2016 do uso e ocupação da terra e do ano de 2020.

Figura 48 – Cenários de Uso e Ocupação da Terra 2016 e 2020.



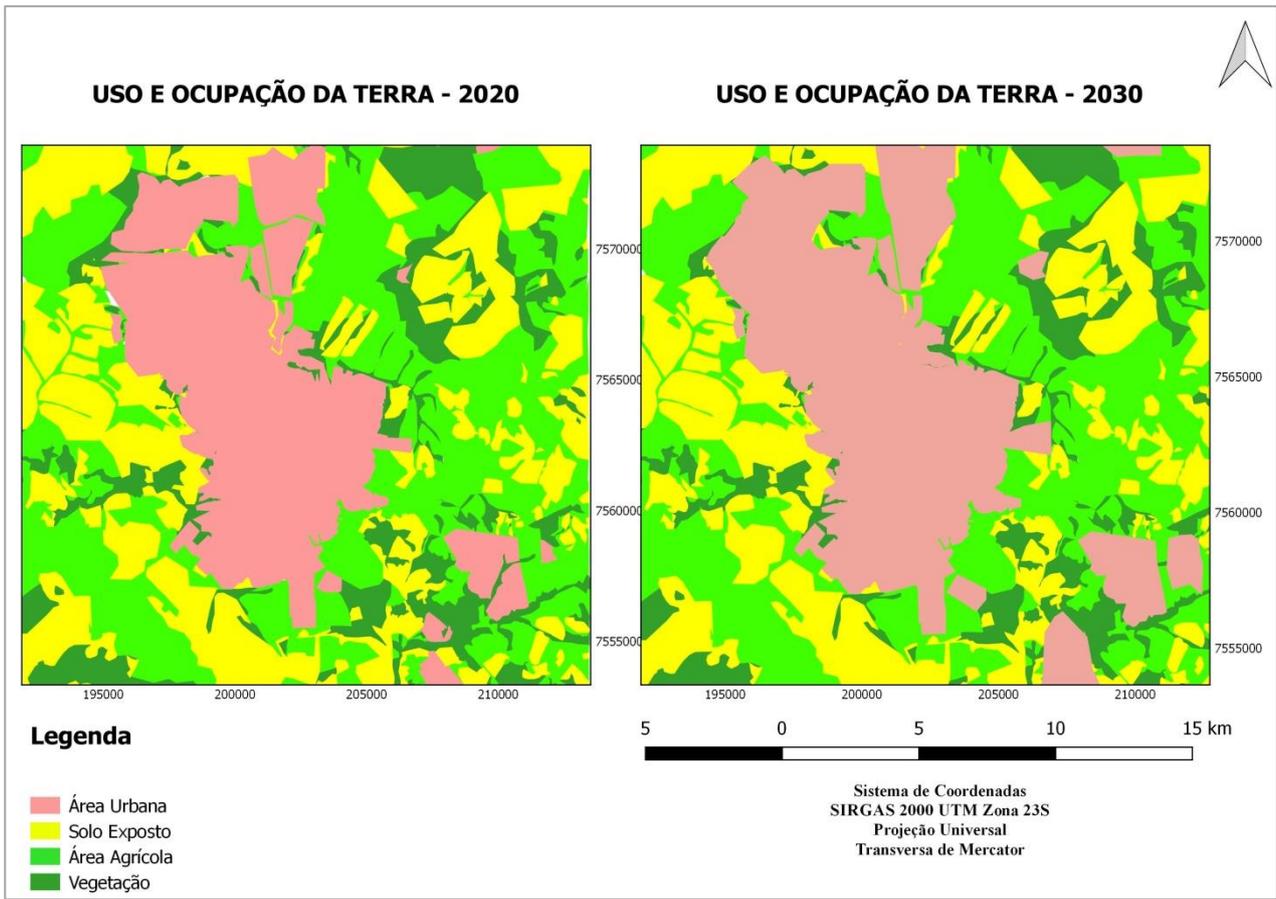
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 49 – Cenário simulado para o ano de 2020 para área urbana do Município de São Carlos – SP.



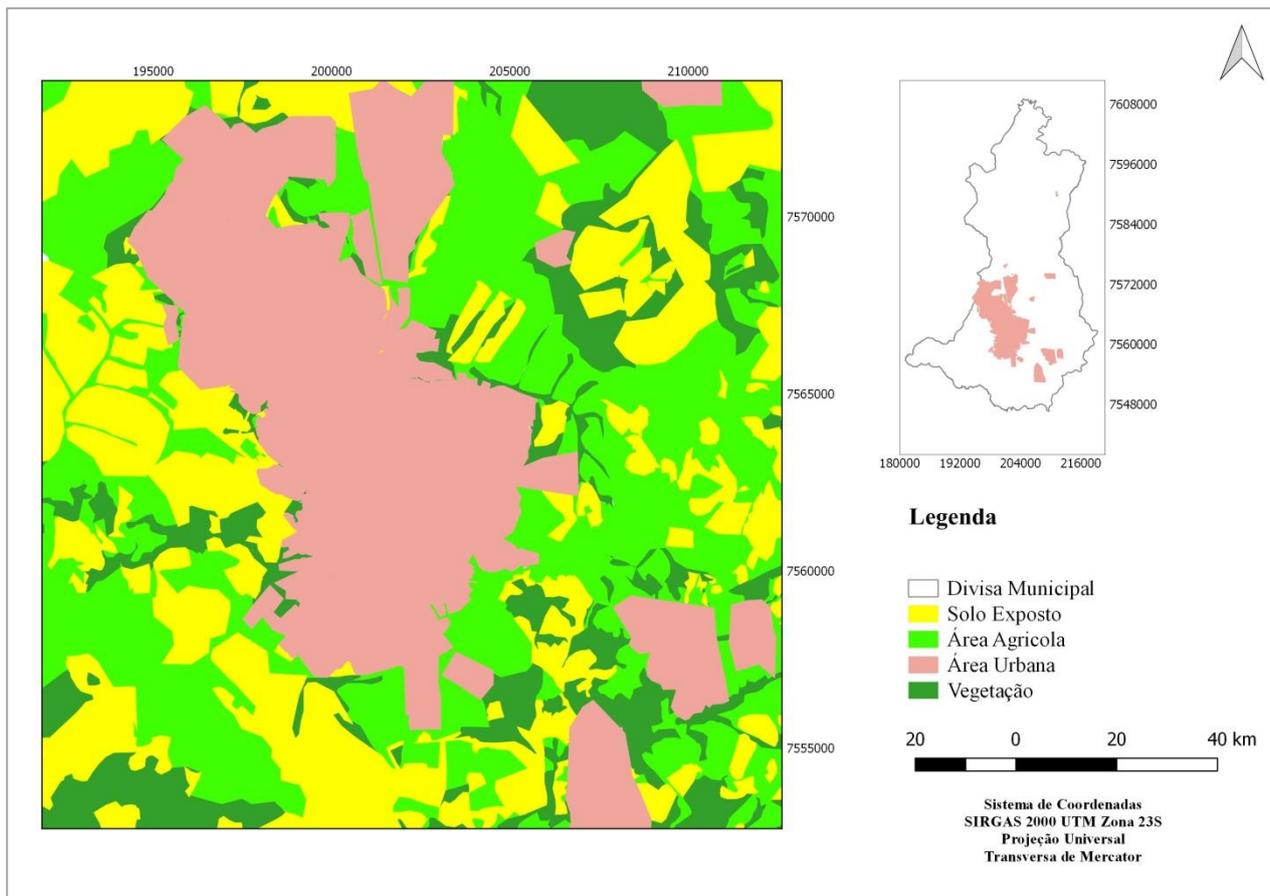
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 50 – Cenários de Uso e Ocupação da Terra 2020 e 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 51 – Cenário simulado para o período de 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Os resultados da simulação dos cenários demonstraram uma tendência de ocupação e crescimento da área urbanizada, que levaram em consideração as taxas de transição de cada classe analisada e validadas pelo período anterior. É evidente, que fatores como o “bum” econômico e imobiliário entre os anos de 2000 e 2010 propiciaram o processo negativamente para o crescimento das taxas de urbanização. Sendo que, o modelo atribuiu uma tendência histórica que ao longo do período estudado 1980 a 2010 um aumento sistemático deste processo.

O processo de ocupação e transição do uso do solo vem ocorrendo de forma constante ao longo do período, áreas que estão próximas às rodovias ou com valorização rápida foram e são propensas a ocorrer às transições.

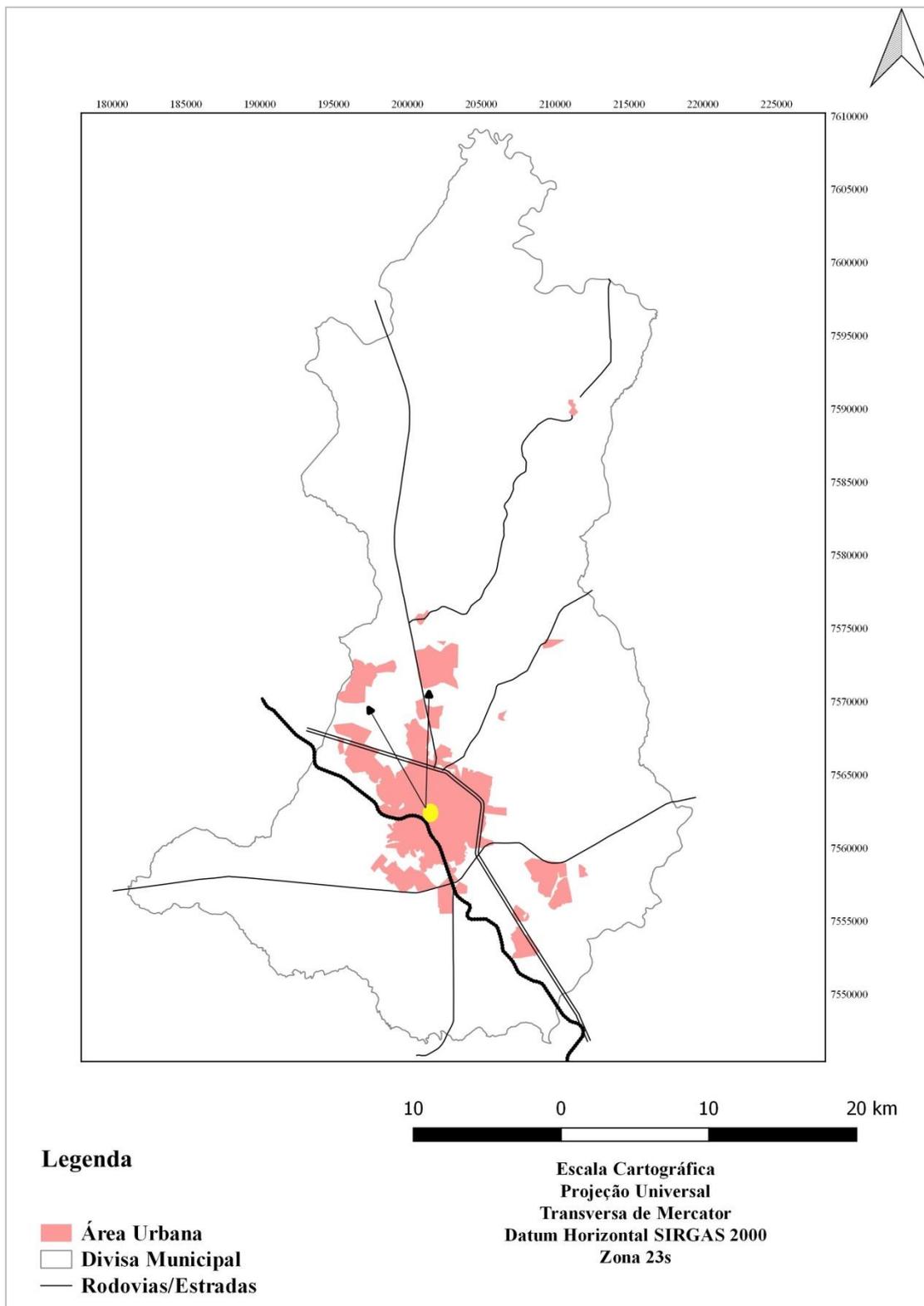
Como indicam os resultados das simulações, as projeções esperadas para o ano de 2020, indicam um eixo de crescimento para 2 pontos principais da área urbana, como poder ser observado na figura 52, sendo eles, sentido norte, noroeste e sudeste. Sendo que, o eixo de maior crescimento apresentado fica na direção da Rodovia Engenheiro Thales de Lorena Peixoto Júnior (oficialmente é o trajeto da SP-318) sentido Município de Ribeirão Preto, onde observa-se o crescimento de condomínios e loteamentos fechados, assim como de novas áreas industriais e de logística.

É importante ressaltar que o sistema proposto não está fechado, e que recebe e deve receber intemperes externas, como crises econômicas, desenvolvimento econômico entre outras ações que podem impactar os resultados e propostas esperadas. Neste sentido, é necessário que as simulações aqui efetuadas, transpasse as barreiras da área estudada, e englobe todo o município. Atentar para questões fora do espaço delimitado pelo Plano Diretor Municipal, desta forma podendo projetar cenários para transições de áreas que não constam como prioritárias para ocupação e expansão urbana neste momento.

Com isso, é necessário que, embora possamos considerar que os resultados encontrados na simulação sejam satisfatórios, a relação com a representação da realidade espacial através da

simulação de variáveis, o tamanho na área de estudos, os aspectos limitadores e a modelagem, deve-se atentar para complexidade que o modelo pode alcançar, com suas variáveis e transições.

Figura 52 – Eixo de crescimento da Área Urbanizada do Município de São Carlos – SP.



Fonte: Próprio autor, 2016.

## **5.7 Impactos do Crescimento da Área Urbana no Meio Ambiente**

Uma das consequências do processo de crescimento e expansão urbana do Município de São Carlos, ao longo dos recentes anos é a falta de políticas urbanas, que, em conjunto com instrumentos de controle poderiam minimizar os impactos ambientais gerados pela ocupação de áreas consideradas ambientalmente frágeis. Aspectos como maior fiscalização, um Plano Diretor que limite as construções em áreas ambientalmente frágeis, entre outros instrumentos são necessários para conter este processo.

O atual quadro de ocupação dos solos, e sua consequente degradação decorrente da expansão urbana e das mudanças de uso, se evidencia na área ao longo do período analisado pelo trabalho, resultando aumento sistemático dos impactos ambientais.

De acordo com Pons (2009), o município de São Carlos-SP, cresceu de forma rápida e irregular, sem os estudos e caracterizações do meio físico necessárias para a correta expansão urbana, o que por consequência gerou o agravamento dos problemas ambientais.

Com isso, a maior exposição do solo favoreceu a incidência de processos erosivos, que carregam o material particulado para os cursos d'água, comprometendo sua qualidade devido ao aumento da turbidez e consequentemente desencadeando em processos de assoreamento do leito e erosão (GUIDOLINI, 2013).

A urbanização foi responsável por processos de degradação ambiental, tais como supressão da vegetação, retirada de áreas de preservação permanente, erosão das margens entre outros. De forma análoga, processos de implantação de loteamentos e de usos incompatíveis com os padrões de sustentabilidade como relata Carvalho e Braga (2001).

O processo de ocupação da área de estudos identifica que os impactos relacionados ao uso da terra interferem significativamente, alterando o ciclo hidrológico, a consequente perda de vegetação nativa altera o ecossistema local, acelera o processo erosivo, além de outros impactos ambientais provenientes do crescimento econômico da área.

As mudanças ocorridas podem representar o uso e ocupação da terra nos anos analisados. Como consequência do crescimento das áreas agrícolas e dos processos produtivos, em conjunto com o solo exposto e o crescimento da área urbanizada, de forma inadequada e sem que haja um controle no planejamento das ocupações, seus efeitos são impactantes para toda área do município, já que impacta diversas sub-bacias, nascentes e rios, visto que em um período curto de tempo o processo de degradação vem ocorrendo de forma rápida e intensa, ocasionando problemas ambientais e sociais acumulativos.

As áreas das sub-bacias do município vêm sofrendo um grande impacto, principalmente pelo crescimento das áreas urbanizadas, com a expansão dos condomínios e loteamentos fechados, como ficou evidenciado durante o trabalho. É evidente que as diretrizes de planejamento do município não estão condizentes com um modelo de Plano Diretor que privilegie a proteção ambiental.

Segundo Oliveira, Rodrigues e Rodrigues (2008), o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes.

Existem várias áreas dentro do município que vem sendo adensadas com o processo de urbanização, já apresentando traços de degradação ambiental, pelo modelo de ocupação e utilização da terra, tomamos como exemplo a sub-bacia do Chibarro (área teste da calibração). A sua urbanização é resultado de um processo histórico de ocupação, caracterizado pela ausência de planejamento urbano ambiental e gestão ambiental urbana durante décadas no município.

O total desconhecimento das áreas de expansão e dos condicionantes do meio físico, como geológicos e geotécnicos, facilitam a degradação e os impactos ambientais, a falta de planejamento em conjunto com esses fatores tendem a ocasionar diversos problemas, entre eles os

socioambientais, inundações, erosões, assoreamento dos corpos d'água e a falta de recursos hídricos.

Diferentes estudos ao longo dos anos apontam para questão da degradação ambiental associados ao crescimento da área urbana, expansão urbana desordenada e falta de planejamento urbano no crescimento e ocupação dos territórios, como Zuquette (1987), Oliveira (1996), Blum (1998), Gonçalves (1998), Sobreira e Castro (2002) e Pons (2006).

Nos estudos que relacionam a degradação ambiental e o crescimento urbano, é necessário conhecer os condicionantes do meio natural que interagem no processo, e no comportamento destes com o modelo de ocupação, sendo ele vertical ou horizontal e os diferentes modelos de uso e ocupação.

Entre os problemas relacionados com a degradação ambiental e o crescimento da área urbana do Município de São Carlos, podemos observar que estão em diferentes vertentes, como, supressão da vegetação nativa, lançamento de esgoto em rios e córregos, loteamentos em áreas vulneráveis, processos erosivos e assoreamento, ocasionados principalmente pelas características do meio físico da área.

O uso e a cobertura do solo nestes ecossistemas têm, portanto um papel fundamental no delineamento do ambiente em escalas global, regional e local. Mudanças no uso e na cobertura do solo podem assim influenciar a diversidade biológica, o clima e os ciclos biogeoquímicos e da água. A retirada da Mata Ciliar, por sua vez, pode resultar em um aumento da temperatura do solo e da erosão juntamente ao assoreamento dos mananciais e em modificações do balanço hídrico e na disponibilidade de nutrientes (TUCCI, 2002; TUNDISI, 2008).

Ao longo das últimas décadas, o município de São Carlos tem recebido um grande aporte econômico de construtoras para elaboração de loteamentos fechados, paralelamente aumento o crescimento horizontal da cidade.

Este processo de ocupação e degradação torna-se, portanto, evidente nas margens quando observamos o mapa de uso e ocupação da terra ao longo dos anos, e o processo histórico-geográfico refletindo por sua vez no aumento das áreas ocupadas próximas a rios e vegetação, trazendo problemas em períodos de chuva por inundações. Além disso, outro problema evidenciado neste trabalho diz respeito à observação de uma excessiva retirada das áreas de preservação permanente e da ocupação das margens dos rios para construção de ruas.

Ocasionalmente uma cadeia de impactos ambientais, tais como a impermeabilização do solo, alterações no relevo, erosão das margens e assoreamento dos cursos d'água, perda das matas ciliares, diminuição da biodiversidade, aumento do escoamento superficial, inundações, aumento nos congestionamentos entre outros.

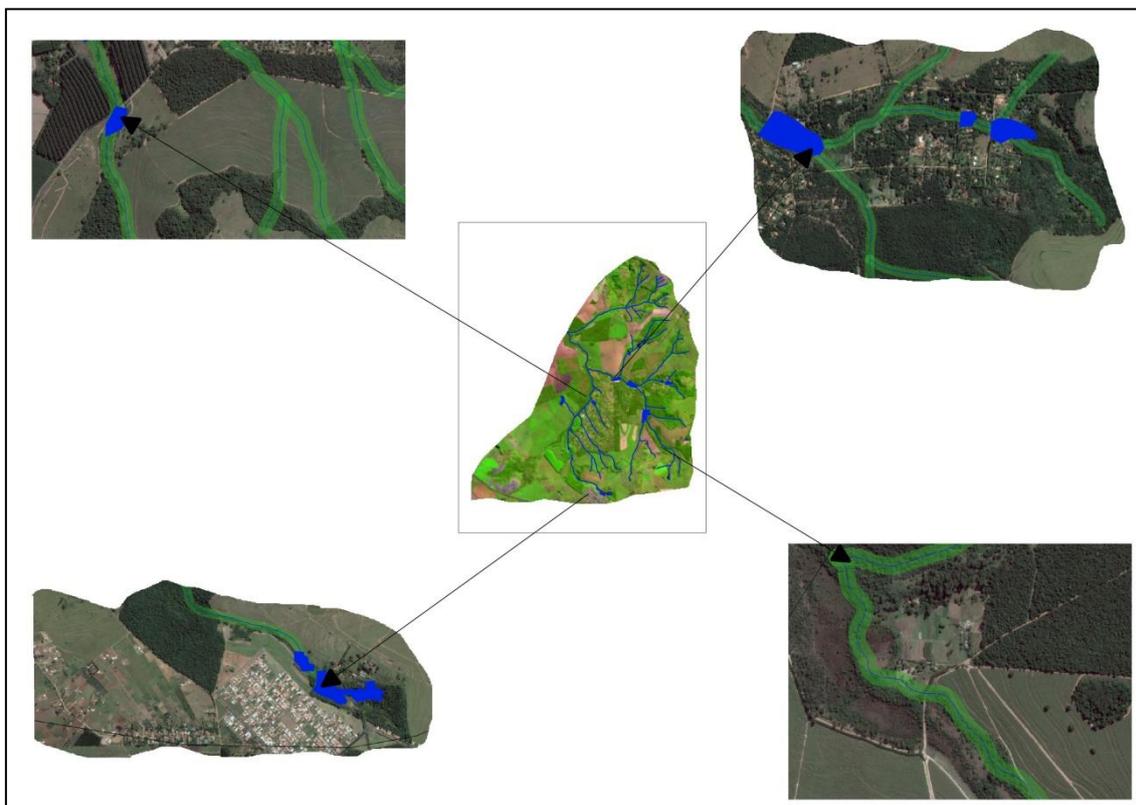
Desta maneira, o uso da terra está então intimamente relacionado à degradação do ambiente pelas ações antrópicas, tanto diretas quanto indiretas. Segundo Christofolletti (1999) ressalta, “o conceito de recursos naturais é sensível ao contexto no qual é utilizado. Os componentes existentes na superfície terrestre não surgem como recursos naturais apenas porque se encontram no sistema da natureza. Passam a essa categoria quando ganham relevância em função da intervenção humana, pelo conhecimento de sua existência, pelo conhecimento de como pode ser tecnicamente utilizado e pela sua integração a determinadas necessidades da sociedade”.

A figura 53 demonstra a espacialização do processo de degradação ambiental em uma área que ao longo dos anos de 2000 passou a ocorrer à expansão urbana, com conjuntos habitacionais de baixa renda e chácaras. A sub-bacia do Chibarro é a terceira sub-bacia que está sendo ocupada em um curto período de tempo.

A figura 53 é resultado de uma análise caracterizada pelo uso de dois diferentes sensores, o Landsat- 8 sensores OLI e o Google Earth Pro. Em que o primeiro foi utilizado uma resolução espectral de 530-590nm (Banda 3), 640-690nm (Banda 4 Vermelho), 850-880nm (Banda 5 Infravermelho próximo), com composição do mosaico com as bandas 3, 4 e 5, resolução espacial

de 30 metros. O Google Earth Pro que têm uma boa resolução espacial proporciona uma melhor análise das mudanças espaciais através da interpretação visual.

Figura 53 – Espacialização da degradação ambiental em uma área de expansão urbana.

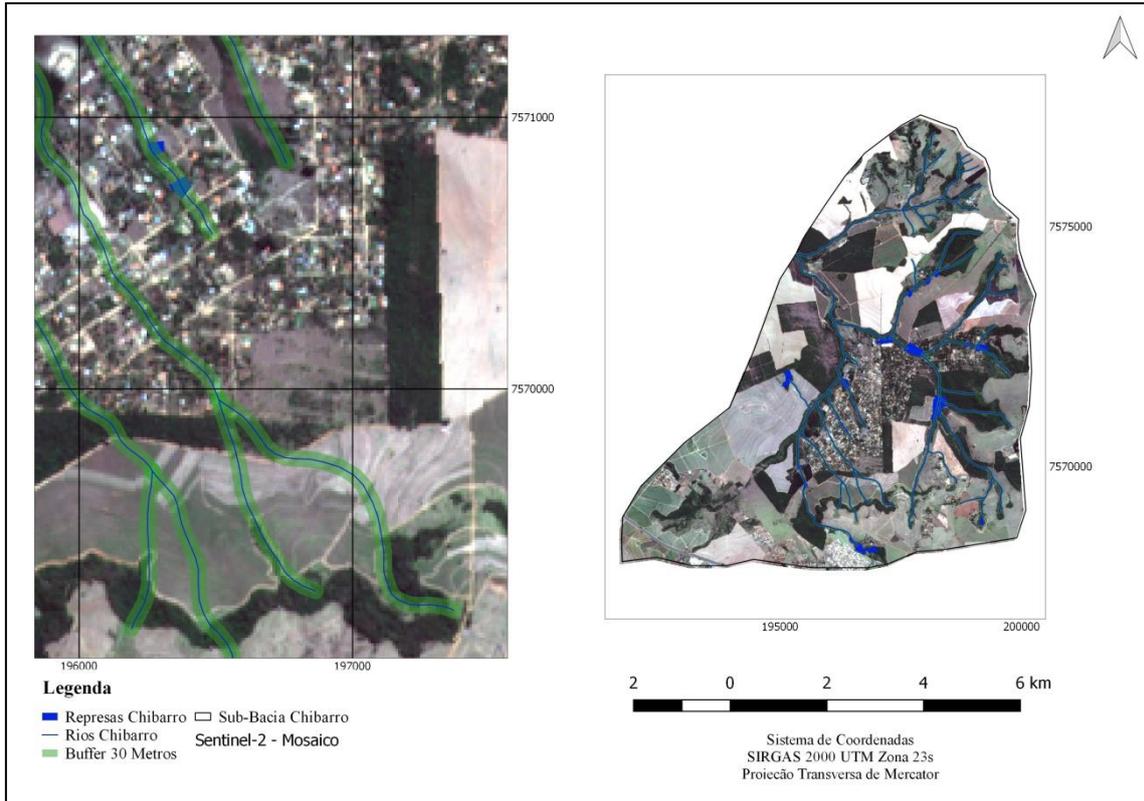


Fonte: Próprio autor.

As figuras 54 e 55 demonstram a degradação ambiental gerada pela ocupação e expansão urbana com, residências, chácaras recreativas e um conjunto habitacional sobre as áreas de preservação permanente. É notório ao longo dos anos o avanço sobre essas áreas, que já são ambientalmente frágeis e carecem de maior fiscalização pelo poder público e órgãos fiscalizadores.

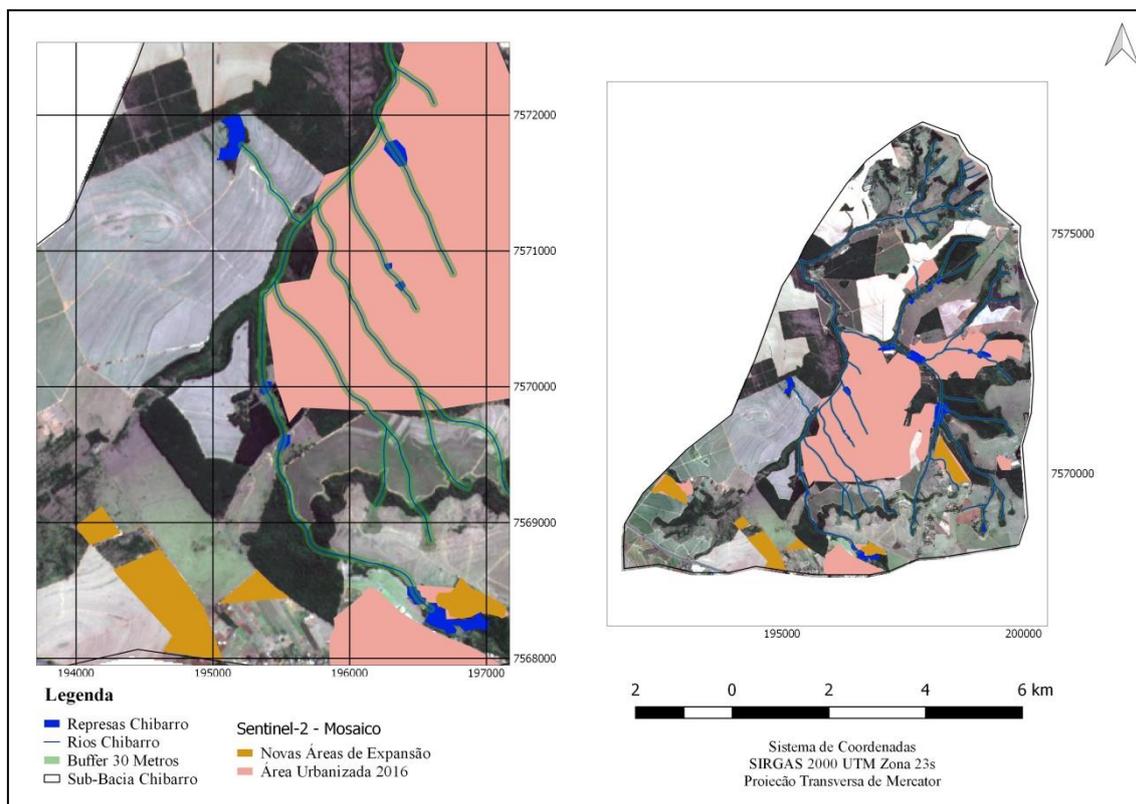
O *buffer* gerado sobre a imagem de satélite denota que, grande parte da sub-bacia do Chibarro já teve suas áreas de preservação permanente ao longo dos diferentes trechos dos rios suprimida, em alguns casos totalmente e em outros parcialmente. O *buffer* elaborado na sobreposição sobre os rios e a vegetação, é de 30 metros em todos os rios da sub-bacia.

Figura 54 – *Buffer* das Áreas de Preservação Permanente.



Fonte: Próprio autor.

Figura 55 – Novas áreas de expansão na sub-bacia do Chibarro.



Fonte: Próprio autor.

As figuras 56, 57, 58, 59 e 60 foram geradas e construídas através da técnica de interpretação visual, identificando as áreas e pontos degradados pela ocupação urbana, e o processo de expansão consolidado e áreas que podem ser ocupadas em um curto período de tempo.

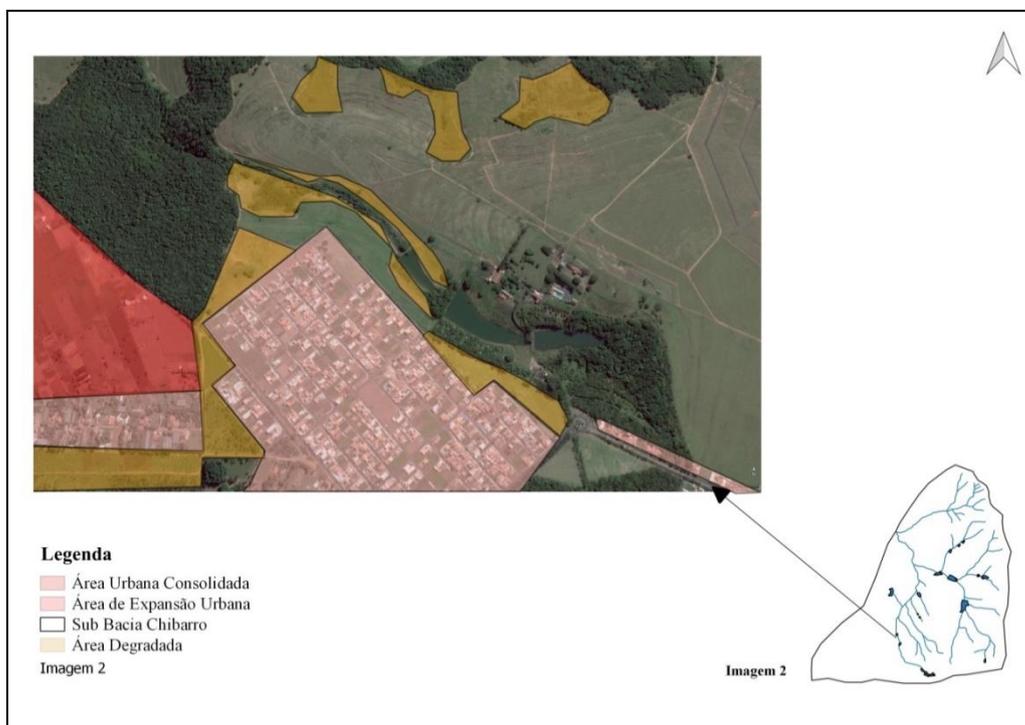
Através do uso das imagens de alta resolução do Google Earth Pro, foi possível identificar áreas e regiões da sub-bacia que no decorrer do trabalho apresentavam o grau de degradação visto no período atual. Neste sentido, foi possível identificar e caracterizar o atual processo de degradação e os impactos ambientais que a sub-bacia do Chibarro passa, as imagens são do ano de 2016 (10/10/2016).

Figura – 56 Região ao sul da sub-bacia.



Fonte: Próprio autor.

Figura 57 – Região sul da Sub-bacia.



Fonte: Próprio autor.

Figura 58 – Região central da Sub-bacia.



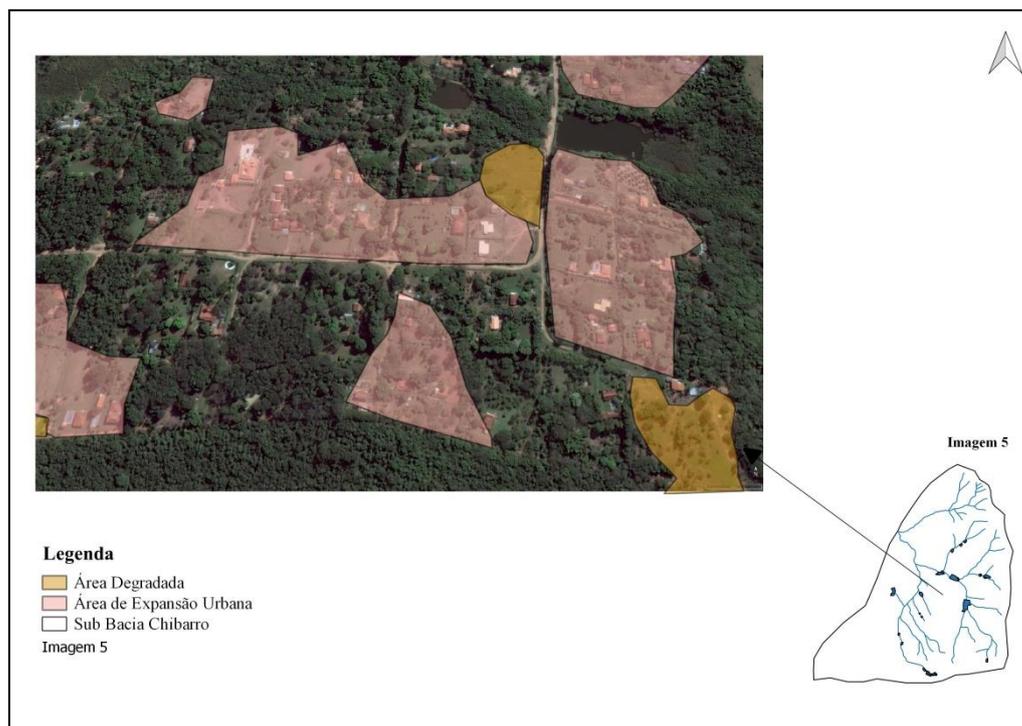
Fonte: Próprio autor.

Figura 59 – Região norte da Sub-bacia.



Fonte: Próprio autor.

Figura 60 – Região central da Sub-bacia.



Fonte: Próprio autor.

## 5.8 Mapa Hipsométrico e o Processo de Urbanização

Os modelos digitais de elevação são essenciais para o estudo do relevo, dando a possibilidade de elaboração de perspectivas técnicas e subsídios para tomada de decisão. Neste sentido, como parte do trabalho para detecção de impactos ambientais e degradação ambiental na área de crescimento urbano, foi gerado o mapa hipsométrico. A partir da aquisição da imagem SRTM foi gerado o mapa, inicialmente foi extraído as curvas de nível a partir da imagem numa equidistância de 20 metros, em seguida, utilizou-se a ferramenta de transformação para geração de uma grade TIN e gerar o mapa hipsométrico do município.

O mapa gerado, pelo método de triangulação a partir da imagem SRTM, demonstra uma grande eficácia na representação da área de estudo e constituem-se como uma excelente ferramenta de análise e subsídio para intervenções no meio físico e planejamento urbano ambiental, com vistas à análise da degradação ambiental.

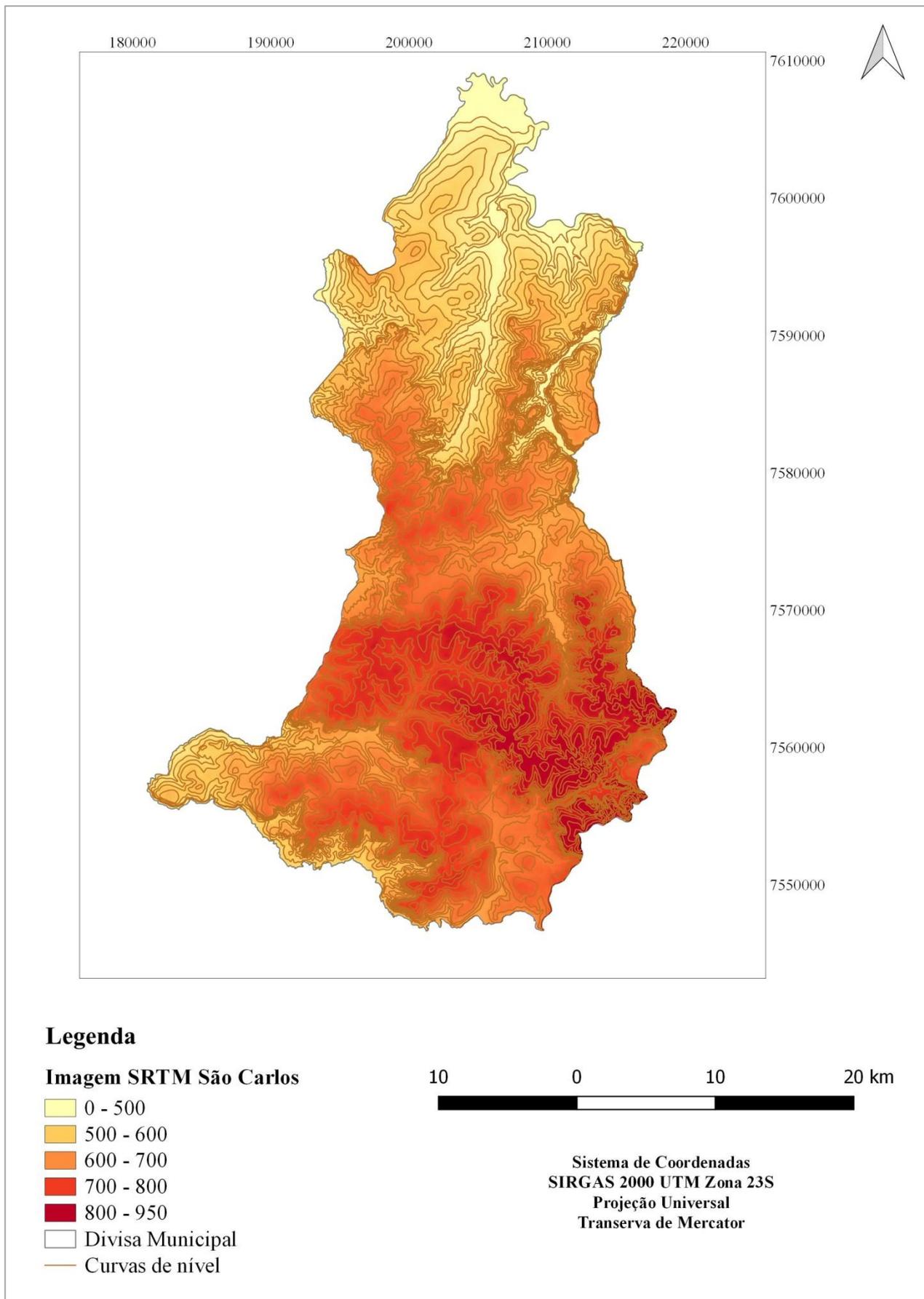
O mapa hipsométrico, apresenta informações que podem contribuir na identificação de áreas potencialmente inundáveis, considerando as características físicas da bacia e da região de estudos, sendo essas áreas de baixas altitudes e de declives acentuados.

O uso das técnicas de Geoprocessamento, em especial o uso das imagens SRTM, permitiram obter resultados relevantes no que concerne a análise morfométrica da paisagem. Com isso, salienta-se a relevância das técnicas para a elaboração do mapeamento hipsométrico, tendo em vista, principalmente, a facilidade e a velocidade em dar resultados plausíveis de ferramentas que podem proporcionar subsídios para o processo de ordenamento territorial e ocupação das áreas, em situações de desordenado nas práticas de planejamento urbano adotadas até o presente momento pelo governo municipal.

O mapa permitiu verificar que o município de São Carlos possui grande parte da sua extensão com áreas de altitudes que variam entre 200 e 940 metros. O mapa hipsométrico revela que a área urbana do município está localizada entre as cotas de maior altitude métrica, sendo elas entre 600 a 940 metros, atingindo áreas propícias a eventuais riscos de inundações, devido aos fundos de vale e as ocupações já ocorridas durante décadas em seus vales, que deram suporte a área urbana.

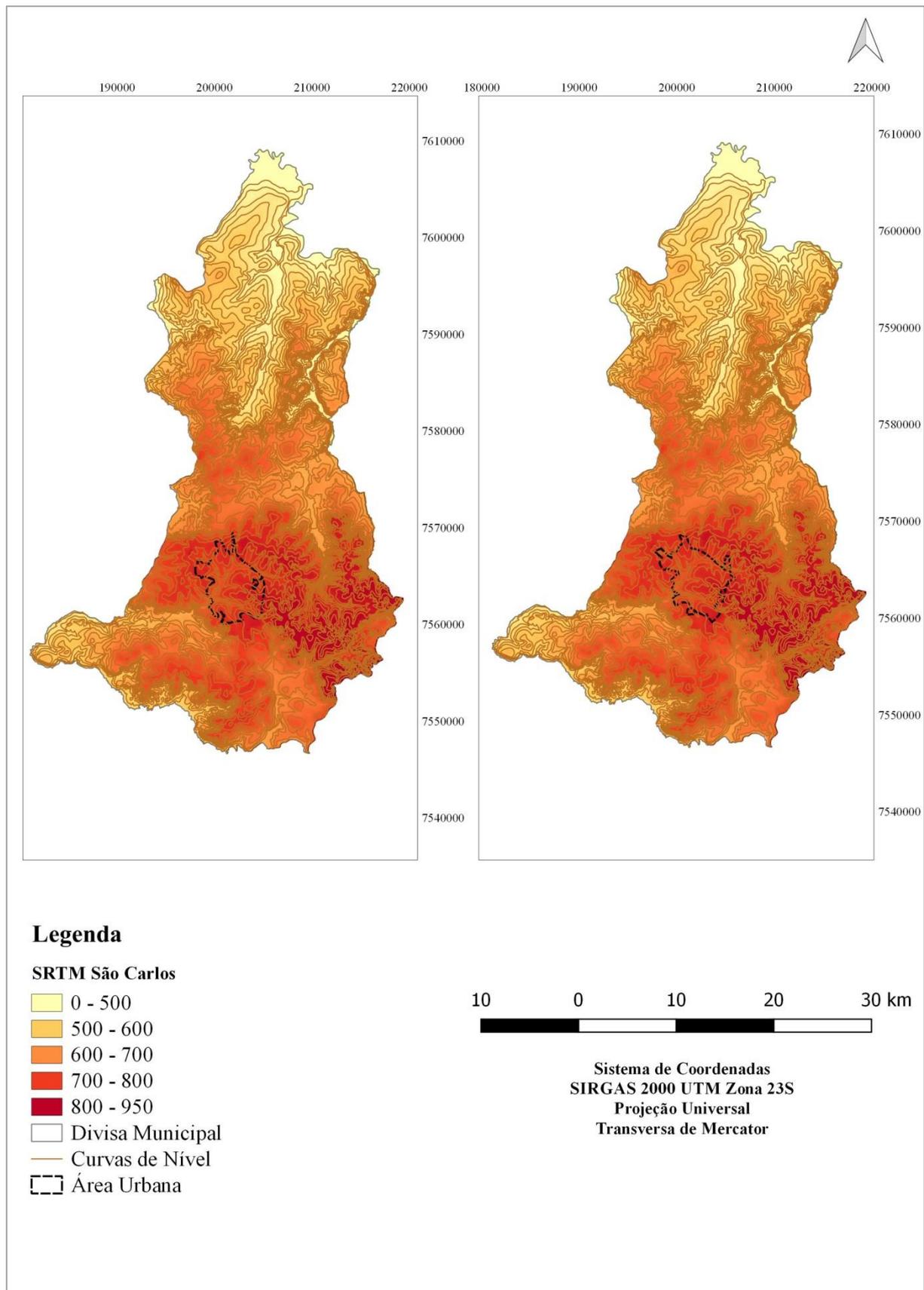
A figura 61 representa o mapa hipsométrico com o recorte do Município de São Carlos, e as figuras 62, 63, 64 e 65 representam a evolução da área urbana ao longo do período estudado e a respectiva área hipsométrica.

Figura 61 – Mapa Hipsométrico (ou relevo) do Município de São Carlos/SP.



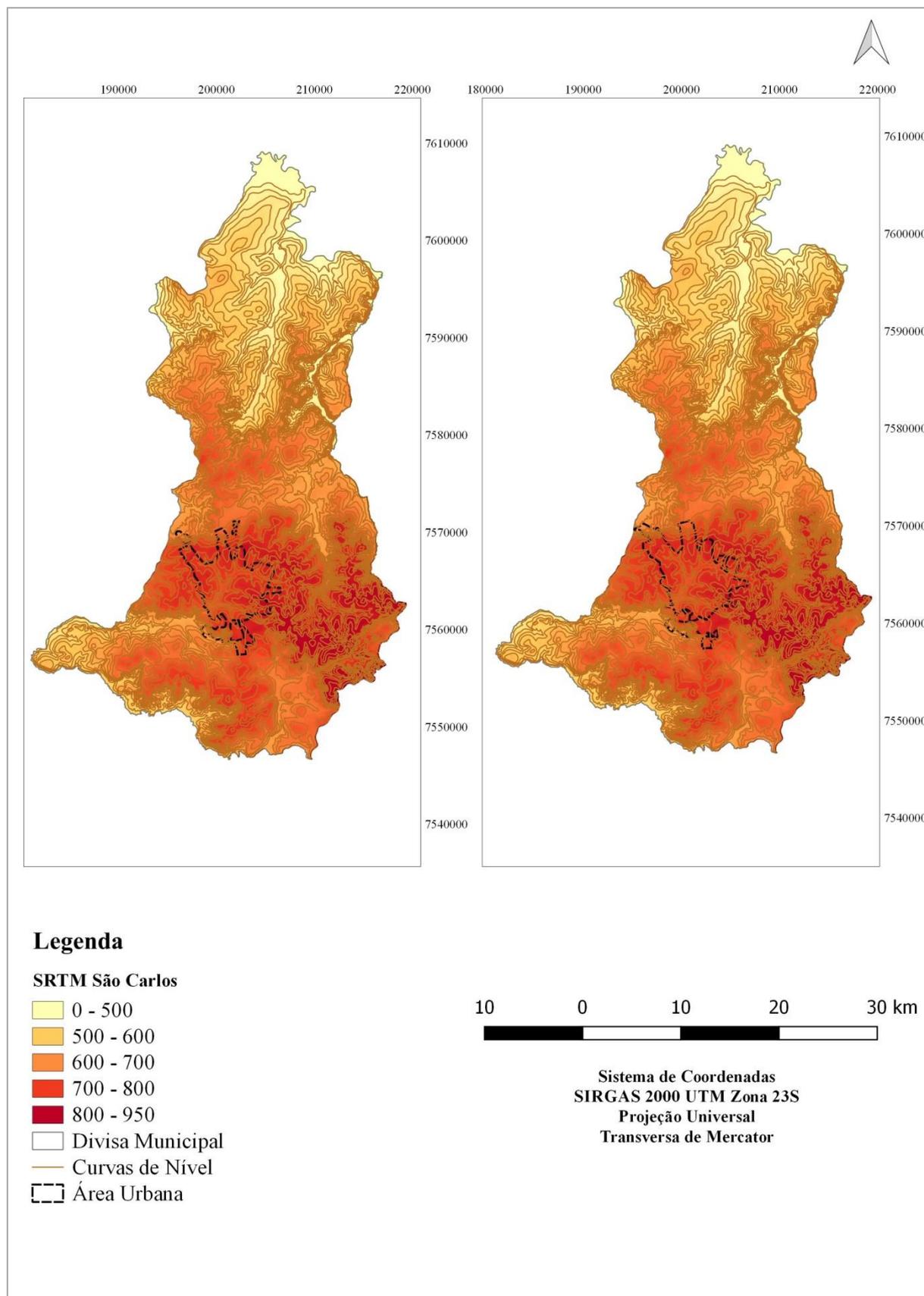
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 62 – Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 1980 e 1990.



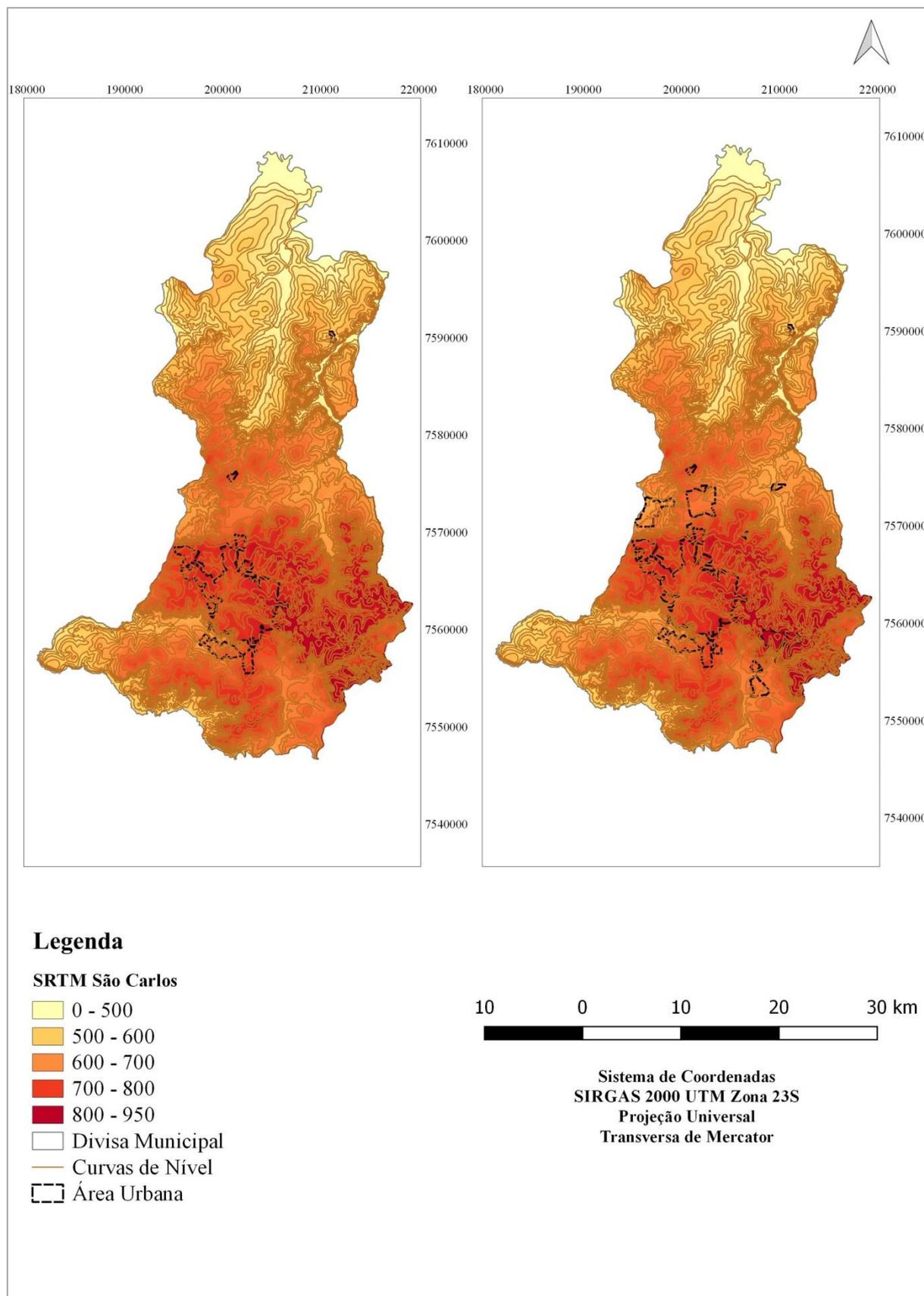
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 63 – Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2000 e 2010.



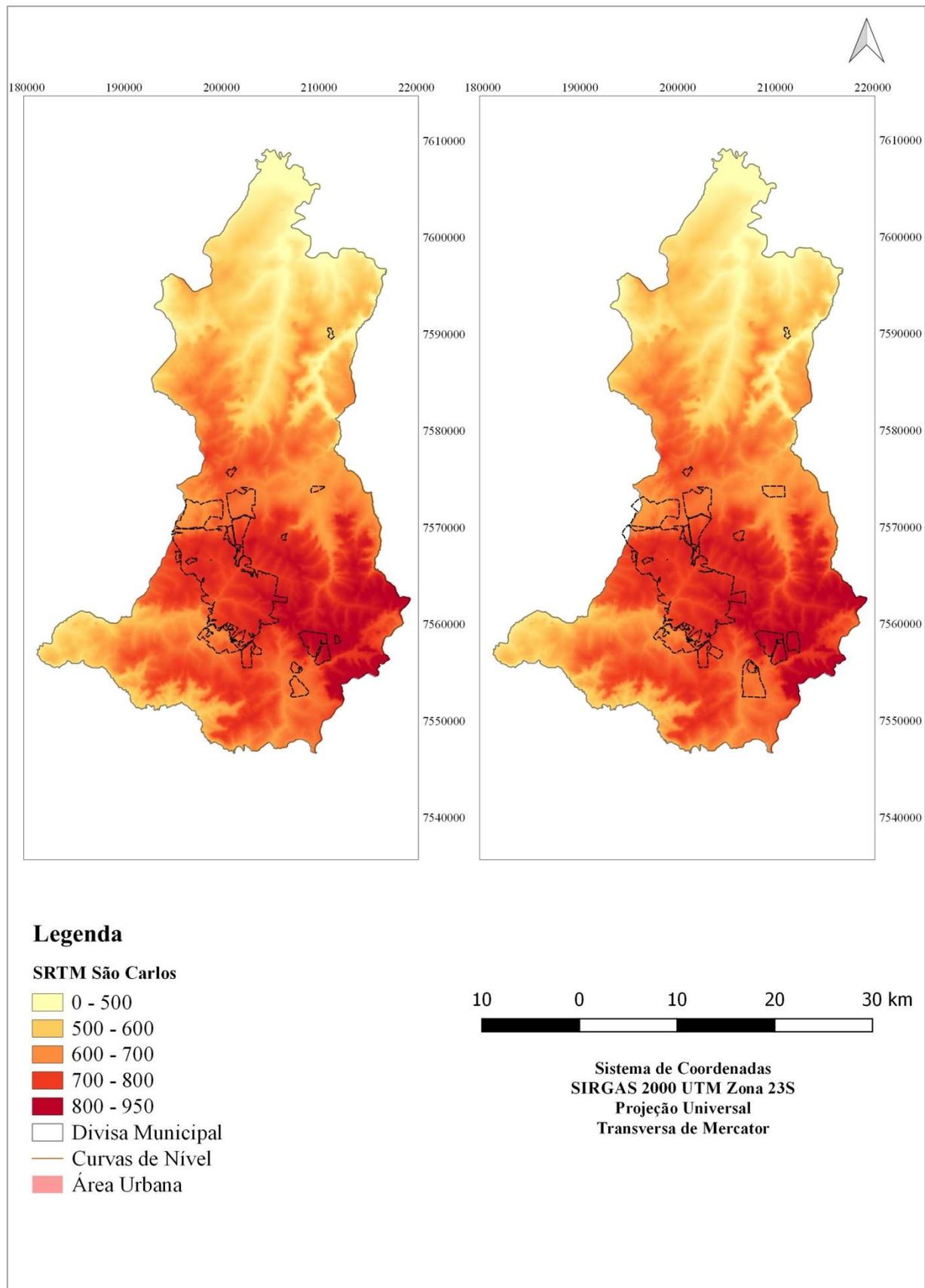
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 64 – Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2012 e 2016.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 65 – Mapa Hipsométrico do Município de São Carlos/SP e a área urbana de 2020 e 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Podemos destacar que, segundo as simulações e projeções relacionadas ao processo de urbanização entre os anos de 2016 a 2020 e 2020 a 2030, os impactos ambientais decorrentes das novas áreas ocupadas. O mapa hipsométrico constatou que as localidades com altitudes que variam de 600 a 800 e 800 a 940 metros, irão ser impactadas, atingindo estas regiões.

Os impactos ambientais relacionados a este processo são decorrentes da ocupação de áreas suscetíveis aos riscos naturais, pela utilização inadequada, e serem propícias às alterações promovidas pela ação humana. De forma geral, a ocupação dessas novas áreas irá gerar uma série de impactos ambientais.

Os riscos associados à dinâmica de ocupação de áreas com esse perfil de altitudes variam como, processos erosivos, movimentos de massa e modificação da forma original do terreno são alguns dos impactos ambientais relacionados a esta questão.

Os impactos associados se resumem basicamente as áreas com encostas e fundos de vale, que em um curto período de tempo deverá causar transtornos de forma danosa à população residente. Este atual modelo desordenado de ocupação tende a modificar desfavoravelmente a suscetibilidade natural da região, dando origem aos processos de instabilidade, erosivos e consequentemente degradação ambiental.

A identificação e a caracterização dos possíveis impactos ambientais permitiram planejar ações para minimizar as consequências destes impactos observados, quando se considera o potencial modificador dos condicionantes do ambiente físico através das ações antrópicas.

## **5.9 Impactos da Urbanização nas Sub-bacias Hidrográficas**

Segundo Carneiro (2008), evidencia, no Brasil o que se constata é a desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e os de planejamento do uso do solo, refletindo, talvez, certa deslegitimação do planejamento e da legislação urbanística nas cidades, marcadas por forte grau de informalidade e mesmo de ilegalidade na ocupação do solo. É, o que

percebemos na maioria de nossas cidades, um desconjunto de ações sem critérios técnicos e práticos, e que na maioria das vezes não são sistêmicos, ocasionando desta forma impactos que são cumulativos dentro do território.

Segundo Dupas (2001), o crescimento da cidade de São Carlos não obedeceu a critérios técnicos, legislativos e ambientais (geológicos, topográficos, pedológicos e de uso do solo), não foram realizadas avaliações periódicas e acompanhamento de indicadores sobre a qualidade ambiental, tendo a cidade sido regida pela especulação imobiliária, fator indutor do direcionamento da mancha urbana.

O município é dividido em nove sub-bacias hidrográficas e está localizada sobre o divisor de águas de duas UGRHI (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos) do Estado de São Paulo, ao norte a bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu e ao sul a bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré como pode ser observado na figura 66.

A área urbana da cidade de São Carlos cresceu sobre duas sub-bacias, sendo elas do Feijão e Monjolinho, que concentra quase 90% de toda área da cidade. A partir da década de 90, o processo de expansão urbana na cidade começa a ser mais intenso, alcançando outras sub-bacias, como a do Feijão e aumentando vertiginosamente dentro da área da sub-bacia do Monjolinho. As bacias hidrográficas do rio do Monjolinho e ribeirão do Feijão são os principais mananciais para abastecimento público do município e são as mais importantes deste ponto de vista para população.

Segundo Costa (2010), a bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão é considerada o manancial mais importante para a cidade de São Carlos e para a região, pois possui boa vazão. Ele tem sua nascente no alto do planalto de São Carlos, seu curso médio e alto drena uma região caracterizada por suaves ondulações esculpidas sobre os sedimentos arenosos cenozóicos e residuais da Formação Botucatu.

Sua bacia hidrográfica faz divisa com os municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina. Está localizada na Área de Proteção Ambiental Corumbataí (Lei Estadual nº 20.960 de 1983) que visa proteger os ecossistemas aquáticos (rios, pântanos e represas) e terrestres da região central do Estado de São Paulo, abrangendo glebas de terras dos municípios de São Carlos, Itirapina, Brotas, Rio Claro e Corumbataí (Gonçalves, 1986; Nishiyama, 1991).

Segundo Dupas (2001) e Costa (2010), para o período de 1989 a 2009 a captação de água superficial da cidade de São Carlos-SP decresceu 20,5%, passando dos 594 L/s para 472,3 L/s, enquanto que a exploração de fontes subterrâneas teve um incremento de 684,2% passando dos 56 L/s para 439,2 L/s. Em 2009 as bacias hidrográficas mananciais do córrego do Monjolinho (225,9 L/s) e do ribeirão do Feijão (246,3 L/s) eram responsáveis pelo fornecimento de 51,8% (472,3L/s) da água consumida (911,4 L/s), o restante, 48,2% (439,2 L/s) era retirado em 21 poços profundos no Aquífero Botucatu. Os autores afirmam que, este cenário evidencia uma mudança no modelo de exploração dos recursos hídricos, que antes era baseado em fontes superficiais e ora se mostra dependente da exploração de fontes subterrâneas orientado na abundância, facilidade de exploração e baixos custos de tratamento de águas subterrâneas, o que, sem dúvida, contribui e privilegia a degradação, poluição e não a conservação dos mananciais de água superficial.

Diariamente, decisões sobre o ordenamento do território e gestão da água moldam os padrões de crescimento urbano, ao mesmo tempo em que decisões sobre uso do solo urbano influenciam os sistemas hidrológicos. Porém, é muito comum que essa ligação seja ignorada, ou apenas reconhecida, especialmente por políticos sem formação adequada. Tucci (2008), alerta que as dificuldades enfrentadas pelos municípios para a implementação do planejamento integrado é fruto da limitada capacidade institucional para enfrentar problemas complexos e interdisciplinares.

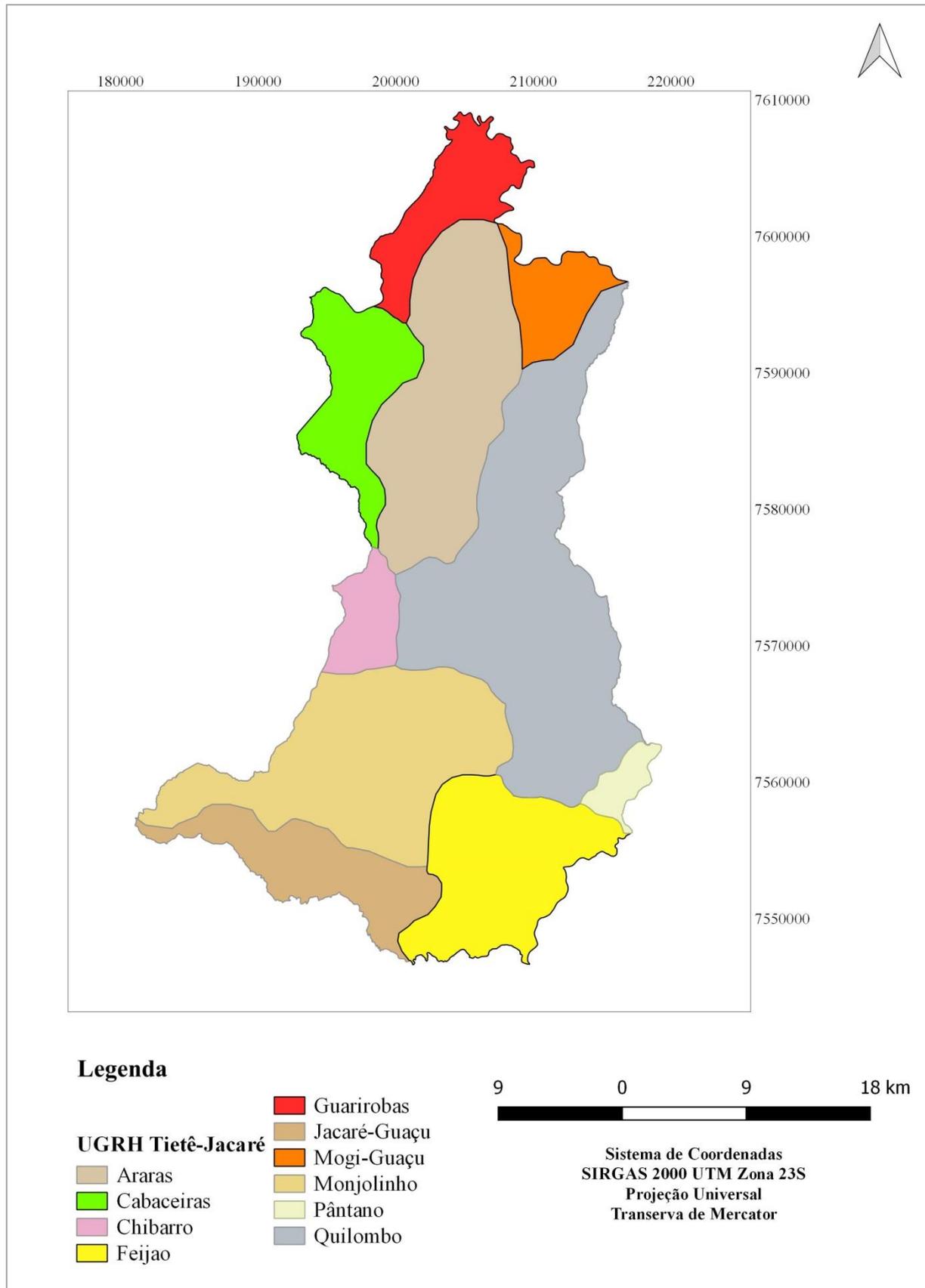
São cada vez maiores os estudos relacionados às bacias hidrográficas como unidades de planejamento, o que sugeri a Lei 9.433/1997, com isso têm crescido nas últimas décadas,

trabalhos que abordem os impactos gerados pelas atividades antrópicas em bacias que são utilizadas para o abastecimento humano.

Os condicionantes ambientais que compõem estes mananciais fazem com que seja considerado altamente vulnerável quanto à contaminação de águas superficiais e subterrâneas, tendo com isso uma lógica de não ocupação destes locais para fins urbanos, sejam eles moradia ou equipamentos públicos de infraestrutura, desta forma, contrariando a lógica utilizada nos dias atuais pelo governo municipal de ocupação cada vez maior destas áreas.

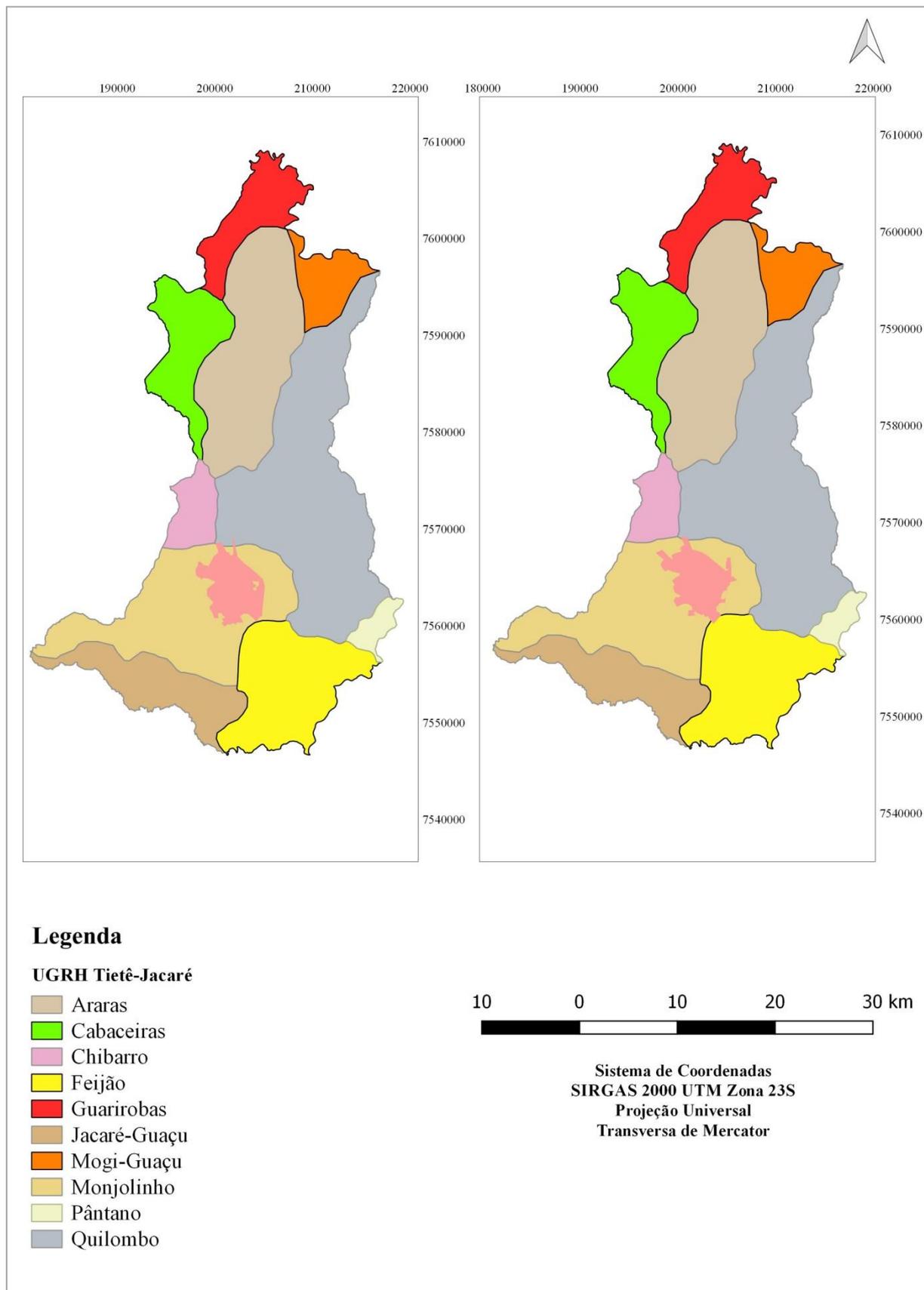
As figuras que seguem (67, 68, 69 e 70) representam o processo de crescimento da área urbanizada do município entre os anos analisados e os cenários previstos para o futuro. Demonstram que outras sub-bacias já estão “sofrendo” o processo de expansão urbana, como no caso da sub-bacia do Chibarro e um aumento na área da sub-bacia do Feijão.

Figura 66 – Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos.



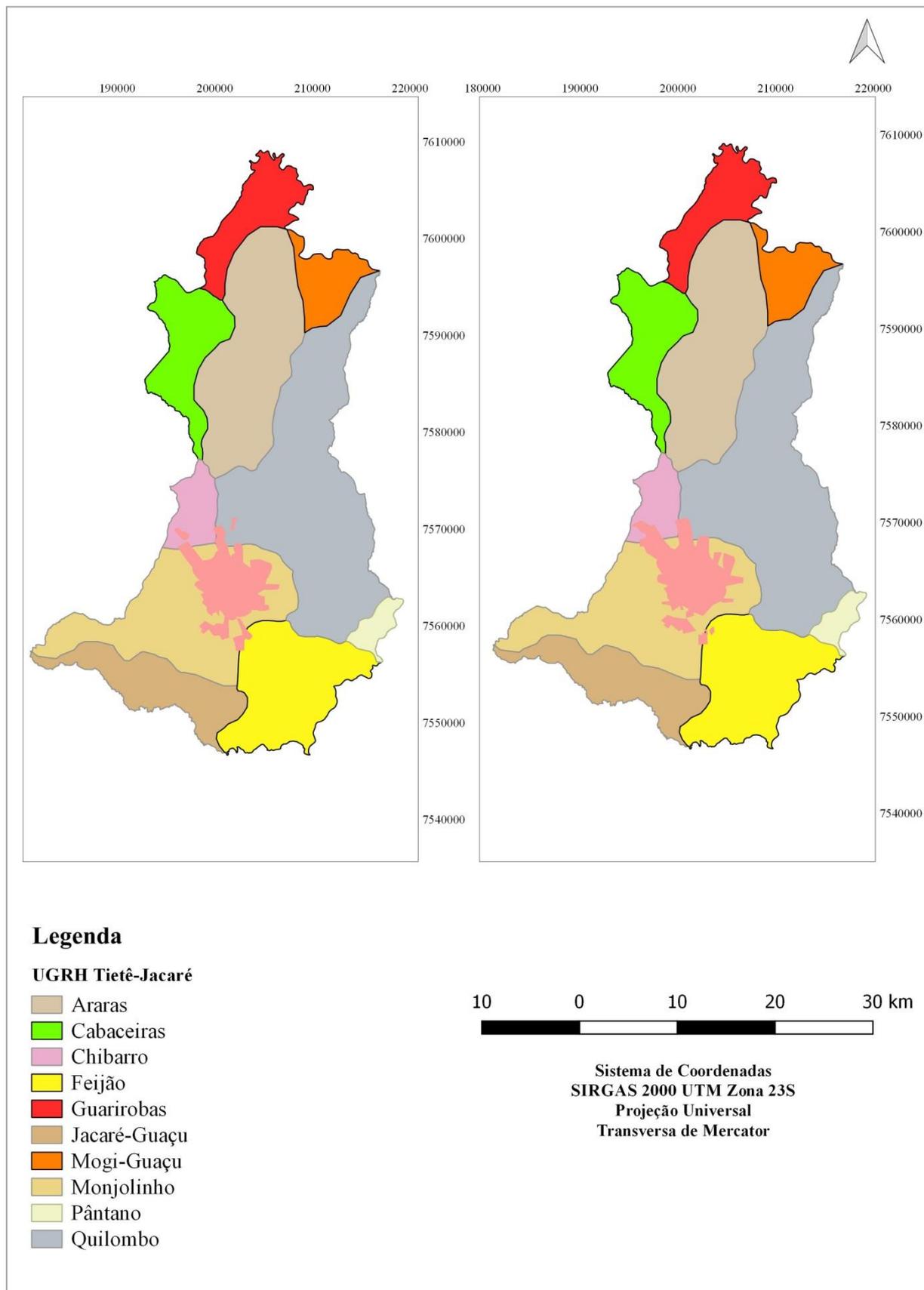
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 67 – Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 1980 e 1990.



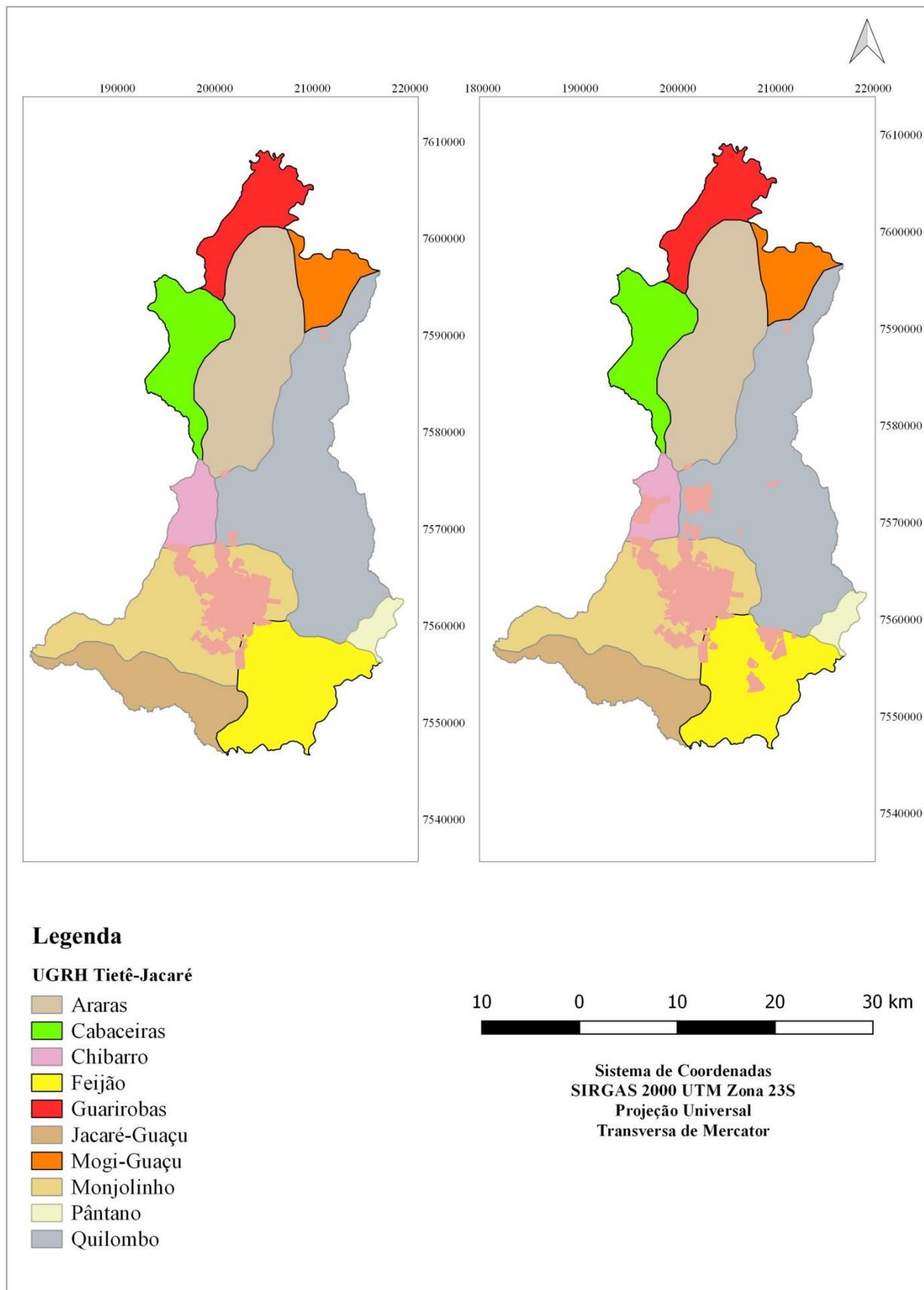
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 68 – Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2000 e 2010.



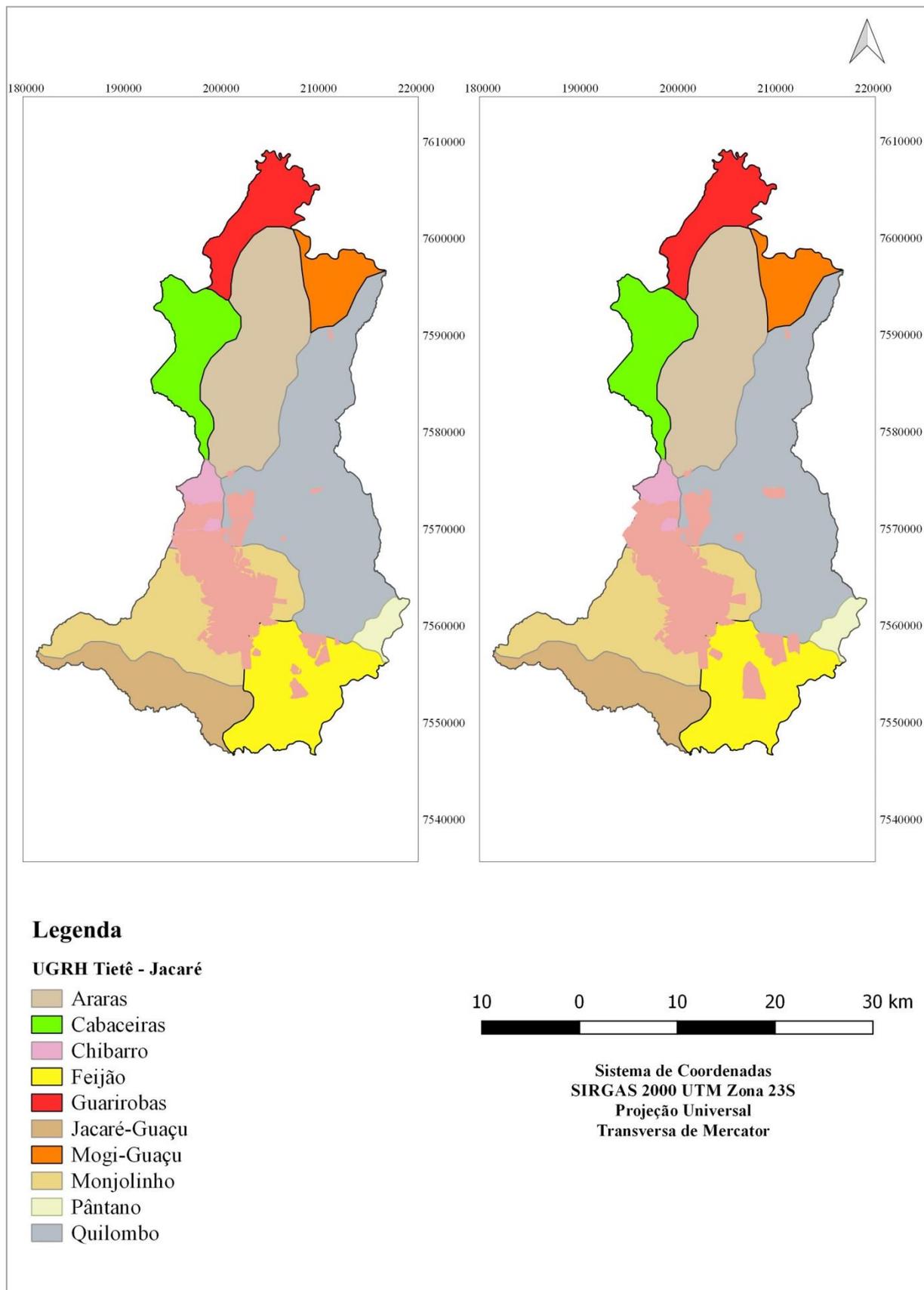
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 69 – Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2012 e 2016.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 70 – Mapa das Sub-bacias Hidrográficas que compõem o Município de São Carlos e a Área Urbana de 2020 e 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

As simulações demonstraram que o processo de ocupação irá avançar para outras sub-bacias da área do município e que, o incremento de novos projetos residenciais, principalmente por condomínios horizontais e o crescimento da cidade na direção norte, tendem a aumentar ao longo dos anos. É importante salientar que, tal fato decorre de um conjunto de mudanças no padrão de vida e no desenvolvimento econômico que o país e o município passaram ao longo dos anos.

Analisando os possíveis impactos ambientais relacionados à ocupação das sub-bacias pelas novas áreas urbanas sobre os recursos hídricos, podemos observar que as alterações irão além da qualidade dos recursos hídricos, se o processo de simulação vier a ser confirmado em um futuro próximo. Alterações ambientais, tais como redução da cobertura vegetal, supressão das áreas de preservação permanente, ocupação das várzeas, aumento no escoamento superficial aumentado devido à erosão, compactação dos solos entre outros problemas tem como origem a falta de planejamento urbano das cidades.

Segundo Genz e Tucci (1995) destacam que, os principais impactos ambientais que decorrem do desenvolvimento e crescimento da área urbana sobre os processos hidrológicos, estão ligados à forma de ocupação da terra, e também ao aumento das superfícies impermeáveis em grande parte das bacias que se localizam próximas a zonas de expansão urbana ou inseridas no perímetro urbano.

Campana e Tucci (1994) afirmam que, as bacias urbanas necessitam ser planejadas com seu desenvolvimento futuro levado em consideração. Contudo, a falta de planejamento adequado e as irregularidades na ocupação descontrolada tornam esta tarefa bastante difícil e preocupante.

Tal preocupação é devido ao fato de tais recursos estarem ligados a impactos ambientais, como: ocupação da terra de forma indevida, uso inadequado dos recursos hídricos, supressão das matas ciliares, sedimentação, assoreamento, desvios de cursos d'água, erosão, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica da camada superficial do solo,

dentre outros tipos de degradação. São questões relativas que devem conter em qualquer estudo de ocupação destas áreas, pois afetam profundamente o ciclo hidrológico e o microclima.

Com isso, existe uma preocupação em conciliar o desenvolvimento econômico e preservação ambiental das regiões que ainda não foram afetadas pelo processo de ocupação territorial, mas devem ser nas próximas décadas, visto que a demanda de projetos, planos e estratégias tendem a inserir essas novas áreas, como o caso da sub-bacia do Chibarro.

Existe uma necessidade em criar propostas para o adequado manejo destas áreas, integrando os condicionantes naturais e as sub-bacias hidrográficas que compõem o quadro físico do município, haja vista que a modelagem e as simulações já projetam a ocupação em novas sub-bacias.

As simulações indicam que em um período curto de 15 anos, entre as projeções de 2016 a 2020 e 2020 a 2030, as sub-bacias do Chibarro, Feijão, Quilombo e Jacaré-Guaçu sofreram um intenso processo de ocupação territorial, principalmente pela criação de novas áreas de crescimento urbano, agravando os problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos no município.

O uso e ocupação dessas localidades evidenciam um modelo já consagrado de ocupação territorial, em que, as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial não interferem na instalação de novos loteamentos, equipamentos urbanos e infraestrutura, deixando claramente os estudos e aspectos técnicos fora da tomada de decisão por parte dos planejadores e pelo poder público.



Assim a área de estudo está inserida na província da Depressão Periférica (zonas do Médio Tietê e de Moji-Guaçu) e na província das Cuestas Basálticas, que é pela primeira vez reconhecida com unidade geomórfica. Ponçano et al. (1981), com base nos estudos de Almeida (1964).

Segundo Bjornberg (1964) na área situada entre São Carlos e Rio Claro existem esforços compressivos de direção NW, discrepantes dos demais dominantes, ENE-WSW e SW, provavelmente aqueles esforços originam-se de tensões secundárias que localmente se apresentam como principais e os diques intrusivos parecem controlar a tectônica moderna. Ainda segundo Bjornberg et al. (1971) a origem da Depressão Periférica como associada a uma zona de pequenas fraturas cisalhantes e formação de áreas de fraqueza onde favorece a ação dos processos erosivos de drenagem subsequente.

O relevo é constituído de mesas e morros isolados. A configuração de planalto cortado por vales entalhados e uma das características das zonas de transição entre as Cuestas e o Planalto Ocidental. As menores cotas, 775 metros, localizam-se nos vales, enquanto as maiores no planalto, ultrapassando os 1.000 metros de altitude (NISHIYAMA, 1991).

O relevo de transição entre o Planalto Ocidental e as Cuestas, apresenta altitudes que variam de 775 m a 1.020 m. Bjornberg & Tolentino (1959, segundo Gonçalves, 1986) relatam que as cotas mais elevadas do planalto de São Carlos, são ocupadas pela Formação Itaqueri, cuja base corresponde à altitude aproximada de 800 m. O fundo dos vales dos rios do planalto e em áreas a leste e oeste é ocupado por rochas eruptivas da Formação Serra Geral. Logo abaixo, em extensas áreas a norte e sul da área de estudo, são encontrados afloramentos da Formação Botucatu, que são responsáveis pelas superfícies de topografia quase plana.

Os níveis morfológicos do relevo brasileiro apontam que, à luz dos conhecimentos mais recentes, não se deve interpretar os níveis topográfico-morfológicos do leste paulista como sendo diretamente gerado por superfícies de erosão. Tais níveis altimétricos podem estar associados a

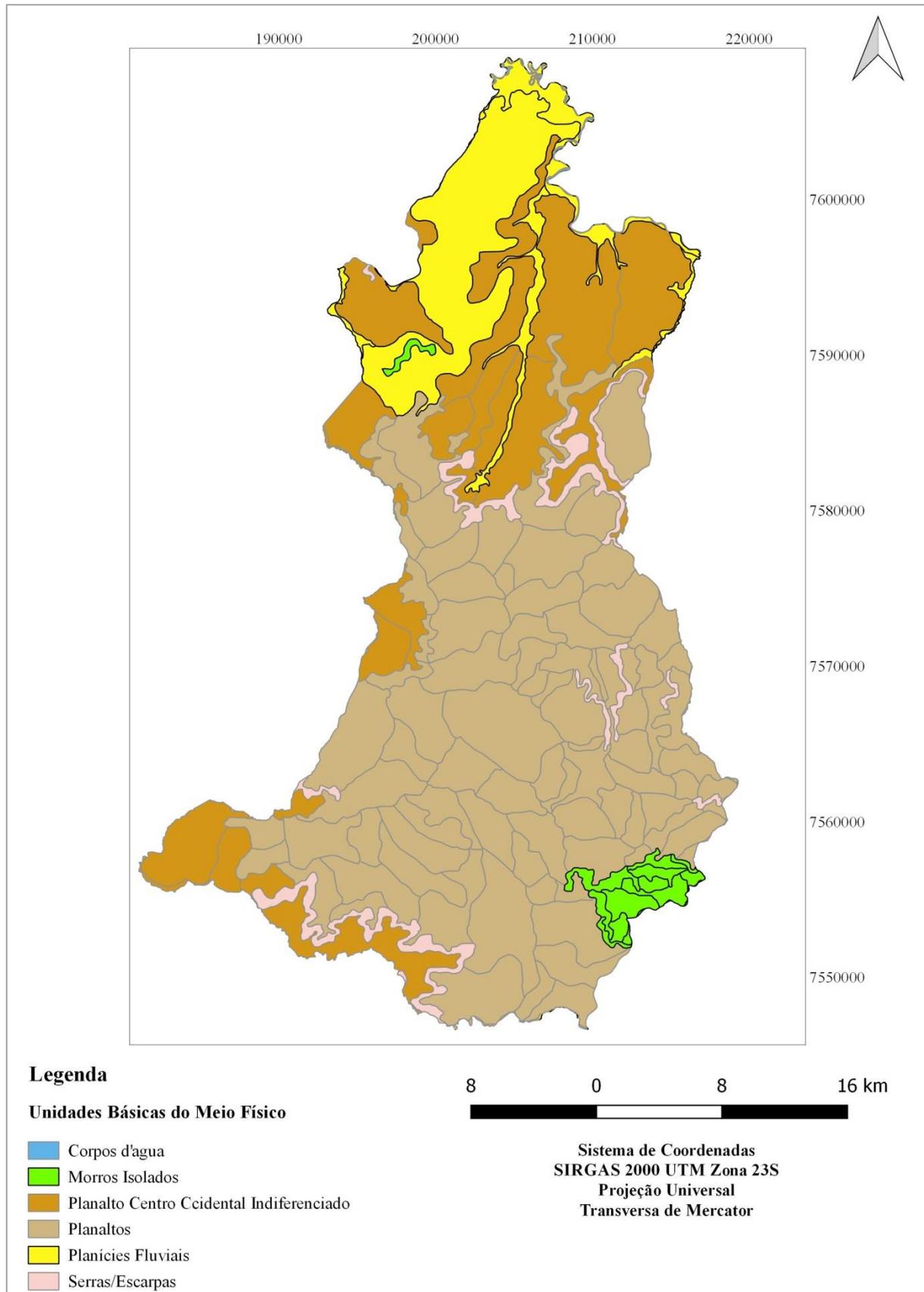
diversos processos formadores com os eventos tectônicos cenozóicos que soergueram, com basculamento de blocos, se posicionando em diferentes níveis altimétricos, sofrendo intemperismo pelo efeito de meteorização físico-química, atuando sobre diferentes estruturas litológicas, com velocidades diferenciadas de desgaste ou até mesmo o conjunto das variáveis tectônica-erosão-deposição, que estabelece níveis associados a fecho de sedimentação (ROSS, 1991).

Observa-se que o início do processo de urbanização do município, que tanto geograficamente quanto geotecnicamente, e que a dinâmica da expansão é que passa a desencadear uma série de problemas, à medida que a área urbana começa a interagir em áreas limitantes para o crescimento da urbanização.

As dificuldades impostas pelas características do meio físico são normalmente ignoradas ou tratadas de modo ineficaz, ou, na melhor das hipóteses, com obras de alto custo, pelo poder público, é o que foi observado ao longo do trabalho no que tange está questão no município. Essas dificuldades surgem logo na implantação do loteamento, ou mesmo de assentamentos espontâneos, e se prolongam durante todo o processo de ocupação urbana (ABGE, 1982). Tais problemas se mostram, por exemplo, nos fenômenos de erosão e escorregamentos, que ultrapassam a própria área do loteamento, através do assoreamento de corpos d'água.

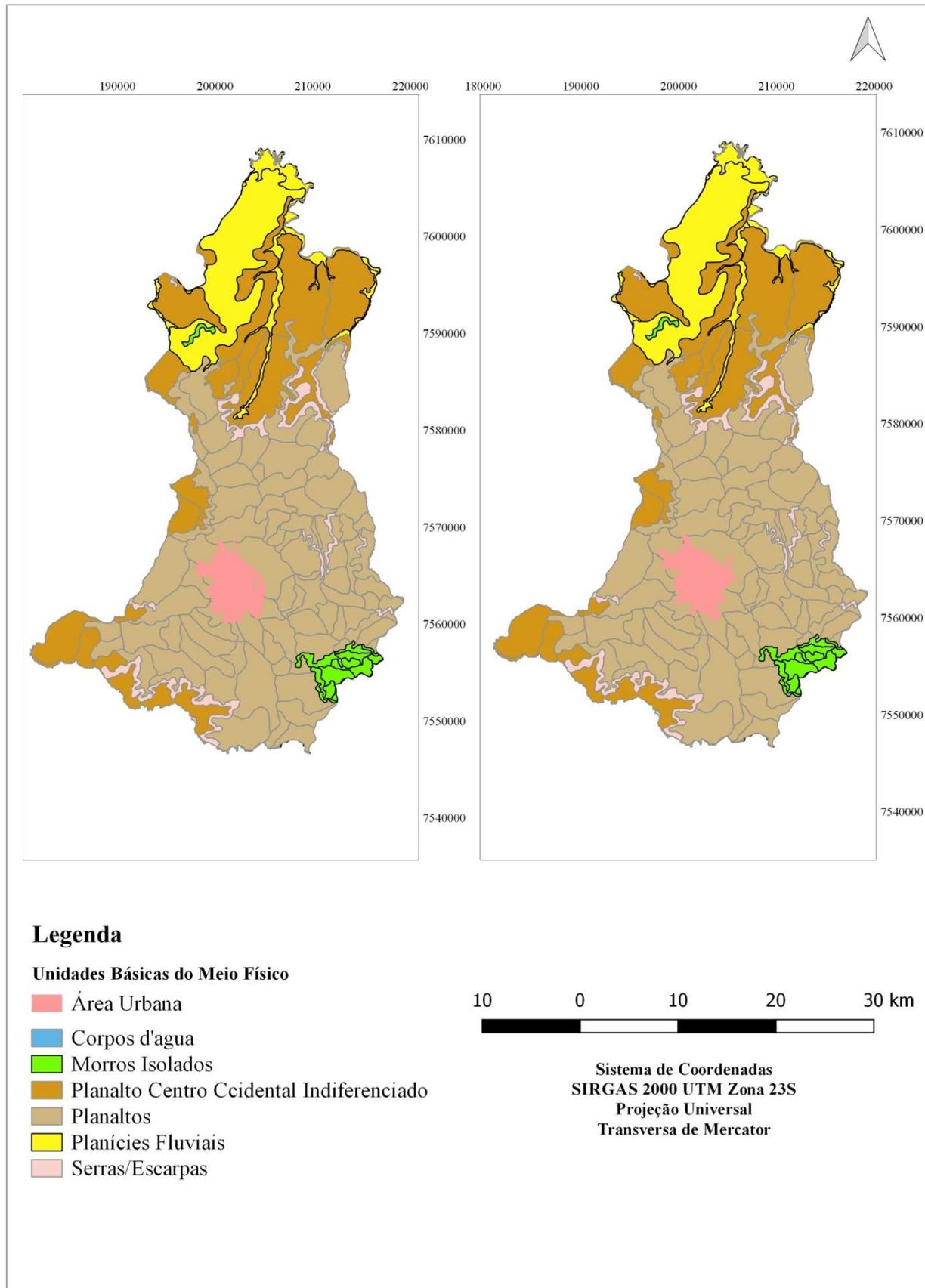
As figuras que seguem de 72, 73, 74, 75 e 76 representam o processo de crescimento da área urbanizada ao longo das décadas sobre as unidades do meio físico.

Figura 72 - Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico do Município de São Carlos.



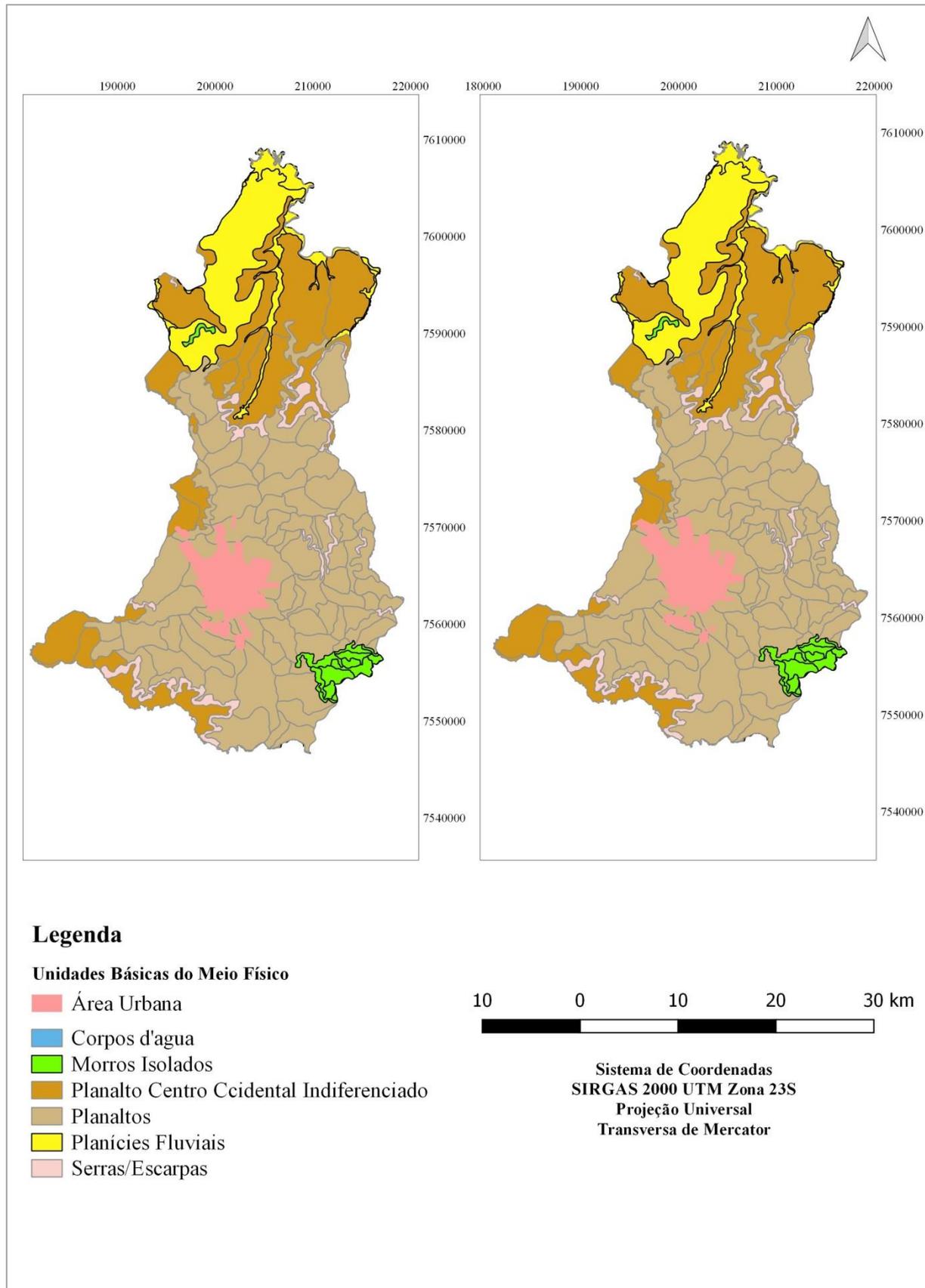
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 73 - Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 1980 e 1990.



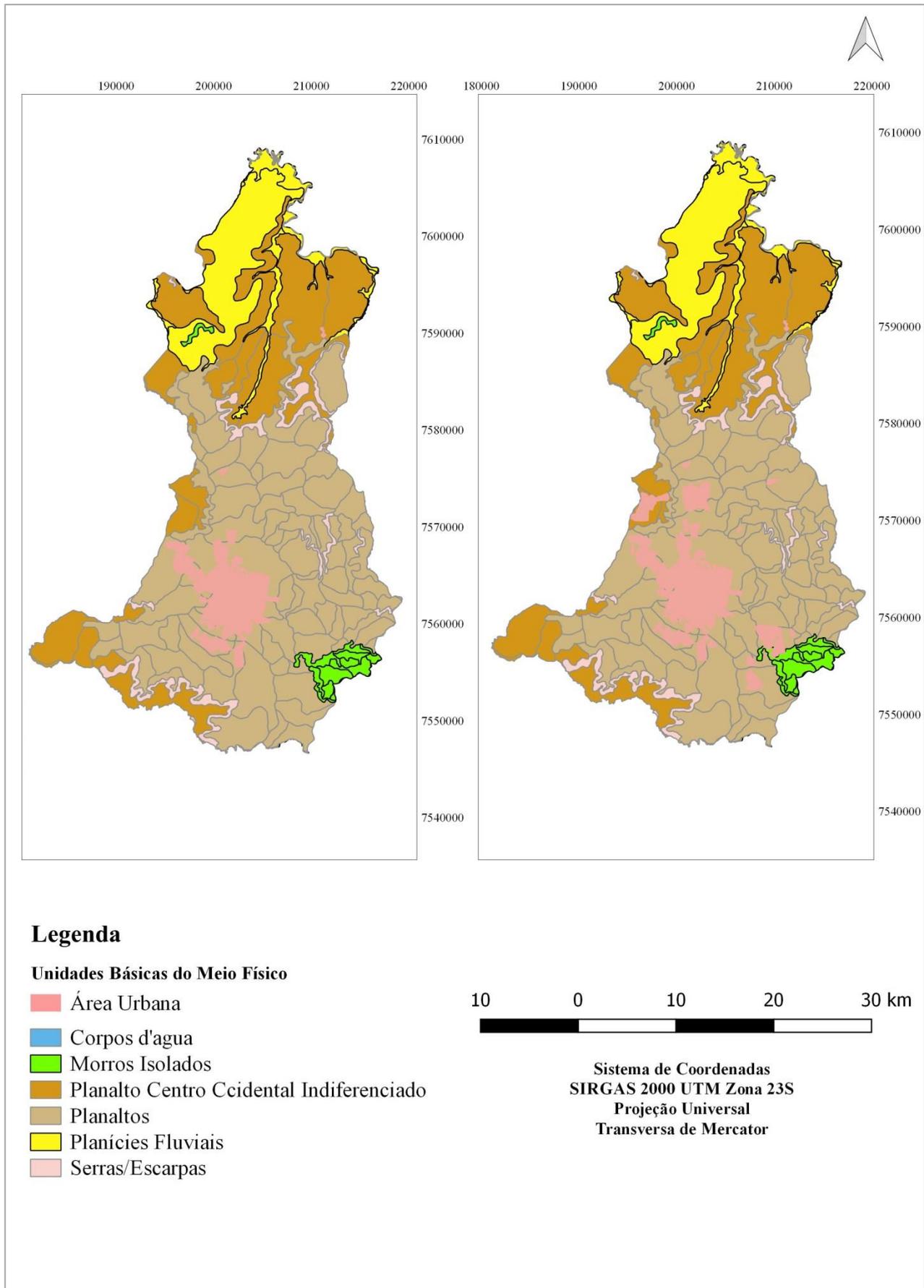
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 74 - Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2000 e 2010.



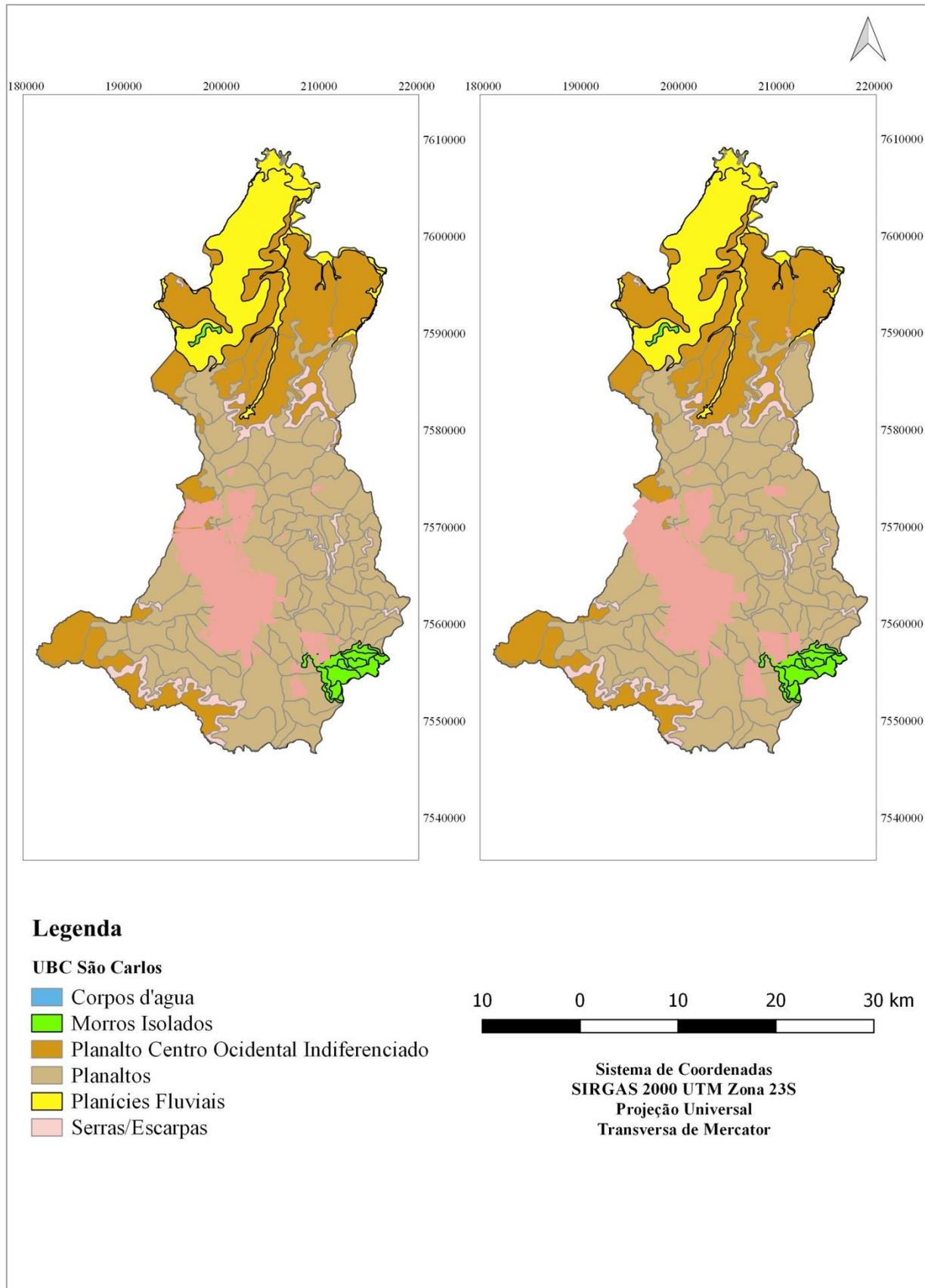
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 75 - Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2012 e 2016.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 76 - Mapa das Unidades Básicas do Meio Físico e a Área Urbana de 2020 e 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

As implicações da expansão urbana sobre as unidades do meio físico denotam que, novas unidades em um curto período de tempo serão afetadas pelo atual processo. Quase que a totalidade da área urbana do município de São Carlos está dentro da unidade de planaltos, como demonstra a figura 75.

O que foi possível observar, com a modelagem e as referentes simulações que projetam os cenários relacionados ao crescimento da área urbana, é que, entre os períodos de 2016 a 2030 outras unidades serão ocupadas pelo processo. Sendo elas, planalto centro ocidental indiferenciado (já ocupado), serras/escarpa e morros isolados.

A cartografia do meio físico referente à região em que encontrasse o município de São Carlos apresenta grande heterogeneidade em termos de escala, abrangência e métodos, própria de cada ramo do conhecimento e época de geração, o que dificulta a elaboração de produtos integrados. A análise espacial do território por meio de unidades territoriais básicas – UTB e atributos associados favorece a integração entre os sistemas ambientais, culturais e socioeconômicos (FERREIRA et al., 2013).

No que concerne aos possíveis impactos ambientais das áreas ocupadas em que a unidade básica de compartimentação do meio físico é o planalto, a literatura abordada até o momento sobre esses impactos se aplicam neste caso, já que, quase 100% da área estão inseridas nesta unidade.

As unidades do planalto centro ocidental indiferenciado, estão representadas pelas morfologias/tipologias de formas geradas sobre diferentes morfoestruturas ocasionadas pelo desgaste erosivo promovido por ambientes climáticos diferenciados tanto no tempo quanto no espaço (FERREIRA et al., 2013). Essas áreas estão e são sujeitas a erosão, fragilidade, suscetibilidade, entre outros impactos.

A ocupação nas áreas de serras e escarpas podem gerar grandes impactos ambientais, degradação ambiental irreversível, relacionados às características que a região apresenta, com possibilidades de suscetibilidade do terreno, movimentos de massa, supressão da vegetação entre outros danos.

As mesmas características morfoestruturais do planalto centro ocidental, aplicam-se para os morros isolados no que tange a sua formação, relacionados ao desgaste por intemperismo físico e químico ao longo do tempo. Essas informações constam como partes do planalto residual de São Carlos, passivas de ocorrer com os morros isolados.

O mapeamento das unidades básicas do meio físico em conjunto com a modelagem e simulações da área urbanizada projetada para os anos de 2020 e 2030, permite uma abordagem que, tem como finalidade identificar os possíveis impactos ambientais que a ocupação dessas áreas irá determinar. Assim como, a área as suas limitações, potencialidades de uso, vulnerabilidades, suscetibilidade e fragilidades do meio natural ali existente, bem como os riscos ao meio ambiente.

Além disso, o modo como os mapas são apresentados, permite a estruturação de uma base temática visual de dados, em que a agregação entre as unidades territoriais, unidades de recursos hídricos, uso da terra, carta hipsométrica apresenta uma série de relações que compõem diferentes metodologias de análise, capaz de cruzar diferentes planos de informações na construção de subsídios técnicos para adotar limites facilmente identificáveis por técnicos e não técnicos.

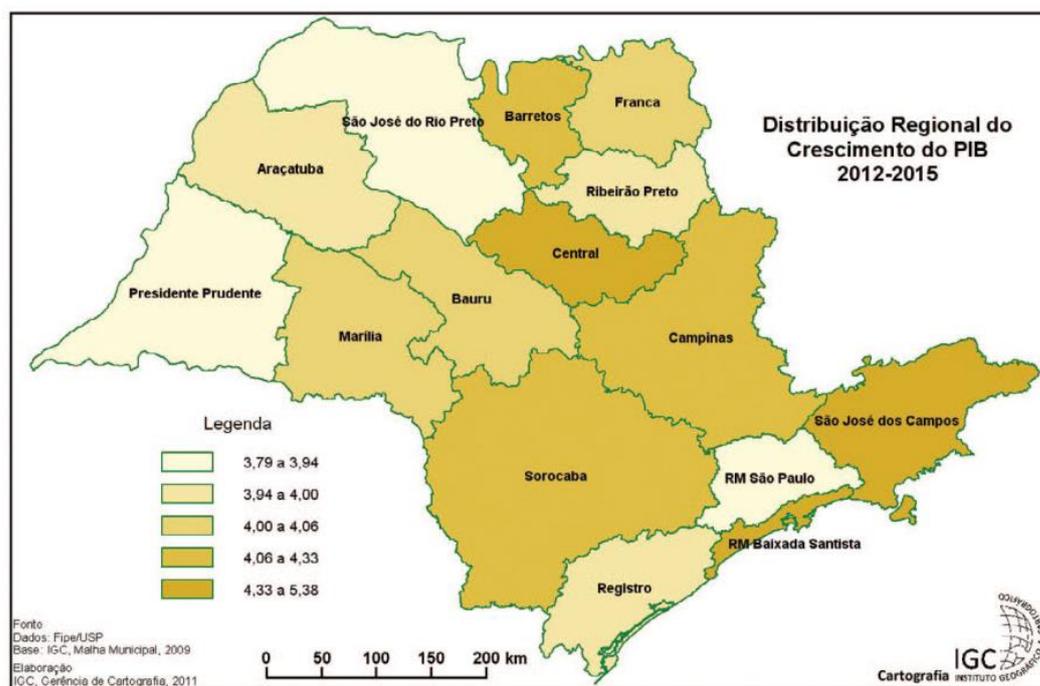
Neste sentido, as avaliações permitiram a comparação entre diferentes aspectos e condicionantes ambientais, socioeconômicos além de uma análise simplificada do processo que pode vir a ocorrer no município se medidas mais severas não forem adotadas pelo poder público municipal.

## 5.10 Projeções Socioeconômicas e Ambientais

A figura 77 representa o crescimento alcançado do produto interno bruto do Estado de São Paulo entre os anos de 2012 e 2015, e o crescimento por regiões administrativas no Estado. Destaque para Região Central do Estado, ao qual o Município de São Carlos faz parte, demonstrando que a Região teve um crescimento do PIB na ordem de 4,33 a 5,38, bem superior quando comparado com outras regiões do próprio Estado de São Paulo, assim como no tocante a Federação.

Fatores já relatados em parágrafos anteriores demonstram o período de análise, e caracterização da situação, assim como, os impactos desse crescimento econômico para Região Central do Estado de São Paulo, e, principalmente para o Município de São Carlos, com a grande concentração no período de novos loteamentos e condomínios de alto, médio e baixo padrão.

Figura – 77 Projeções do crescimento do PIB segundo as regiões administrativas de São Paulo – 2012-2015.



A tabela 14 representa o grau de urbanização ao longo das últimas décadas e a comparação com os mesmos períodos com o Município de São Carlos. Observa-se, que em todas as

comparações correlatadas, entre, Brasil, Região Sudeste e São Carlos, este sempre teve os maiores índices de urbanização. Sendo o período de 1980 o maior percentual.

Para Schenk et al (2015), fica evidente que a cidade de São Carlos participa do movimento explicitado pelos índices urbanísticos colhidos pelo Censo nas últimas décadas e que mostram que a rede urbana brasileira vem passando por mudanças significativas desde a década de 1980.

Segundo a Revisão do Plano diretor da cidade de São Carlos realizada no ano de 2012 pelo FUSP/PMSC, os Censos de 2000 e de 2010 reafirmariam o processo; a taxa de crescimento populacional do Brasil alterou-se de 1,63 % em 2000 para 1,17 % em 2010, e a de São Paulo teve números mais expressivos na diminuição, 0,96 em 2000, e 0,75% em 2010. Contudo, a participação do Estado de São Paulo no total da população nacional vem se mantendo em torno de 21%, manutenção deste patamar associa a queda no ritmo de crescimento na metrópole, ao aumento do crescimento nas cidades do interior (SCHENK ET AL, 2015).

Bizzio (2015) afirma que, esse desenvolvimento seria ampliado através do Plano Nacional de Cidades Médias de 1976, que fomentou a criação de uma rede de infraestruturas que procuraria alicerçar e conduzir esse processo; o fomento incluía então, a ampliação e melhoria da malha rodoviária; em nível urbano a disponibilização de verbas para a construção de indústrias, pavimentação de ruas e criação de escolas técnicas. Outros autores chamam de “polos” de desenvolvimento, sendo uma cidade central com características distintas, como economia, setor terciário, indústria e educação, e cidades menores que dependem desta cidade polo.

<b>TABELA 14 – Grau de Urbanização</b>			
<b>Brasil, Região Sudeste e Município de São Carlos (SP).</b>			
Data (Censo Demográfico IBGE)			
	<b>Brasil</b>	<b>Região Sudeste</b>	<b>Município de São Carlos</b>
<b>1980</b>	67,59%	82,81%	92,21%
<b>1990</b>	75,59%	88,02%	93,66%
<b>2000</b>	81,23%	90,52%	95,04%
<b>2010</b>	84,36%	92,95%	95,99%

Fonte: IBGE, 2010.

No processo de desenvolvimento da cidade, existe uma estreita relação entre sua estruturação, e as políticas urbanas implementadas até hoje pelo poder público, onde as áreas já valorizadas obtiveram uma maior infraestrutura urbana, como transporte, pavimentação, comércio e equipamentos públicos, ao contrário de áreas periféricas que não tiveram o mínimo de infraestrutura necessário para sua instalação, evidenciando a carência e desvalorização do capital imobiliário nestas regiões.

Outro aspecto de extrema importância e relatada por diversos autores no que tange ao processo de ocupação urbana através de loteamentos voltados para baixa renda, Schenk et al (2015) destaca, que, em áreas consideradas frágeis do ponto de vista ambiental, seria necessário que o processo de ocupação urbana obtivesse maior atenção por parte do poder público, uma vez que alimentava uma clara segregação sócio espacial na cidade de São Carlos, delineando uma ocupação de maior poder aquisitivo ao Norte e menor poder aquisitivo ao sul.

Outra questão relevante, levantada durante o trabalho foi à comparação entre o grau de urbanização, população urbana e área urbanizada durante o período de 1980 a 2010 e as projeções futuras.

A comparação entre essas projeções destaca o caráter e a necessidade maior em rever determinadas ações e políticas públicas urbanas no município, principalmente no que concerne ao crescimento da área urbana em um futuro próximo, evitando impactos, ambientais, segregação ambiental, exclusão social entre outras questões de extrema relevância econômica, social e ambiental para o município.

Maricato (2002) afirma que, a segregação ambiental é uma das faces mais importantes da exclusão social e parte ativa dela. A dificuldade de acesso aos serviços e infraestrutura soma-se a menos oportunidades de profissionalização, maior exposição à violência, discriminação racial, discriminação contra mulheres e crianças, difícil acesso à justiça oficial, difícil acesso ao lazer.

Apesar da afirmação, é necessário colocar que, a exposição de populações de baixa renda aos processos de degradação ambiental é consequência de um processo histórico em que, essa população tende a ocuparem áreas mais frágeis ambientalmente, e por isso, menos valorizadas economicamente.

A trajetória de evolução da urbana em São Carlos nos últimos 30 anos tem sido o grande desafio no processo de crescimento econômico x preservação ambiental x desenvolvimento sustentável. O avanço desordenado da cidade principalmente em direção as zonas sul e Norte, provocaram perdas consideráveis ao meio ambiente sem precedentes, como a destruição de nascentes, a ocupação das várzeas, ocupação das áreas de preservação permanente, maior vulnerabilidade a problemas de erosão, inundações e alagamentos, aumento de temperatura ocasionada pelas ilhas de calor, desaparecimento da vegetação local entre outras dezenas de problemas que podem ser verificados no dia-a-dia.

É necessário criar mecanismos que façam um diagnóstico constante do processo de crescimento da área urbana, por diversos intentos, sendo eles, planejamento urbano, manejo dos recursos naturais, construção de infraestrutura urbana e expansão de áreas para diversas finalidades.

O monitoramento e a predição da expansão urbana, são informações básicas de que necessitam os gestores locais de uso do solo e de recursos hídricos para o planejamento de longo prazo, antes que mudanças irreversíveis venham a ocorrer (Conway & Lathropet, 2005).

Nos atuais dias é necessária à criação de ferramentas e instrumentos que, deem subsídio técnico para os planejadores e governantes regionais e municipais, para auxílio no monitoramento dos usos da terra, avaliar e preservar a adequação dos espaços com usos compatíveis em cada área.

Ainda hoje as técnicas convencionais de topografia e de mapeamento são caras e demandam tempo considerável para a mensuração da expansão urbana, além disso, essa informação não está disponível para a maioria das cidades brasileiras (COSTA, 2013).

Diferentes autores, como Conway & Lathropet (2005), Cheng & Masser (2003), Lopes (2001) e Jat et al (2008) apud Costa et al (2013), em cidades no México, Índia, China, Estados Unidos, Japão entre outras, que, já apontam em seus estudos que, existe uma conexão direta e indiretamente relacionada ao crescimento populacional e o crescimento da área urbana em seus trabalhos.

Os trabalhos enfatizam que em muitos locais em diferentes localidades pelo mundo, estão sendo criados cenários que relacionam o uso e ocupação da terra e o crescimento da população urbana, assim como o crescimento da área impermeabilizada e a constante troca de usos dos solos. Trabalhos que simulem essas tendências e indicam o que provavelmente irá acontecer nas próximas décadas, culminando assim, em alternativas de ocupação menos impactantes (COSTA ET AL, 2013).

Cheng & Masser (2003), destacam que a associação de técnicas estatísticas de regressão linear, juntamente com sensoriamento remoto e SIG têm sido utilizados em muitos estudos de expansão urbana.

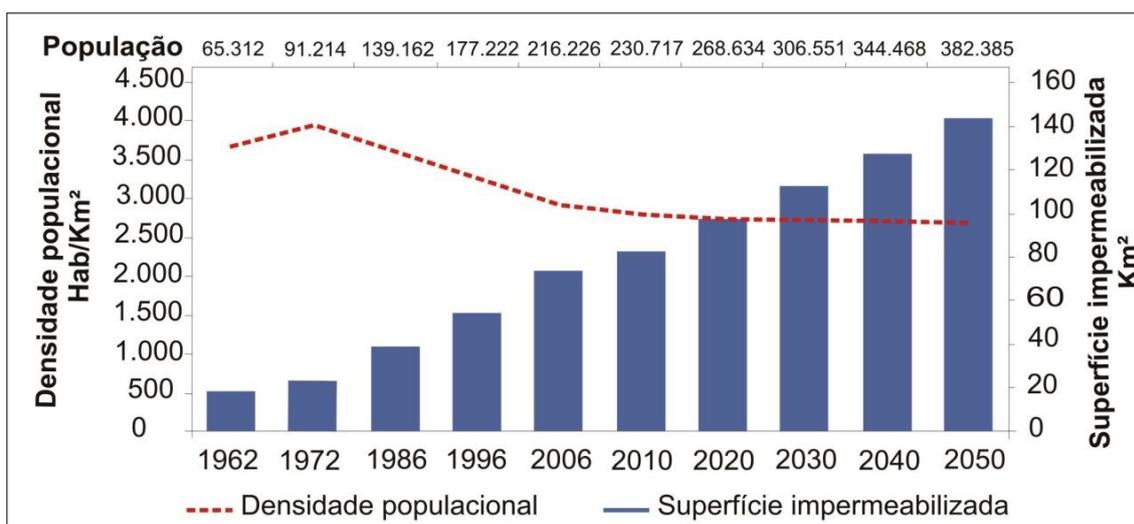
Fica evidente ao longo de estudos de variados trabalhos, que o crescimento da área urbana do município de São Carlos não foi ambientalmente planejado, tão pouco criados mecanismos que pudessem auxiliar no processo de contenção do desmatamento, ocupação de áreas protegidas legalmente e áreas que do ponto de vista técnico, como planícies de inundação e áreas sujeitas à erosão, não fossem ocupadas com projetos imobiliários de habitação.

Apesar de previsto desde 2001 com a promulgação do Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), o Plano Diretor do Município de São Carlos foi aprovado somente em 25 de novembro de 2005 por meio da Lei Municipal N° 13.691 (São Carlos, 2005). A partir dessa lei, as bacias hidrográficas do rio do Monjolinho e do ribeirão do Feijão são consideradas Áreas de Proteção e de Recuperação dos Mananciais, apresentando restrições ao crescimento urbano, o que deveria conter o crescimento da mancha urbana nessas áreas (COSTA ET AL, 2013).

Na análise dos períodos, entre 1980 a 2010, constata-se que, o processo de ampliação dos loteamentos ainda é grande, principalmente pós 2010 como pode ser observado nos mapas do crescimento da área urbana de 2012 e 2016 na figura 78.

Segundo dados de Costa et al (2013) os resultados das projeções de crescimento populacional apontam que as projeções em conjunto com os dados das áreas e projeções verificadas para a mancha urbana (superfície impermeabilizada) até 2050, segundo suas pesquisa, apontam um crescimento vertiginoso para a cidade de São Carlos, tanto no que tange a área urbana e pelo crescimento populacional, principalmente população urbana no período, a figura 79, representa esta projeção feita pelo autor.

Figura – 78 Crescimento populacional e sua projeção.



Fonte: Costa et al (2013).

A tabela 15 apresenta uma projeção com as informações coletadas do IBGE, Prefeitura Municipal de São Carlos e as projeções de cenários elaboradas neste trabalho. Demonstrando que, as taxas de crescimento da população urbana, da área urbanizada e do grau de urbanização durante o período tem um forte viés.

As projeções e prognósticos das simulações com diferentes vertentes apontam que no caso do crescimento da área urbana os dados socioeconômicos e demográficos representam uma grande fonte de análise e estudos, respaldando informações para tomada de decisão dos representantes públicas, entidades, instituições e ações que podem intervir na construção de um ambiente urbano mais saudável do ponto de vista ambiental.

<b>TABELA 15 – Grau de Urbanização Município de São Carlos (SP).</b>				
<b>Dados do Censo do IBGE e da Prefeitura Municipal</b>	<b>Ano</b>	<b>Grau de Urbanização</b>	<b>População Urbana</b>	<b>Área Urbanizada em Km<sup>2</sup></b>
	1980	92,21%	119.535	36,45
	1990	93,66%	153.762	38,90
	2000	95,04%	192.565	60,01
	2010	95,99%	221.950	80,82
<b>Cenários Atual e Prospectivos</b>	2015	97,56%	241.389	97,40
	2020	98,75%	268,054	110,10
	2030	99,89%	304,073	125,50

Fonte: IBGE, 2015.

As avaliações periódicas e acompanhamento de indicadores sobre a qualidade ambiental, tendo a cidade sido regida pela especulação imobiliária, fator indutor do direcionamento da mancha urbana.

Como agravante, a ausência de regulação adequada e a não aplicação das leis existentes de uso e ocupação do solo por parte do poder público municipal, estadual e federal, e o uso indiscriminado de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, poderá condenar a qualidade e a quantidade desse recurso para os cidadãos.

No entanto, verifica-se que até o momento as questões relacionadas às disparidades entre o crescimento urbano, crescimento da demanda hídrica e a conservação dos mananciais foram contornadas construindo mais poços artesianos para aumentar a oferta de água. Tal uso se torna eficiente em curto prazo, mas tende a ser ineficaz no decorrer dos anos, pois o aquífero tende a diminuir as vazões exploráveis (Dupas, 2001; Costa, 2010).

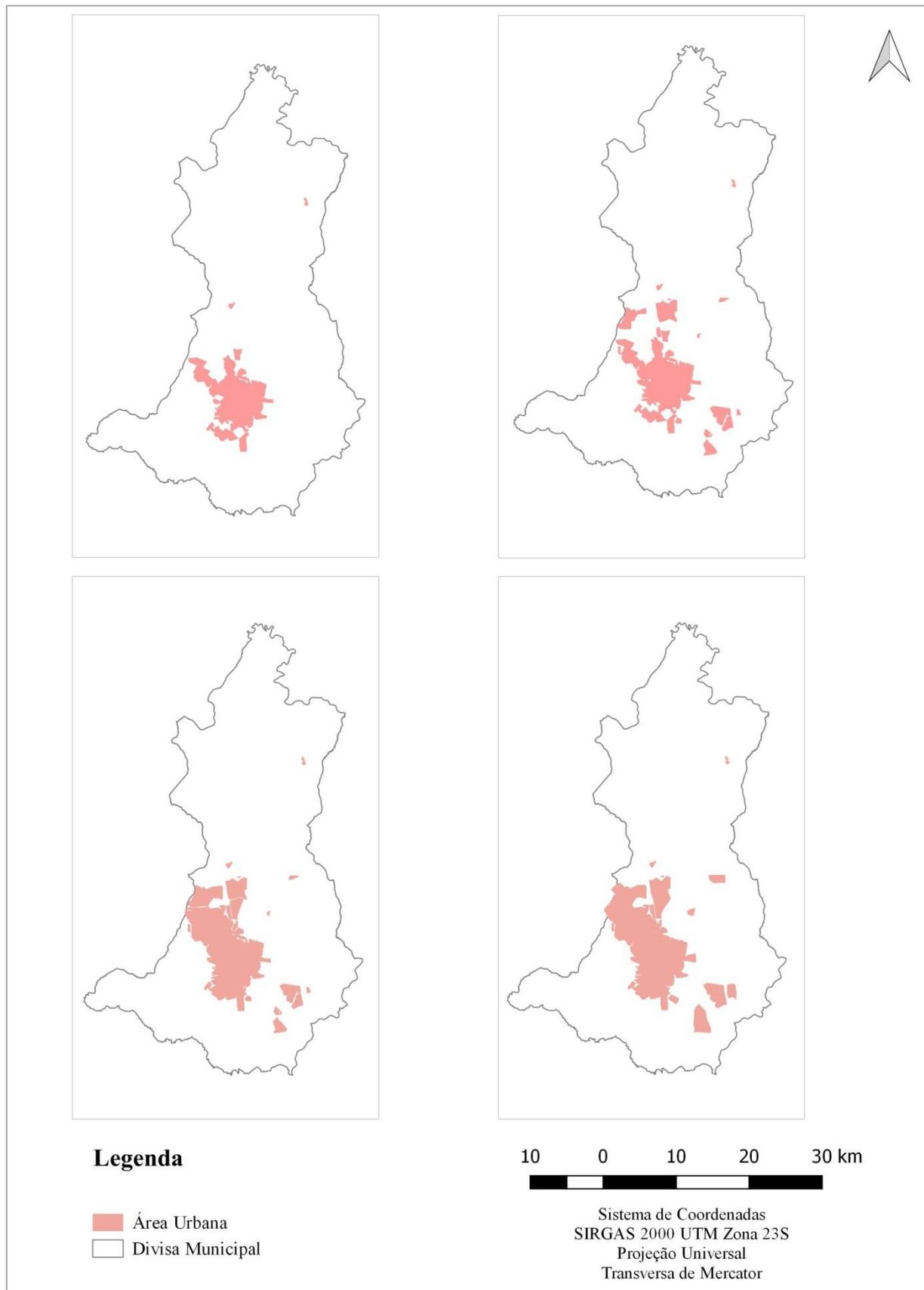
As figuras que seguem de 79 a 80 demonstram a evolução da área urbana da cidade de São Carlos dentro dos limites políticos do Município entre os anos de 1980 a 2010, e 2012 a 2016, e 2020 a 2030, e seu possível crescimento segundo as projeções construídas durante a elaboração do trabalho, a fim de caracterizar e visualizar tendências que possam a vir ocorrer, e elaborar ferramentas e instrumentos que possam auxiliar na prevenção, manutenção e suporte para construção de um ambiente urbano saudável, e que possa interagir de forma natural.

Figura 79 – Evolução da área urbana do Município de São Carlos ao longo dos anos de 1980, 1990, 2000 e 2010.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 80 – Evolução da área urbana do Município de São Carlos ao longo dos anos de 2012, 2016, 2020 e 2030.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Analisando os 30 anos de crescimento urbano do Município de São Carlos, as evidências revelam que a taxa de crescimento da área urbana superou gradualmente ao longo dos anos, vindo só a crescer nas últimas décadas. De 1980 a 2010, a área urbana do município cresceu 121,7%, isso demonstra que a quantidade de áreas que foram urbanizadas cresceu perto de 4,0% ao ano. Esse comportamento implica afirmar que o uso da terra ao longo do período tem sido alterado com grande frequência, já que as áreas de expansão são em sua maioria, áreas de solo exposto, vegetação e agricultura.

Considerando o período de 2010 a 2016, podemos observar que o crescimento da área urbana passa a ter um substancial aumento de 21,06%, passando de 80.82 km<sup>2</sup> no ano de 2010 para 97.40 km<sup>2</sup> no ano de 2015, ou seja, um aumento considerável comparando com os anos anteriores. Com relação ao crescimento da área urbanizada na previsão de cenários, foi estimado que, entre 2015 a 2020 o crescimento será entorno de 13,1%, saindo de 97.40 km<sup>2</sup> para 110.10 km<sup>2</sup>, sendo um aumento significativo para o período, já que as ações para controlar o uso da terra e este crescimento não acompanham esta evolução.

No que tange o período de 2020 a 2030, estima-se que o crescimento será da ordem de 14%, passando dos 110.10 Km<sup>2</sup> para 125.50 km<sup>2</sup> previstos para 2030, representando um crescimento de aproximadamente 29% no período de simulação dos cenários, considerando 2015 a 2030.

Costa et al (2013) coloca que, apesar da previsão da população não dobrar no período, a superfície impermeabilizada vai ser duplicada segundo seus estudos. Uma maior taxa de crescimento da superfície impermeabilizada é refletida na densidade populacional, onde é observada tendência de queda de aproximadamente 8,7% para o mesmo período. Esta análise revelou que a densidade populacional diminuiu devido ao desenvolvimento de novas áreas, o que indica dispersão do tecido urbano, refletindo em maior consumo de área e de recursos naturais.

Tal questão já vem ocorrendo ao longo dos anos, principalmente pela grande quantidade de loteamentos, residenciais e condomínios de alto padrão e conjuntos habitacionais de baixa renda, instalados nos últimos anos em áreas limites da malha urbana. Essas questões norteiam a possibilidade de ações em diferentes planos e disciplinas, permeando questões que englobem aspectos maiores que o planejamento urbano e o ordenamento territorial.

O processo de crescimento da área urbana de São Carlos demonstrou um comportamento parecido com de outros municípios de médio porte no Estado de São Paulo, onde a um claro espalhamento e fragmentação, segregando e excluindo. As consequências deste atual modelo de ocupação da terra, de forma desordenada implicaram na impermeabilização de grande parte dos rios que abastecem a cidade, refletindo na ocupação de áreas de várzeas, supressão da cobertura vegetal nativa e consequente perda da biodiversidade.

Segundo Dupas (2010) apud Costa (2011),

como agravante, a ausência de regulação adequada e a não aplicação das leis existentes de uso e ocupação do solo por parte do poder público municipal, estadual e federal, e o uso indiscriminado de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, poderá condenar a qualidade e a quantidade desse recurso para os cidadãos. No entanto, verifica-se que até o momento as questões relacionadas às disparidades entre o crescimento urbano, crescimento da demanda hídrica e a conservação dos mananciais foram contornadas construindo mais poços artesianos para aumentar a oferta de água.

Tal uso se torna eficiente a curto prazo, mas tende a ser ineficaz no decorrer dos anos, pois o aquífero tende a diminuir as vazões exploráveis.

É necessário uma visão sistêmica do atual processo, assim como a conjunção de ações, ferramentas, instrumentos e políticas públicas que auxiliem no processo, e que estes venham a interagir de forma integral na busca por soluções para os atuais e futuros problemas ambientais e urbanos que ocorrem no município.

O que se assiste é o sobressair da força de ação dos loteadores e da especulação imobiliária na ordenação urbana, o resultado esperado, caso as ações se confirmem como as que se apresentam até o presente momento, é uma cidade espraiada com vazios urbanos e a ocupação de áreas ambientalmente frágeis (SCHENK, 2015).

### **5.11 Iniciativas Locais – Estaduais – Federais Para conter o Processo de Crescimento da Área Urbanizada e Degradação Urbana Ações Federais**

O Estatuto da Cidade, Lei 10.257/2001 prevê instrumentos que auxiliam o executivo municipal na busca por cidades mais sustentáveis e ambientalmente melhores, estes instrumentos precisam de uma efetivação por parte do corpo legislativo e da execução por parte do poder municipal, é importante ter clareza e fiscalização em termos de planejamento e organização.

Instrumentos como o Estudo de Impacto de Vizinhança e o Relatório de Impactos de Vizinhança (EIV/RIV), o Plano Diretor Participativo, Orçamento Participativo e o Plano Diretor Estratégico, são instrumentos que detêm este caráter, e que podem atender de forma efetiva parte dos ditos problemas urbanos ambientais de hoje, e resguardar futuras intervenções que possam a vir causar impactos negativos.

Fica evidente, levando-se em conta os resultados obtidos durante a pesquisa, que, é nítido que o processo de crescimento da área urbana dificilmente terá uma contenção, pois o ônus econômico em questão é maior que os impactos ambientais levantados, e isto fica claro. Existe uma necessidade clara em rever determinadas ações em diferentes planos, verificar a importância da discussão do Plano Diretor Participativo (efetivado em 2005), e integrar a população para construção de alternativas que viabilizem novas alternativas.

Neste sentido, são necessários ações em diferentes planos, como, municipal, estadual e federal. Ações essas que devem ter um caráter de prevenção, como:

- . Efetivação de Políticas Urbanísticas;
- . Efetivação do Estatuto da Cidade (no que rege a sua aplicação);
- . Elaboração de Políticas Públicas que onerem o crescimento horizontal das cidades;
- . Elaboração de Políticas de integração entre as Meso, Macro e Microrregiões;

## **Ações Estaduais**

- . Rever o modelo de Ordenamento Territorial Atual;
- . Unidade de Planejamento deve ser a Bacia Hidrográfica;
- . Incentivos Técnicos para Adequação da Meso, Macro e Microrregiões;
- . Elaboração de Políticas Públicas em conjunto com as “Cidades de Médio Porte”;
- . Rever o modelo de crescimento econômico pautado no crescimento horizontal das cidades;
- . Políticas Públicas de Ordenamento Territorial;

## **Ações Municipais (Locais)**

- . Elaboração de Princípios e Políticas Desenvolvimento Urbano;
- . Elaboração do Plano Diretor Municipal Estratégico;
- . Maior rigidez nos Mecanismos do Plano Diretor;
- . Criação de Instrumentos que onerem o processo de crescimento horizontal;
- . Criação de Instrumentos Restritivos e Onerosos;
- . Maior Rigidez e Fiscalização;
- . Debate e Ações Públicas quanto à instalação de grandes empreendimentos urbanos (Igrejas, supermercados, lojas de departamento, indústrias, empresa poluidoras e novos condomínios);
- . Elaboração de um Plano de Metas.

## CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

Durante o trabalho, ficou evidente que o processo de alterações e mudanças do uso e ocupação da terra no Município de São Carlos identificados durante os anos de 1980, 1990, 2000 e 2010, são consequências do modelo de desenvolvimento alimentado pela especulação imobiliária, falta de planejamento urbano, falta de políticas municipais, carência de instrumentos e ferramentas de prevenção e fiscalização, e principalmente descaso do poder público.

As principais transições de usos da terra indicam que as mudanças ocorreram de forma gradual e consecutiva, indicando um processo rotineiro no que concernem as práticas utilizadas até os atuais dias. A urbanização do território com as transformações estruturais, como, as mudanças de vegetação para solo exposto, solo exposto para área urbanizada confirmando a tendência de crescimento da área urbana do município ao longo dos anos.

É importante destacar que grande parte das transições encontradas referentes à urbanização (classe área urbana) ocorre diretamente, e são propensas a ocorrer pelas diversas interações sociais e econômicas que perpassam, ao contrário de transições de vegetação para área agrícola. Foi possível observar que durante o período analisado e os atuais dias, que a perda de área de vegetação não ocorre apenas por circunstâncias do crescimento da área urbana, outros processos interferem sobre maneira neste contexto, como a degradação do solo por impactos ambientais.

Na construção da metodologia aplicada no trabalho, a matriz de transição apresentada, demonstrou eficiência na caracterização das alterações ocorridas no uso da terra, principalmente nas alterações relacionadas aos polígonos da classe área urbanizada. Com isso, foi possível identificar os processos de alterações na área de estudo caracterizada.

A modelagem da dinâmica espacial a partir de uma metodologia com o uso de um software se mostrou eficaz, no tocante as projeções, visto que, as mudanças do uso e ocupação da terra são temporais e de difícil interpretação, dependendo de inúmeros fatores. A construção de cenários as perspectivas quando a sua certeza são prováveis e improváveis, isso vai depender de ações que

incluem políticas públicas e municipais para conter determinados modelos e processos hoje em curso.

Esta interpretação dos cenários faz com que o tomador de decisão, no caso os governantes tenham uma noção do processo histórico, como do atual e como este pode vir a alterar o futuro.

A área de estudo utilizada para simulação demonstrou que o processo de ocupação e troca de usos caminha para outras sub-bacias que fazem parte do município, afetando e podendo vir prejudicar a captação de recursos hídricos, contaminar rios e a supressão de vegetação, já que tanto a sub-bacia do Monjolinho como do Feijão já fazem parte deste processo. São os casos da sub-bacia do Chibarro e do Quilombo, onde o modelo de simulação sinalizou com maior tendência se os atuais padrões de crescimento se mantiverem.

As simulações indicam que os padrões de crescimento da área urbana entre os anos de 2020 e 2030 tendem a se perpetuar, ocasionando desta forma a busca por um novo modelo que atenda as condições postas naquele momento. As simulações relativas aos prognósticos de curto e médio prazos, respectivamente a 5 anos, no caso (2015 cenário este classificado pelo método de classificação visual com auxílio de imagens do LANDSAT-8 e do Google Earth), 10 anos (2020) e 15 anos (2030) demonstraram um grande potencial comparados com possíveis alterações futuras.

O uso dos dados mais recentes no trabalho verificou-se a forte presença de tendências de crescimento da área urbana vinculada ao uso residencial de condomínios e loteamentos de alto padrão nas regiões em que o eixo de expansão urbana condiciona no Plano Diretor, assim como a grande quantidade de conjuntos habitacionais de baixa renda, com grande concentração nos eixos sul-sudeste do município.

As atuais questões postas no processo de desenvolvimento urbano e ambiental do Município de São Carlos hoje exibem uma tendência de opostos, em que, os melhores espaços são destinados as residenciais de alto padrão e com infraestrutura urbana já consolidada

(estradas/ruas/acessos/equipamentos urbanos), e as áreas mais distantes do acesso e dos equipamentos urbanos destinados a conjuntos habitacionais de baixa renda.

São pedralços, que terão que ser enfrentados pelo poder municipal em um futuro próximo, assim como a efetivação de instrumentos urbanísticos que onerem este modelo de crescimento, a possível revisão do perímetro urbano atual e futuro, a maior participação do corpo técnico das Universidades e um Plano Diretor que tenha maior participação da população.

Ficou caracterizado durante a pesquisa que a um total despreparo e falta de conhecimento dos órgãos públicos para aplicação dos instrumentos, o qual constam do plano diretor do município, com as mesmas características existentes no Estatuto da Cidade.

Neste sentido, recomenda-se que, os próximos trabalhos relacionados ao tema, utilizem de uma área maior para análise, que faça uma integração entre os dados socioeconômicos e os condicionantes ambientais em maior escala, podendo desta forma atingir não apenas uma área de expansão, em que o centro seja a área urbana, mas uma extensão maior, que congregue todo território do município e as fronteiras com outros municípios. Com isso, podendo explicar melhor as possíveis transições ali encontradas, dando maior respaldo técnico.

Esta lógica que envolve o processo de absorção e mudança do antigo paradigma do planejamento urbano e do atual modelo de gestão urbana sustentável passa por uma realocação dos hábitos, costumes, e de governo para um sistema de governança, não apenas com instrumentos que alterem a dinâmica urbana do município mais para que haja com isso uma inserção da população no debate.

Com isso, ressaltando os objetivos, a metodologia do trabalho, assim como os resultados obtidos, podemos considerar que as análises elaboradas atenderam de forma efetiva o que foi proposto. A modelagem, projeção, prognósticos de cenários são trabalhos de extrema importância para melhorar de forma sistemática a maneira de construirmos os atuais modelos de planejamento urbano.

A possibilidade de visualizar tendências que podem vir a ocorrer, no que tange ao uso e ocupação da terra em diferentes níveis de planejamento, podendo desta forma controlar e propor medidas que possam proteger e prevenir possíveis impactos ambientais. Tendo como foco subsidiar decisões, dando atenção especial a áreas ambientalmente frágeis, vulneráveis e passíveis de processo de degradação ambiental e social.

Sendo assim, espera-se que os resultados deste trabalho contribuam com o desenvolvimento de uma nova mentalidade no que tange a criação de políticas públicas e trabalhos futuros, que tenham como matriz a busca do entendimento dos processos de transição do uso e ocupação da terra. Principalmente em relação ao crescimento da área urbana e seus impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. **A exigência e a importância de laudos geológicos na implantação de novos loteamentos.** In: XXVI Congresso dos Municípios do Estado de São Paulo, Anais. São Paulo, 1982.

ABRAMOVAY, R. **Ruralidade e desenvolvimento territorial.** Gazeta Mercantil, São Paulo, p. A-3, 15 abr. 2001a.

ABRAMOVAY, R. **Sete desafios para o desenvolvimento territorial.** Disponível em: [www.banf.org.br](http://www.banf.org.br). Acesso em: 04 set. 2005.

ACSERALD, H. **Eixos de articulação territorial e sustentabilidade do desenvolvimento no Brasil.** Cadernos Temáticos, Rio de Janeiro, n. 10, 103 p., 2001.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Questões Gerais.** In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4modelosLUCC.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

ALMEIDA, C. M.; **Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional.** usjt - arq.urb - número 3/ primeiro semestre de 2010.

ALMEIDA, C. (Org.) ; CÂMARA, G. (Org.) ; MONTEIRO, A. M. (Org.) . **Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real x Cidade Virtual.** 1. ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2007. v. 01. 366p.

ALMEIDA, C.; BATTY, M.; MONTEIRO, M.; CAMARA, G.; SOARES-FILHO, B.; CERQUEIRA, G.; PENNACHIN, C. L. **Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation.** Computers, Environment and Urban Systems, 27, pp. 481–509, 2003.

ALMEIDA, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil.** 2003. 326f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Divisão de Processamento de Imagens, INPE, São José dos Campos.

ALMEIDA C.M., MONTEIRO A.M.V., CÂMARA G., Soares-Filho B.S., Cerqueira G.C., Pennachin C.L., Batty M. **Empiricism and Stochastics in Cellular Automaton Modeling of Urban Land Use Dynamics.** Accepted and due to be published at the Computers, Environment and Urban Systems, CEUS, 2003.

ALMEIDA C.M., CAMARA G. VIEIRA, M. **Introdução à modelagem dinâmica cap.3: Modelos de Dinâmica Urbana: Conceitos, derivações de relações, Calibração, Exemplos.** XI Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2003 [disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/Cap3\\_Modelos\\_Urbanos\\_Versao\\_Nova.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/Cap3_Modelos_Urbanos_Versao_Nova.pdf)].

ALMEIDA, C.M.; MONTEIRO, A.M.V.; CÂMARA, G. **Modelos de dinâmica urbana: conceitos, derivação de relações, calibração, exemplos.** Curso “Modelagem ambiental e modelos dinâmicos de uso e cobertura do solo. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte, 06 de abril de 2003.

- ALMEIDA, C. M.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. VIEIRA; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C. Modelos celulares de dinâmicas espaço-temporais: aplicações em estudos urbanísticos. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA C. M. (Org.). **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. 1ª Ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica: 2007. cap. 9, p. 445-496.
- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, v.41, p.169-263. 1964.
- ALVARES, L. O. C.; SICHMAN, J. S. (1997). **Introdução aos Sistemas Multiagentes**. In: Jornada De Atualização em Informática, Brasília.
- ALVES, M. A. S. ; DINIZ, A. M. A. **O Zoneamento Morfológico Funcional das Cidades Médias Mineiras: O exemplo de Barão de Cocais**. Sociedade & Natureza, v. 20, p. 79-91, 2008.
- AMORIM FILHO, O. B. **Um modelo de Zoneamento Morfológico funcional do Espaço Intra-Urbano das Cidades Médias de Minas Gerais**. In AMORIM FILHO, O.B. ; SENA FILHO, N. A morfologia das cidades médias. Goiânia: Ed. Vieira, 2005. p. 17-68.
- ANDRADE, M. C. (1987) **Espaço, Polarização & Desenvolvimento – Uma Introdução a Economia Regional**. Editora Atlas, 5 ed., São Paulo, Brasil.
- ARAÚJO, R. S. B et al. **Responsabilidade Social Corporativa como fator chave de sucesso para o fornecimento competitivo de bens e serviços para o setor de Petróleo e Gás no Brasil**. Rio Oil & Gas 2006, Rio De Janeiro, n. , p.01-08, 11 set. 2006.
- ARAÚJO, M. M; ROCHA, R. M. P; SILVA. B. G.. **Gestão Ambiental Participativa: O Planejamento Urbano-Ambiental Sustentável a partir das Bacias Hidrográficas**. Publicado na revista: Fórum de Direito Urbano e Ambiental, de março/ abril de 2007. v. 32, pg. 34-43.
- BANDEIRA, P. S. . **Uma Experiência de Institucionalização de Regiões no Brasil: Os COREDEs do Rio Grande do Sul**. In: Colóquio Internacional Sobre Desenvolvimento Territorial Sustentável, 2007, Florianópolis. Colóquio Internacional Sobre Desenvolvimento Territorial Sustentável, 2007.
- BASTOS, A. D. (2007) **“Simulação de crescimento urbano utilizando uma abordagem baseada em Sistemas Multiagentes Reativos”**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- BARREDO, J. I. et al. **Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata**. Landscape and Urban Planning, v. 64, p. 145-160, 2003.
- Batty, M. **Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata**. Computers, Environment and Urban Systems, v.23, p. 205-233, 1999.
- Batty, M.; Xie, Y. **Possible urban automata**. Environment and Planning B, v. 24, n. 2, p. 175-192, 1997.
- BECKER, B. K; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico econômico pelos estados da Amazônia Legal**. LAGET/UFRJ, 1996. Disponível em: <[http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/Metodo\\_ZEE.pdf](http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/Metodo_ZEE.pdf)> Acesso em: 20 de abril de 2010.

- BECKER, B.; EGLER, C. **Brasil, uma nova potência regional na economia-mundo**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 1993.
- BECKER, B. K. **A geografia e o resgate da geopolítica**. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, 50, n. especial, t. 2: 108, 1988.
- BECKER, B. **Uma nova regionalização para pensar o Brasil?** In: LIMONAD, E., HAESBAERT, R., MOREIRA, Brasil século XXI – pro uma nova regionalização?. São Paulo: Max Limonad, 2004.
- BELL, E.J.; HINOJOSA, R.C. **Markov analysys of land use change: continuous time and sationary processes**. *Socio-Economic planning Science*, v.11,p13-17, 1997.
- Berry, P. K. **Cartografic Modeling: the analytical capabilities of GIS**. In: Goodchild. M; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. *Environmental modelling with GIS*, New York, Oxford University Press, 488p, 1993.
- BENEDETTI, A. C. P.; 1980- B462m. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das serras do sudeste e campanha meridional do Rio Grande do Sul**. Ana Caroline Paim Benedetti. - 2010.
- BENNETT, David A. **A framework for the integration of geographical information systems and modelbase management**. *International Journal of Geographical Information Science*, London, v.11, n.4, p.337-357, 1997.
- BEZERRA, Maria do Carmo de Lima; FACCHINA, Marcia Maria; RIBAS, Otto Toledo. **Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional**. Brasília, DF: MMA/PNUD 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/index.cfm> >. Acesso em: dez 2012.
- BEZZI, M. L. **Região – uma (re) visão historiográfica: da gênese aos novos paradigmas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2004.
- BLUM, W. (1998) **Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation**. In: *Methods for assessment of soil degradation*. Séries: *Advances in soil science*. CRC Press, LLC, Boca Raton, pp 1–16.
- BORGES, Karla A. V. **Modelagem de dados geográficos –uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas**. Belo Horizonte, MG: ESCOLA DE GOVERNO DE MINAS GERAIS, Fundação João Pinheiro, 1997. (Dissertação de Mestrado).
- BORGES, J. L. de C. **Estudo de Fragilidade e Potencial de Uso da Paisagem e Análise de Capacidade de Carga Turística do Parque Nacional da Serra do Cipó – MG**. 2011.
- BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 305 p.
- BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográfica**. IN: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (org) *Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos e Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- BRAGA, R. **Cidades médias e aglomerações urbanas no estado de São Paulo: novas estratégias de gestão territorial**. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA

LATINA, 10., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. p. 2241-2254.

BRAGA, R. **Plano diretor municipal: três questões para discussão.** In: Caderno do Departamento de Planejamento – UNESP, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.15-20, ago.1995.

BRANDÃO, C. **Território e desenvolvimento: as múltiplas escalas entre o local e o global.** Campinas (SP): Unicamp, 2007.

BRASIL. **Constituição Federal do Brasil.** Brasília, DF: Senado, 1988.

\_\_\_\_\_. **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos: Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, 2. ed.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches.Lesvos, Greece.** Tese (Doutorado em Geografia) - University of Aegean, 2000. Disponível em <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>.

BRITO, B. 2011. **REDD+ e Mudanças Climáticas.** In: Solange Teles *et al.* Desafios jurídicos, econômicos e socioambientais. 2o vol., Coleção Direito e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo- -SP: Fiuza.

BJÖRNBERG, A.J.S. **Sedimentos pós-cretácio do leste do Estado de São Paulo.** 1964. Tese (Concurso Livre Docência) - Escola de Eng. de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1964.

BJÖRNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. **Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, 1971. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo: SBG, v.2, p. 159- 174.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** New York: Oxford University Press. 1997, 194p.

Burrough, P. A. , R. McDonnell. **Principles of Geographical Information Systems.** Oxford University Press, 1998. 333 p.

CALIJURI, M. L. Sistemas de Informações Geográficas. In: CASTELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H. **Desenvolvimento Sustentado: problemas e estratégias.** São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 275-284.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J.S. de. **Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação.** Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 83 – 96, jan./abr., 2003.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos.** São José dos Campos, SP: INPE, 1995. (Tese de Doutorado).

CÂMARA, G. et al. **Introdução á Modelagem Dinâmica Espacial.** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/>. Acesso em: jul. 2013.

CÂMARA, G., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G., MEDEIROS, C. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. ed. **Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998. Cap 1, p. 3-11.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, M. A. V.; MEDEIROS, S. J. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br>. Acesso em: jul. 2013.

CAMPANA, N. A. & TUCCI, C. E. M. **Estimativa de Áreas Impermeável de Macro Bacias Urbanas**. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol.12, n. 2, dez/1994.

CANO, W. et alii. **O Processo de Urbanização Paulista no período de 1970-89**. In: SEADE (Coordenação). São Paulo no limiar do Século XXI, vol. 5, 1992.

CARNEIRO, T. G. S. **Nested-CA: a foundation for multiscale modeling of land use and land change**. 2006. 109 p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2006.

CASTANHEIRA, L. A.; **Estudo das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra no Parque Nacional da Serra do Cipó e Entorno no Período de 1989 a 1999**. Dissertação de Mestrado – UFMG – MG. 2010.

CASTRO, F. V. F.; SOARES-FILHO, B.S.; MENDOZA, E. **Modelagem de cenários de mudanças na região de Brasília aplicada ao zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Santa Catarina. (submetido).

CARNEIRO, P. R.F.; CARDOSO, A. L.; AZEVEDO, J. P. S. **Planejamento do uso do solo urbano e gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçú/Sarapuí na Baixada Fluminense**. Cadernos Metrôpole 19. São Paulo: EDUC, 2008.

CARVALHO, P. F de & BRAGA, R. (2001) **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPMUNESP, 95-109p.

CHENG, J. (2003) **“Modelling Spatial and Temporal Urban Growth”**, Doctoral Dissertation (Doctoral in Geographical Science) – International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Utrecht University, Enschede, The Netherlands.

CHENG, J & MASSER, I. **Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China**. Landscape and Urban Planning, v. 62, p. 199–217, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A.; **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blücher, 1999.

CNI/Conselho de Política Regional (1997). **“Por uma Nova Política Nacional de Desenvolvimento Regional: Proposta da CNI (Versão para Discussão Interna)”**. Brasília, mimeo.

- COHN, A. (1978). **Crise regional e planejamento (o processo de criação da Sudene)**. São Paulo, Perspectiva.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em < [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). > Acesso em 22 set. 20013.
- CONCEICAO, A. L.; ROCHA, R. R. **O planejamento Regional: Integrar para Desintegrar**. Scientia Plena, 2009.
- CONWAY, T. M. & LATHROPET, R. G. **Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed**. Landscape and Urban Planning, v. 71, p. 1–15, 2005.
- COSTA, C.W. **Expansão da mancha urbana e suas consequências sobre mananciais do rio do Monjolinho e ribeirão do Feijão da cidade de São Carlos, SP**. Itajubá, 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, Universidade Federal de Itajubá.
- COSTA, D. P. da. **Utilização de geotecnologias na análise da transformação sócioespacial urbana da região serrana fluminense: o estudo de caso do Distrito sede de Teresópolis**. 2005. 185f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- COSTA, W. M. **O estado e as políticas territoriais no Brasil**. 10ª ed. São Paulo: Contexto/Edusp, 2001.
- COSTA, C. W.; DUPAS, F. A.; CESPEDES, J. G.; SILVA, L. F. **Monitoramento da expansão urbana, cenários futuros de crescimento populacional e o consumo dos recursos hídricos no município de São Carlos, SP**. Geociências, v. 32, n.1 p. 63-80, 2013.
- CPLA. **Mapa de Rede de Drenagem do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPLA/SMA, 2013. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-da-rede-de-drenagem-doestado-de-sao-paulo/>>. Acesso em 15 out. 2014.
- DE NARDIN, J. ; FRANCISCO, J.; **Condomínios Fechados – Espaço Urbano Conformado pela Segregação Socioespacial**. In: IV Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana - SIMPGEU, 2013, Rio de Janeiro. Caderno de Resumos IV SIMPGEU, 2013.
- DE TONI, J. ; KLARMANN, H. . **Regionalização e Planejamento: reflexões metodológicas e gerenciais sobre a experiência gaúcha**. Ensaio FEE, Porto Alegre, RS, v. 1, p. 517-538, 2002.
- DINIZ, C.C. **Desenvolvimento poligonal no Brasil: nem desconcentração, nem contínua polarização**. In: Nova Economia. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, v. 3, n.. 1, set. 1993.
- DINIZ FILHO, L. L. (1999). **“Notas sobre o planejamento regional brasileiro no contexto da globalização econômica e da descentralização do Estado”**. Curitiba, Departamento de Geografia da UFPR, *Caderno do Laboratório de Geografia Humana e Regional*, Ano I, n. 1.
- DINIZ, C. C. Impactos Territoriais da Reestruturação Produtiva. In. RIBEIRO, Luiz César de (org.) **O Futuro das Metrôpoles: desigualdades e governabilidade**. Rio de Janeiro; Revan: Fase, 2000.

DOZENA, A. **São Carlos e seu ‘desenvolvimento’: contradições urbanas de um pólo tecnológico.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia Letras de Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2001.

DUPAS, F.A. **Crescimento Urbano e suas Implicações Ambientais: Redirecionamento de cidades de médio porte utilizando as variáveis ambientais, sensoriamento remoto e SIG - Estudo do caso de São Carlos, SP.** São Carlos, 2001. Tese (Pós-Doutoramento em Planejamento Urbano e Regional) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

EASTMA, J. R. **Idrisi Kilimanjaro.** Clark University, Massachusetts, USA 2003 200p.

EGLER, C. A. G. . **Federalismo e Gestão Regional no Brasil: limites e alcances das regiões integradas de desenvolvimento.** In: VII Seminario Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, 2002, Camaguey. Anais do VII Seminario Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, 2002. v. 1. p. 1-25.

FELDMAN, S. **Planejamento e zoneamento:** São Paulo: 1947-1972. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2005.

FELGUEIRAS, C. A. ; FUKS, S. D. ; MONTEIRO, A. M. V. . **Raster Representations of Spatial Attributes with Uncertainty Assessment Using Nonlinear Stochastic Simulation.** In: 6th International Conference on GeoComputation, 2001, Brisbane, Austrália. Proceedings of the 6th International Conference on GeoComputation, 2001.

FERRARI, R. **Modelagem da dinâmica do uso e cobertura da terra da Quarta Colônia, RS.** 2008. 130f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FERREIRA, F. B. ; TOLEDO, L. H. . **Transformações Urbanas na Cidade de São Carlos: condomínios residenciais fechados e novas formas de sociabilidade.** In: XII Congresso Brasileiro de Sociologia - Sociologia e Realidade: pesquisa social no século XXI, 2005, Belo Horizonte - MG. XII Congresso Brasileiro de Sociologia - Resumos, 2005. v. único. p. 145-146.

FERREIRA, C. J.; ROSSINI-PENTEADO, D. GUEDES, A. C. M. **O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos.** In: LOMBARDO, M.A. & FREITAS, M.I.C (org.): Riscos e Vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto Luso-Brasileiro. Cultura Acadêmica Editora UNESP, São Paulo, 155-188, 2013.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FRANÇA, I, S. **A cidade média e suas centralidades: O exemplo de Montes Claros no Norte de Minas Gerais.** (Dissertação Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

FREITAS, A.L.S. **Caracterização do Aquífero Botucatu na região do lixão de São Carlos.** São Carlos, 1996. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo.

GENZ, F; TUCCI, C. E. M. **Infiltração em Superfícies Urbanas.** Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol. 13, n. 1, jun. 1995.

GODOY, M.M G. **Modelagem da dinâmica de ocupação do solo no bairro Savassi, Belo Horizonte, Brasil.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do título de Mestre em Geografia 2004.

GODOY, M. M.; SOARES-FILHO, B.S. **Modelagem de dinâmica intra-urbana no Bairro Savassi, Belo Horizonte, Brasil.** In: Almeida C. M., Câmara G. N., Vieira, A. M. Geoinformação em Estudos Urbanos. INPE, no prelo.

GOMES, E. J.; **A experiência brasileira de pólos tecnológicos: uma abordagem político-institucional.** Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica), Instituto de Geociências, UNICAMP, 1995.

GONÇALVES, A.R.L. **Geologia ambiental da área de São Carlos.** São Paulo, 1986. 138 p. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, C. W. P.; **A invenção de novas geografias: a natureza e o homem em novos paradigmas.** In: SANTOS, Milton (*et al.*). Território, territórios: ensaio sobre o ordenamento territorial. Rio de Janeiro: Lamparina, 2006.

GONÇALVEZ, F. M. **O Desenho da Paisagem: as relações entre os padrões de urbanização e o suporte físico.** Tese (Doutorado). São Paulo, 1998. FAUUSP.

GOOLDCHILD, M. F.; STEYAERT, L. T. **Environmental modelling with GIS.** New York: Oxford University Press, 1993.

HAESBAERT, R. **“Gaúchos” e baianos no “novo” nordeste: entre a globalização econômica e a reinvenção das identidades territoriais.** In: CASTRO, I, E.; GOMES, P, C, C.; CORREA, R, L. (Orgs) Brasil: questões atuais da reorganização do território. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. p. 367-415.

GUIDOLINI, J. F.; PEDROSO, L. B.; ARAUJO, M. V. N. (2013) **Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos - SP, entre os anos de 2005 e 2011.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Geoprocessamento e aplicações.

HENKE-OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes.** São Carlos, 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos.

IANNI, O. **Estado e planejamento econômico no Brasil.** 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1986.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 05 de out. 2012.

JACKSON, L.J.; TREBITZT, A. S.; COTTINGHA, K. L. 2000. **An introduction to the practice of ecological modeling.** BioScience. 50.(8):.694-706 ([http://math.sfsu.edu/meredith/biomath/Jackson%20-%202000%20-%20Intro\\_to\\_the\\_practice\\_of\\_ecol\\_modeling.pdf](http://math.sfsu.edu/meredith/biomath/Jackson%20-%202000%20-%20Intro_to_the_practice_of_ecol_modeling.pdf)) Acesso em: Jul. 2013.

- JORDÃO, L. C. S. **Novas Periferias urbanas: A expansão de São Carlos através de Condomínios Fechados.** São Carlos, 2010.
- KRAFT, R. (1995). **Simulador de cidades: horizontes e problemas.** In: FARRET, R. L. Anais do VI Encontro Nacional da ANPUR. Brasília: ANPUR.. p. 137-147.
- KRAFT, G., et. al. (1971) **The Role of Transportation in Regional Economic Development.** Charles River Associates Research Study. Lexington Books. London, England.
- KIMERLING, J. **Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia.** Associação Cartográfica Universal, 1994.
- KOHLHEPP, G.; **Disparidades Regionais e Planejamento Regional no Brasil.** Revista del CESLA, No. 13, T. 2, 2010, pp. 455-471.
- LAMBIM, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, J. H.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, J.; RICHARDS, J. F.; SKANES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G.D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XU, J. **The Causes of land-use and land-cover change moving beyond myths.** Global Environmental Change. v. 11, n. 4, p.261-269, 2001.
- LAPOIX, F. **Cidades verdes e abertas.** In: Ferry, M. G. Coord. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo, EDUSP, 1979, 143p.
- LEFÈBVRE, H. **A cidade do capital.** Rio de Janeiro: DP&A, 1999.
- LENCIONI, S. **Reestruturação Urbano-Industrial no Estado de São Paulo: a Região da Metrópole Desconcentrada.** Espaço e Debates, São Paulo, n.38, p.54-61, 1994.
- LESSA, C. (1978): **A estratégia do desenvolvimento: sonho e fracasso (1974-1976).** Tese apresentada para o concurso de Professor Titular, FEA – UFRJ. Rio de Janeiro.
- LIMA, A. C.; SIMÕES, R. . **Teorias do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica no pós-guerra: o caso do Brasil.** Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2009 (Texto para Discussão).
- LIMA, L. S. de. **Implementação de um modelo hidrológico distribuído na plataforma de modelagem Dinamica EGO** [manuscrito] / Letícia Santos de Lima. – 2011.
- LIMA, R. S. **Expansão Urbana e Acessibilidade: O caso das Cidades Médias Brasileiras. 1998.** 91f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Departamento de Transportes, EESC, São Carlos.
- LIMA, R. P. **O Processo e o (Des)controle da Expansão Urbana de São Carlos (1857-1977).** (Mestrado). Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2007.
- LILLESAND, T; KIEFER, R. **Remote Sensing and image interpretation.** 3 ed. New York, United States of America: John Willey, 1994.

LIVERMAN, D.; MORAN, E. F.; RINDFUSS, R. & Stern, P. (eds.). 1998. **People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science**. Washington, National Academy Press. 244 p.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas**. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

LORANDI, R. **Caracterização dos solos das áreas urbana e suburbana de São Carlos (SP) e suas aplicações**. Piracicaba, 1985. 181 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MARICATO, E. (2002). **Dimensões da tragédia urbana**. Com Ciência, São Paulo, mar. 2002 (Seção Cidades). Disponível em: <[http:// www.comciencia.br](http://www.comciencia.br)>. Acesso em: 3 ago 2013.

MENEGUETE, A. A. C. **Curso virtual de Cartografia e SIG**. Presidente Prudente: UNESP, 2003. Disponível em: <<HTTP://www.multimidia.prudente.unesp.br/catosig/index.html>>. Acesso em: maio de 2013.

MACEDO, F. C. **Padrões de organização espacial no Brasil, estrutura econômica e inserção externa**. In: XIII Encontro Nacional de Economia Política, 2008, João Pessoa. XIII Encontro Nacional de Economia Política. João Pessoa: Tec Art Editora, 2008.

MAGLIO, I; PHILIPI, A.; COIMBRA, J.A.A.; FRANCO, R.M. **Municípios e Meio Ambiente: Perspectivas para a Municipalização da Gestão Ambiental no Brasil**. Belo Horizonte: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 2006 83p.

MATOS, R. E. S. (Org.). **Espacialidades em Rede: População, Urbanização e Migração no Brasil Contemporâneo**. Belo Horizonte: C/Arte Editora, 2005. v. 1000. 264 p.

MENDES, H. C. (2005) **Urbanização e Impactos Ambientais: Histórico de Inundações e Alagamentos na Bacia do Gregório, São Carlos – SP**: São Carlos: EESC-USP, 149 p. Dissertação de Mestrado.

MIRAGAYA, J.; SIGNORI, L. “**A importância da Política Nacional de Ordenamento Territorial (PNOT) para o Desenvolvimento Sustentável Brasileiro**”. In: FARIA, R.; SCHVARBERG, B. (Orgs). Políticas urbanas e regionais no Brasil. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2011. p.137-167.

MONTÃO, M.; **A aplicação conjunta de método de projeção das no uso e ocupação do solo e de instrumentos de política ambiental: o caso do município de São Carlos (SP)** [tese de doutorado]. São Carlos, 2005. EESC, Universidade de São Paulo.

MONTAÑO, M. . **Possibilidades de aplicação do zoneamento ambiental e sua articulação com outros instrumentos da Política Ambiental brasileira**. In: Global Conference: Building a Sustainable World, 2002, São Paulo. Global Conference: Building a Sustainable World. São Paulo : IUAPPA/ABEPOLAR, 2002.

MOURA, A. C. M.. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 1ed. Belo Horizonte. 2003.

NASCIMENTO, W. M. VILLAÇA, M. G. **Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento.** Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 1, p. 102-120, 2008.

NEGRI, B. **A indústria de transformação no estado de São Paulo (1970-89).** In: Diagnósticos Setoriais da Economia Paulista: setores de indústria e de serviços. Coleção São Paulo no limiar no século XXI. Fundação Seade, 1992.

NEGRI, B. **Concentração e desconcentração industrial em São Paulo (1880-1990).** Campinas: Editora da Unicamp, 1996.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento Geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos, SP** São Paulo, 1991. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

NOVAES, A. G. **Modelos de Planejamento Urbano, Regional e de Transportes.** São Paulo, Edgard Blucher, 1982.

NOVAK, H. (1988). As Cidades no Brasil do Futuro. In: **Revista de Administração Municipal**, v. 35, jan/mar 1988, n. 186, p. 6-20.

OLIVEIRA, P. C. A. De; RODRIGUES, G. S. de S. C.; RODRIGUES, S. C. **Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil.** Revista Ambiente e Água, v. 3, n. 1, p. 54–67, 2008.

PARKER, D. C.; BERGER, T.; MANSON, S. M. **Agent-Based Models of Land-Use Land-Cover Change.** [S.I.: s.n.], 2001.

PEDROSA, Bianca ; CAMOLESI, Luiz ; CÂMARA, G. ; VIEIRA, Marina . **Spatio-Temporal Database Constraints for Spatial Dynamic Simulation.** In: VI Brazilian Symposium in Geoinformatics, 2004, Campos do Jordao. Proceedings of GeoInfo 2004. Geneva: IFIP, 2004. v. 1. p. 58-69.

PEDROSA, B. M. **Ambiente Computacional para Modelagem Dinâmica Espacial.** 2004. 111p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

PERES, O.M.; POLIDORI, M.C. 2011. **Geocomputação e o ambiente urbano digital: contemporaneidades e convergências.** Geografía y Sistemas de Información Geográfica. (GESIG-UNLU, Luján). Año 3, N° 3, Sección I:71-85.

PEREIRA, F M ; LEMOS, M. B. . **Cidades médias brasileiras: características e dinâmicas urbano industriais.** Revista Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, v. 33, n.1, p. 127-165, 2003.

PERROUX, F. (1964) **L'économie du XXeme siècle.** 2 ed. Paris, Press Universitaires de France, France.

PHILLIP, A. et al. **Municípios e meio ambiente:** perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: ANAMMA, 1999.

PHILIPPI JR. Arlindo; ZULAUF, Werner. **Estruturação dos municípios para a criação e implementação do sistema de gestão ambiental.** In: PHILIPPI JR. Arlindo; MAGLIO, Ivan Carlos; et al. *Municípios e meio ambiente: perspectivas para municipalização da gestão ambiental no Brasil.* São Paulo: ANAMMA, 1999.

POLIDORO, M. ; BARROS, M. V. F. . **Considerações sobre as implicações da expansão urbana dos municípios paranaenses localizados na BR-369.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 8, p. 322-341, 2012.

POLIDORI, M. C. ; PERES, O. M. ; TOMIELLO, F. . **Simulação de crescimento urbano: dinâmicas de expansão e configuração sócio-espacial.** In: URBICENTROS 2011 - II Seminário Internacional Morte e Vida dos Centros Urbanos, 2011, Maceió. Anais do II Seminário Internacional Morte e Vida dos Centros Urbanos. Maceió, 2011.

PONS, N.A. D (2006) **Levantamento e diagnóstico Geológico-Geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos-SP, com auxílio de geoprocessamento.** São Carlos. 2 v. 272p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BRISTICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M de & PRANDINO, F. L. (1981). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1: 1.000.000.** São Paulo IPT. 2v. (IPT, Monografia 5).

RAMOS, C. **Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia: Conceitos e Tecnologias.** São Paulo: ed.UNESP, 2005.

REZENDE, D.; CASTOR, B. **Planejamento estratégico municipal: empreendedorismo participativo nas cidades, prefeituras e organizações públicas.** Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

RIBEIRO, L. C. Q. **Dos cortiços aos condomínios fechados: As formas de produção da moradia na cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

RODRIGUES, H. O.; SOARES FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. **Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais.** Trabalho apresentado no XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis (SC). In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007, p. 3089-96.

RODRIGUES R. R., LIMA R. A. F., GANDOLFI S., NAVE A. G. **On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest.** Biological Conservation. v. 142, pp. 1242-1251, 2009.

ROSS, J. L. S. **O relevo brasileiro, as superfícies de aplanamento e os níveis morfológicos.** Revista do Dep. de Geografia, São Paulo, USP-FFLCH, n. 5, p. 07-24, 1991.

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** Revista do Dep. de Geografia, São Paul, USP-FFLCH, n. 10, p. 41-58, 1997.

ROSSETTI, L.A.F.G. ; ALMEIDA, C. M. ; PINTO, S. A. F. **Modelagem dinâmica espacial de mudanças no uso da terra da cidade de Rio Claro, SP.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba - PR. Anais do 15 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011. p. 6703-6710.

RÜCKERT, A. A. . **Usos do território e políticas territoriais contemporâneas: alguns cenários no Brasil, União Européia e Mercosul.** Revista de Geopolítica, v. 1, p. 17-32, 2010.

SÃO CARLOS. **Plano Diretor Municipal de São Carlos.** Texto extraído do site oficial da Prefeitura Municipal de São Carlos/SP: Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/plano-diretor.html>>. Acessado em 14 jan 2014.

SÃO PAULO. **Situação dos recursos hídricos no Estado de São Paulo:** ano base 2007. Secretaria do Meio Ambiente; Coordenadoria de Recursos Hídricos. São Paulo: SMA/CRH, 149 p., 2009.

SANTOS, M. 1993. **A Urbanização Brasileira.** São Paulo: Editora Hucitec.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo. Globalização e meio técnico-científico informacional.** São Paulo: Hucitec, 1994a. 190p. (Geografia: Teoria e Realidade, 25).

SANTOS, R. (2004) **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos.

SELINGARDI-SAMPAIO, S. **Indústria e Território em São Paulo:** a estruturação do Multicomplexo Territorial Industrial Paulista. Campinas: Ed. Alínea, 2009.

SILVA, G. C.; SILVA, F. L.; PRINTES, L. B.; CUNHA-SANTINO, M. B. (2014) **Avaliação da Degradação Ambiental na Microbacia do Córrego Mineirinho, São Carlos-SP.** Revista Eletronica do IBEAS, v. 5, p. VIII-067.

SILVA, A. N. R. da (1997a). Os Custos do Não- Planejamento em São Carlos. In: **Seminário Plano Diretor de São Carlos - Projeto Cidade Urgente**, Anais... São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, p.51-54.

SCHENK, L. M. B.; FANTIN, M.; PERES, R. B. (2015). **A revisão do plano diretor da cidade se São Carlos e as novas formas urbanas em curso.** In: X colóquio Quapá-SEL - Produção e apropriação dos espaços livres e da forma urbana, 2015, Brasília. Anais. Fauunb-Brasília.

SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1998.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** Tese de doutorado. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SOARES FILHO, B. S.; PENNACHIN, C.; CERQUEIRA, G. **DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in na Amazonian colonization frontier.** Ecological Modelling, v.154, p 217 – 235, 2002a.

SOARES FILHO, B.S.; Pennachin, C. L.; Cerqueira, G. **DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier.** Ecological Modelling, v. 154, n. 3, p. 217-235, 2002.

SOARES FILHO, B.S.; Alencar, A.; Nepstad D.; Cerqueira, G.; Vera-Diaz, M.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E.. 2004. **Simulating the Response of Land-Cover Changes to Road Paving and Governance Along a Major Amazon Highway: The Santarém-Cuiabá Corridor.** Global Change Biology. v. 10, n. 5, p. 745-764, 2004.

SOARES FILHO, B.S. 2006. **Dinamica project**. Disponível em:  
<http://www.csr.ufmg.br/dinamica>. Acesso em: jul. 2013.

SOBREIRA, F. G e CASTRO, P. de T. A. **Crescimento urbano desordenado: riscos geológicos e custo social da ocupação no leque aluvial Cabanas, Mariana – MG**. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental. Publicação em CD-ROM. Itajaí-SC, 2002.

SOUZA, M. L. de. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

SOUZA, F. A., COPQUE, A. C. S. M. **Infraestrutura de Dados Espaciais no Estado da Bahia**. In XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Aracaju, SE, Brasil, 2010.

SOUZA, L. A., C. A. DAVIS JR, et al. **The Role of Gazetteers in Geographic Knowledge Discovery on the Web**. 3rd Latin American Web Congress (LAWeb 2005), Buenos Aires, Argentina, 2005.

SOUZA, M. L. de. **O desafio metropolitano: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

SOUZA, M. J. L. de. **O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento**. In: CASTRO, I. E. et al. (Org.). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R.. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SCHNEIDER, A. et al. Mapping urban areas by fusing multiple sources of coarse resolution remotely sensed data. **Photogrammetry Engineering and Remote Sensing**, v. 69, n. 12, p. 1377 - 1386, Dec., 2003.

SCHNEIDER, E.; **Gestão Ambiental Municipal: Preservação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável**. In: XX ENEGEP \_ Encontro Nacional de Engenharia da Produção, 2000, São Paulo. ENEGEP. São Paulo: ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2000. v. I.

SPOSITO, M. E. B. **A gestão do Território e as diferentes escalas da centralidade urbana**. In: Território/Laget, UFRJ. Ano III, n.º. 4 (Jan-jun 1998). Rio de Janeiro: Garamond, 1998. p. 27-38.

SPOSITO, M. E. B. **As cidades médias e os contextos econômicos contemporâneos**. In.:SPOSITO, M. E. B (Org.). **Urbanização e cidades: perspectivas geográficas**. Presidente Prudente (SP): GASPERR/FCT/UNESP, 2001.

Spring (2007). Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.  
<http://www.dpi.inpe.br/spring>.

STEYAERT, L.T. A. Perspective on the State of Environmental simulation modeling. In: GOODCHILD, M; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T. **Environmental modeling with GIS**. New York, Oxford University Press, 1993. p.16-29.

TRENTIN, Gracieli ; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de . **Modelagem da dinâmica espacial urbana: modelo de Autômato Celular na simulação de cenários para o município de Americana-SP.** RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 62, p. 291-305, 2010.

TRENTIN, G.; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de. **A modelagem dinâmica espacial na proposição de cenários: Estudo da expansão urbano-industrial de Americana-SP.** In: Sandra Elisa Contri Pitton; Fadel David Antonio Filho. (Org.). Geografia Plural: única e múltipla. 1ed.Rio Claro: IGCE/UNESP - Pós-Graduação em Geografia, 2009, v. , p. 299-318.

TRENTIN, G.; **A expansão urbano-industrial do município de Americana – SP: geotecnologias aplicadas à análise temporal e simulação de cenários.** Rio Claro : [s.n.], 2008.

TRENTIN, G.; FREITAS, M. I. C. **Modelagem da dinâmica espacial urbana: modelo de autômato celular na simulação de cenários para o município de Americana-SP.** Revista Brasileira de Cartografia, n. 62, Ed. Especial 01, 2010. p.291- 305.

TOMLIN, C. D. 1 990. **Geographic Information Systems and Cartographic Modeling.** Prentice- Hall Inc., New Jersey.

TUCCI, C.E.M. **Gestão integrada das águas urbanas.** Revista de Gestão de Águas da América Latina - REGA, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, M.T.; DUPAS, F.A.; SOUZA, A.T.S.; SHIBATTA, O.A. **Uso atual e potencial do solo no município de São Carlos, SP – base do planejamento urbano e rural.** Instituto Internacional de Ecologia. FAPESP – Relatório Final de projeto de Políticas Públicas – Processo 98/10924-3, 2007.

URIBE, Alberto. **Líneas Prioritarias de Investigación sobre Planificación del Desarrollo y Médio Ambiente:** síntese interpretativa do Seminário sobre Planificación del Desarrollo y el Medio Ambiente. Bogotá, 1982.

VASCONCELLOS, E. A. (2000) **Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: reflexões e propostas.** 3 ed. Editora Annablume, São Paulo, Brasil.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** INPE, 2008. Disponível: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2014/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotectônicos aplicados a gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBC.** Tese de Doutorado. IGE, UNESP, Rio Claro.v154p. 2000.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação em expansão urbana.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993. Curitiba, Anais., p.155-162.

VICENTE, L. E. **Geoprocessamento aplicado a gestão territorial: uma proposta de abordagem sistêmica para o meio urbano de Presidente Prudente.** 2001. 107p. Dissertação (mestrado em Geografia) – FCT - UNESP, Campus de Presidente Prudente.

VILAÇA, M. F.; GOMES, I. ; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso da bacia do ribeirão Conquista no município de Itaguara- MG.** 2009. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

XAVIER-DA-SILVA. **Geoprocessamento e análise ambiental.** Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva. 227 p, 2001.

WALKER, R. **Theorizing land-cover and land-use change: the case of tropical deforestation.** International Regional Science Reviews. v. 24, n. 3, p. 247-270, 2004.

WILSON, A. (2006) **Ecological and urban systems models: some explorations of similarities in the context of complexity theory.** Environment and Planning A, v. 38, p.633-646.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

WU, F. **Complexity and Urban Simulation: towards a computational laboratory.** Geography Research Forum, [S.I.], v.22, p. 22-40, 2002.

YANAI, A. M.; **Desmatamento no sul do Amazonas: Simulação do efeito da criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma .** Aurora Miho Yanai. - Manaus : [s.n.], 2010.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras.** São Carlos, 1987. 673 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.