

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

LUCIMARI APARECIDA FRANCO GARCIA ROSSETTI

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DE MUDANÇAS NO USO DO
SOLO URBANO: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA

Orientador: Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto
Co-orientadora: Profa. Dra. Cláudia Maria de Almeida

Rio Claro – SP

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

LUCIMARI APARECIDA FRANCO GARCIA ROSSETTI

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DE MUDANÇAS NO USO DO
SOLO URBANO: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto

Co-orientadora: Profa. Dra. Cláudia Maria de Almeida

Rio Claro – SP

2011

LUCIMARI APARECIDA FRANCO GARCIA ROSSETTI

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DE MUDANÇAS NO USO DO
SOLO URBANO: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto
IGCE-UNESP-Rio Claro (Orientador)

Profa. Dra. Silvia Selingardi-Sampaio
IGCE-UNESP-Rio Claro

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher
IGCE-UNESP-Rio Claro

Prof. Dr. Ailton Luchiari
FFLCH-USP-São Paulo

Prof. Dr. Antonio Marcos Machado de Oliveira
Instituto de Geografia–UFU-Uberlândia-MG

Rio Claro, 16 de dezembro de 2011

*Dedico esta Tese ao Ari, meu esposo
e às minhas filhas Giovanna e Gabriela,
pela compreensão da minha ausência
no decorrer desta pesquisa.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço meus orientadores Prof. Titular Sergio dos Anjos Ferreira Pinto e Profa. Dra. Cláudia Maria de Almeida, por me conduzirem no desenvolvimento deste trabalho, através da orientação e transferência de conhecimentos e experiências.

Agradeço a Universidade Estadual Paulista (UNESP) pelo meu ingresso no Programa de Pós-Graduação em Geografia, em particular ao Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo apoio em termos de sua infra-estrutura para a utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para subsidiar essa pesquisa.

Agradeço a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças do uso do solo da cidade de Rio Claro (SP) e de seu entorno imediato, com o suporte das tecnologias de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Modelos de Autômatos Celulares para as simulações dos cenários. Foram avaliados os cenários de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006, bem como as simulações de prognósticos de curto e médio prazos, respectivamente 5 e 10 anos. Para a extração e análise de dados foram utilizadas imagens aerofotogramétricas relativas aos cenários selecionados e documentação cartográfica (planta cadastral 1:10.000 e cartas topográficas 1:50.000, em meio digital). Os procedimentos metodológicos para a modelagem das mudanças do uso do solo foram realizados na plataforma de modelagem dinâmica espacial Dinamica EGO, utilizando-se da abordagem de autômatos celulares. Foram obtidos resultados para o três períodos de simulações selecionados, bem como as simulações prognósticas para os cenários 2011 e 2016 (curto e médio prazos). Os resultados das simulações exibiram boa aproximação com relação aos dados de uso do solo efetivamente mapeados. Todos os resultados das simulações (excluindo os cenários prospectivos) foram validados por meio de uma abordagem multiresolução. Os mapas de simulações de prognóstico no curto prazo mostraram-se consistentes em relação às imagens atuais do sistema Google Earth. Constatou-se que no período de 1972 a 1988, ocorreram as transições mais significativas no uso do solo urbano de Rio Claro.

Palavras-chave: modelagem dinâmica espacial. autômatos celulares. uso do solo urbano. sistemas de informações geográficas. sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the changes in land use in the of city of Rio Claro (SP) and its immediate surroundings, with the support of Remote Sensing technology, Geographic Information Systems (GIS) and Cellular Automata (CA) models for the simulation of future scenarios. The simulation periods from 1972 to 1988, 1988 to 1995 and from 1995 to 2006 were evaluated, and prospective scenarios of short and medium terms were considered as well, respectively 5 and 10 years. Aerial photography from the selected dates and cartographic documentation were used for the collection and analysis of data (cadastral map at a 1:10,000 scale and topographic maps at a 1:50,000 scale, in digital format). The methodological procedures used to model the changes in land use were performed) in the CA dynamic modeling platform named Dinamica EGO. Results for the three periods of simulation and the prospective scenarios for 2011 and 2016 (short and medium term) were obtained. The simulations results showed a good approximation with the effectively observed land use data. All the simulations results (except the prospective scenarios) were validated by a multi-resolution approach. The simulation maps of the short term scenario were compatible with the images currently available at Google Earth. It was observed that the most significant urban land transitions in Rio Claro occurred in the period from 1972 to 1988.

Keywords: spatial dynamic modeling. cellular automata. urban land use. geographic information systems. remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de plotagem de An por $An \cdot e^{W^+}$ para a variável “distâncias às estradas” (<i>distances to all roads</i>). Fonte: Soares Filho et al. (2010).....	52
Figura 2 – Esquema ilustrativo do modelo de Hagen (fuzziness of location) utilizando função de decaimento exponencial. Fonte: Soares Filho et al. (2008).....	55
Figura 3 – Localização da área de estudo	60
Figura 4 – Fluxograma de atividades para modelagem das mudanças do uso do solo	62
Figura 5 – Fluxograma de aplicação da modelagem na Plataforma Dinamica EGO	63
Figura 6 – Mapa de uso do solo urbano - 1972	74
Figura 7 – Mapa de uso do solo urbano - 1988	75
Figura 8 – Mapa de uso do solo urbano - 1995	76
Figura 9 – Mapa de uso do solo urbano - 2006	77
Figura 10 – Exemplos de variáveis estáticas contínuas – 1972 e 1988	78
Figura 11 – Exemplos de variáveis estáticas contínuas – 1995 e 2006	79
Figura 12 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a expansão da malha urbana - 1972 a 1988	82
Figura 13 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação do Campus da UNESP, próxima a Floresta Estadual Navarro de Andrade – 1972 a 1988	83
Figura 14 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação do parque industrial no setor norte da cidade – 1972 a 1988	84
Figura 15 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a expansão dos corredores de comércio e serviços – 1972 a 1988	85
Figura 16 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a estruturação e urbanização do “Parque Lago Azul” – 1972 a 1988	86

Figura 17 – Exemplos das variáveis relativas à transição de campo para residencial: a) distâncias a sistema viário de pista simples, b) distâncias a média concentração de escolas	87
Figura 18 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação dos loteamentos nos Bairros Novo Jardim Wenzel e Jardim Bom Sucesso, desconectados da malha urbana – 1972 a 1988.....	88
Figura 19 – Exemplos das variáveis relativas à transição de áreas verdes para institucional: a) distâncias ao sistema viário de pista simples, b) distâncias ao uso comercial	89
Figura 20 – Exemplo da variável distâncias ao sistema viário de pista dupla, relativa à transição de campo para industrial	89
Figura 21 – Exemplo da variável distâncias ao sistema viário de pista dupla, relativa à transição de uso residencial para corredores de comércio e serviços	90
Figura 22 – Exemplos das variáveis relativas à transição de uso residencial para comercial: a) distâncias ao sistema viário de pista simples, b) distâncias ao sistema viário de pista dupla	90
Figura 23a - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.....	92
Figura 23b - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.....	93
Figura 23c - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988	94
Figura 24 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.....	95
Figura 25 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a expansão da malha urbana - 1988 a 1995	98
Figura 26 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a transição para uso industrial – 1988 a 1995	99
Figura 27 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a implantação do Shopping Center – 1988 a 1995	99

Figura 28 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a expansão dos corredores de comércio e serviços – 1988 a 1995	100
Figura 29 – Exemplos das variáveis relativas à transição de uso industrial para comercial: a) distâncias ao uso comercial, b) distâncias aos corredores de comércio e serviços.....	101
Figura 30a – Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.....	102
Figura 30b – Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.....	103
Figura 31 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.....	104
Figura 32 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão da malha urbana - 1995 a 2006.....	107
Figura 33 – a) condomínios horizontais/verticais localizados no setor oeste da cidade, destinados às classes de baixa a média renda; condomínios horizontais localizados no sudeste da cidade, destinados às classes de renda média alta	108
Figura 34 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a transição para uso institucional - 1995 a 2006.....	109
Figura 35 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão de centros comerciais: a) área de periferia ao norte; b) área central – 1995 a 2006	110
Figura 36 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão dos corredores de comércio e serviços – 1995 a 2006.....	111
Figura 37 – Exemplos das variáveis relativas à transição de uso industrial para institucional: a) distâncias ao sistema viário de pista simples; b) distâncias ao sistema viário de pista dupla	112
Figura 38a - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.....	113
Figura 38b - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.....	114

Figura 39 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.....	115
Figura 40 – Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano - 5 anos (2011)	117
Figura 41 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano, prognóstico de curto prazo – 5 anos (2011)	118
Figura 42a - Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano – 10 anos (2016).....	119
Figura 42b - Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano – 10 anos (2016).....	120
Figura 43 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – prognóstico de médio prazo - 10 anos (2016)	121
Figura 44 – Exemplo de simulação de prognósticos de 5 anos (2011) e imagem disponibilizada pelo sistema Google Earth (2010) que indicam a área de expansão urbana.....	121
Figura 45 - Exemplo de simulação de prognósticos de 10 anos (2016) e imagem disponibilizada pelo sistema Google Earth (2010) indicando uma área que já ocorreu expansão urbana.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis Explicativas das Transições do Uso do Solo, Utilizadas para a Geração do Cubo de Variáveis Estáticas.....	68
Tabela 2 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo – 1972 a 1988	81
Tabela 3 – Valores dos Índices de Similaridades – 1972 a 1988	96
Tabela 4 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo – 1988 a 1995	97
Tabela 5 – Valores dos Índices de Similaridades – 1988 a 1995	105
Tabela 6 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo – 1995 a 2006	106
Tabela 7 – Valores dos Índices de Similaridades – 1995 a 2006	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2. O PANORAMA HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E URBANO NO BRASIL	17
3. A ECONOMIA PAULISTA E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	22
3.1 A Década de 1970	22
3.2 A Década de 1980	25
3.3 As Décadas de 1990 a 2000.....	27
4. O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE RIO CLARO	30
4.1 O Desenvolvimento Econômico de Rio Claro no Contexto Regional	30
4.1.1 A Década de 1970	30
4.1.2 A Década de 1980	33
4.1.3 A Década de 1990	34
4.1.4 A Década de 2000	35
4.2 O Desenvolvimento Econômico de Rio Claro no Contexto Local.....	36
5. MODELAGEM AMBIENTAL PARA A ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO USO DO SOLO URBANO E REGIONAL	42
5.1 A Plataforma Dinamica EGO	47
6. A ÁREA DE ESTUDO.....	59
6.1 Caracterização da Área de Estudo	59
7. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	61
7.1 Materiais.....	61
7.2 Procedimentos	61
7.2.1 Reconstituição da Planta Cadastral.....	64
7.2.2 Preparação dos Dados para Entrada na Plataforma Dinamica EGO.....	64

<i>7.2.2.1 Extração e Vetorização dos Mapas Temáticos em Imagens Aerofotogramétricas</i>	64
<i>7.2.2.2 Estruturação e Implementação de Banco de Dados e Conversão de Formatos</i>	65
7.2.3 Entrada de Dados na Plataforma Dinamica EGO	66
<i>7.2.3.1 Parametrização do Modelo</i>	66
<i>7.2.3.2 Calibração do Modelo</i>	69
<i>7.2.3.3 Simulação do Modelo</i>	70
<i>7.2.3.4 Validação do Modelo</i>	71
<i>7.2.3.5 Simulação de Cenários Futuros de Mudanças de Uso do Solo</i>	71
8. RESULTADOS	73
8.1 Os Produtos Temáticos para Entrada de Dados na Plataforma Dinamica EGO	73
8.2 Os Produtos da Modelagem das Mudanças do Uso do Solo - Plataforma Dinamica EGO	80
8.2.1 Simulação de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1972 a 1988	80
8.2.2 Simulações de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1988 a 1995	96
8.2.3 Simulações de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1995 a 2006	105
8.2.4 Simulações de Prognósticos	116
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
BIBLIOGRAFIA	125

1 INTRODUÇÃO

A intensificação do processo de urbanização e o rápido crescimento das cidades, em âmbito mundial, foram um dos fatos marcantes do século XX. Conforme relatório elaborado pela Organização das Nações Unidas (2005), as estimativas demonstraram que, em 2008, metade da população mundial seria urbana, sendo que este percentual poderia elevar-se a 60% em 2030.

Constatação semelhante foi feita em nível nacional pelo Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual apontou que a população brasileira está mais urbanizada que há 10 anos, com um aumento da taxa de brasileiros vivendo em áreas urbanas de 81% em 2000 para 84% em 2010.

A urbanização no Brasil se intensificou com a modernização da agricultura e o advento da industrialização. A concentração das indústrias nas grandes cidades transformou muitas delas em polos de desenvolvimento cultural, educacional e tecnológico e, enquanto provedoras de empregos, foram capazes de atrair um significativo contingente populacional. Como consequência, o adensamento populacional e o desenvolvimento das atividades econômicas incorporaram uma nova organização na configuração espacial dessas cidades, bem como novas estruturas sociais e econômicas.

Entretanto, com o processo de urbanização acelerado, começaram a surgir problemas socioeconômicos e ambientais, sobretudo nos grandes centros urbanos. No que diz respeito às atividades econômicas, intensificaram-se as insuficiências econômicas de produção, distribuição e consumo, marcadas pelo crescente desemprego e por um sensível aumento na demanda por serviços públicos. Em relação à estrutura das cidades, o adensamento populacional ocasionou uma sobrecarga na infra-estrutura existente, o que levou a uma intensificação de habitações precárias próximas às áreas centrais e, paralelamente, à uma expansão da malha urbana em direção a áreas periféricas em virtude da elevação desproporcional de preços no mercado imobiliário. Ao mesmo tempo, surgiram os problemas ambientais, exemplificados pela poluição atmosférica gerada pelas indústrias, pela poluição das águas (rios, lagos, aquíferos e zonas costeiras) causada pelo lançamento de resíduos provindos das atividades industriais e de esgotos domésticos lançados *in natura*, particularmente em centros urbanos, e ainda pela produção de resíduos sólidos de diferentes naturezas (domésticos, industriais, hospitalares), os quais constituem uma das principais fontes de degradação do meio ambiente.

Em consequência da acentuada concentração populacional e dos problemas socioeconômicos e ambientais estabelecidos, principalmente nas grandes cidades, desenvolveram-se políticas governamentais de atração de investimentos para as regiões interioranas, impulsionando mudanças nos padrões locacionais das indústrias (parques industriais), bem como os movimentos migratórios para as cidades de porte médio do interior.

O processo de urbanização nas cidades médias concomitantemente à industrialização atraíram massivos contingentes populacionais, aumentando a demanda por serviços de forma generalizada. Esse novo quadro impulsionou paralelamente a implantação de instituições de ensino, como universidades e escolas técnicas de nível superior e médio, além de centros de formação de mão-de-obra técnica especializada.

Para o planejamento e gestão das cidades, é de vital importância a adoção de políticas públicas com ênfase no estabelecimento de diretrizes voltadas ao crescimento socioambiental sustentável. No que concerne ao planejamento, é importante a disponibilização de dados e informações confiáveis e atualizadas. Nesse aspecto, a utilização das tecnologias de Sensoriamento Remoto permite extrair dados de elementos do ambiente urbano em lapso de tempo compatível com a dinâmica das alterações que ocorrem nesse ambiente, bem como caracterizar a espacialização dessas alterações ocorridas.

Ademais, a disponibilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite armazenar dados espaciais e não-espaciais e realizar análises ao integrar dados de diferentes fontes, como mapas analógicos e digitais, produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de videografia), dados de campo, dados censitários, entre outros. No entanto, os SIG limitam-se a representar os fenômenos geográficos de forma estática.

A utilização combinada dessas tecnologias aplicadas à análise urbana e a incorporação de modelagem ambiental para a simulação de cenários permitem avaliar de forma quantitativa a estruturação e a dinâmica do espaço urbano, proporcionando melhor visualização da realidade urbana e dos elementos responsáveis pelas transformações espaço-temporais.

A aplicação de modelos para a avaliação da dinâmica do uso do solo em áreas urbanas possibilita fornecer prognósticos, visando a um melhor entendimento dos fenômenos causados por ocupações inadequadas. Ainda, esses modelos aplicados na análise de uso e ocupação do solo apresentam informações sobre a tendência do crescimento urbano e o padrão da ocupação, bem como as características ambientais e os diferentes fatores/agentes envolvidos.

Neste sentido, os resultados deste trabalho poderão fornecer subsídios à elaboração de Planos Diretores Municipais e à gestão urbana por parte de órgãos públicos, e também diretrizes para planos setoriais na escala intraurbana para a tomada de decisões.

Para o desenvolvimento deste trabalho, destacam-se as seguintes premissas:

a) As técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento são hábeis para a aquisição de dados, o monitoramento e a análise da dinâmica da expansão das áreas urbanizadas.

b) Por sua vez, os modelos preditivos dinâmicos, especialmente aqueles de natureza probabilística, constituem técnicas que possibilitam a caracterização das mudanças no uso do solo urbano e a simulação de cenários futuros.

Considerando-se essas premissas, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do uso do solo intraurbano da cidade de Rio Claro (SP), com o suporte das tecnologias de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Modelagem Dinâmica Espacial, utilizando a abordagem de autômatos celulares para a análise prospectiva, considerando diferentes cenários (período de 1972 a 2006).

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar simulações dos cenários de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006, para avaliar os fatores antrópicos e ambientais que possam ter condicionado as mudanças de uso do solo urbano na área de estudo.
- Realizar simulações de cenários futuros de mudanças de uso do solo em curto e médio prazo, respectivamente cinco e dez anos, a partir da data de término das simulações (2006).
- Avaliar as mudanças no uso do solo ocorridas para cada período, considerando o contexto histórico, econômico e social.

2 O PANORAMA HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E URBANO NO BRASIL

Segundo Cano et al. (1992), o desenvolvimento econômico no Brasil, a partir do século XIX até 1929 foi impulsionado pela cultura cafeeira e ocorreu com maior intensidade na cidade de São Paulo, que centralizou a maior parte dos negócios, sediou o governo estadual e constituiu-se em ponto de convergência para o sistema de transporte e distribuição dos fluxos de migrantes. A década de 1920 apresentou um momento de transição, em que a economia cafeeira desenvolveu ao máximo suas potencialidades. Entretanto, em 1929, essa economia enfrentou uma crise de superacumulação e queda do preço do produto associada à redução da demanda internacional, consequência da quebra da Bolsa de Nova Iorque. Para a recuperação da economia entre 1930 e 1955, foi implantada uma nova política, que propiciou um novo padrão de acumulação com o domínio do capital industrial e com o avanço na industrialização, desenvolvendo parte da infraestrutura no país e alcançando elevadas taxas de crescimento econômico. Nessa transição, foram fundamentais os investimentos em infraestrutura, na constituição da rede urbana e na consolidação das atividades voltadas ao mercado interno, adquiridos com a economia cafeeira.

A economia brasileira apresentou um forte crescimento nos anos de 1950 e 1960, devido ao incremento do processo de industrialização, associado ao endividamento crescente por parte das famílias, empresas e governo. Quando o processo se reverteu, esse endividamento tornou-se cumulativo, consequência da elevação dos custos financeiros, e no setor público, o declínio da atividade econômica implicou no aumento de despesas e redução de receitas, provocando a inflação (TEIXEIRA; MIRANDA, 1992).

Para a retomada do crescimento econômico, após o golpe de 1964, foram implantadas reformas tributárias, financeiras e administrativas que estabeleceram as bases da modernização capitalista no Brasil. Tais reformas refletiram na economia brasileira as condições favoráveis do cenário internacional, que voltava a crescer com base em suas principais economias. Assim, no ciclo da economia brasileira entre 1967 e 1973, conhecido como “Milagre Econômico”, o avanço na industrialização proporcionou a expansão dos setores de bens de consumo duráveis, intensificou a modernização da agricultura e ampliou a participação do Brasil no comércio internacional. Nesse período, o processo de desenvolvimento econômico marcou uma crise futura: parte dos objetivos da reforma financeira não foi bem sucedida e as condições favoráveis do sistema financeiro internacional

incentivaram uma estratégia de financiamento com elevado endividamento externo. Na expansão dos setores de bens de consumo duráveis, começaram a surgir problemas para a realização de um crescimento auto-sustentado, mostrando-se incompatível com o aumento sistemático das escalas de produção. A esses problemas, somaram-se a crise do petróleo de 1973 e o ajuste recessivo da economia mundial (CANO et al., 1992).

Cano e Semeghini (1992) comentam que o “milagre econômico” manifestou-se como “capitalismo selvagem”, arrochando salários e reconcentrando a renda. A expansão da economia gerou algumas demandas sociais que exigiram a expansão dos serviços de educação, atendidas pelo setor privado, bem como dos serviços públicos e privados de saúde, sem que se melhorassem os padrões de atendimento. Além disso, a heterogeneidade social favoreceu o progresso e a miséria, refletido na construção de favelas bem próximas aos conjuntos residenciais da classe média alta; no tráfego intenso de automóveis junto ao congestionado e precário transporte coletivo; e, na prestação de serviços, esse quadro proporcionou uma participação considerável das atividades informais e de baixa produtividade na economia do país.

Segundo Selingardi-Sampaio (2009), na década de 1970, alguns movimentos muito significativos foram inseridos na dinâmica geral da indústria nacional, evidenciados a seguir: i) o desenvolvimento da indústria de base proporcionou o crescimento industrial, sendo um dos objetivos dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs) I e II, implementados pelo governo brasileiro. Nesse processo, o Estado atuou na orientação dos investimentos privados para os setores industriais básicos, na coordenação da atuação das empresas nacionais e estrangeiras, e como empresário por meio de empresas estatais ou de economia mista (associado a capitais internos e externos); ii) nos anos de 1970, a intensificação da concentração de capitais e a oligopolização de alguns ramos e setores industriais, através da formação de grandes empresas, teve como consequência o enfraquecimento das empresas de pequeno e médio porte, predominantemente nacionais, reafirmando o recuo relativo do capital privado nacional; iii) a integração da indústria brasileira ao sistema produtivo capitalista mundial, consolidada na década de 1970, resultou da convergência da expansão do sistema econômico mundial e do favorecimento do governo brasileiro, por meio da expansão das exportações, aos investimentos estrangeiros diretos.

De acordo com a referida autora, entretanto, com a pressão menos intensa exercida pelos governos militares, os diversos segmentos da sociedade civil perceberam, gradativamente, que os efeitos dos propósitos nacionalistas impostos pelo Estado conduziam a

fins opostos. Entre tais ações, como a política de favorecimento aos investimentos externos, as empresas estrangeiras foram associadas a todos os problemas do país, principalmente à dívida externa e à crise interna, e, contra essas ações, uma hostilidade se manifestou com a abertura política após 1978. Com o Estado mais populoso e desenvolvido, a classe trabalhadora mais politizada, São Paulo teve papel decisivo nas aberturas das greves trabalhistas de 1978, no ABC, que conseqüentemente propiciaram caminhos para novas aberturas.

Por volta de 1979, conforme Cano e Pacheco (1992) apud Sampaio (2009), duas situações de crise delinearam suas trajetórias no país. Na economia, a crise, mais uma vez, mostrou-se recorrente, devido à estatização da dívida externa brasileira, a qual originou um círculo vicioso da dívida externa e interna, déficit público, emissão de títulos públicos, entre outros, encerrando um processo de trinta anos de desenvolvimento acelerado. No âmbito sociopolítico, a crise também se manifestou em 1985, quando um presidente civil retomou o poder e, em 1990, quando então o povo voltou a escolher seus representantes pelo voto direto.

Na década de 1980, o Brasil apresentou a mais grave crise econômica, denominada a “década perdida”, com progressivo aumento da inflação; recessão; elevação do desemprego aberto e crise social, com maior expressão em São Paulo (CANO et al., 1992).

Selingardi-Sampaio (2009) comenta que a partir de 1980, o desenvolvimento econômico brasileiro passou por processos de reestruturação no âmbito sociocultural, tecnológico e informacional, do sistema capitalista mundial, dos sistemas produtivos industriais, do espaço geográfico, da logística, de natureza política; bem como em termos de globalização, redes, competitividade, flexibilidade, agravamento das desigualdades, que interferiram nas transformações das sociedades, da economia e dos espaços capitalistas, resultando em um amplo e diversificado quadro socioeconômico-político.

Segundo Pinheiro, Giambiagi e Gostkorszewicz (2011), durante a década de 1990, o Brasil foi submetido a reformas estruturais para elevar a taxa de crescimento da economia. Essas reformas possibilitaram a abertura econômica e a privatização, que associados à estabilidade resultaram em forte incentivo aos investimentos nacionais e internacionais, fazendo a reestruturação industrial avançar mais em alguns setores e, conseqüentemente, proporcionou o crescimento da produtividade. O Estado deixou de ser um Estado-empresário, aquele que definia diretamente onde os fatores de produção deveriam ser alocados, e passou a ser Estado regulador e fiscal da economia; este não priorizava a acumulação de capital, mas o mercado passaria a substituir o Estado na definição da alocação de recursos. Diante disso, o

novo modelo de desenvolvimento caracterizou-se por uma economia mais aberta, apresentando uma maior integração internacional através dos fluxos comerciais e dos investimentos.

Por sua vez, na década de 1990, a inserção na economia mundial globalizada e a abertura comercial propiciaram tanto o acesso de certas classes da população a produtos estrangeiros mais baratos, quanto o desmantelamento de parte do parque industrial nacional. Até meados dos anos de 1990, o aumento da carga fiscal e um altíssimo índice inflacionário, elevaram o “custo Brasil” para investimentos produtivos, fato que possibilitou a implantação do Plano Real, cujo sucesso dependeria da expressiva redução e estabilidade dos índices inflacionários. Alguns aspectos negativos foram registrados entre 1994 e 1999, como o valor decrescente do PIB; o agravamento da dívida interna e externa; a desvalorização do Real; o déficit da balança comercial, com a queda no valor das exportações e a recessão na maior parte da América Latina. No setor agropecuário, as perdas foram significativas com a mecanização da agricultura, instalando o desemprego da mão-de-obra, sendo o Estado de São Paulo o mais afetado. No âmbito social, evidenciou-se o aumento do desemprego e o agravamento da concentração de renda, segundo dados do IBGE – Síntese de Indicadores Sociais (SIS) de 1999 (SELINGARDI-SAMPAIO, 2009).

Ainda, a referida autora comenta que o Brasil no início do século XXI não conseguiu retomar o acelerado ritmo de crescimento da década de 1990, mesmo com a recorrência de certas condições econômicas mundiais favoráveis vivenciadas ao longo dos anos de 1990, e entrou no novo século relativamente estagnado, tal como saíra da década de 1980. Portanto, dada a continuidade do padrão da economia nos anos de 1990, o país se encontra atualmente em condições macroeconômicas relativamente positivas e estáveis, destacando a estabilidade monetária e ajuste fiscal, resultante de medidas empregadas pelo governo petista, impulsionadas pelo dinamismo acelerado da economia mundial, até meados de 2007, o que contribuiu para uma modesta taxa de crescimento em 2001 na economia nacional.

Em 2007, muitos setores da economia e várias áreas sociais mostraram resultados positivos, e o setor industrial ampliou-se, indicando um melhor desempenho desde 2004, sustentado, principalmente, pelo mercado interno. A expansão industrial concentrou-se nos setores de máquinas e equipamentos e de veículos automotores; os investimentos diretos externos (IEDs) aumentaram em relação a 2006; o valor da inflação indicou 4,5% de desemprego que diminuiu nas principais regiões metropolitanas do país. Em relação aos aspectos negativos, salientam-se os gargalos energéticos e de infra-estrutura de transportes; a

queda nas transações correntes com o exterior, resultando em um enorme déficit; a redução do saldo da balança comercial devido ao aumento nas importações (SELINGARDI-SAMPAIO, 2009).

Em relação ao processo de urbanização, Selingardi-Sampaio (2009) comenta que o território brasileiro mostrava-se muito mais denso e organizado no início do século XXI, resultante das ações sociais e do processo do desenvolvimento econômico. A organização espacial não acontece de modo completo e uniforme, mas mantém o arranjo irregular do território preexistente, estabelecido de maneira contínua nas regiões Sudeste e Sul, e fragmentado em outras áreas. Portanto, esse processo nas décadas de 1980 e 1990 encontra condições ideais de propagação nas “zonas de densidade”, que apresentam áreas de concentração de atividades econômicas, de população, de rede de transportes e de comunicações, que foram relativamente estendidas e multiplicadas, principalmente na região Sudeste (sobretudo em São Paulo) e Sul. A população brasileira em 1996 indicava um contingente de 157.079.573 habitantes, e de 169.872.856 habitantes em 2000, com alta densidade demográfica (médias de 70, 40 e 30 hab/km, respectivamente nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste). Entretanto, a densidade demográfica no Centro-Oeste, Amazônia, e Nordeste, indicou médias de 7 e 3 hab/km, nas duas primeiras regiões, onde as novas técnicas e formas produtivas se instalam de modo pontual.

Conforme a referida autora, a região Sudeste tinha a mais alta proporção de população urbana em 1996, registrando uma taxa de 89,30%. O processo de urbanização na década de 1990 aconteceu mais intensamente nas cidades de porte médio (população entre 100 mil e 500 mil hab), cuja taxa geométrica foi de 2,44%, superior à de municípios menores (1,85%) e à das regiões metropolitanas (1,98%), decorrente do deslocamento industrial das capitais para as cidades menores e do deslocamento da população rural para os centros urbanos, consequência do desemprego pela mecanização agrícola. No período de 1980 a 1991, a população rural decresceu de 38,6 milhões para 36 milhões.

3 A ECONOMIA PAULISTA E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Em vista da evolução do desenvolvimento econômico e urbano no Brasil apresentada no Capítulo 2, evidencia-se, nesse processo, a grande participação de São Paulo, por se tratar do estado mais desenvolvido economicamente, industrializado e urbanizado do país.

Na história econômica brasileira, o processo de industrialização apresentou para cada período diferentes medidas de política econômica, modificações na sua estrutura setorial e espacial da indústria de transformação. De 1968 a 1973, compreende-se o período do “milagre econômico” brasileiro; de 1974 a 1980, ocorreu à desaceleração da economia; de 1980 a 1989, a denominada “década perdida” foi marcada por períodos recessivos (1980 a 1983 e 1987 a 1989) e, no breve intervalo de 1984 a 1986, houve uma ligeira recuperação da economia. Maiores detalhes acerca da dinâmica econômica paulista nas quatro últimas décadas serão tratados nas seções a seguir.

3.1 A Década de 1970

Negri (1992) comenta que no período de 1963 a 1973, conhecido como o “milagre econômico”, houve uma expressiva expansão industrial influenciada pelas políticas fiscal e monetária, endividamento imposto pelo regime autoritário, e benefícios pela conjuntura favorável da economia internacional.

O estado de São Paulo nos anos de 1970 atingiu sua maior expressão, apesar da descentralização das indústrias para o interior e do crescimento da produção agrícola no restante do país. Nesse período, apresentou uma estrutura industrial diferenciada pelo aumento dos setores de bens duráveis e de capital, pela agricultura voltada para a exportação ou para os energéticos, integrando a indústria através do processamento, dos insumos, da mecanização. Concomitantemente, São Paulo estabeleceu um setor terciário diferenciado devido ao seu crescimento dinâmico, absorvendo milhões de migrantes nesse processo. Ao longo dos anos, o país consolidou o processo de industrialização, lançou as bases para o desenvolvimento de uma agricultura relativamente moderna e estabeleceu nas grandes cidades um setor terciário diversificado. Entretanto, nesse processo de industrialização, surgiram problemas decorrentes da heterogeneidade da sociedade, da forma através da qual o desenvolvimento estabeleceu-se em meio à crise, bem como das transformações da economia mundial e da difusão de uma nova revolução tecnológica (CANO et al., 1992).

Segundo Cano; Semeghini e Araújo (1992), os problemas socioeconômicos relativos à concentração industrial na metrópole intensificaram-se, consequência do aumento dos custos de produção e do deslocamento por parte dos trabalhadores e das empresas, agravado pela ausência de planejamento urbano em nível metropolitano. Além disso, a base sindical moderna fortalecida criou condições para maiores reivindicações da classe trabalhadora. Quanto aos problemas ambientais, houve maior controle dos níveis de poluição por meio da ação dos órgãos responsáveis. Devido a esse conjunto de fatores, desencadeou-se um forte movimento em nível federal para a desconcentração industrial da metrópole paulista em direção à periferia estadual. Nesse processo de descentralização, houve também a participação dos governos estadual e municipal, que promoveram a criação da infraestrutura necessária aos investimentos, avanço no sistema viário e de comunicação, além da implantação de parques industriais e isenções fiscais.

Essa política de desconcentração regional de investimentos públicos federais foi muito positiva e houve significativa transferência de capitais produtivos, notadamente de São Paulo, para as regiões periféricas incentivadas (NO e NE). Os avanços na agricultura e nas indústrias regionais resultaram dos grandes investimentos para a produção de insumos básicos, dos efeitos das políticas de incentivos às exportações, dos investimentos em telecomunicações, energia e transportes (CANO, SEMEGHINI, 1992).

Por sua vez, as transformações na agricultura e a descentralização das indústrias para o interior do estado de São Paulo alteraram a vida das antigas cidades de médio porte. Essas cidades passaram a apresentar as formas de reprodução da vida social que caracterizam as sociedades de massa, sobressaindo-se algumas cidades nas regiões de Campinas, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Vale do Paraíba, Baixada Santista e Sorocaba (CANO et al., 1992). Ainda, a intensificação do processo de interiorização marcou uma reordenação das atividades econômicas e dos movimentos populacionais no território, invertendo a tendência à concentração na metrópole. Em resposta a esse novo quadro taxas de crescimento da população urbana e de geração de empregos nas regiões mais desenvolvidas do estado ultrapassaram as observadas na metrópole (CANO, SEMEGHINI, 1992).

Cano e Semeghini (1992) elucidam que o setor primário apresentou um crescimento econômico ligeiramente superior à sua média histórica para o Brasil, com diferenças regionais quanto às mudanças nos padrões produtivos e de comercialização. No estado de São Paulo, os efeitos das políticas de incentivos às exportações proporcionaram extraordinário desenvolvimento agroindustrial, intensa urbanização e incorporação de mão-de-obra em um

mercado de trabalho dinâmico que ampliou a demanda dos chamados “produtos nobres” da agricultura. Salienta-se que, em 1975, face à crise do petróleo, surgiu o Programa Nacional do Álcool - Pro-Álcool, criado com o objetivo de estimular a produção do álcool para atender às necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos, que possibilitou 80% da expansão da produção de cana-de-açúcar, presente na maior parte do interior, concentrando-se nas regiões de Campinas e Ribeirão Preto. A dinâmica do setor terciário contribuiu para expressivas transformações decorrentes do acelerado crescimento e das diversificações da estrutura produtiva industrial; da modernização na agricultura; da intensa urbanização concomitante à crescente complexidade social, surgindo novos hábitos de vida e padrões de consumo; e da ação do Estado em diferentes dimensões.

Os referidos autores comentam ainda que no setor de serviços, as novas unidades industriais, principalmente as de bens de consumo durável e de capital, exigiram diversificado segmento de intermediação financeiro, e a maior complexidade do tecido industrial incorporou uma reestruturação no sistema de transportes, em geral na estrutura da distribuição. Por sua vez, a indústria de construção civil teve estímulo, tanto para a construção pesada quanto para a leve; na agricultura, em vista do setor produtivo e de exportação, houve a ampliação das redes de armazenagem e distribuição, do circuito dos transportes, dos serviços financeiros e de intermediação.

Segundo Cano et al. (1992), na década de 1970, o desenvolvimento econômico marcou o processo de urbanização, principalmente na metrópole e seu entorno, com repercussões nas intervenções do poder público e nos agentes imobiliários. A intensificação da urbanização, mesmo com particularidades no espaço e em ritmos diferentes, marcou a generalização de um padrão de crescimento urbano no estado de São Paulo. Em quase todos os grandes centros, evidenciaram-se a verticalização e as ampliações das periferias de baixa renda; também aumentaram os processos de conurbação, e, pela primeira vez, um processo de metropolização deixou de ser exclusividade da Grande São Paulo.

Os autores salientam que o processo de verticalização e adensamento da ocupação é resultante da concentração de serviços e infraestrutura de determinadas áreas, dos diferenciais dos preços da terra urbana, da ação do capital especulativo, das dificuldades crescentes de locomoção dentro das cidades. Por sua vez, a periferização intensificada pelo próprio adensamento e pela interferência das políticas do setor público ou ausência delas, permitiu a abertura de loteamentos carentes de infraestrutura, inadequados para moradia e com menores áreas de uso público. Ainda, o Estado sancionou uma distribuição regressiva da renda e não

realizou intervenções na questão da migração, o que contribuiu para o aumento da demanda habitacional nos grandes centros, vinculada a segmentos sociais sem moradias e de baixa renda.

No contexto do desenvolvimento econômico e processo de urbanização, a intensidade do crescimento populacional e a urbanização afetaram a sociedade e o território nacional, ocorrendo em sua maioria no estado de São Paulo. Na década de 1970, registrou-se uma taxa anual de 3,5% de aumento populacional no estado (enquanto que o Brasil apresentava um aumento de 2,5%), elevando o contingente populacional de 17.958.693 para 25.042.074 habitantes. A população urbana atingiu uma proporção de 85%, sendo a mais elevada do país, sendo que o crescimento populacional urbano nas regiões mais desenvolvidas ultrapassou, pela primeira vez, o da região metropolitana (CANO; SEMEGHINI, 1992 apud SELINGARDI-SAMPAIO, 2009).

Segundo Selingardi-Sampaio (2009), o desenvolvimento econômico tornou o território paulista atrativo para a migração nacional, e este recebeu 2,7 milhões de migrantes, ou seja, 4,5 vezes mais que a Amazônia, dos quais 750 mil a 900 mil se estabeleceram fora da região metropolitana de São Paulo.

3.2 A Década de 1980

A indústria de transformação no período de 1981 a 1983 passou por uma crise, com elevadas taxas de crescimento negativas, consequência do ajuste da economia intensificado pela própria crise internacional. Nesse processo, medidas econômicas foram adotadas, como a política de arrocho salarial; 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. Entretanto, no período de 1984 a 1986, as taxas de crescimento anual da produção industrial paulista foram pouco superiores ou próximas da média brasileira. Esse crescimento foi decorrente da expansão do mercado interno e das exportações, apresentando um aumento considerável no emprego industrial, salário real e massa de salários. Por sua vez, entre 1987 e 1989, São Paulo passa por um novo período de recessão na produção industrial, não tão grave devido ao aumento das exportações, tanto de produtos básicos quanto de industrializados (NEGRI, 1992).

Em seus estudos, Cano e Semeghini (1992) constataram que na economia paulista, o setor primário apresentou um decréscimo nas taxas relativas ao Produto Interno Bruto - PIB (11,5% em 1970, 10,2% em 1980 e 7,6% em 1988). Também teve significantes transformações modernizantes e estruturais, resultantes da intensificação da industrialização e da urbanização em face das imposições geradas por sua maior inserção na economia internacional. No setor secundário, houve uma queda nos investimentos que proporcionou o enfraquecimento de sua capacidade de ampliação e diversificação da base produtiva da economia, da estrutura de oferta de empregos e das mudanças na estrutura social. Por sua vez, o setor terciário adquiriu um crescimento diversificado, pelos segmentos mais modernos dos serviços produtivos e pessoais e pela ampliação dos serviços sociais. O aumento da inflação e da crise econômica impactou o mercado de trabalho, elevou os níveis de desemprego, bem como proliferou os empregos temporários.

A década de 1970, segundo Cano et al. (1992), foi marcada pela interiorização das indústrias. Nos anos de 1980, destacou-se a interiorização dos serviços com as instalações dos grandes supermercados, cadeias de lojas de shoppings, bancos estrangeiros, empresas de consultoria, engenharia, informática, agências de publicidades, redes de hotéis e emissoras de TV.

O processo de estagnação econômica desse período, com o agravamento da crise brasileira, refletiu-se no crescimento do estado de São Paulo, mostrando-se bem diferenciado na Grande São Paulo e interior. A Grande São Paulo sofreu o impacto da crise com a diminuição da produção industrial, tornando seu parque manufatureiro menos dinâmico que o do interior. Entretanto, o interior do estado foi beneficiado pela exportação, consolidação de importantes investimentos e programas federais, salientando o Pro-Álcool, consequência do ajuste macroeconômico registrado na década anterior (CANO; SEMEGHINI; ARAÚJO, 1992).

O processo de urbanização se consolidou na década de 1980. Na capital, a existência de prédios industriais obsoletos, com a valorização de seus terrenos, favoreceu a redefinição do uso do solo nas áreas mais valorizadas, e a multiplicação dos grandes serviços intensificou a reurbanização, de forma a readensar as atividades terciárias. Também, o processo de reurbanização compreendeu investimentos públicos na malha viária (vias expressas e alargamento das faixas de acostamentos) e no sistema de transportes (corredores de trólebus, ônibus e principalmente o metrô) valorizando o solo urbano, que proporcionou a verticalização e o adensamento de seu entorno, favorecendo a expansão da área central. Por

sua vez, esse modelo se reproduziu nos centros dos municípios vizinhos e também em áreas específicas e isoladas do espaço metropolitano. 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. Nesse processo de expansão, os agentes imobiliários influenciavam os consumidores pelas necessidades de segurança privada, existências de certos equipamentos de uso coletivo e de áreas verdes, entre outros. O centro da cidade passa a ser visto como um lugar de sujeira, barulho e outros elementos degradantes, e com isso, a população passa a buscar o isolamento em áreas fechadas (loteamentos ou condomínios), fenômeno presente na capital.

O processo de urbanização esteve presente no restante do estado, e a expansão das manchas urbanas do interior apresentou um crescimento superior ao da Grande São Paulo, destacando-se algumas áreas do sudeste do estado e a região de Campinas. Salienta-se que a Região de Campinas constituiu progressivamente uma segunda metrópole estadual, decorrente do processo de conurbação com alguns municípios vizinhos, e principalmente pela dimensão que adquiriram os serviços de âmbito regional e da integração das periferias do entorno (CANO et al., 1992).

3.3 As Décadas de 1990 a 2000

A revisão do histórico do desenvolvimento econômico paulista no período de 1990 a 2000 foi conduzida, principalmente, com base nos dados do Atlas da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE (2011).

A distribuição da atividade econômica pelos municípios do Brasil evidencia uma dimensão do significado do estado de São Paulo, apresentada pela concentração de indústrias e serviços no Sudeste do país, em suas metrópoles e cidades médias do interior.

O estado de São Paulo apresenta uma distribuição da atividade econômica bastante desigual, em que as Regiões Metropolitanas de São Paulo e Baixada Santista e as Regiões

Administrativas de Campinas, São José dos Campos e Sorocaba agregam quase 90% de toda a riqueza gerada no estado.

A indústria paulista, com mais de 40% da produção brasileira, é a mais moderna do país (com exceção da extrativa), possui altos investimentos em inovação tecnológica e processos de automação. Os setores de serviços e a agricultura paulistas são também os maiores do Brasil. A atividade agropecuária representa 27%, segundo as Contas Regionais de 2003, e está baseada nas culturas de cana-de-açúcar e de laranja e na criação de bovinos e aves que abastecem as indústrias de processamento.

No setor de serviços, em 1990, a Região Metropolitana de São Paulo e dos grandes centros urbanos revelou forte redução no emprego formal, em face do ajuste econômico. Salienta-se que, entre 1991 e 2000, o número de empregos formais na cidade de São Paulo reduziu-se quase em 350 mil postos, enquanto que no final dos anos de 1970 e início dos anos de 1980, o número de empregos foi intensificado pela desconcentração da atividade industrial em direção ao interior e baixo crescimento no restante do país.

Segundo Santos (1994) apud Sampaio (2009), no início dos anos de 1990, São Paulo, sendo a metrópole industrial do país, tornava-se a metrópole quaternária, local de concentração de tarefas intelectuais de concepção e desenvolvimento de inovações, de trabalho imaterial, de produção de informação, conquistando a liderança da rede urbana nacional e integrando-se à rede global de cidades.

A 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, 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. Na Região metropolitana de São Paulo e de Campinas, estão concentrados os setores referentes à pesquisa científica ou à infraestrutura tecnológica; e nas cidades médias do interior do estado, encontra-se um número significativo de universidades, escolas técnicas de nível superior e médio e centros de formação de mão-de-obra técnica.

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. As regiões Metropolitanas de São Paulo, Baixada Santista e Campinas exercem significativa influência sobre as regiões onde se localizam, mas sua polarização abrange todo o território nacional.

Entre as Regiões Metropolitanas, destaca-se a cidade de São Paulo, lócus da atividade industrial e de serviços do país, considerada um polo da rede mundial de cidades.

Além da consolidação dos centros industriais, como Campinas, São José dos Campos e Santos e respectivos entornos, também foram privilegiados os grandes eixos de ligação das cidades com a capital, destacando as rodovias Bandeirantes e Anhanguera, Dutra e Carvalho Pinto, Castelo Branco e Rondon, Raposo Tavares, Washington Luís e Fernão Dias.

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. Conforme dados do IBGE (Censos Demográficos 1970 a 2000), as taxas de crescimento anual do núcleo e da periferia dos aglomerados metropolitanos de São Paulo apresentaram-se da seguinte forma: i) nas décadas de 1970/1980, com 3,67% (capital) e 6,37% (periferia); ii) nas décadas de 1980/1990, com 1,16% (capital) e 3,22% (periferia); e, por fim, nas décadas de 1990/2000, com 0,85% (capital) e 2,81% (periferia).

4 O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE RIO CLARO

O município de Rio Claro localiza-se na porção centro-leste do estado de São Paulo, integrando a Região Administrativa de Campinas, importante polo industrial do estado. Rio Claro integra uma microrregião bastante desenvolvida e em constante expansão econômica, que inclui os municípios de Corumbataí, Analândia, Itirapina, Ipeúna e Santa Gertrudes.

Estabelecida em sítio urbano de relevo predominantemente plano, está situada a uma altitude média de 613 m, com uma extensão de 499 km², e abriga uma população de 186.299 habitantes, conforme o Censo 2010 (IBGE, 2011). Localizada a 173 km da capital paulista, possui acessos através de entroncamentos de rodovias estaduais, destacando-se as rodovias Bandeirantes, Anhanguera e a Washington Luís, esta última considerada uma das principais rodovias do estado de São Paulo na ligação norte-sul do seu território.

A economia local está atualmente vinculada à agricultura da cana-de-açúcar e ao setor industrial de transformação, em que se sobressai à cerâmica de acabamento, fazendo de Rio Claro um importante polo de produção nacional no setor.

A evolução do desenvolvimento econômico de Rio Claro, no contexto regional e local, teve como suporte os trabalhos de Sampaio (1987, 2009), que analisaram a evolução do processo de industrialização vinculada às condições geográficas em nível local e inserida na evolução da atividade industrial do país e do estado de São Paulo.

4.1 O Desenvolvimento Econômico de Rio Claro no Contexto Regional

4.1.1 A Década de 1970

O município de Rio Claro, inserido na Região Administrativa de Campinas, apresenta um modesto desenvolvimento econômico quando comparado a outros municípios pertencentes à mesma região, conforme a evolução do desenvolvimento econômico apresentado nesse item.

O panorama do desenvolvimento econômico de Rio Claro, com ênfase na industrialização, teve como base o trabalho de Sampaio (2009), que analisou a concentração e aglomeração espacial da indústria no estado de São Paulo em nível global, regional e local, no período de 1950 a 2005. A descrição deste panorama em Rio Claro, no contexto regional, teve como suporte as Aglomerações Territoriais da Indústria (ATIs), que são as áreas de incidência

e concentração da indústria em São Paulo (a sudeste, leste e centro-leste do estado), polinucleada e hierarquizada, composta pela maioria dos municípios mais industrializados e que se encontra integrada ao grande aglomerado metropolitano paulista. Para tanto, as análises relativas aos cenários de 1972, 1988, 1995 e 2006 serão relacionadas, respectivamente, à configuração espacial das indústrias nas décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000.

Na década de 1970, a distribuição espacial da indústria no estado de São Paulo, segundo o Valor da Produção Industrial (VPI), configurava quatro Aglomerações Territoriais da Indústria (ATIs), que compreendiam a ATIMP da Metrópole Paulistana (I), a ATI liderada por Campinas (II), a ATI liderada por São José dos Campos (III) e a ATI liderada por São Carlos (IV).

Nesse período, a ATIMP da Metrópole Paulistana (I) mantém sua posição hegemônica entre as aglomerações paulistas (69,48% do VPI estadual), sendo a metrópole de São Paulo (classe 1) o maior centro industrial paulista, enquanto que outros municípios integrantes de sua aglomeração estão em ascensão na hierarquia industrial do estado.

A Aglomeração Territorial da Indústria (ATI) liderada por Campinas, na qual Rio Claro se insere, mostrava-se intensificada e estendida, agregando 13 municípios, responsáveis por 8,15% do VPI estadual. A localização espacial da referida ATI a caracterizava como um “eixo territorial da indústria”, cujos fluxos econômicos e sociais são canalizados pela rodovia Anhanguera e Ferrovia da Cia. Paulista de Estradas de Ferro. Em relação às suas posições hierárquicas, Campinas apresentava um crescimento relativamente menor que alguns municípios da aglomeração paulistana, passando da classe 4 para a 5, enquanto que Piracicaba, Limeira, Americana e Valinhos ascendiam em suas posições hierárquicas, e Jundiaí, Araras, Santa Bárbara do Oeste e Rio Claro mantinham as mesmas de 1960 (classe 8). Ainda, apareceram quatro municípios pela primeira vez, incluídos entre o mais industrializados, tais como Mogi-Guaçu – (centro cerâmico - classe 7) e Sumaré (núcleo têxtil), Campo Limpo Paulista e Paulínia (classe 8).

Salienta-se que a industrialização das ATIs no interior ocorreu com a instalação de novas fábricas, além das preexistentes, representativas de ramos e setores dinâmicos, bem como dos setores tradicionais, cujas instalações resultam de diversas iniciativas, destacando-se em Rio Claro:

- a implantação da indústria Owens Corning Fiberglass (1969), que procedeu de investimentos diretos de empresas internacionais sem a interferência da metrópole, provavelmente, sob a influência do poder de atração industrial do município;
- a instalação da unidade produtiva da empresa Hansen (Tubos e Conexões Tigre) de Santa Catarina em Rio Claro (1975), que resultou de investimentos de empresas nacionais sediadas em outros estados brasileiros;
- o estabelecimento da Gurgel Veículos S.A (1975) aconteceu com a descentralização da unidade industrial/sede administrativa de São Bernardo do Campo para Rio Claro, consequência de investimentos de origem paulistana;

Em relação aos investimentos de origem local/regional, até 1968, a indústria local em Rio Claro estava vinculada ao padrão tradicional, que associada a certas deficiências locais, tornava seu desempenho no contexto regional inexpressivo. Após 1969, a atividade industrial foi bastante dinamizada com a intensificação da industrialização e a mudança na estrutura produtiva, com gêneros motrizes sobressaindo-se em meio a ramos tradicionais, parcialmente reestruturados. A implantação de uma área destinada às instalações industriais foi realizada por expressivos investimentos externos ao município, originando 19 novos estabelecimentos, de grande e médio porte. Entre essas unidades industriais, cinco pertenciam a empresas estrangeiras, das quais quatro tinham sedes nacionais na cidade de São Paulo; cinco eram controladas por empresas nacionais, sendo que suas unidades foram instaladas em Rio Claro com a transferência total da sede e unidade produtiva, localizada anteriormente na metrópole (processo de descentralização); três pertenciam a firmas nacionais que mantiveram sua sede na metrópole; duas resultaram de capitais provenientes de outro estado brasileiro e de outro município do interior paulista, e as quatro restantes representaram o início de atividades para empresários que haviam se transferido da metrópole paulistana.

Nos anos de 1970, Rio Claro, apesar de não se destacar entre os municípios paulistas mais industrializados (centro de classe 8), era considerado como a principal área do interior para a recepção de indústrias que migram da metrópole paulistana, devido à sua localização relativamente próxima à metrópole (170 km da capital), à sua boa acessibilidade pela rodovia Washington Luís, a 15 km de sua junção com a rodovia Anhanguera, e à ferrovia (linha tronco da antiga Fepasa), bem como à sua inserção em meio a uma ATI.

4.1.2 A Década de 1980

Em 1980, a distribuição espacial da indústria no estado de São Paulo, segundo o Valor da Produção Industrial (VPI), configurava cinco Aglomerações Territoriais da Indústria (ATIs), que compreendiam a ATIMP da Metrópole Paulistana (I), a ATI liderada por Paulínia/Campinas (II), a ATI liderada por São José dos Campos (III), a ATI liderada por Sorocaba (IV) e a ATI liderada por São Carlos (V) (SAMPAIO, 2009, p. 212).

A Aglomeração Metropolitana ATIMP (I) continuou sendo a mais importante aglomeração industrial do estado, intensificada, em parte, pela ascensão de alguns municípios na hierarquia industrial paulista, e com perdas em outros. Também, mostrou-se estendida, apresentou significativa ampliação territorial com a inclusão de oito novos municípios, entre os mais industrializados.

A ATI liderada por Paulínia/Campinas (II), influenciada pelos processos de intensificação da atividade industrial e extensão do território industrial, foi responsável por 13,16% do VPI estadual. Na referida ATI, a grande maioria dos municípios ampliou sua participação relativa no VPI estadual, enquanto alguns ascenderam na hierarquia industrial. Cabe salientar que Campinas, Jundiaí e Piracicaba permaneceram como centros da classe 5 e Limeira como centro da classe 6, enquanto que Americana ascendeu da classe 6 para a 5, e Sumaré da classe 8 para a 6. Em relação à expansão industrial nessa ATI, destaca-se Paulínia, que ascendeu da classe 8 para a 4, e do 42º lugar, entre os mais industrializados, para a 7ª posição, devido à instalação da maior unidade da Petrobrás no país, a Refinaria do Planalto (Replan). Ainda, em relação à extensão territorial dessa aglomeração, entre os municípios representativos da indústria, incluíram-se Indaiatuba, Vinhedo e Amparo (classe 8).

No contexto da estrutura da ATI, uma das mais complexas e bem articuladas do país, evidenciavam-se a indústria química, a mecânica, a têxtil e a de produtos alimentares e, ainda, metalurgia, material de transporte, papel e papelão, material elétrico e comunicações, segundo Negri (1990) apud Sampaio (2009), além de diversos setores agroindustriais (sucroalcooleiro, sucos cítricos, entre outros). Também, em Campinas e entorno, estruturava-se um complexo territorial de alta tecnologia, baseado nas áreas de telecomunicações e informática.

4.1.3 A Década de 1990

A partir da primeira metade da década de 1990, a distribuição espacial da indústria no estado de São Paulo, segundo o Valor Adicionado Fiscal da Indústria (VAFI), configurava seis Aglomerações Territoriais da Indústria (ATIs), que compreendiam a ATIMP da Metrópole Paulistana (I), a ATI liderada por Campinas (II), a ATI liderada por São José dos Campos (III), a ATI liderada por Sorocaba (IV), a ATI liderada por São Carlos (V) e a ATI liderada por Bauru (VI) (SAMPAIO, 2009, p. 292).

Os territórios representativos da indústria, em 1996, expandiram-se apresentando maior intensidade industrial que em 1980. Os novos municípios encontram-se, predominantemente, contíguos ou muito próximos às Aglomerações Territoriais da Indústria (ATIs) anteriormente identificadas. Salienta-se que os municípios com posições hierárquicas mais elevadas, de modo geral, situam-se na ATIMP e ao longo dos principais eixos rodoviários (Anhanguera, Dutra, Castelo Branco, Washington Luís), onde estão localizadas as maiores cidades, enquanto a grande maioria dos municípios representativos de classe 8 (no caso, Rio Claro) localizam-se no entorno, ou “anel” periférico em relação ao núcleo desta ATI.

A Aglomeração Metropolitana ATIMP (I), apesar das notáveis perdas relativas, continuava sendo a mais importante aglomeração industrial paulista, destacando-se o município de São Paulo, que manteve sua posição de centro industrial primaz do estado, sendo o único a integrar a classe 1.

A ATI liderada por Campinas (II), em 1996, mostrou-se intensificada e expandia em relação a 1980, tornando-se, pela primeira vez, a ATI paulista com maior número de municípios integrantes, ou seja, 28 municípios, os quais apresentavam uma taxa de 16,69% do Valor Adicionado Fiscal da Indústria (VAFI) estadual. Nesse período, foi a ATI que teve maior expansão territorial, unida especialmente à ATIMP e à ATI liderada por Sorocaba, incluindo 10 novos municípios, tais como Hortolândia (classe 5); Jaguariúna e Monte Mor (classe 7); Pirassununga, Bragança Paulista, Itapira, Cosmópolis, Mogi Mirim e Capivari (classe 8).

Salienta-se que na referida ATI, a intensificação industrial não aconteceu homoganeamente em todos os municípios. Associada a alguns recursos socioinstitucionais do território, constituía setores produtivos especializados regionais e locais, tais como o complexo automotivo em Campinas, Sumaré e Indaiatuba, e o complexo de alta tecnologia

em informática e telecomunicações em Campinas, Sumaré, Hortolândia e Jaguariúna, integrando-se a outros complexos territoriais setoriais preexistentes (denominados polos), como o petroquímico de Paulínia; o têxtil de Americana e Santa Bárbara do Oeste; os cerâmicos de Mogi-Guaçu e da região de Rio Claro (revitalizados pela política de exportações); o joalheiro de Limeira.

Na referida ATI, Campinas manteve sua posição de liderança, e sua participação relativa no conjunto paulista ampliou-se de 2,06% (VPI, 1980) para 2,69% (VAFI, 1996), com ascensão da classe 5 para a 4. Também, destacou-se o município de Jundiaí, passando do 13º para o 7º lugar no conjunto estadual, devido à elevação de sua participação no VAFI (de 1,34% para 2,29%). Ainda, expandiram-se industrialmente, embora com menos intensidade, os municípios de Limeira, Indaiatuba, Rio Claro, Mogi-Guaçu, Americana, Vinhedo, Araras, Santa Bárbara do Oeste, Amparo e Várzea Paulista.

4.1.4 A Década de 2000

Em meados da década de 2000, entre os municípios representativos da indústria, as ascensões mais expressivas foram apresentadas pelos municípios de São Caetano do Sul (da 18ª para 8ª posição), Diadema (da 13ª para 10ª posição), Jaguariúna (da 28ª para 14ª posição), e Ribeirão Preto (da 38ª para 22ª posição). Entretanto, houve municípios que apresentaram queda em suas parcelas no VAFI estadual, a exemplo de Mauá e Sorocaba, que saíram do rol dos 10 municípios mais representativos, e ainda, Santo André, São Sebastião, São Carlos, Mogi-Guaçu e Hortolândia (os três últimos deixaram o grupo dos trinta mais representativos, cedendo suas posições para Ribeirão Preto, Indaiatuba e Rio Claro). Aconteceram ainda algumas trocas de posições próximas ao limiar entre os representativos e não-representativos, sendo que Bebedouro, Jaú, Guarujá, Barra, Bonita, Salto de Pirapora deixaram o primeiro rol, enquanto Descalvado, Pradópolis, Batatais, Ariranha e Guaíra passaram a integrá-lo.

A ATI liderada por Campinas/Paulínia (II) foi a que mais ganhou expressão industrial, devido ao seu maior crescimento, ocasionando parte das perdas em outras ATIs. Na expansão de seu complexo petroquímico, Paulínia ascendeu para o segundo município mais representativo do estado (classe 2), ao elevar sua parcela no VAFI estadual de 6,29% para 6,39%. A metrópole de Campinas manteve a 7ª posição estadual (classe 4), e sua participação no VAFI do estado ascendeu para 2,71%, possuindo um parque industrial bastante diversificado e altamente especializado (alguns complexos territoriais setoriais, e um de alta

tecnologia - de base regional). A ATI em questão apresentou o maior número de municípios integrantes (trinta, com a inclusão de Atibaia), a maior extensão territorial e a maior intensidade industrial, com uma taxa de 24,25% (VAFI). Salienta-se que a médio e longo prazos, é a que mais se beneficiou com o recuo relativo da metrópole paulista e com a proximidade à rodovia D. Pedro I, que se destacou como o novo eixo de implantação industrial nessa ATI (SAMPAIO, 2009, p. 309).

4.2 O Desenvolvimento Econômico de Rio Claro no Contexto Local

O processo de industrialização no município de Rio Claro foi marcado por três períodos, sendo denominados Fase “Pioneira” (1873-1929), “Tradicional” (1930-1968) e fase “Dinâmica” (a partir de 1969).

Na Fase “Pioneira” (1873-1929), a industrialização em Rio Claro teve como característica a atuação dominante dos capitais locais no processo de implantação da maioria das unidades artesanais/industriais, com exceção de uma empresa que atuava em âmbito estadual (oficinas mecânicas da Cia. Paulista de Estradas de Ferro); uma estrutura industrial coerente, exceto quanto ao ramo têxtil, com padrão estrutural vigente em muitas cidades do sudeste do estado de São Paulo e da região, visto que no município não existia o setor têxtil até os anos de 1930, apesar de certos incentivos existentes para isto, como a mão-de-obra do migrante estrangeiro, da iniciativa empresarial e do capital.

A característica essencial da industrialização de Rio Claro na Fase “Tradicional” (1930-1968) consiste na pequena expansão do setor influenciada por fatores internos e externos e na introdução do gênero têxtil, que se fortaleceu ao longo da fase tradicional e passou a ser reduzido na década de 1970. A estrutura por gêneros da indústria local caracterizou-se pela predominância daqueles “tradicionais” sobre os “motrizes” ou “dinâmicos”, sendo que a estrutura dimensional da indústria foi marcada pelo domínio de pequenos estabelecimentos, com a prevalência dos capitais locais em oposição aos capitais de origem externa ao município.

Cabe salientar também os fatores locais que contribuíram para o fraco desempenho industrial até 1968, tais como a pequena capacidade de acumulação de capital do município, a tímida iniciativa empresarial local, parcialmente associada à escassez de capitais; a existência de um reduzido número de estabelecimentos “motrizes”; a existência das oficinas da Cia. Paulista, que absorviam quase a totalidade da mão-de-obra local; as precárias condições de

abastecimento em energia elétrica e água. Adicionalmente, alguns fatores externos exerceram influência nesse processo, como a concorrência exercida pelas cidades próximas mais industrializadas pelos capitais industriais difundidos a partir da metrópole paulistana ou provenientes do exterior.

A partir de 1969, inicia-se a terceira fase da industrialização de Rio Claro, chamada Fase “Dinâmica”, caracterizada pela aceleração do crescimento industrial e alterações na estrutura da indústria local. Esse período inclui os processos de internacionalização do sistema industrial capitalista, de integração brasileira a este sistema e de desconcentração espacial da indústria em território paulista.

Nos anos de 1960, a metrópole paulistana começou a apresentar sinais de congestionamento, as empresas industriais começaram a se deslocar para o interior, dentro de um raio de aproximadamente 200 a 250 km de distância da capital, representando a principal área de atração para a desconcentração industrial. Nesse espaço, localizam-se as duas principais regiões industriais do interior paulista, a da Baixa Anhanguera e a do eixo São Paulo-Rio, onde se concentram as cidades mais populosas e industrializadas do estado. No primeiro momento, privilegiaram-se as cidades com melhores infraestruturas e relativamente industrializadas, como Campinas e Jundiaí, e a seguir, as cidades mais próximas e hierarquicamente inferiores. Nesse contexto, Rio Claro insere-se no processo de desconcentração industrial, por se tratar de cidade média com relativamente boa infraestrutura de serviços, parque industrial pouco desenvolvido e disponibilidade de mão-de-obra.

Diante desse processo, o poder local do município implementou políticas de estímulos à industrialização, tais como a concessão de incentivos às indústrias para se instalar no município (lei nº 1.167 de 6 de julho de 1970); criação de uma área para as instalações das indústrias “Distrito Industrial” (decreto nº 1.866 de 26 de agosto de 1970), localizada ao norte do centro urbano; concessão do direito de captação e despejo de águas utilizadas no rio Corumbataí a algumas indústrias químicas; compromisso de intercessão do poder executivo local junto a empresas públicas (FEPASA, TELESP, CESP, entre outras) para a obtenção de serviços, como, por exemplo, um ramal ferroviário ou telefone. Tais medidas tornaram o município mais atrativo, propiciando expansão e mudanças na estrutura industrial local descritas a seguir.

No processo de expansão industrial, foi registrada uma taxa de crescimento desta atividade de 121,47% no período de 1970 a 1980, e de 135,93% entre 1970 e 1984, enquanto se sucedia a implantação de novas unidades industriais de médio e grande porte. As plantas de

pequeno porte, contudo, desapareciam, e entre 1970 e 1984, a expansão do número de estabelecimentos mostrou-se menos acelerada que a do número de pessoas ocupadas, o que evidenciava concentração técnica de produção. O crescimento do número de pessoal ocupado resultou da expansão das unidades industriais de médio e grande porte preexistentes e da implantação de novos estabelecimentos, registrando-se 3.963 pessoas ocupadas em 1970, 7.016 em 1975, 8.777 em 1980, e 9.350 em 1984.

É importante destacar que no início da fase “Dinâmica”, os gêneros mais importantes quanto ao pessoal ocupado eram os “tradicionais” (bebidas, produtos alimentares, minerais não-metálicos e têxtil). Em 1980, os gêneros “dinâmicos” incluíam produtos alimentares, minerais não-metálicos, produtos de matérias plásticas e material de transporte. Por sua vez, em 1984, três gêneros eram “motrizes” (material de transporte, química e produtos de matérias plásticas). Nesse período, alguns gêneros “tradicionais” se expandiram e mantiveram sua posição privilegiada (produtos alimentares, bebidas e minerais não- metálicos), enquanto que alguns “motrizes” conquistaram uma posição de destaque.

O gênero “material de transporte” passou a exercer a função de “motriz”, foram implantados novas unidades industriais, destacando-se a Gurgel S.A. - grande unidade de produção de veículos; São João S.A. - unidade média de produção de implementos rodoviários, ambos resultantes de investimentos de capitais externos ao município.

No mesmo período, foram implantadas novas unidades industriais do gênero “produtos de matérias plásticas”, salientando as unidades de grande porte (Tigre, Brazilian Plastic) e as de médio porte (Ladal, Sulplast, Ancel), destinadas à produção de embalagens plásticas, tubos e produtos de plástico reforçado, sendo as indústrias Sulplast e Ancel provenientes de capitais locais.

Em relação ao gênero “mecânica” foi implantada a Mecânica Alfa S.A., voltada para a produção de máquinas para a construção civil, oriunda de capitais paulistanos. O gênero “metalurgia”, sem maior expressão em 1970, embora tenha apresentado um crescimento elevado não ocupava uma posição hierárquica de maior destaque. O aumento de unidades industriais desse gênero foi decorrente de algumas unidades preexistentes e da implantação de expressivos números de estabelecimentos, destacando-se a implantação da unidade industrial John Crane do Brasil, empresa de médio porte (50 a 100 pessoas ocupadas), destinada à fabricação de selos metálicos para vedação. Essa unidade industrial era subsidiária de uma empresa norte-americana, transferida da área metropolitana de São Paulo.

Entre todos os gêneros, a indústria química foram implantadas uma unidade de grande porte (Uniroyal) e quatro de médio porte (Pennwalt, Aldoro, Nheel, Quarex), resultantes de capitais externos ao município, sendo a Nheel e Quarex resultantes de capitais externos ao município em associação com capitais locais.

Na evolução industrial do município, o gênero “minerais não-metálicos” se destacou com um dos mais importantes. Até 1969, caracterizou-se como “tradicional”, por estar associado à produção de bens de consumo direto. No final de 1969, uma grande unidade de produção de fibra de vidro iniciou suas atividades, subsidiária de uma empresa norte-americana, que usufruiu os incentivos oferecidos pelo poder local e representou a primeira inversão de capitais estrangeiros na indústria local após 1955. Tipicamente “motriz”, essa unidade industrial passou a abastecer alguns estabelecimentos que utilizam a fibra de vidro como matéria-prima na produção de plásticos reforçados, como a Gurgel, Tigre, Sulplast, Ancel e outros de pequenas dimensões. Na década de 1970, o gênero “minerais não-metálicos” foi ampliado com a instalação da Coban S.A., indústria voltada para a produção de material cerâmico para instalações industriais e subsidiárias de uma empresa norte-americana.

Entre os gêneros “tradicional”, o gênero “mobiliário” apresentou a maior taxa de crescimento. Ressalta-se que em 1994, foi implantada a Ludival Móveis Ltda, estabelecimento de grande porte, também caracterizado pela concentração técnica, proveniente de capitais locais.

Por sua vez, entre os gêneros “tradicional” mais importantes, registrou-se expansão do pessoal ocupado e redução do número de estabelecimentos. Nesse processo, destacou-se a indústria de produtos alimentares, apresentando expansão as grandes unidades Balas São João, Fricock, Usina Santana e em outras de médio porte preexistentes. As pequenas unidades industriais desse gênero, entretanto, encerraram suas atividades.

Também no gênero “bebidas”, ocorreu o mesmo processo; as pequenas unidades industriais encerraram suas atividades, enquanto as grandes expandiram o número de pessoal ocupado. Nesse caso, salienta-se a implantação da Villa Velha Comércio e Indústria de Bebidas Ltda., indústria destinada ao engarrafamento de aguardente, proveniente de capitais locais.

Ainda nos gêneros “tradicional”, vestuário, calçados e artefatos de tecidos apresentaram expansão do número de estabelecimentos e do pessoal ocupado. Mesmo com o processo de expansão em relação à posição hierárquica de gêneros, houve um retrocesso desta

categoria. Enquanto o grupo de calçados mostrou-se decadente, houve um crescimento no de confecções masculinas e femininas, sendo que estes estabelecimentos prestavam serviços para empresas de maior porte, principalmente em São Paulo, ressaltando-se a implantação do maior estabelecimento do gênero – “Confecções Isabela” – procedente de capitais locais.

O gênero têxtil foi um dos ramos mais importantes durante a fase “Tradicional”, na fase “Dinâmica”, apresentou retração em seu conjunto. Entre as unidades industriais do ramo têxtil, as que encerraram suas atividades foram a fábrica da Matarazzo, a antiga fábrica Saad, a tecelagem Maristela, um estabelecimento de fiação de ataduras de crepe que foi transferido para município de Ipeúna, e a Têxtil Jasp S.A., transferida para Cosmópolis.

Em relação à estrutura dimensional, em 1984 uma alteração de sua dimensão referia-se à área financeira e administrativa. Durante a fase “Tradicional”, os capitais locais eram dominantes, porém, durante a fase “Dinâmica”, sua participação foi reduzida em virtude da influência dos capitais externos ao município (de origem nacional e estrangeira).

Os investimentos de capitais externos foram realizados quase que exclusivamente através da instalação de novas unidades industriais, e os investimentos pertencentes a capitais locais foram sucedidos pela compra de estabelecimentos já existentes. Sampaio (2000) constatou que na década de 1990, o desenvolvimento industrial apresentou significativa expansão da base produtiva em relação ao número de estabelecimentos.

Quanto à estrutura dimensional, esta continua sendo constituída por estabelecimentos de pequeno porte. Salienta-se que as oficinas da antiga Cia. Paulista e a Cervejaria Skol-Caracu, grandes unidades industriais que constituíram a “marca registrada” de Rio Claro industrial ao longo do século XX, encerraram suas atividades nos anos de 1990.

Nesse contexto, a expansão industrial apresentou efeitos positivos; a arrecadação municipal foi fortalecida e ampliou-se a oferta de emprego (industrial e de outras naturezas), pelo menos até a recessão de 1981 a 1983, havendo em paralelo um relativo crescimento demográfico. Em relação ao contexto regional, a industrialização no município não foi intensa para ocupar os níveis mais elevados na hierarquia industrial, mas garantiu suas posições anteriores.

O processo de expansão industrial em Rio Claro a partir da década de 1980 proporcionou o desenvolvimento de outros setores da economia, especialmente do terciário. A atividade comercial foi fortalecida e diversificada com a instalação de lojas pertencentes a empresas de âmbito nacional e estadual e de casas especializadas em artigos que

anteriormente não se encontravam disponíveis na cidade. Paralelamente, observou-se um significativo incremento da população, resultante do crescimento vegetativo e da entrada de migrantes, impulsionando a expansão do limite urbano no setor norte da cidade.

A área central de Rio Claro, tipicamente destinada a atividades comerciais, foi revitalizada com a instalação de novas agências bancárias, lojas de departamentos, grandes supermercados e empreendimentos do setor de alimentação, como novos restaurantes e lanchonetes, alguns pertencentes a grandes redes de franquia. O crescimento da cidade proporcionou a instalação de um *shopping center* no antigo prédio onde funcionava a Indústria Têxtil Matarazzo, conservando a arquitetura original. Esse *shopping* tornou-se local de lazer e comércio, atraindo consumidores de municípios vizinhos. Com a expansão da cidade em direção à periferia, foram surgindo novos subcentros e corredores comerciais ao longo das principais avenidas, concentrando lojas e estabelecimentos de serviços de grande diversidade.

Essa intensificação das atividades do setor terciário também foi decorrente da dinâmica do setor primário, principalmente da cultura canavieira, bem como do setor quaternário (ensino, informação e pesquisa), representado fundamentalmente pela Universidade Estadual Paulista – UNESP. O campus da UNESP foi instalado na década de 1960, quando então passou a atrair alunos de outras regiões e estados. O sucesso desta universidade levou a um aumento progressivo da oferta de cursos, culminando com a criação de um novo campus na periferia da cidade, maior e mais moderno. Mais recentemente, universidades particulares e escolas de cursos técnicos vieram igualmente a se instalar em Rio Claro. A vinda de universitários contribuiu paralelamente para a dinamização da economia local.

Entretanto, esse processo de desenvolvimento produziu resultados negativos, comprometendo a qualidade de vida e afetando a condição de cidade tranqüila originalmente atribuída a Rio Claro. O centro comercial e financeiro da cidade passou a presenciar o crescente congestionamento de atividades, pessoas e veículos; intensificou-se a especulação imobiliária; implantaram-se novos bairros destinados à de população de baixa renda, sem a infraestrutura adequada, e por fim, cresceu sensivelmente o número de marginalizados sociais, ocasionando conseqüentemente o aumento dos índices de criminalidade.

5 MODELAGEM AMBIENTAL PARA A ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO USO DO SOLO URBANO E REGIONAL

Os modelos podem ser empregados na descrição, análise e previsão de eventos. Estes descrevem o comportamento da realidade contidos nos dados observados, que podem ser utilizados na previsão de eventos que ocorrem em certas circunstâncias. Estabelecem também teorias e hipóteses sobre o futuro, suscetível de verificação, do mesmo modo que se verificam hipóteses que agora pertencem ao passado.

Para o entendimento da modelagem ambiental, aplicada em estudos dos fenômenos dinâmicos espaciais no processo de mudanças urbanas e regionais, é necessário compreender algumas terminologias propostas por diferentes autores. Almeida, Monteiro e Câmara (2007) descrevem as seguintes terminologias utilizadas por diversos autores em modelos de dinâmicas urbanas e regionais:

- *Modelo*, segundo Novaes (1981), pode ser entendido como a representação de um sistema por meio de diferentes linguagens: matemática, lógica, física, icônica, gráfica, entre outras, e segundo uma ou mais teorias.
- *Sistema* é definido por Chadwick (1973) como um conjunto de partes que apresenta interdependência entre seus componentes e atributos.
- *Teoria* foi definida por Chapin Jr. e Kaiser (1979) e Johnston et al. (1994) como um conjunto de afirmações interconexas que, por meio de construções lógicas, fornece uma explicação de um processo, comportamento ou outro fenômeno de interesse, conforme existente na realidade.

Segundo os referidos autores, os modelos podem ser classificados conforme as tipologias propostas por Echenique (1968) e Novaes (1981):

- *Modelo Descritivo*: objetiva apenas o entendimento do funcionamento de 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.
- *Modelo Preditivo*: é um modelo exploratório que envolve a variável tempo, compreendendo a projeção do sistema em instantes futuros.

- *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.

Por sua vez, Almeida, Monteiro e Câmara (2007) comentam que existem categorizações mais detalhadas de modelos de uso do solo, propostos por outros autores. Salientam que a categorização mais extensiva de modelos genéricos de mudanças de uso do solo é proposta por Briassoulis (2000), demonstrando que os modelos podem ser classificados com base nos aspectos metodológicos e funcionais, em estatísticos ou econométricos; modelos de interação espacial; modelos de otimização (incluem programação linear, dinâmica, hierárquica e não-linear, assim como modelos de maximização de utilidades e modelos multicritérios de tomada de decisão); modelos integrados (modelos de gravidade, de simulação e de entrada-saída); modelos baseados em ciências naturais; modelos baseados em SIG e modelos baseados em cadeia de Markov.

Este breve histórico, referente à evolução da aplicação de modelos em estudos urbanos, tem como base estudos de Almeida, Monteiro e Câmara (2005):

Os modelos teóricos de caráter econômico foram os primeiros a serem utilizados em análises dos processos de mudanças urbanas e regionais, porém desvinculados de recursos que possibilitassem a representação espacial dos dados. No desenvolvimento desses modelos, destacam-se as contribuições do modelo de Von Thünen (1826), que analisou o uso agrícola dependente da centralidade urbana. Weber (1909) desenvolveu um modelo teórico de localização industrial; Christaller (1933) concebeu a teoria de lugares centrais, em que as cidades são lugares centrais hierarquicamente organizados, cujo papel fundamental é a provisão de bens e serviços. Lösch (1940) aprimorou a teoria de Christaller, desenvolvendo a teoria das regiões econômicas (ou dos hexágonos aninhados), onde os centros podem ser classificados em grupos hierárquicos, conforme o tipo de serviço e o tamanho do mercado.

A modelagem urbana baseada em teorias econômicas apresentou importantes avanços nos anos de 1950 e final dos anos de 1960 com o advento dos computadores e da “Revolução Quantitativa” nas Ciências Sociais (Sociologia, Geografia, Economia, Ciências Políticas, Planejamento Urbano). Nos Estados Unidos, no final da década de 1950, apareceram os primeiros modelos para estudos urbanos, desenvolvidos para análises de planejamento de transportes, devido ao aumento de congestionamentos ocasionado pela crescente aquisição de automóveis nos anos de 1940 e 1950. Esses modelos realizavam prognósticos de geração de viagens e sua distribuição espacial, sendo os primeiros estimados por regressão linear, e a

distribuição, por modelos gravitacionais, denominados em analogia à Lei de Gravitação de Newton, não sendo consideradas as questões do uso do solo. Por volta de 1960, os acadêmicos e profissionais demonstraram interesse em realizar estudos para análises do interrelacionamento entre tráfego e uso do solo que permitiram o desenvolvimento de modelos de uso do solo (BATTY, 1976).

Devido às limitações desses primeiros modelos, foram realizadas muitas críticas, pois alguns modelos eram muito ambiciosos em termos de abrangência, dados requeridos e capacidade de processamento computacional. Embora alguns modelos apresentassem estruturas formais bem definidas, raramente fundamentavam-se em teorias, aparentando um caráter arbitrário e mecanicista. Além disso, muitos modelos apresentavam limitações contextuais inerentes ao objeto de modelagem, e o conjunto de variáveis que interferem em sistemas urbanos era analisado separadamente. Por sua vez, esses primeiros modelos descreviam a estrutura urbana em um instante no tempo, o que os tornou simulações de estruturas urbanas estáticas (BATTY, 1976).

No final dos anos de 1950 até a metade dos anos de 1980, foi concebida a primeira geração de modelos dinâmicos. Muito embora esses modelos houvessem incorporado refinamentos para trabalhar com complexas interações espaciais das atividades urbanas, dimensão temporal na análise quantitativa e recursos teóricos e matemáticos aprimorados, os resultados dos mesmos não eram visualizados espacialmente.

Apenas no final dos anos de 1980 ocorrerem avanços na representação espacial de modelos urbanos, com ampla utilização dos modelos de Autômatos Celulares (Cellular Automata - CA). Na década de 1990, os modelos de Autômatos Celulares aplicados em estudos urbanos passaram a incorporar dimensões ambientais, socioeconômicas e políticas e foram bem-sucedidos na articulação analítica de fatores de micro e macro escala espaciais.

Os autômatos celulares, ou “cellular automata” (CA) como são conhecidos no meio científico internacional, são compostos por quatro elementos básicos (BATTY et al., 1997):

- *células* - são objetos do universo de modelagem que podem assumir diferentes formas (quadrada, retangular, hexagonal) e dimensões (uni, bi ou tridimensional), os quais devem manifestar algum tipo de adjacência ou proximidade entre si;
- *estados* - atributo único (discreto) apresentado por cada célula em um intervalo de tempo considerado;

- *vizinhança* - podem assumir diferentes formatos (cruz ou vizinhança de Von Neumann; janela 3x3 ou vizinhança de Moore etc.) e seus estados e configurações condicionam a mudança ou a permanência dos estados atuais das células sob sua influência;
- *regras de transição* - determinam ou não as mudanças de estado das células a cada instante de tempo (passo ou iteração). As regras são uniformes e aplicam-se indistintamente a toda célula, estado ou vizinhança. É importante salientar que toda mudança de estado é local, o que implica dizer, a princípio, que não há ação à distância.

Os Modelos de Autômatos Celulares tornaram-se populares por apresentarem simplicidade operacional, mesmo incorporando uma complexidade suficiente para simular mudanças decorrentes de fenômenos emergentes, bem como são flexíveis por não apresentarem uma estrutura sobrecarregada com suposições teóricas e articulam-se com dados matriciais utilizados em SIGs (ALMEIDA et al., 2003).

Diversos trabalhos têm se dedicado à análise da dinâmica espaço-temporal das mudanças no uso do solo com a utilização de tecnologias de geoprocessamento e modelos dinâmicos de Autômatos Celulares (AC), aplicados em diversas áreas do conhecimento. Alguns exemplos de aplicações desses modelos são demonstrados a seguir.

Ferreira, Trentin e Aguirre de Mattos (2010) realizaram estudos para propor uma metodologia para a delimitação das regiões de entorno imediato (REI) das áreas urbanas por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no município de Piracicaba (SP). Para a elaboração dos mapas de uso da terra, foram utilizadas imagens de alta resolução disponíveis no site do Google Earth, sobre as quais foram interpretados, por meio de técnicas visuais, os usos da terra situados na faixa transicional entre a área predominantemente urbana e rural. Por meio do posicionamento do centro médio ponderado da mancha urbana, foram traçadas faixas concêntricas espaçadas regularmente em 1.000 metros, até que todos os tipos de uso da terra fossem incluídos. Foram calculadas as frequências de pontos relativos aos usos da terra em intervalos angulares de 45 graus dentro de cada faixa concêntrica afastada do centro médio ponderado urbano. A partir destas frequências, foram estimadas funções de decaimento com a distância a partir do centro ponderado, para cada intervalo angular. Em seguida, foi sobreposta uma grade UTM ao mapa dos pontos relativos aos usos identificados na imagem, e construída uma superfície representada por isolinhas e modelada em lógica fuzzy.

Almeida (2004) realizou estudos para a simulação de dinâmicas de uso do solo urbano para duas cidades de médio porte (Bauru e Piracicaba), localizadas no interior do estado de São Paulo, ao longo de séries multitemporais de aproximadamente 35 anos. As transições de uso do solo foram estimadas através de dois diferentes métodos probabilísticos empíricos, pesos de evidência, baseado no teorema da probabilidade condicional de Bayes, e regressão logística. Para as simulações de probabilidades de mudança de uso do solo, foi utilizado um modelo de Autômatos Celulares (Dinamica EGO), construído com base em algoritmos de transição estocásticos. Os resultados das simulações foram validados espacialmente em função de um procedimento estatístico de ajuste por múltiplas resoluções.

Maikon (2010) analisou os municípios que aderiram ao protocolo agroambiental para antecipar a extinção da queima da palha para 2014, frente à dinâmica da prática da queima de cana-de-açúcar, referentes aos anos de 2006 e 2008. Para a realização da modelagem dinâmica espacial, adotou um modelo estacionário de mudança de uso e cobertura da terra baseado em Autômatos Celulares (Dinamica EGO). A partir do índice de Moran, selecionou quatro regiões de estudo, em que identificou a ocorrência de agrupamentos de áreas onde de transição e permanência da colheita crua e com o uso do fogo, e analisou os seus condicionantes com base na proximidade aos aglomerados urbanos, rios, usinas, dentre outras variáveis. Para as regiões selecionadas, foram calculadas matrizes de transição estacionárias e pesos de evidência, de acordo com cada transição ocorrida neste período. Foram simulados cenários prognósticos e foi elaborado um segundo modelo, prescritivo, por indicação de especialistas.

Trentin (2008) avaliou o processo de expansão urbano-industrial do município de Americana (SP), ao longo de uma série temporal de aproximadamente 60 anos (1940 a 2005). Para o desenvolvimento do trabalho, foram elaborados mapas temáticos do uso da terra e para realizar a modelagem dinâmica espacial, utilizou um modelo de Autômatos Celulares (Dinamica EGO) para as simulações dos cenários de uso da terra e prognósticos para a dinâmica urbana de Americana.

Benedetti (2010) estabeleceu diretrizes metodológicas para analisar a dinâmica de mudanças na cobertura florestal das Serras do Sudeste e Campanha Meridional, microrregiões do Rio Grande do Sul, nos períodos de 2000, 2004 e 2008, com previsões de distribuições das áreas florestais até o ano de 2016. Os mapas temáticos foram elaborados a partir do produto NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) do sensor MODIS, relacionando esse índice às classes de uso da terra. As simulações nas mudanças da cobertura florestal

foram realizadas com a utilização dos mapas elaborados e de um modelo dinâmico baseado no paradigma de Autômatos Celulares (AC), no qual foram quantificadas e distribuídas espacialmente as áreas florestais até o ano de 2016.

5.1 A Plataforma Dinamica EGO

O Dinamica EGO, aplicativo para modelagem de dinâmica ambiental, foi desenvolvido no Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas. A sigla EGO é entendida como *Environment for Geoprocessing Objects* (ambiente para objetos geoprocessáveis).

Conforme Soares Filho, Rodrigues e Costa (2009) a versão anterior do Dinamica foi reformulada para se tornar um ambiente de modelagem, possibilitando a construção desde o mais simples modelo espacial estático até modelos dinâmicos bastante complexos, os quais envolvem iterações aninhadas, retroalimentações dinâmicas, abordagem multiregiões, manipulação e combinação algébrica de dados em vários formatos, como mapas, Tabelas, matrizes e constantes processos de decisão para bifurcação e união de fluxos de execução, e algoritmos espaciais complexos para a análise e simulação de fenômenos espaço-temporais.

Ainda, esses autores comentam que o ambiente do software, escrito em C++ e Java, contém algoritmos chamados *functores* em que cada *functor* executa uma operação. Esses *functores* são ligados em seqüência para estabelecer um fluxo de dados na forma de grafos. Através da interface gráfica do Dinamica EGO é permitido criar modelos simplesmente selecionando, arrastando e conectando os *functores* através de seus portos, os quais representam conexões específicas para tipos de dados como mapas, Tabelas, matrizes, expressões matemáticas e constantes. Os *functores* podem ser agrupados em containers (recipientes), o qual os modelos podem ser construídos como se fossem diagramas e a execução segue um fluxo encadeado de dados. Essa interface permite a criação de modelos espaciais os quais são salvos em uma linguagem de *script* no formato XML ou na linguagem de programação EGO.

Soares-Filho, Cerqueira e Pannachin (2002) ressaltam que o Dinamica para simular mudanças na paisagem incorpora o conceito de modelo de autômatos celulares, que apresenta funções de transições baseadas em vizinhanças de multi-escala, incorporação de abordagem espacial de retorno para um modelo de simulação estocástica multi-passo, bem como a

aplicação de regressão logística para calcular as probabilidades de transição dinâmica espacial.

Os autores salientam que o modelo de autômatos celulares conforme White et al. (2000) consiste de um espaço euclidiano dividido em uma matriz de células idênticas; uma célula de vizinhança possui forma e tamanho definido; um conjunto de estados discretos de células; um conjunto de regras de transição que determinam o estado de uma célula em função dos estados das células da vizinhança; passos de tempo discretos com todos os estados da células atualizadas simultaneamente.

O desenvolvimento da modelagem na plataforma Dinamica EGO compreende as etapas de parametrização, calibração e validação. A parametrização consiste no conjunto de métodos ou rotinas para conferir pesos às variáveis de entrada. A calibração, por sua vez, refere-se ao procedimento iterativo de ajuste de parâmetros através da contínua comparação entre a cena real e a simulada, visando à aproximação da cena simulada à real. Por fim, a validação refere-se ao emprego de métodos estatísticos para avaliar o grau de conformidade entre a cena real e a cena simulada, comumente normalizado de 0 a 1 (Almeida, 2003).

A aplicação do modelo compreende as seguintes etapas:

- a) cálculo do percentual das mudanças de classes através das matrizes de transição;
- b) cálculo das faixas para discretização das variáveis contínuas;
- c) cálculo dos pesos de evidência ($W+$);
- d) análise da associação ou dependência espacial dos pesos entre as variáveis de entrada para cada uma das transições;
- e) simulação e ajustes;
- f) validação do mapa de uso final simulado com base no mapa histórico (mapa de uso final real).

No procedimento de parametrização do modelo a geração da matriz de transição é aplicada para realizar o cálculo do percentual das mudanças de classes de uso solo.

A matriz de transição (Equação 1) não consiste em um modelo espacial. Ela representa a distribuição da quantidade de mudanças por toda a paisagem, ou seja, o primeiro componente da função de mudança. A matriz de transição é responsável por fornecer ao algoritmo de simulação o percentual de mudanças de um uso para outro. Essa informação é

obtida por meio da tabulação cruzada do mapa de cobertura de uso do solo do período (cenário inicial e final) com outro mapa, desse mesmo tipo, em um instante de tempo ulterior (Soares-Filho *et al.*, 2004b).

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \cdot \\ j \end{bmatrix}_{t=v} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{\cdot 1} & P_{j1} \\ P_{12} & P_{22} & P_{\cdot 2} & P_{j2} \\ P_{1\cdot} & P_{2\cdot} & P_{\cdot\cdot} & P_{j\cdot} \\ P_{1j} & P_{2j} & P_{\cdot j} & P_{jj} \end{bmatrix}^v * \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \cdot \\ j \end{bmatrix}_{t=0} \quad (1)$$

A matriz P_{ij} (Equação 2) é conhecida como matriz de transição, na qual as colunas representam as probabilidades de um determinado estado i permanecer no mesmo estado ou mudar para o estado j durante o intervalo de tempo de t Y $t + v$, de modo que:

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Sendo o estimador de P_{ij} dado pela Equação 3, onde n é o número de classes de uso (Soares-Filho *et al.*, 2004b).

$$\hat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^n n_{ij}} \quad (3)$$

Portanto, a matriz de transição descreve um sistema que muda em incrementos de tempo discreto, no qual o valor de qualquer variável em um dado período de tempo é a soma das porcentagens fixadas dos valores de todas as variáveis em passos de tempo anteriores. A soma das frações ao longo da coluna da matriz de transição é igual a um. A linha diagonal da matriz de transição não precisa ser especificada, desde que a Dinâmica EGO não modele as porcentagens das células que não mudam.

A matriz de passos simples (*single step matrix*) apresenta as probabilidades de transição correspondentes a todo o período de tempo em análise, representado como um único passo. A matriz de passos múltiplos (*multiple step matrix*) comporta as probabilidades de transição correspondentes a um único passo de tempo, que pode representar um ano, um mês ou um dia, sendo que o período estudado é subdividido em múltiplos passos de tempo de igual extensão.

No processo de modelagem, as variáveis explicativas determinam as relações de influência com a variável dependente, e assim se definem as células com maior ou menor probabilidade de transição de uso da terra. Para isso, é necessária uma calibração dos dados através de métodos estatísticos, entre os quais, pode-se exemplificar o de pesos de evidência ou *weights of evidence* (BONHAM-CARTER, 1994; SOARES FILHO et al., 2008).

Este método consiste no teorema bayesiano da probabilidade condicional, o qual pressupõe independência espacial entre variáveis, em que se pode calcular o efeito de cada variável espacial em determinada transição, também chamada de evento, independente de uma solução combinada (GODOY; SOARES FILHO, 2007). Através da combinação das variáveis pelo somatório de seus pesos de evidência, podem-se obter mapas de probabilidade de mudança, os quais indicam as áreas mais favoráveis para determinada transição.

Nesse método a independência espacial entre as variáveis é calculada pela verificação de associação espacial entre elas. O peso de evidência (*positive weight of evidence* – W_+) representa a influência de certa variável sobre uma dada transição $i \Rightarrow j$, calculado da seguinte forma (Equação 4):

$$O\{D|B\} = \frac{P\{D|B\}}{P\{\bar{D}|B\}}$$

$$\log\{D|B\} = \log\{D\} + W_+ \quad (4)$$

Em que $O\{D\}$ e $O\{D/B\}$ são os *odds* ou as razões de chances, respectivamente, de ocorrer *a priori* a variável D , e de ocorrer D dado um padrão espacial B , que pode representar uma dada transição, por exemplo, $i \Rightarrow j$.

W_+ é o peso de evidência de ocorrer a variável D , dado um padrão espacial B . A probabilidade de transição $i \Rightarrow j$, dado um conjunto de dados espaciais (B, C, D, \dots, N), é expressa na Equação 5:

$$P\{i \Rightarrow j | B \cap C \cap D \dots \cap N\} = \frac{e^{\sum W_N^+}}{1 + e^{\sum W_N^+}} \quad (5)$$

em que B, C, D , e N são os valores de k variáveis espaciais, medidas na posição x, y e representadas por seus pesos W_+ . Quando os pesos de evidência são aplicados a dados contínuos, é necessário discretizar as referidas grades numéricas (tais como grades de

distâncias, altitude ou declividade). A questão-chave para qualquer processo de categorização é a preservação da estrutura do dado. O método adaptado por Agterberg e BonhamCarter (1990) calcula intervalos discretos (ou faixas) de acordo com a estrutura dos dados, estabelecendo inicialmente um delta mínimo – especificado como um incremento na interface gráfica – (Dx) para a variável contínua x , o qual é usado para construir n buffers (Nx), compreendendo intervalos de $x_{\text{mínimo}}$ para $x_{\text{mínimo}} + nDx$. Cada n define um limiar que divide o mapa em duas classes: (Nx) and (\overline{Nx}). An é o número de células para o buffer (Nx), múltiplo de n , e dn é o número de ocorrências para o evento modelado (D) dentro deste buffer. As quantidades An e dn são obtidas por uma seqüência ordenada de buffers $N(x_{\text{mínimo}} + nDx)$. Subsequentemente, valores de W^+ para cada buffer são calculados usando as Equações 2 para 4. A seqüência de quantidades de An é plotada contra $An * \exp(W^+)$. Consequentemente, pontos de quebra para esse gráfico são determinados pela aplicação de um algoritmo de generalização de linhas (Intergraph, 1991), que contém três parâmetros: 1) intervalo de distância mínima ao longo de x , $mindx$; 2) intervalo de distância máxima ao longo de x , $maxdx$; 3) ângulo de tolerância, ft . Para dx (distância entre dois pontos ao longo de x) entre $mindx$ e $maxdx$, um novo ponto de quebra é colocado sempre que $dx \geq maxdx$ (um ângulo entre v e v' – vetores ligando o atual ao último ponto e o último ponto ao anterior, respectivamente) ou sempre que dx exceder o ângulo de tolerância ft . Assim, o número de faixas diminui como uma função de ft . As faixas são definidas finalmente por uma ligação dos pontos de quebra com uma linha reta. Apesar de An praticamente não apresentar erros, dn está sujeito a uma quantidade considerável de incertezas, porque é considerado como a realização de uma variável randômica. Uma vez que pequenos valores de An podem gerar valores com ruído para W^+ , Goodacre et al. (1993) sugerem que, em vez de se empregar as Equações 2 e 4, pode-se estimar W^+ para cada faixa através da seguinte expressão (Equação 6):

$$W^+ = \ln \left(\frac{Y_{n=k} - Y_{n=k-1}}{A_{n=k} - A_{n=k-1}} \right) \quad (6)$$

em que $Y_n = An * \exp(W^+)$ e K representa os pontos de quebra definidos para n incrementos dx (Figura 1).

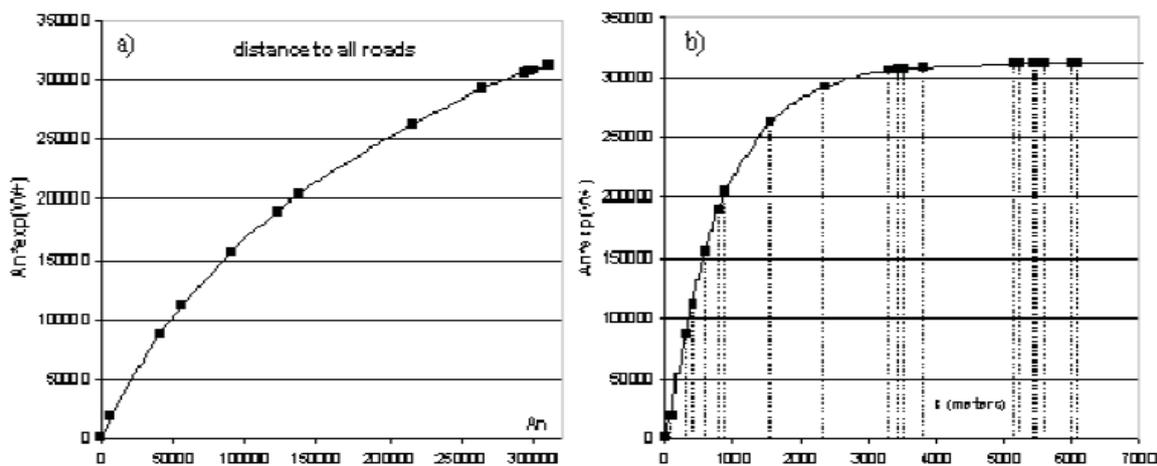


Figura 1 – Exemplo de plotagem de An por $An \cdot e^{W+}$ para a variável “distâncias às estradas” (*distances to all roads*). Fonte: Soares Filho et al. (2010).

No procedimento de calibração do modelo, após o cálculo das faixas de distâncias e dos pesos de evidência, as variáveis com seus pesos calculados são submetidas ao teste de associação ou dependência espacial, por meio do *Joint Information Uncertainty* (JIU) implementado na plataforma Dinamica EGO, com a finalidade de verificar a dependência espacial entre todas as possíveis combinações pareadas de variáveis destinadas a explicar uma mesma transição (BONHAM-CARTER, 1994). Segundo Bonham-Carter (1994), os valores do JIU acima de 0,50 indicam associação espacial significativa sendo que uma das variáveis deve ser eliminada, ou então ambas as variáveis devem ser combinadas em único plano de informação, a fim de se evitar o enviesamento do modelo por redundância de informações.

Os cálculos dos índices de *Cramer* (V) opera com valores reais e o de Incerteza de Informação Conjunta (*Joint Information Uncertainty - JIU*) com valores percentuais de áreas de sobreposição entre diferentes categorias, a fim de se avaliar a dependência espacial entre variáveis. Segundo Almeida et al. (2007a), o *Joint Information Uncertainty*, por trabalhar com valores relativos de áreas de sobreposição, tende a ser mais robusto que o Índice de *Cramer*, evitando a tendenciosidade representada por valores absolutos de áreas. Segundo Godoy e Soares Filho (2007), variáveis correlacionadas podem ser eliminadas ou combinadas em uma terceira, que integrara o modelo definitivo.

Para a realização da simulação do modelo na plataforma Dinamica, são utilizados dois algoritmos de transição: a função *expander* (expansão), relativa à expansão das manchas pré-existentes de uma dada classe de uso do solo, e a função *patcher* (formador de manchas), destinada a gerar novas manchas (polígonos) de uma dada classe.

A função *expander* executa transições de um estado i para um estado j apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado j . E a função *patcher* realiza transições de um estado i para um estado j apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado diferente de j (Almeida, 2003).

Esses dois processos podem se fundir verificado na Equação 7 (Soares Filho et al., 2002):

$$Q_{ij} = r \times (\text{função } \textit{expander}) + s \times (\text{função } \textit{patcher}), \quad (7)$$

em que Q_{ij} corresponde à quantia total de transições do tipo ij especificadas por cada período de simulação, e r e s são respectivamente o percentual de transições executadas por cada função, com $r + s = 1$.

No caso de a função *expander* não executar a quantia de transições desejadas após um número de iterações, ela transfere à função *patcher* um número residual de transições, de modo que o número total de transições sempre alcance um valor esperado (Soares-Filho et al. 2002).

O algoritmo *expander* é expresso, conforme a Equação 8:

If $n_j > 3$ então $P_{ij}(x,y) = P_{ij}(x,y)$ senão

$$P_{ij}(x,y) = P_{ij}(x,y) \times (n_j)/4, \quad (8)$$

em que n_j corresponde ao número de células do tipo j ocorrendo em uma janela 3 x 3. Este método garante que a máxima P_{ij} será a P_{ij} original, sempre que uma célula do tipo i esteja cercada por pelo menos 50% de células vizinhas do tipo j .

A função *patcher* procura simular padrões de mudanças do uso ou cobertura da terra gerando manchas difusas e impedindo, ao mesmo tempo, a formação de manchas de apenas uma célula. Esta função emprega um dispositivo que procura por células no entorno de uma dada localização considerada para transição. Isto é obtido primeiramente pela seleção de uma célula-núcleo ou célula-semente da nova mancha, e então pela seleção de um número específico de células ao redor da célula-núcleo, de acordo com as suas probabilidades de transição P_{ij} .

As funções *expander* e *patcher*, conforme anteriormente mencionado, incorporam um dispositivo de alocação que é responsável pela identificação de células com as maiores probabilidades para cada transição ij . Este dispositivo armazena as células e as organiza para

ulterior seleção. Neste processo, cada célula recém-selecionada formará o núcleo de uma nova mancha ou franja de expansão, que ainda necessita ser consolidada usando-se um dos dois algoritmos de transição.

A definição dos percentuais para as funções *expander* e *patcher* é feita de forma heurística pelo modelador, o qual insere o percentual de *expander* individualmente para cada transição em uma interface específica da plataforma Dinamica EGO.

Conforme os parâmetros internos definidos para a caracterização morfológica da paisagem nas simulações, os tamanhos das novas manchas geradas pelo *patcher* e franjas de expansão produzida pelo *expander*, são definidos de acordo com uma distribuição de probabilidade lognormal, cujos parâmetros são determinados em função do tamanho médio e variância de cada tipo de mancha e franja de expansão a ser gerada (Soares-Filho et al. 2002). Para a definição das novas manchas nas funções de *expander* e *patcher* são definidos os parâmetros da média, variância e isometria para cada transição de classes.

Os valores da média e variância são definidos em hectares, estabelecidos pela rotina do programa de simulação. O modelo também comporta outro parâmetro heurístico, denominado índice de isometria de manchas. Este índice representa um valor numérico, definido no intervalo de 0 a 2, o qual é multiplicado pelo valor de probabilidade de transição das células das oito células da janela de vizinhança 3 x 3, utilizada pelos algoritmos *expander* e *patcher*, antes de proceder a transição de estado da célula central da janela. Quanto mais elevado é o valor do índice, mais compactas serão as manchas produzidas pelas funções de transição, e, de forma oposta, quanto mais próxima de zero, mais fragmentadas serão as manchas. Valores mais próximos de 0 produzem manchas mais fragmentadas ou dendríticas, enquanto que valores mais próximos de 2 geram manchas mais compactas.

Nas simulações do modelo, as variáveis dinâmicas representadas pelas distâncias às classes de uso da terra, sofrem alterações a cada iteração, sendo continuamente atualizadas e influenciando assim o cálculo das probabilidades de transição no próximo passo de tempo. Portanto, a cada iteração, ocorrem mudanças no estado (uso do solo) das células, mudando a distância a esses usos estimados a partir de outras células. As mudanças das células que ocorrem nas sucessivas iterações impactam a configuração espacial do mapa final de uso da terra. O mapa simulado deve aproximar-se o máximo possível do mapa de uso final real. Caso a simulação gerada não seja satisfatória, aplicam-se, iterativamente, ajustes dos parâmetros internos do modelo e novas execuções de simulação, até que se obtenha o resultado desejado.

Os resultados de modelos espaciais devem submeter-se a uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados em nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de r padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels.

Para a avaliação de similaridade entre mapas baseada na comparação por meio de janelas de vizinhança, diversos métodos têm sido desenvolvidos, a exemplo de Costanza (1989), Pontius (2002), Power *et al.* (2001) e Hagen (2003).

O método de validação na plataforma Dinamica EGO é baseado no método de similaridade *fuzzy* criado por Hagen (2003), o qual inclui o *Kfuzzy*, considerado equivalente ao método estatístico *Kappa*, e a similaridade *fuzzy*, que verifica a localização e a categoria dentro da vizinhança da célula considerada. Um esquema ilustrativo do modelo de Hagen (fuzziness of location) utilizando a função de decaimento exponencial é exibido na Figura 2.

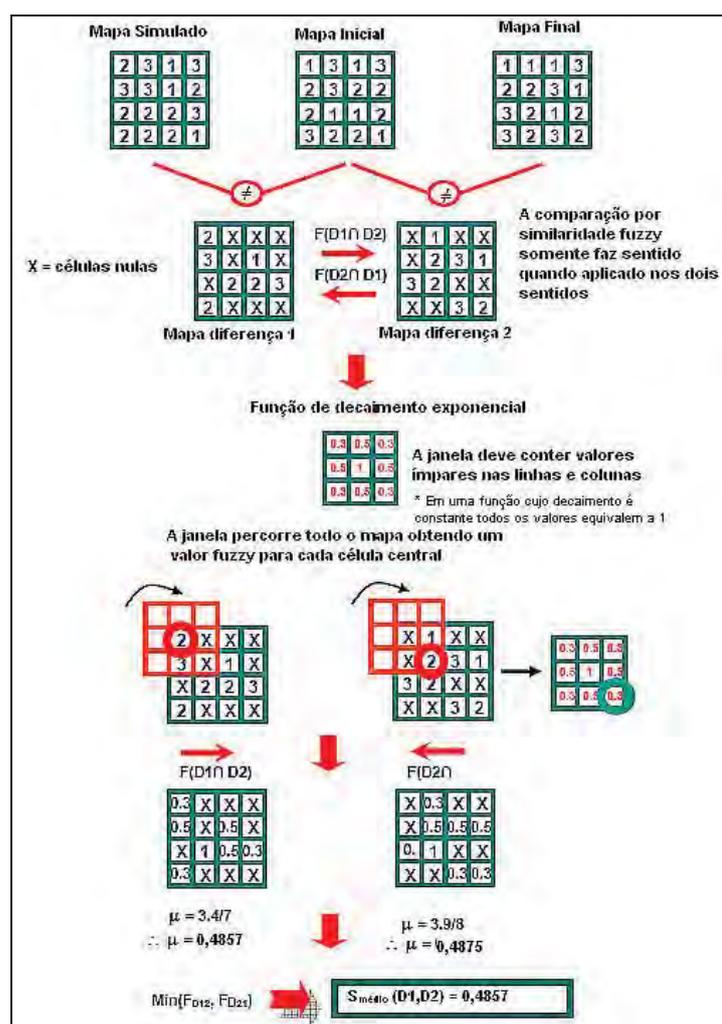


Figura 2 – Esquema ilustrativo do modelo de Hagen (fuzziness of location) utilizando função de decaimento exponencial. Fonte: Soares Filho et al. (2008).

O método de Hagen (2003), empregado neste trabalho, baseia-se no conceito de “*fuzziness of location*” (dubiedade de localização), no qual a representação de uma célula é influenciada por ela mesma, e, em menor magnitude, pelas células na sua vizinhança. Sem levar em conta a dubiedade da categoria ou estado da célula, o vetor de vizinhança “*fuzzy neighborhood*” pode representar a dubiedade de localização. Nesse método de validação, um vetor crisp (exato) é associado a cada célula no mapa. Esse vetor possui tantos elementos quantos forem as categorias (classes de cobertura da terra) dos mapas, assumindo 1 para a categoria = i , e 0 para categorias diferentes de i .

Assim, o vetor de vizinhança *fuzzy* (V_{nbhood}) para cada célula é dado pela Equação 9:

$$V_{nbhood} = \begin{pmatrix} \mu_{nbhood_1} \\ \mu_{nbhood_2} \\ \vdots \\ \mu_{nbhood_c} \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$V_{nbhood} = \begin{pmatrix} \mu_{nbhood_1} \\ \mu_{nbhood_2} \\ \vdots \\ \mu_{nbhood_c} \end{pmatrix} \quad (9)$$

em que:

μ_{nbhood_i} representa a pertinência para a categoria i dentro de uma vizinhança de N células (normalmente $N=n^2$);

$\mu_{crisp_{ij}}$ é a pertinência da categoria i para a célula vizinha j , assumindo-se no vetor *crisp* 1 para i , e 0 para categorias diferentes de i ($i \in C$);

m_j é a pertinência baseada em distância da célula vizinha j , em que m refere-se a uma função de decaimento da distância, por exemplo, um decaimento exponencial ($m = 2^{-d/2}$).

A escolha da função de decaimento mais apropriada e do tamanho da janela de amostragem depende da incerteza dos dados e do limiar de tolerância do erro espacial (HAGEN, 2003). Uma vez que se pretende determinar o ajuste ou concordância espacial do modelo em diferentes resoluções, além do decaimento exponencial, pode-se aplicar uma função constante igual a 1 dentro da janela de vizinhança, e igual a 0 fora da mesma.

A Equação (10) define a categoria de pertinência para a célula central, assumindo que a maior contribuição é encontrada dentro da janela de vizinhança $n \times n$. Em seguida, uma medida de similaridade para o par de mapas pode ser obtida através de uma intersecção *fuzzy* célula-a-célula entre os vetores *fuzzy* (nebuloso) e *crisp* (exato):

$$S(V_A, V_B) = \left[\left| \mu_{A,1}, \mu_{B,1} \right|_{Min}, \left| \mu_{A,2}, \mu_{B,2} \right|_{Min}, \dots, \left| \mu_{A,i}, \mu_{B,i} \right|_{Min} \right]_{Max} \quad (10)$$

em que V_A e V_B referem-se aos vetores de vizinhança *fuzzy* para os mapas A e B , e $\mu_{A,i}$ e $\mu_{B,i}$ são pertinências de vizinhanças para as categorias $i \subset C$ nos mapas A e B , conforme a Equação (11). Dado que a medida de similaridade $S(V_A, V_B)$ tende a superestimar o ajuste espacial (Hagen, 2003), uma medida *two-way* (“ida-e-volta”) de similaridade é então aplicada

$$S_{twoWay}(A, B) = \left| S(V_{nbhood_A}, V_{crisp_B}), S(V_{crisp_A}, V_{nbhood_B}) \right|_{Min} \quad (11)$$

A similaridade de um par de mapas pode ser calculada pela média dos valores de similaridade para todas as células do mapa, especificando o grau de similaridade em uma escala de 0 a 1. Quanto mais elevado o valor resultante, maior o grau de similaridade entre os mapas. Entretanto, quando se compara um mapa simulado com o respectivo mapa de referência (que é o próprio mapa real de uso do solo no tempo final da simulação), esse cálculo carrega consigo uma similaridade inercial entre eles devido às áreas que não sofreram mudanças. Para evitar esse problema, a equipe do Centro de Sensoriamento Remoto CSR-UFMG introduziu no DINAMICA uma modificação no método de similaridade *two-way*, usando para isso dois mapas de diferença, os quais apresentam valor 1 para as células que sofreram mudanças de uso do solo, e 0 para as demais. Dessa maneira, cada tipo de mudança é analisado separadamente usando-se comparações que envolvem dois mapas de diferença: (i) o primeiro, resultante do cruzamento entre o mapa de uso do solo inicial e o mapa de uso do solo final simulado, e (ii) o segundo, entre o mesmo mapa de uso do solo inicial e o mapa de uso do solo final verdadeiro (mapa de referência). Como mapas randômicos tendem a apresentar valores elevados, é recomendado adotar o menor valor de similaridade (Soares Filho et al., 2010).

A plataforma Dinamica EGO espacializa os erros de simulação, que incluem omissões (áreas onde ocorreram mudanças, porém não são apresentadas no mapa simulado) e inclusões (áreas onde não ocorreram mudanças, porém são apresentadas no mapa simulado).

Além da validação do modelo deve ser feita uma acurada comparação visual, visando um cenário que melhor represente o mapa final de uso, em relação ao padrão de distribuição das classes, incluindo a forma e a localização das manchas geradas.

Com a aplicação dos procedimentos de validação, são gerados índices de similaridade e por meio dos resultados obtidos pode-se decidir sobre a adequação da aplicação do modelo para a simulação de um dado cenário.

6. A ÁREA DE ESTUDO

6.1 Caracterização da Área de Estudo

Para a realização desta proposta, conforme os objetivos indicados anteriormente, foi escolhida a área urbana de Rio Claro (SP). Justifica-se a escolha desta área de estudo, por ser uma cidade considerada de porte médio e de importância agro-industrial do interior paulista. Possui também importante acervo de documentos cartográficos e imagens fotográficas de diferentes períodos, indicando a possibilidade de realização desta proposta de trabalho, em conformidade com seus objetivos.

O município de Rio Claro localiza-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo (Figura 3), integrando a Região Administrativa de Campinas, importante polo industrial do Estado; faz parte de uma micro-região bastante desenvolvida e em constante expansão econômica, que inclui os municípios de Corumbataí, Analândia, Itirapina, Ipeúna e Santa Gertrudes.

Estabelecida em sítio urbano de relevo predominantemente plano, está situada a uma altitude média de 613 m e 499 km², e abriga uma população de 186.253 habitantes, conforme a estimativa do o Censo 2010 do IBGE. Localizada a 173 km da capital paulista, possui acessos através de entroncamentos de rodovias estaduais, destacando-se as rodovias Bandeirantes, Anhanguera e a Washington Luís, esta última considerada uma das principais rodovias do Estado de São Paulo na ligação norte-sul do seu território.

A economia local está atualmente vinculada à agricultura da cana-de-açúcar e ao setor industrial de transformação, em que se sobressai a cerâmica de acabamento, fazendo de Rio Claro um importante pólo de produção nacional no setor.



Figura 3 – Localização da área de estudo.

É importante salientar que para as análises que serão desenvolvidas nesse trabalho, além da área intra-urbana da cidade de Rio Claro, também foi considerado o entorno imediato ao perímetro urbano, constituindo a área extra-urbana.

7. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, adotou-se uma abordagem metodológica conforme indicado a seguir:

7.1 Materiais

- Fotografias aéreas referentes aos aerolevamentos de 1972 (1:25.000), 1988 (1:40.000), 1995 (1:25.000) e 2006 (1:30.000).
- Imagem disponibilizada pelo sistema Google Earth (07/12/2010).
- Planta cadastral da cidade de Rio Claro, formato analógico e digital, na escala de 1:10.000, obtida a partir de levantamento aerofotogramétrico de 1978, com atualizações nos anos de 1984 e 2000.
- Folha da carta topográfica de Rio Claro, na escala de 1:50.000 (IBGE).
- Cartas topográficas de Rio Claro – 1:10.000 (IGC/SP).
- Softwares: *Autodesk MAP5*, *Spring 4.3.3*, *IDRISI 3.2*, *ERMapper 7.1*, *Dinamica EGO 1.7.6*
- Dados sócio-econômicos SEADE (1992), IBGE (2011), Plano Diretor Municipal de Rio Claro (2008) e Fundação Municipal de Saúde de Rio Claro (2011).

7.2 Procedimentos

Os procedimentos metodológicos empregados nesse trabalho levam em consideração análises multitemporais das mudanças no uso do solo intra-urbano e o seu entorno imediato, conforme os cenários já indicados nos objetivos.

As Figuras 4 e 5 exibem os fluxogramas relativos às atividades realizadas para a aquisição e preparação dos dados utilizados na simulação dos modelos das mudanças do uso do solo e a aplicação da modelagem envolvida na Plataforma Dinamica EGO.

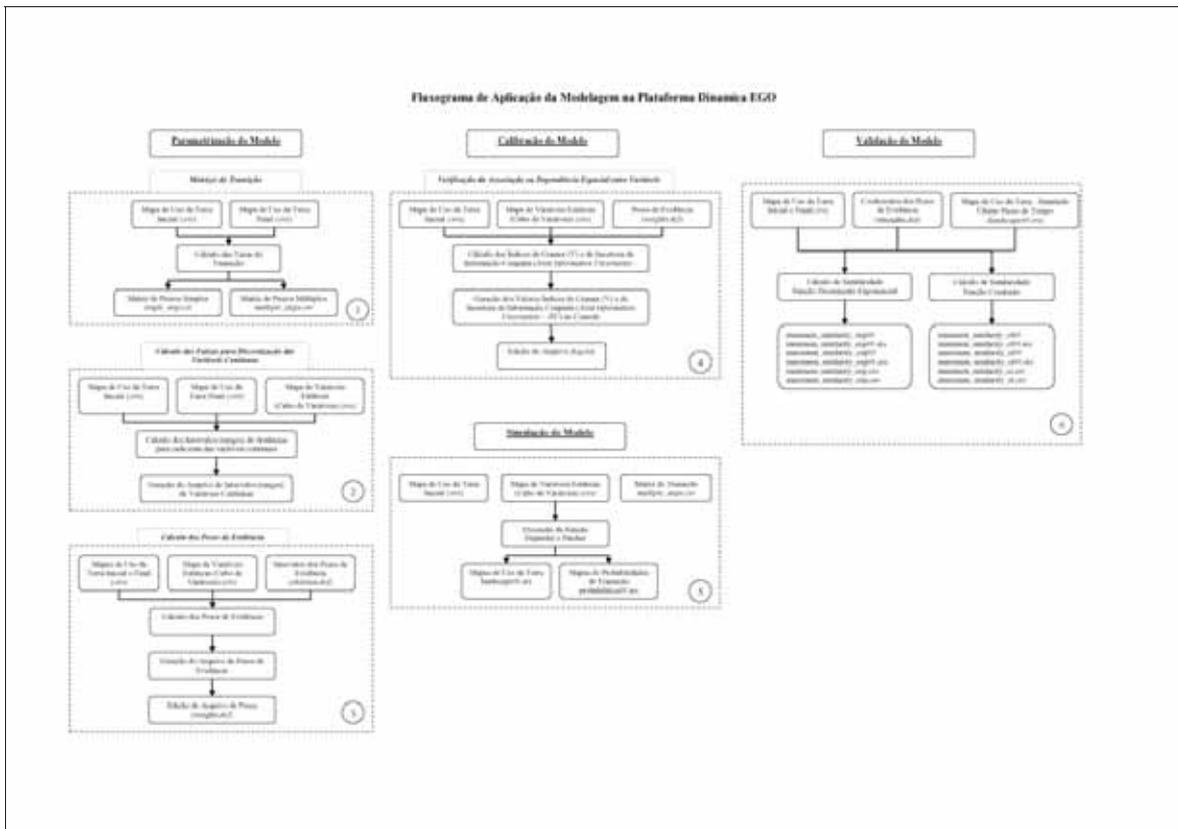


Figura 5 - Fluxograma de execução da modelagem na plataforma Dinâmica EGO.

7.2.1 Reconstituição da Planta Cadastral

Primeiro, foi realizada a edição da Planta Cadastral de Rio Claro com o aplicativo *CAD Autodesk Map 2007*, que possui e integra funções de vetorização, edição e plotagem. A partir das imagens aerofotogramétricas de 1972 (1:25.000), 1988 (1:40.000), 1995 (1:25.000) e 2006 (1:30.000) a malha urbana foi atualizada com ajustes dos dados planimétricos relativos às quadras, sistemas viários e hidrografia. Para a realização da modelagem da dinâmica espacial da mudança no uso do solo urbano foram necessários os mapas de uso do solo correspondentes aos cenários inicial e final, para os períodos de simulações de 1972 a 1988, 1988 a 1995, 1995 a 2006. Com base no último cenário analisado (2006) foram realizadas simulações de cenários futuros de curto e médio prazos, respectivamente de 5 anos (2011) e 10 anos (2016).

7.2.2 Preparação dos Dados para Entrada na Plataforma Dinamica EGO

7.2.2.1 Extração e Vetorização dos Dados Temáticos em Imagens Aerofotogramétricas

Os mapas de uso do solo foram elaborados a partir da análise interpretativa das imagens aerofotogramétricas e com a vetorização dos polígonos relativos às classes de mapeamento. Para dar suporte a essa atividade utilizou-se o software *Autodesk Map*, por meio do qual foram extraídos os dados das imagens aerofotogramétricas de 1972, 1988, 1995 e 2006.

Para esse mapeamento foram definidas 12 classes que compreenderam a área intra-urbana e seu entorno, como segue: 1) *industrial*; 2) *residencial*; 3) *áreas verdes/lazer* (praças, parques, clubes públicos, sistemas viários, corredores para instalações de redes de distribuição de energia elétrica); 4) *institucional* (clubes particulares, aeroclube, estação ferroviária, mercado municipal, Prefeitura Municipal – Paço Municipal e setores administrativos, Fórum, cemitério, velório, hospitais, pronto socorro, escolas, ensino superior e projetos de ação social); 5) *comercial* (zonas de comércio nas áreas central e periférica, shopping center e mini shopping center); 6) *mista* (corredores de comércio e serviços); 7) *loteamentos de recreio* (chácaras destinadas ao lazer); 8) *mata*; 9) *campo*; 10) *reflorestamento*; 11) *cana* e 12) *mineração*.

Também, foram mapeados os dados referentes às variáveis que explicam a dinâmica das ocorrências das mudanças do uso do solo. Na análise prognóstica esses dados se referem aos cenários correspondentes ao início de cada intervalo de tempo para a simulação. Essas variáveis foram selecionadas com base nas informações contidas no Plano Diretor Municipal de 2008. Informações desse documento também foram associadas aos cenários de 1972, 1988, 1995 e 2006.

Com base nas informações obtidas, foram definidas 14 variáveis, em termos do critério distâncias (proximidade) para a indicação dos itens: 1) corredores de comércio/serviços, 2) condomínios, 3) conjuntos habitacionais, 4) alta concentração de escolas, 5) média concentração de escolas, 6) estradas não pavimentadas, 7) estradas pavimentadas, 8) ferrovia, 9) áreas institucionais, 10) sistema viário pista dupla, 11) sistema viário pista simples, 12) áreas de saúde (hospitais, pronto socorro, Unidades Básicas de Saúde (UBS) / Unidades de Saúde Familiar (USF), 13) ensino superior e 14) áreas verdes.

7.2.2.2 Estruturação e Implementação de Banco de Dados e Conversão de Formatos

Na preparação dos dados utilizados na plataforma Dinamica foram utilizados os programas *Autodesk Map* e *SPRING* para a elaboração dos mapas de uso do solo e dos mapas de distâncias, além do *IDRISI* e *Ermapper* para a conversão dos formatos, em função da compatibilidade entre as plataformas.

No ambiente *SPRING*, criou-se um banco de dados geográfico com Sistema de Projeção UTM e Datum SAD 69. Nesse banco foram criados os planos de informação temáticos de interesse do trabalho. Os dados de uso do solo, vetorizados anteriormente no *Autodesk Map*, foram convertidos para dados matriciais no formato *geotiff* com resolução de 20 m. Também, foram gerados os mapas de distâncias, relativos a todas as variáveis explicativas, com resolução de 20m e exportadas como grades regulares numéricas no formato *ASCII*.

Para a sua manipulação, esses dados foram transferidos para o ambiente *IDRISI* onde foram realizadas operações de tabulação cruzada, para a geração dos mapas de transição do uso do solo para cada período considerado. Esses mapas de transição contêm todas as possibilidades de permanência e/ou alteração de classes que podem ter ocorrido em cada período analisado. Para cada mapa de transição, foi aplicado procedimento de reclassificação,

visando eliminar transições inexistentes ou de pequena expressão cartográfica, evitando a presença de ruídos.

Ainda, no ambiente IDRISI, todos os mapas temáticos gerados foram convertidos para o formato *.rst* para possibilitar a migração desses dados para o ambiente do software ER Mapper para a posterior conversão no formato *.ers*, que é compatível com a plataforma Dinamica EGO. Além da conversão de formato, no ambiente ER Mapper os dados das variáveis explicativas foram armazenados no formato cubo (cubos de variáveis).

7.2.3 Entrada de Dados na Plataforma Dinamica EGO

Os dados temáticos preparados foram inseridos no ambiente da plataforma Dinamica EGO para a aplicação da modelagem das mudanças do uso do solo urbano, correspondentes aos períodos de simulações de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006, e resultados prognósticos de curto e médio prazo, respectivamente 5 anos (2011) e 10 anos (2016) a partir do cenário de 2006.

O desenvolvimento da modelagem compreendeu as etapas de parametrização, calibração e validação. A parametrização consiste no conjunto de métodos ou rotinas para conferir pesos às variáveis de entrada. A calibração, por sua vez, refere-se ao procedimento iterativo de ajuste de parâmetros através da contínua comparação entre a cena real (mapeada) e a simulada, visando à aproximação das duas cenas. Por fim, a validação refere-se ao emprego de métodos estatísticos para avaliar o grau de conformidade entre a cena real e a cena simulada, comumente normalizado de 0 a 1 (Almeida, 2003).

7.2.3.1 Parametrização do Modelo

a) Geração das Matrizes de Transição

A matriz de transição é responsável por fornecer ao algoritmo de simulação o percentual de mudanças de classe de uso para outra. Essa informação é obtida por meio da tabulação cruzada do mapa de classes de uso do solo do período selecionado (cenário inicial e final). Nesse segmento, são gerados dois tipos de matriz, de passos simples e de passos múltiplos.

A matriz de passos simples (*single step matrix*) apresenta as probabilidades de transição correspondentes a todo o período de tempo em análise, representado como um único passo. A matriz de passos múltiplos (*multiple step matrix*) comporta as probabilidades de transição correspondentes a um único passo de tempo, que pode representar um ano, um mês ou um dia, sendo que o período estudado é subdividido em múltiplos passos de tempo de igual extensão. A modelagem dessas matrizes está indicada no item 5.1.

Através dessas matrizes são obtidas as taxas de transição, que definem a quantidade de mudanças, ou seja, o percentual de áreas em que ocorrem as mudanças, em termos de classes de uso, conhecidas como taxas líquidas (adimensionais). Por sua vez, as taxas brutas são especificadas em unidades de área de alteração de uso, tais como hectares ou km², por unidade de tempo.

Nesse trabalho, o cálculo da matriz de transição foi realizado para os períodos de simulações de 1972 a 1988 com um intervalo de 16 passos; 1988 a 1995 com um intervalo de 7 passos; 1995 a 2006 com intervalo de 11 passos.

Como resultados do modelo foram geradas as matrizes: de passos simples, que apresenta as probabilidades de transição do uso do solo para todo o período como um todo, e a matriz de passos múltiplos que apresenta as probabilidades anuais de transição de uso do solo, conforme os períodos de simulações selecionados.

b) Cálculo das Faixas para Discretização das Variáveis Contínuas

Para a discretização dos dados das variáveis contínuas foram fornecidos como entrada de dados os mapas de uso do solo inicial e final do período selecionado, e o cubo de variáveis estáticas, que são aquelas que se mantêm constantes ou inalteradas ao longo da simulação (Tabela 1). Esse procedimento foi realizado para os três períodos de simulações correspondentes a 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006.

Também, foram definidos os parâmetros para os cálculos dos intervalos (*ranges*) de distâncias para cada uma das variáveis contínuas, correspondentes ao intervalo mínimo de distância no eixo x, $mindx = 10$ pixels; intervalo máximo de distância no eixo x, $maxdx = 500000$ pixels; ângulo de tolerância $ft = 5^\circ$, com incremento de 20m que é a resolução espacial do mapa. Esses dados foram adotados em conformidade com diversos testes já realizados anteriormente.

A distância às classes é considerada uma distância dinâmica, ao passo que as suas células mudam ao longo da simulação, o modelo atualiza as novas faixas e pesos para a ocorrência de cada transição.

Tabela 1 - Variáveis Explicativas das Transições do Uso do Solo, Utilizadas para a Geração do Cubo de Variáveis Estáticas

<i>Notação</i>	<i>Variáveis explicativas</i>
distcads	distâncias a corredores comerciais/serviços
distcondominios	distâncias a condomínios
distconjhab	distâncias a conjuntos habitacionais
distferrovia	distâncias a ferrovia
distescolasalta	distâncias a alta concentração de escolas
distescolasmedia	distâncias a média concentração de escolas
distestradasnaopav	distâncias a estradas não pavimentadas
distestradaspav	distâncias a estradas pavimentadas
distinstitucionais	distâncias a áreas institucionais
distpistadupla	distâncias a sistema viário de pista dupla
distpistasimples	distâncias a sistema viário de pista simples
distsaude	distâncias a hospitais, pronto socorro, unidades básicas de saúde (UBS)/unidades de saúde familiar (USF)
distsuperior	distâncias a ensino superior
distverdes	distâncias as áreas verdes

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Após a execução do modelo, gerou-se como saída um arquivo texto (*skeleton.dcf*), contendo os intervalos (*ranges*), correspondentes às faixas de distâncias mais favoráveis para parametrizar as respectivas transições, o qual foi posteriormente utilizado para determinar os pesos de evidência. A extensão *dcf* refere-se à *dinamica constants file* (arquivo de constantes do dinâmica).

c) Cálculo dos Coeficientes dos Pesos de Evidência

Nesse modelo foram calculados os pesos de evidência, tendo como entrada de dados os mapas de classes de uso do solo, inicial e final, o cubo de variáveis e o arquivo de intervalos das variáveis contínuas, correspondentes aos períodos de 1972 a 1988, 1988 a 1995, 1995 a 2006.

Como saída desse 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.

7.2.3.2 Calibração do Modelo

a) Associação ou Dependência Espacial entre Variáveis

Com base nos arquivos de dados, *weights.dcf*, no mapa de classes de uso do solo (cenário inicial) e no cubo de variáveis estáticas, foi executado o modelo para calcular os índices de *Cramer (V)* e o de Incerteza de Informação Conjunta (*Joint Information Uncertainty - JIU*), a fim de avaliar a dependência espacial entre variáveis, para os períodos de simulações de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006.

O modelo fornece como saída um arquivo texto, salvo como *log.txt*, que apresenta para cada transição todas as combinações possíveis entre pares de variáveis e os respectivos valores de *V* e *JIU*.

b) Funções de Transição e Definição de Percentuais

Para a realização da simulação do modelo na plataforma Dinamica EGO, são utilizados dois algoritmos de transição: a função *expander* (expansão), relativa à expansão das manchas pré-existentes de uma dada classe de uso do solo, e a função *patcher* (formador de manchas), que geraram novas manchas de uma dada classe.

A definição dos percentuais para as funções *expander* e *patcher* é feita de forma heurística pelo usuário, que insere o percentual de *expander* individualmente para cada transição.

Foram definidos os percentuais da quantia total de células que sofreram mudanças por função *expander* e, automaticamente, o sistema estabelece que o restante é definido por *patcher*. Nesse modelo, para esse percentual foi definido o valor de 0, 2, relativo a todos os períodos de simulações 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006.

c) Parâmetros Internos para a Caracterização Morfológica da Paisagem nas Simulações

Esse procedimento implica na definição das novas manchas nas funções de *expander* e *patcher*, sendo definidos os parâmetros estatísticos média, variância e isometria, para cada transição de classes.

Para cada período de simulação, os valores da média e variância foram adquiridos a partir das classes do mapa de transição, elaborado no *IDRISI*, através da tabulação cruzada dos mapas de classes de uso do solo, inicial e final de cada período. Na plataforma *TerraView*, foram extraídos os valores de áreas dos polígonos correspondentes a cada uma das classes de transição, e em ambiente *Excel*, foram calculadas as médias e as variâncias referentes aos polígonos resultantes de cada transição.

Os dados desses parâmetros estatísticos e de isometria foram inseridos na plataforma Dinamica, para simular as manchas de classes temáticas dos tipos *expander* e *patcher*. Salienta-se que para o parâmetro isometria foi adotado o valor 2,0 que implica na geração de manchas compactas.

7.2.3.3 Simulação do Modelo

Para as simulações de mudanças, foram utilizados o mapa de uso inicial de cada período, o cubo de variáveis correspondente, as matrizes de transição, os pesos de evidência e o número de passos a ser aplicado. Conforme já indicado anteriormente, as simulações executadas referem-se aos períodos de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006.

Como resultados, foram produzidos mapas apresentando as classes de uso do solo, bem como mapas de probabilidades para cada uma das transições, indicando as células com maior propensão a mudanças.

Nas simulações, foram introduzidas as chamadas variáveis dinâmicas, representadas pelas distâncias às classes de uso da terra, nas quais ocorreram mudanças a cada iteração. Esse procedimento implica em contínua atualização, influenciando no cálculo das probabilidades na seqüência das transições. As mudanças nas células (uso do solo) que ocorrem nas sucessivas iterações influenciam na configuração espacial do mapa final. Em cada período selecionado, o mapa simulado deve aproximar-se o máximo possível do mapa de uso final real. Caso a simulação gerada não seja satisfatória, procedem-se iterativamente ajustes dos parâmetros internos do modelo e novas execuções de simulação, até que se obtenha o resultado desejado.

7.2.3.4 Validação do Modelo

Os resultados de modelos espaciais devem submeter-se a uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados em nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de r padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels.

O método de validação na plataforma Dinamica EGO é baseado no método de similaridade *fuzzy* criado por Hagen (2003), o qual inclui o *Kfuzzy*, considerado equivalente ao método estatístico *Kappa*, e a similaridade *fuzzy*, que verifica a localização e a categoria dentro da vizinhança da célula considerada.

O método de Hagen (2003), empregado neste trabalho, baseia-se no conceito de “*fuzziness of location*” (dubiedade de localização), no qual a representação de uma célula é influenciada por ela mesma, e, em menor magnitude, pelas células na sua vizinhança. Sem levar em conta a dubiedade da categoria ou estado da célula, o vetor de vizinhança “*fuzzy neighborhood*” pode representar a dubiedade de localização. Detalhes desse método encontram-se apresentado no item 5.1

Para a execução da validação espacial, foram utilizados os mapas de uso inicial e final real de cada período selecionado, bem como os resultados de simulação.

Além da validação do modelo foi feita a comparação visual detalhada entre a simulação e o mapa real, verificando sua proximidade.

Realizado o procedimento de validação, com base nos índices de similaridade gerados, e considerando os resultados obtidos, pode-se decidir sobre a adequação da aplicação do modelo para a simulação de um dado cenário.

7.2.3.5 Simulação de Cenários Futuros de Mudanças de Uso do Solo

Na seqüência, foram realizadas simulações futuras de mudanças de uso do solo da área urbana de Rio Claro, considerando curto e médio prazos, respectivamente 5 e 10 anos, a partir da data de término das simulações, referente ao cenário de 2006.

Para a execução do modelo para prognósticos, foram utilizados os arquivos de matriz de transição e de pesos de evidência resultantes da simulação do último período selecionado

(1995 a 2006). Nesse passo utiliza-se também o cubo de variáveis estáticas (conjunto de variáveis) e mapa de uso do solo relativo ao cenário de 2006.

A avaliação da precisão dos resultados das simulações para o prognóstico de 5 anos, foi conduzida considerando-se os índices de similaridade obtidos a partir de observações nas imagens atualizadas disponíveis no sistema Google Earth (2011), e verificação de campo.

8. RESULTADOS

Conforme os objetivos e abordagem metodológica propostos para analisar a dinâmica das mudanças no uso do solo urbano são apresentados os resultados para os períodos de simulações de 1972 a 1988, 1988 a 1995, 1995 a 2006 e simulações para prognósticos de 2006 a 2011 (5 anos) e 2006 a 2016 (10 anos), conforme os itens que se seguem.

8.1 Os Produtos Temáticos para Entrada de Dados na Plataforma Dinamica EGO

Conforme já indicado nos procedimentos metodológicos, foram gerados produtos temáticos por meio de imagens de Sensoriamento Remoto, os quais foram preparados e inseridos no Banco de Dados da Plataforma Dinamica EGO. Os dados extraídos das imagens referem-se aos mapas de uso do solo relativos aos cenários de 1972, 1988, 1995 e 2006, respectivamente, ilustrados nas Figuras 6, 7, 8, 9. Também foram obtidos mapas derivados que representam dados de distâncias exibidos nas Figuras 10 e 11. Por outro lado, os mapas de transição do uso do solo relativos aos períodos de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006 não serão apresentados devido ao número de classes geradas resultantes das múltiplas iterações/combinções que se desenvolvem a partir dos mapas de classes do uso do solo. Deve-se ainda salientar a presença de polígonos gerados que apresentam pequena expressão em área no contexto da escala de mapeamento.

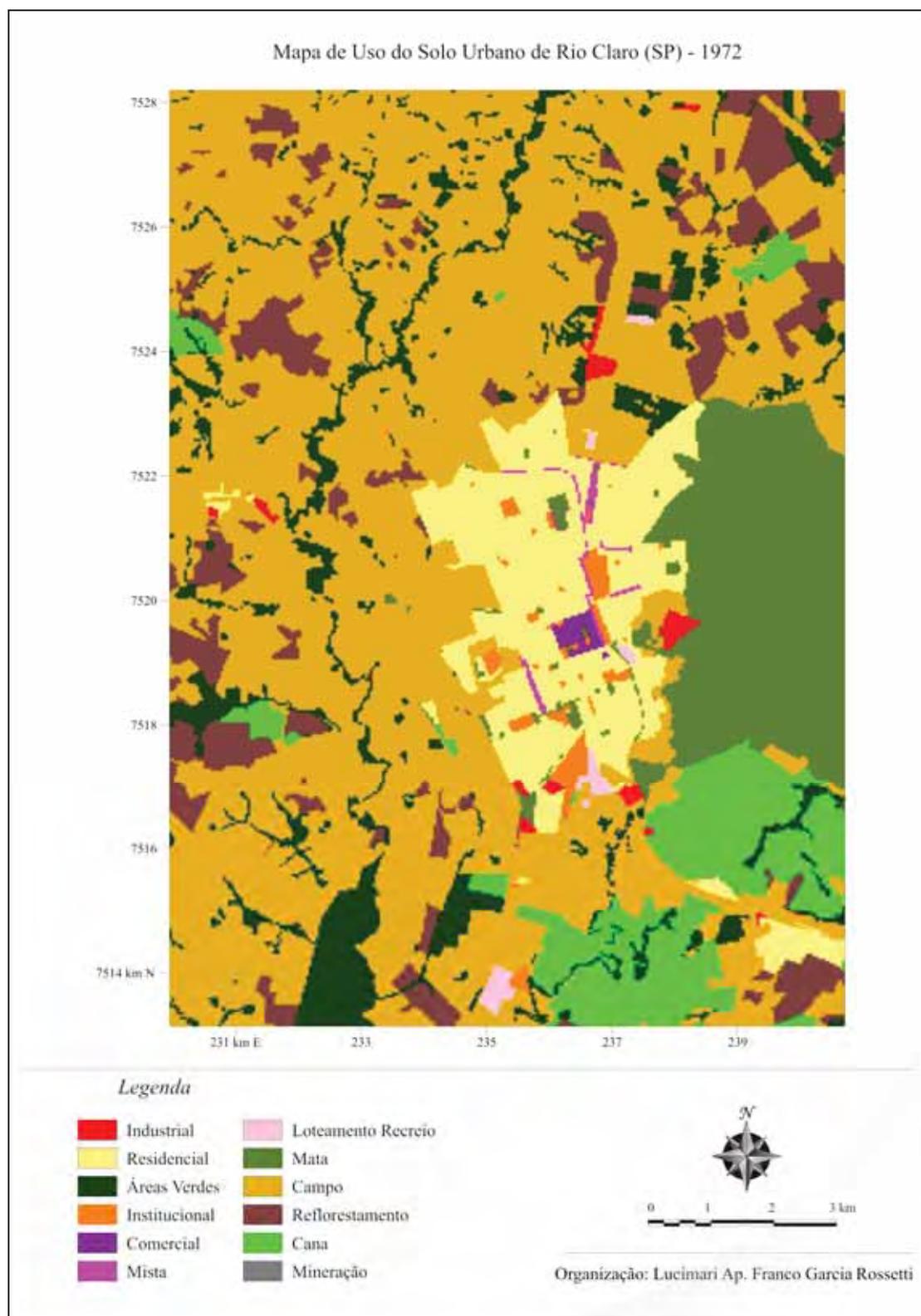


Figura 6 – Mapa de uso do solo urbano – 1972.

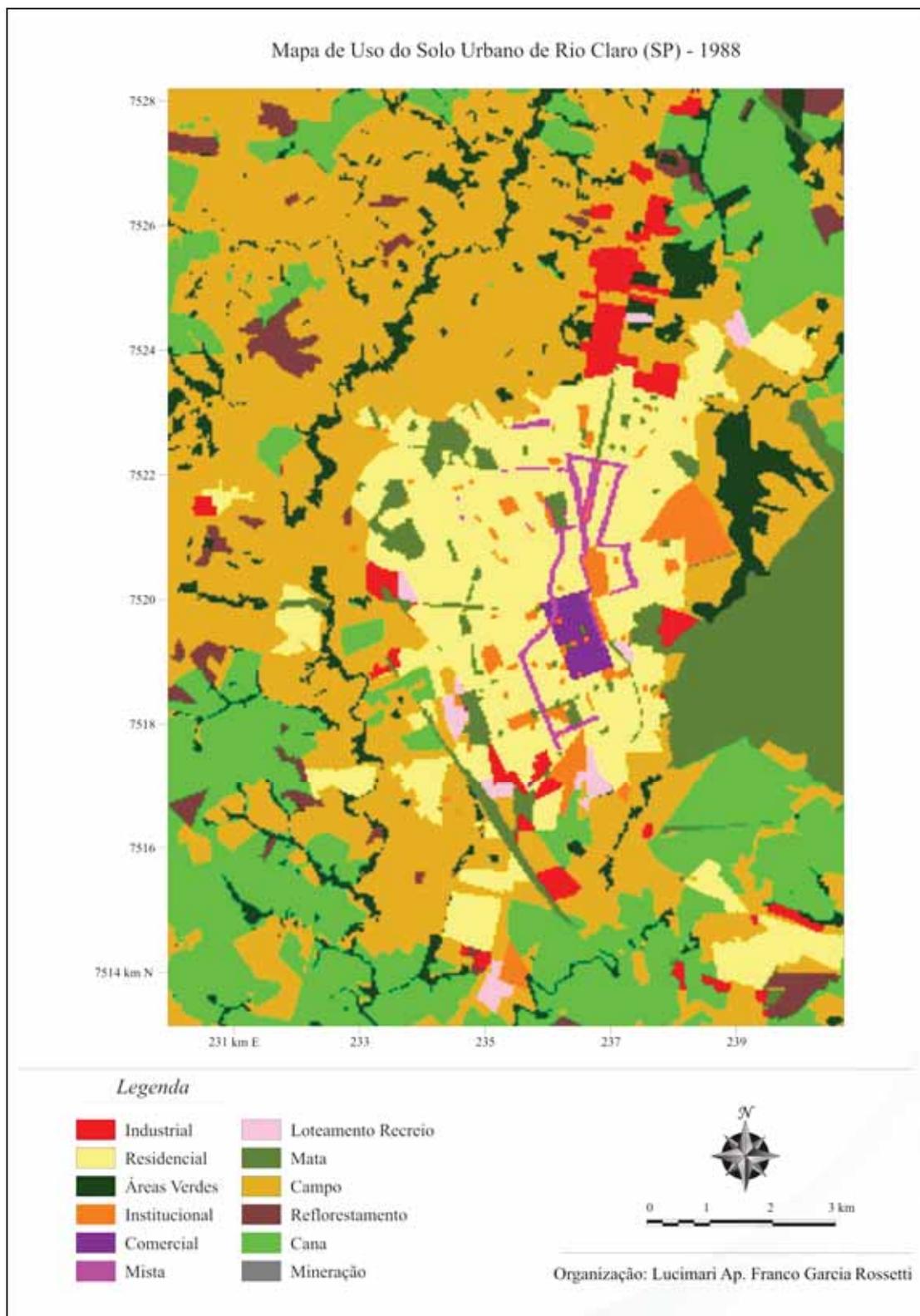


Figura 7 – Mapa de uso do solo urbano – 1988.

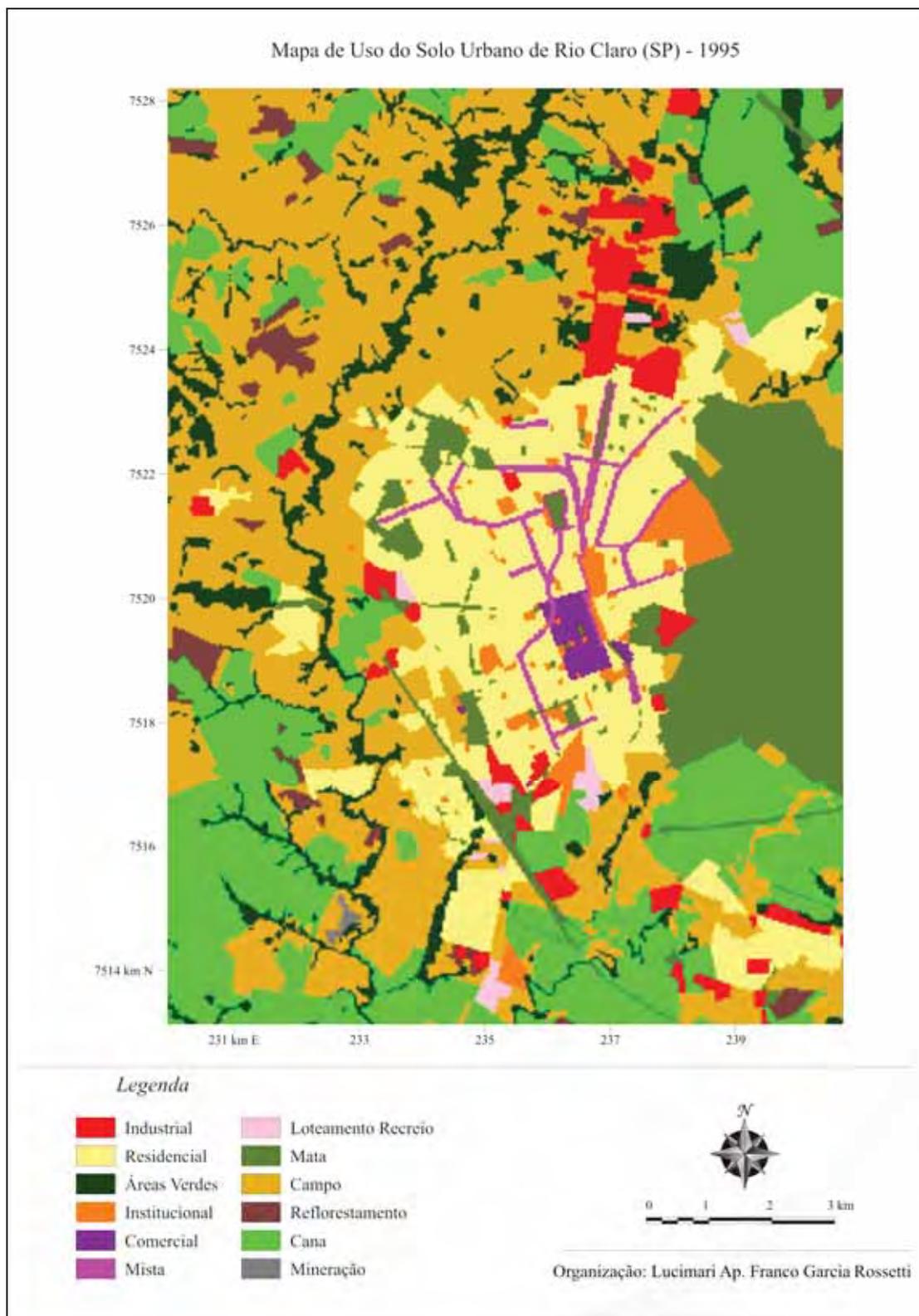


Figura 8 – Mapa de uso do solo urbano – 1995.

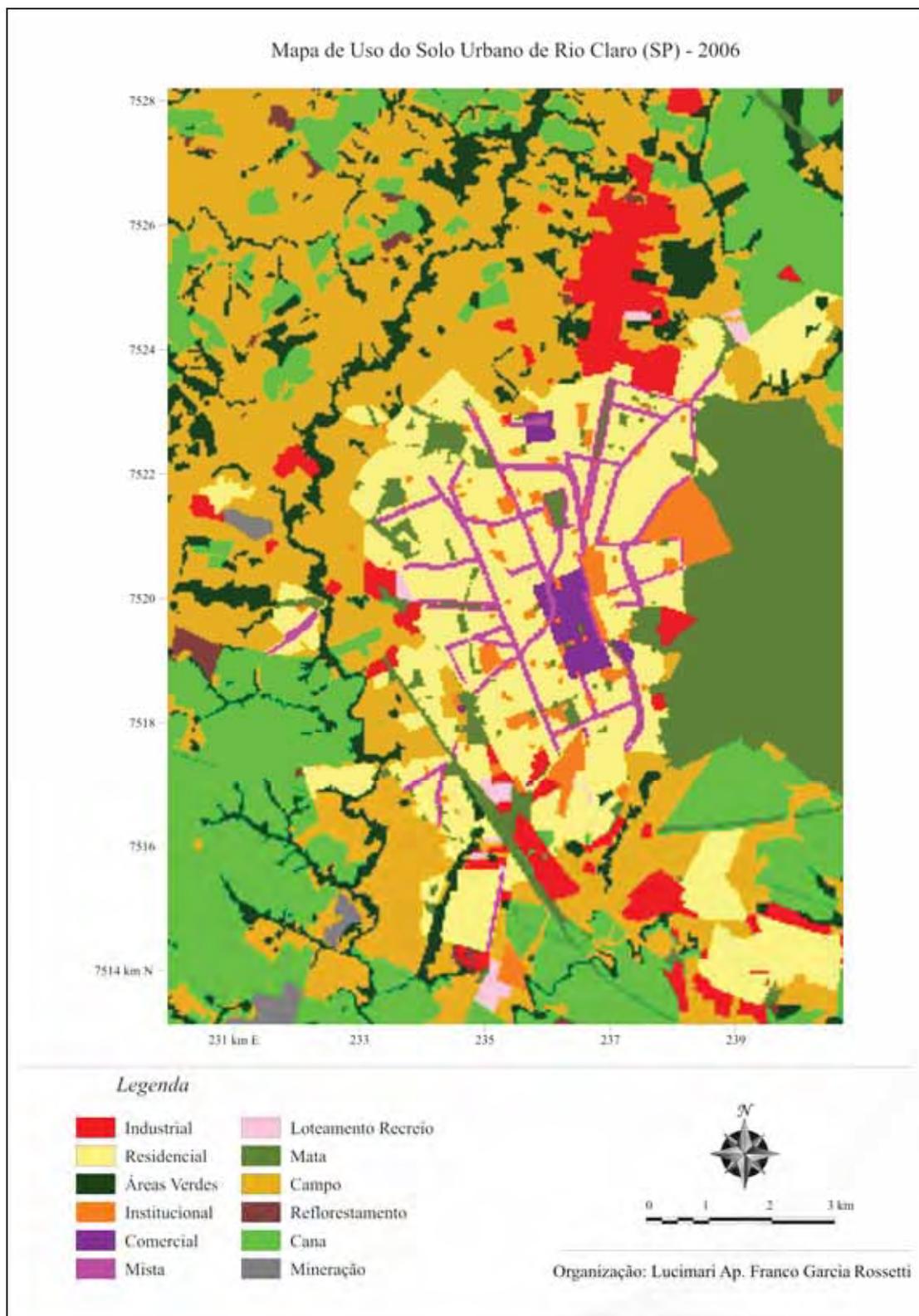


Figura 9 – Mapa de uso do solo urbano – 2006.

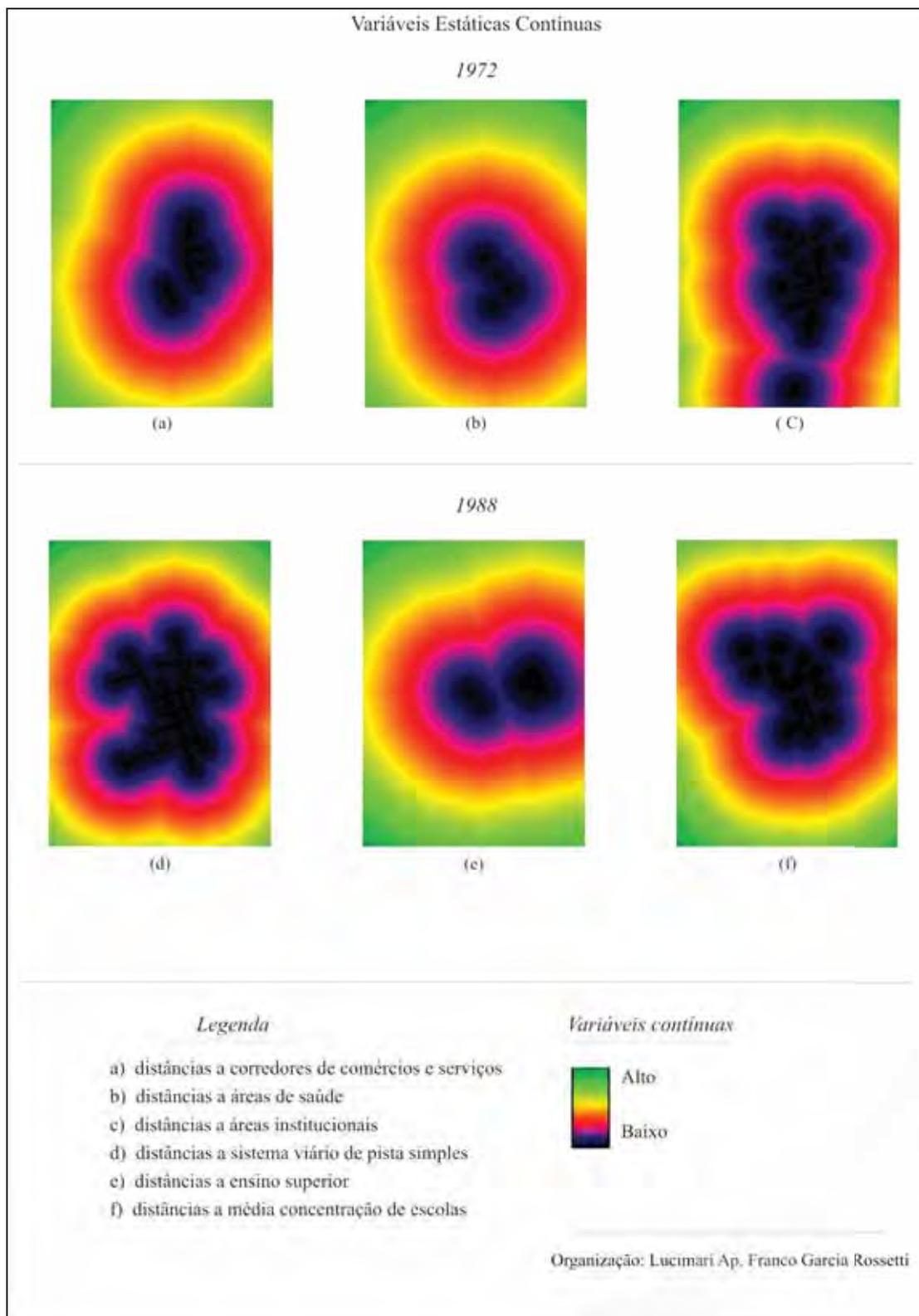


Figura 10 – Exemplos de variáveis estáticas contínuas – 1972 e 1988.

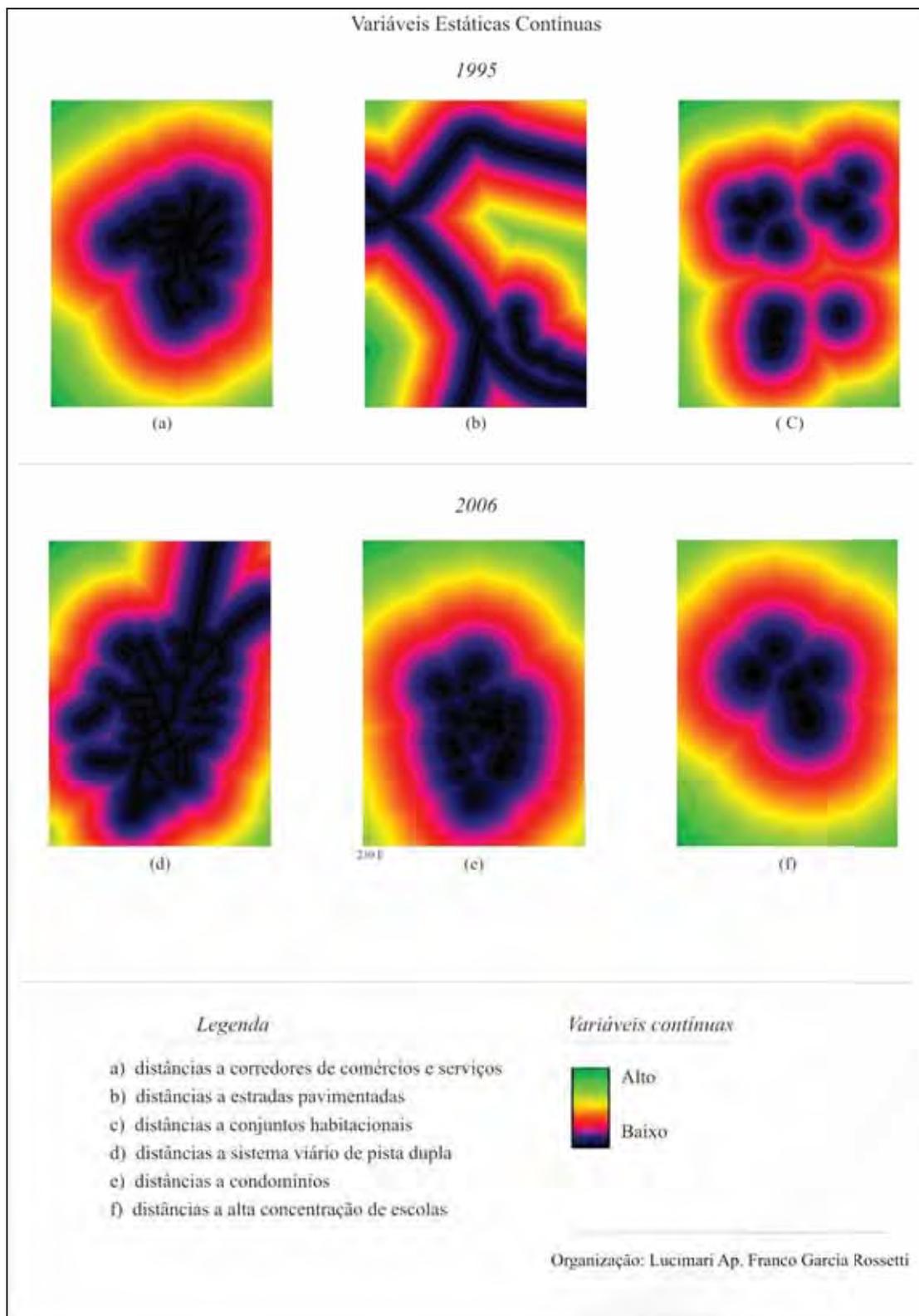


Figura 11 – Exemplos de variáveis estáticas contínuas – 1995 e 2006.

8.2 Os Produtos da Modelagem das Mudanças do Uso do Solo - Plataforma Dinamica EGO

As simulações de mudanças do uso do solo, desenvolvidas na plataforma Dinamica EGO, compreenderam as etapas de parametrização, calibração e validação. Os resultados correspondentes aos períodos de simulações de 1972 a 1988, 1988 a 1995 e 1995 a 2006, e as simulações dos prognósticos para curto e médio prazo, respectivamente 5 e 10 anos serão apresentados a seguir.

Todos os dados de transição obtidos se referem exclusivamente ao ambiente urbano, excluindo-se as transições resultantes na faixa de entorno extra-urbano.

8.2.1 Simulação de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1972 a 1988

O município de Rio Claro na década de 1970, possuía 18,20 km² de área intra-urbana, conforme dados obtidos do mosaico aerofotogramétrico e segundo Censo do IBGE sua população era de 78.040 habitantes, sendo 69.682 correspondentes a população urbana e 8.358 a população rural. Na década de 1980 sua área intra-urbana cresceu para 34,62 km² e a população aumentou para 110.212 habitantes, sendo 104.091 urbana e 6.121 rural.

Para o período de 1972 a 1988 foram aplicados procedimentos de simulações no ambiente da plataforma Dinamica EGO, para a indicação do cenário simulado de 1988.

Nesse processo de simulação foram geradas duas Tabelas de valores de probabilidades de transição, uma anual e outra global para o período em análise.

No caso da Tabela (ou matriz) de transição global, seus dados são resultantes da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo - inicial (1972) e final (1988), que indicam as taxas (ou percentuais) de probabilidades das mudanças de classes ocorridas nesse período de tempo.

A Tabela 2 ilustra a matriz de probabilidade de transição para o período em análise.

Tabela 2 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo 1972 a 1988

Transição de Uso do Solo	Probabilidade de Transição (%)
Industrial para Institucional	5,18
Residencial para Industrial	1,13
Residencial para Institucional	1,23
Residencial para Comercial	2,94
Residencial para Mista	4,70
Áreas Verdes para Institucional	6,50
Recreio para Institucional	11,36
Mata para Residencial	6,16
Campo para Industrial	2,81
Campo para Residencial	9,78
Campo para Áreas Verdes	3,41
Campo para Institucional	0,31
Campo para Loteamentos de Recreio	0,63
Reflorestamento para Industrial	2,40
Reflorestamento para Residencial	8,89
Reflorestamento para Loteamentos de Recreio	0,82
Cana para Industrial	1,02
Cana para Residencial	2,39
Cana para Áreas Verdes	1,25

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Pela observação dos valores da Tabela 2 verificam-se as expressivas transições para o uso residencial, particularmente resultante da expansão da malha urbana ocorrida nesse período. Os valores obtidos foram: 9,78% de probabilidades de transição das classes de uso do campo para residencial, 8,89% de reflorestamento para residencial, 6,16% de mata para residencial e de 2,39% de cana para residencial. Salienta-se que toda expansão ocorre no entorno imediato do perímetro urbano subtraindo áreas do meio rural, conforme Figura 12.

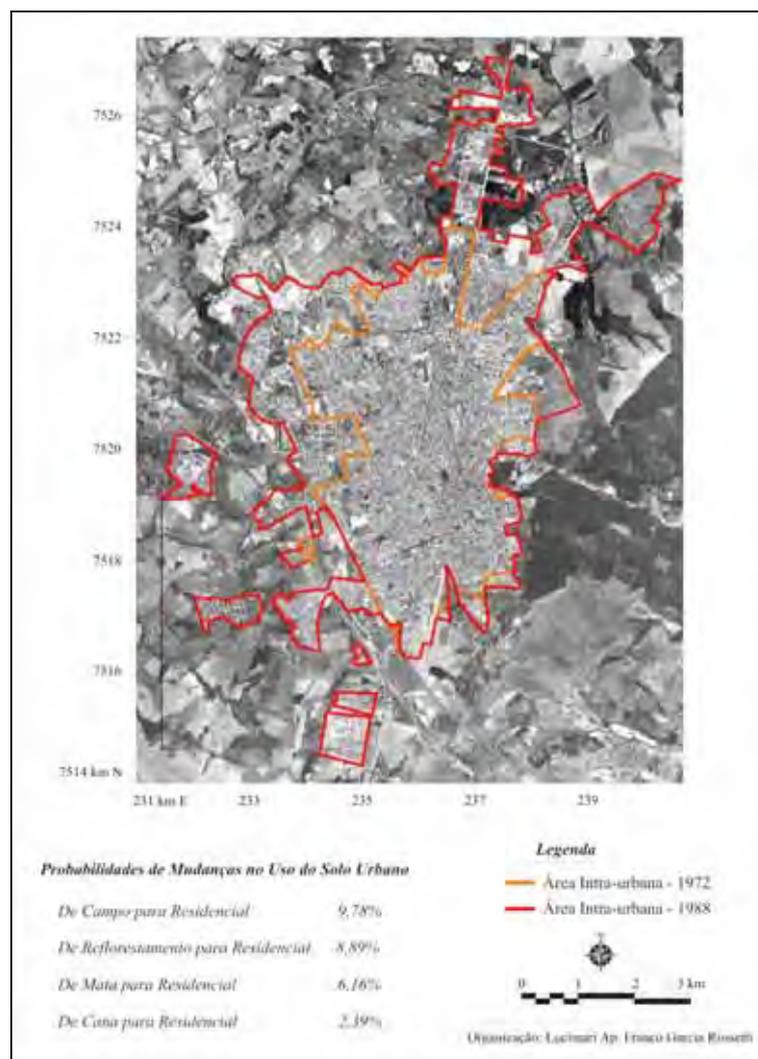


Figura 12 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a expansão da malha urbana - 1972 a 1988.

Outra transição expressiva ocorrida nesse período refere-se à mudança da classe de uso áreas verdes para uso institucional, apresentando uma taxa de probabilidade de transição de 6,50%. Portanto, verifica-se nessa transição a implantação do Campus da UNESP (Figura 13) nas imediações das áreas residenciais e próximas a Floresta Estadual Navarro de Andrade.

Ainda, as mudanças para o uso institucional ocorreram em menores proporções, apresentando valor de 5,18% para a transição do uso industrial para institucional com a implantação do Cemitério Palmeiras na zona sudeste da cidade. Outra transição observada refere-se à de uso residencial para institucional com valor de 1,23% de probabilidade de transição, tanto no setor intra-urbano quanto na sua periferia.

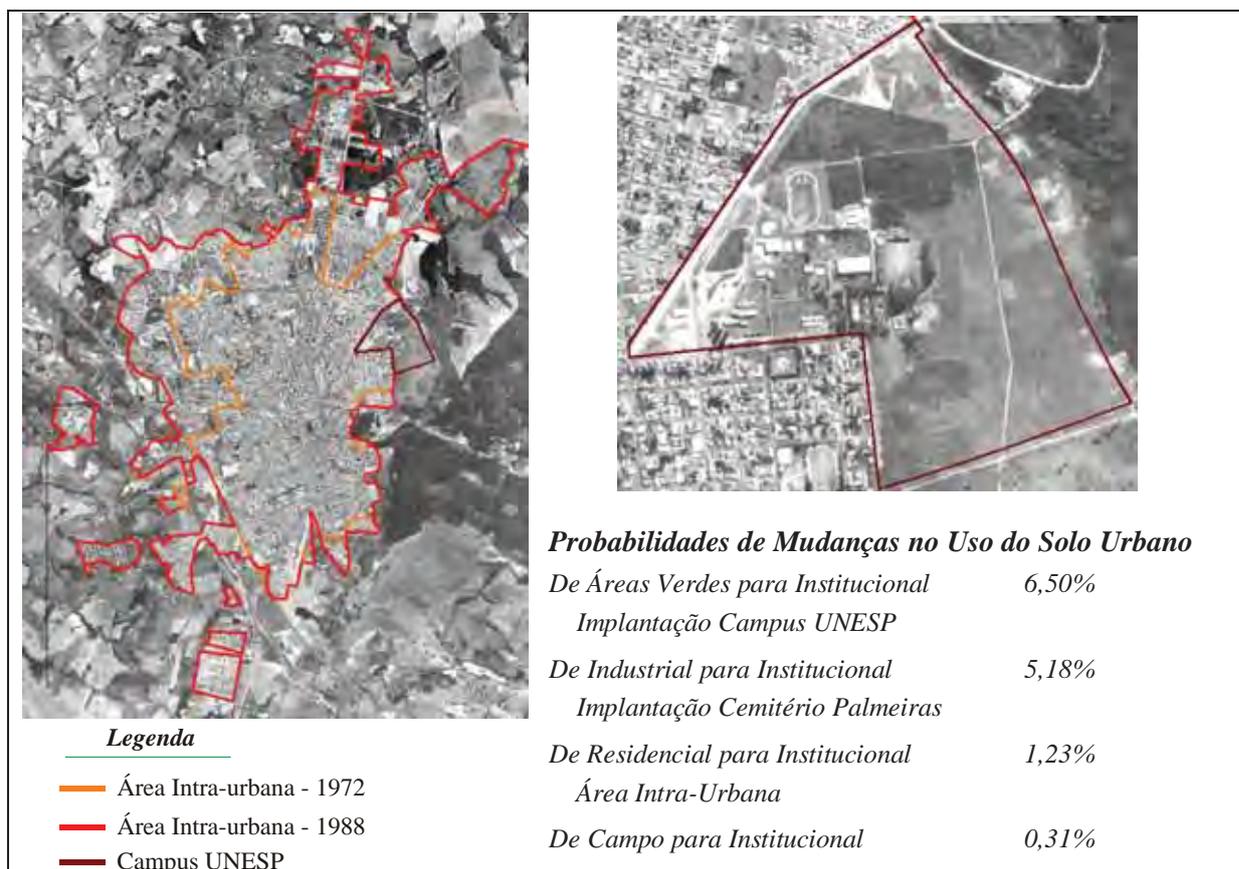


Figura 13 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação do Campus da UNESP, próxima a Floresta Estadual Navarro de Andrade – 1972 a 1988.

Também, através da Tabela 2 destacam-se as transições ocorridas para o uso industrial, originadas das classes campo e reflorestamento com 2,81% e 2,40% de probabilidades de transição respectivamente. Essas alterações foram expressivas em decorrência da implantação do parque industrial na periferia norte da cidade na década de 1970. A implantação do parque industrial (Figura 14) associou-se ao processo de desconcentração industrial que ocorreu no Estado de São Paulo a partir daquela década. Em menores proporções, podem-se exemplificar as transições das classes uso residencial e cana que alteraram para o uso industrial com os valores de 1,13% e 1,02% de probabilidades de transição.

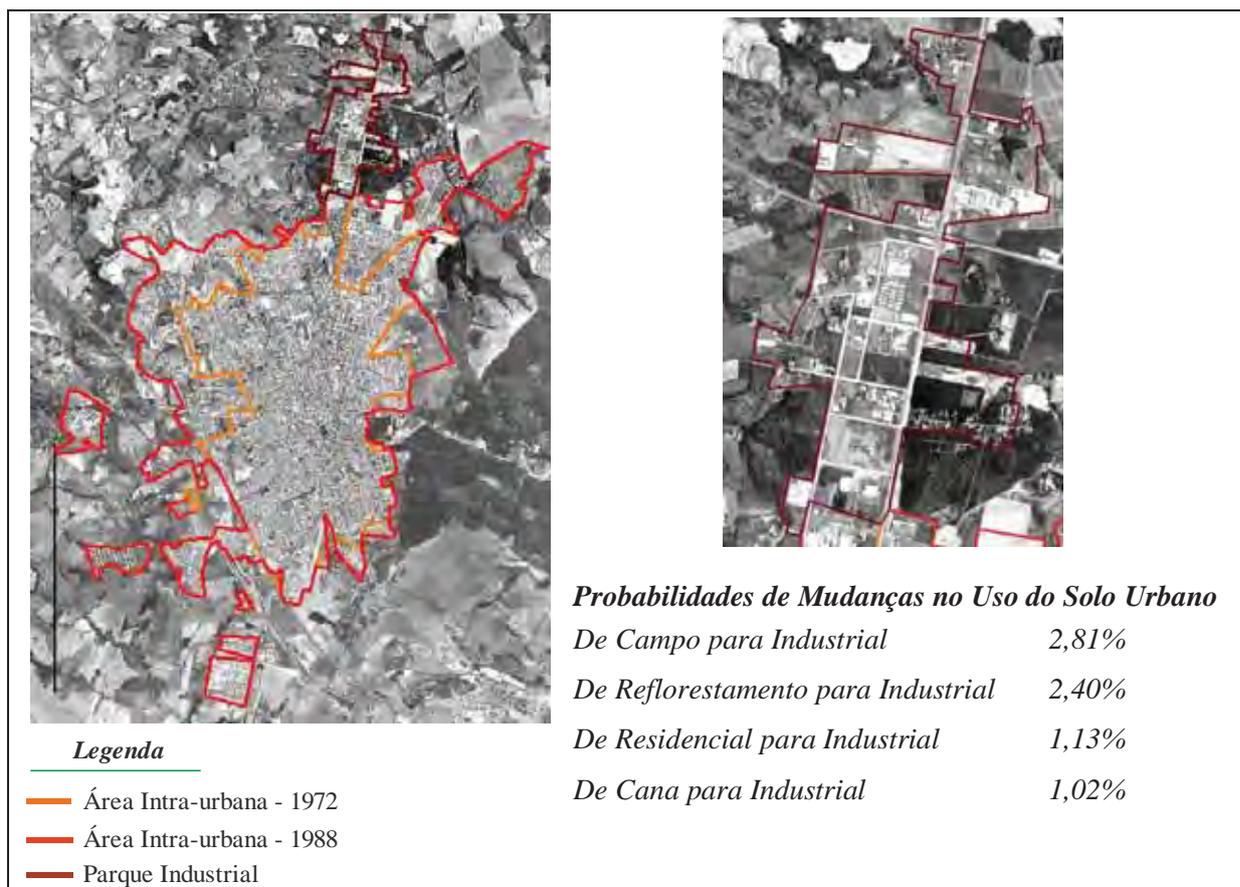


Figura 14 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação do parque industrial no setor norte da cidade – 1972 a 1988.

Outro fato a se destacar foi o início da implantação de corredores de comércio e serviços que ocorreram nas proximidades da área central intra-urbana em substituição à áreas da classe uso residencial. Essa alteração, nesse período, apresentou valor de 4,70% de probabilidade de transição proporcionada pela proximidade ao centro comercial já consolidado, as vizinhanças de áreas residenciais potencialmente consumidoras e pelo acesso proporcionado pelas principais vias do sistema viário. A Figura 15 ilustra a expansão dos corredores de comércio e serviços na malha intra-urbana.

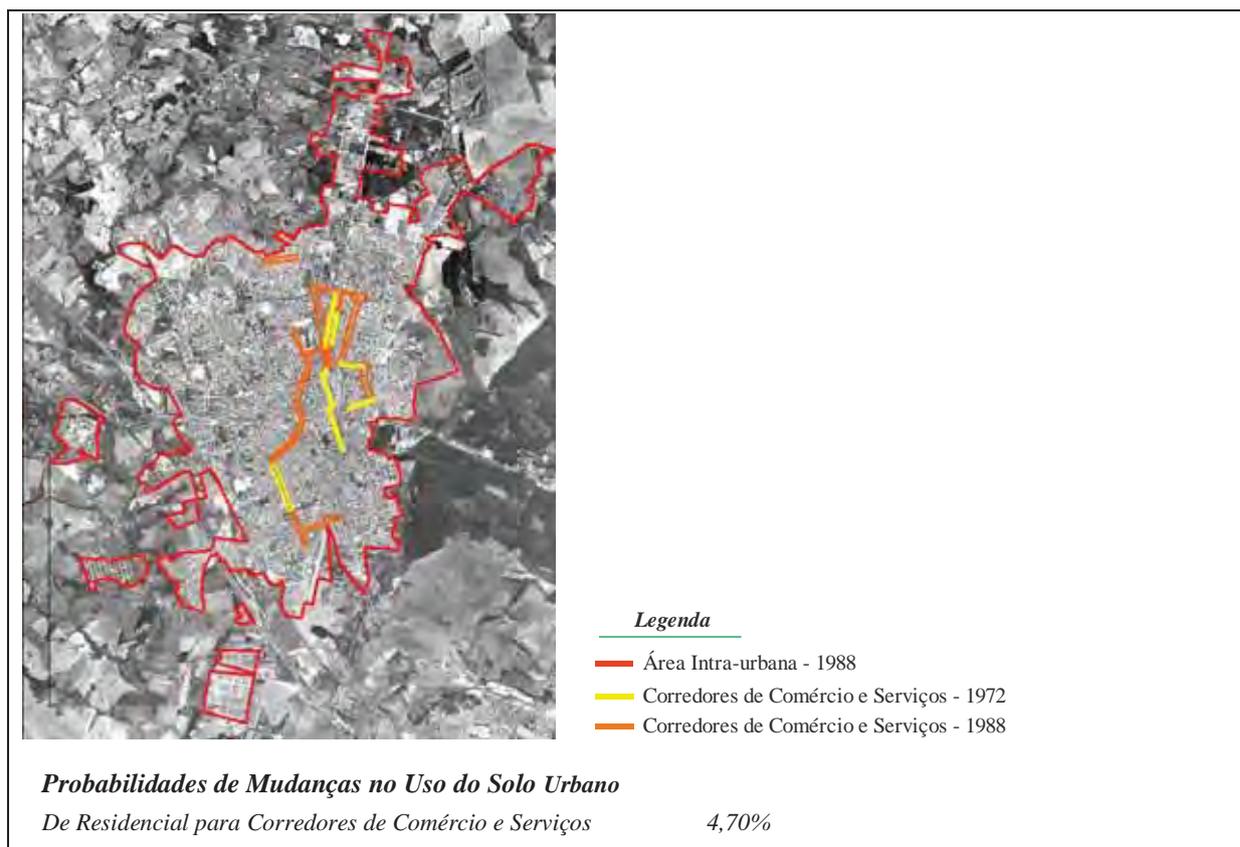


Figura 15 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a expansão dos corredores de comércio e serviços – 1972 a 1988.

A transição de uso residencial para comercial apresentou uma taxa de 2,94% de probabilidade de transição proporcionada pela expansão dos centros comerciais existentes, geralmente instalados na área central da cidade. Essa transição é ocasionada pelo aumento do mercado de consumidores que passa exigir novas instalações comerciais, onde as habitações residenciais do entorno são substituídas (cedem espaços) para as instalações dessas atividades.

Por sua vez, na periferia da cidade a expansão do sistema viário em novos loteamentos resultou na transição da classe campo para áreas verdes através da implantação de cobertura vegetal (gramíneas, arbustivas e arbóreas) no sistema de arruamento que apresentou uma taxa de 3,41% de probabilidade de transição. Também, incluem-se nessa transição alterações ocorridas no sistema viário anteriormente implantado, através de seu redimensionamento. Destaca-se a implantação de áreas verdes destinada ao lazer, exemplificado pela estruturação e urbanização do “Parque Lago Azul” (Figura 16) que constitui, nos dias atuais, importante setor de lazer e cultura de Rio Claro. Situada no setor centro norte da cidade, essa área aproveitou, de forma inadequada, a nascente principal do córrego da Servidão, cuja bacia hidrográfica encontra-se urbanizada em sua totalidade.

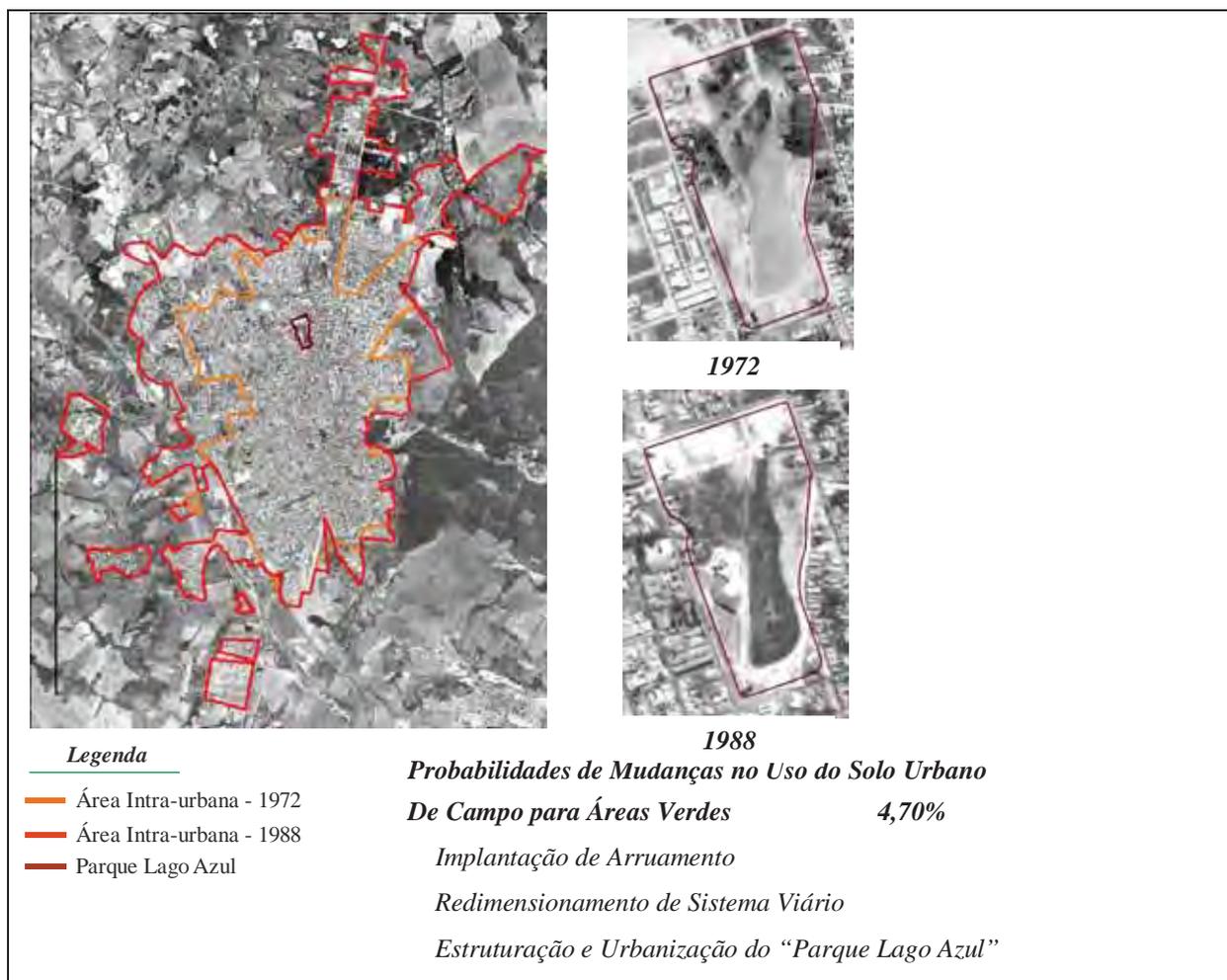


Figura 16 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a estruturação e urbanização do “Parque Lago Azul” - 1972 a 1988.

A substituição das classes campo e reflorestamento para loteamento de recreio (chácaras) em vários setores da periferia apresentaram respectivamente, valores de 0,63% e 0,82% probabilidades de transição. As instalações dos loteamentos de recreios ocorrem geralmente no entorno da malha urbana, devido ao acesso aos sistemas viários e as proximidades dos subcentros comerciais, localizados nessas áreas periféricas. Como exemplo típico, tem-se o Bairro Recanto das Águas Claras, localizado na zona nordeste da cidade, condomínio destinado às instalações de chácaras.

Na seqüência dos procedimentos metodológicos foram determinados os pesos de evidência que indicam a influência (a proximidade) exercida por uma variável de entrada na ocorrência de uma dada transição. Portanto, a proximidade de uma dada variável indica maior ou menor probabilidade de ocorrer uma dada transição. A seguir serão apresentados exemplos dessa relação entre pesos de evidência e a probabilidade de ocorrer uma dada transição.

A transição da classe campo para uso residencial ocorreu significativamente com a implantação de novos loteamentos no entorno das áreas urbanizadas. Um dos fatores facilitadores para o crescimento da malha urbana previamente existente para as áreas periféricas é a disponibilização das redes de infra-estruturas básicas existentes, como abastecimento de água e esgoto, redes de energia elétrica e telefônica. Quando a expansão urbana ocorre em áreas adjacentes ao núcleo já consolidado, os custos operacionais para a instalação de redes de infra-estruturas é menos oneroso do que para os casos em que a expansão acontece em manchas isoladas, desconectadas da malha urbanizada.

Também, a proximidade às escolas, equipamentos de saúde e áreas institucionais constituem fortes vetores (pesos) motivadores do crescimento da malha urbana. Os gráficos da Figura 17 exibem exemplos de variáveis que favoreceram a transição de campo para residencial, notando-se que as distâncias a média concentração de escolas exercem maior influência nesse processo de transição do que as distâncias a sistema viário de pista simples.

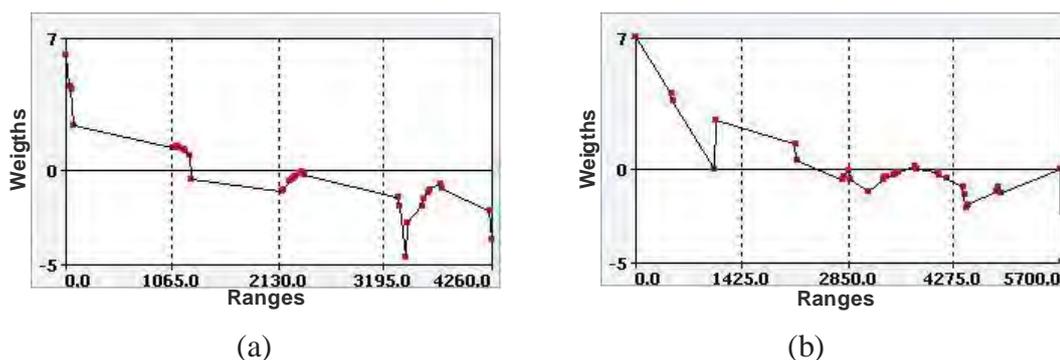


Figura 17 – Exemplos das variáveis relativas à transição de campo para residencial: a) distâncias a sistema viário de pista simples, b) distâncias a média concentração de escolas.

Um exemplo de crescimento da área urbanizada desconectada da malha urbana é verificado na Figura 18 com a implantação dos loteamentos dos Bairros Novo Jardim Wenzel e Jardim Bom Sucesso na zona oeste da cidade.

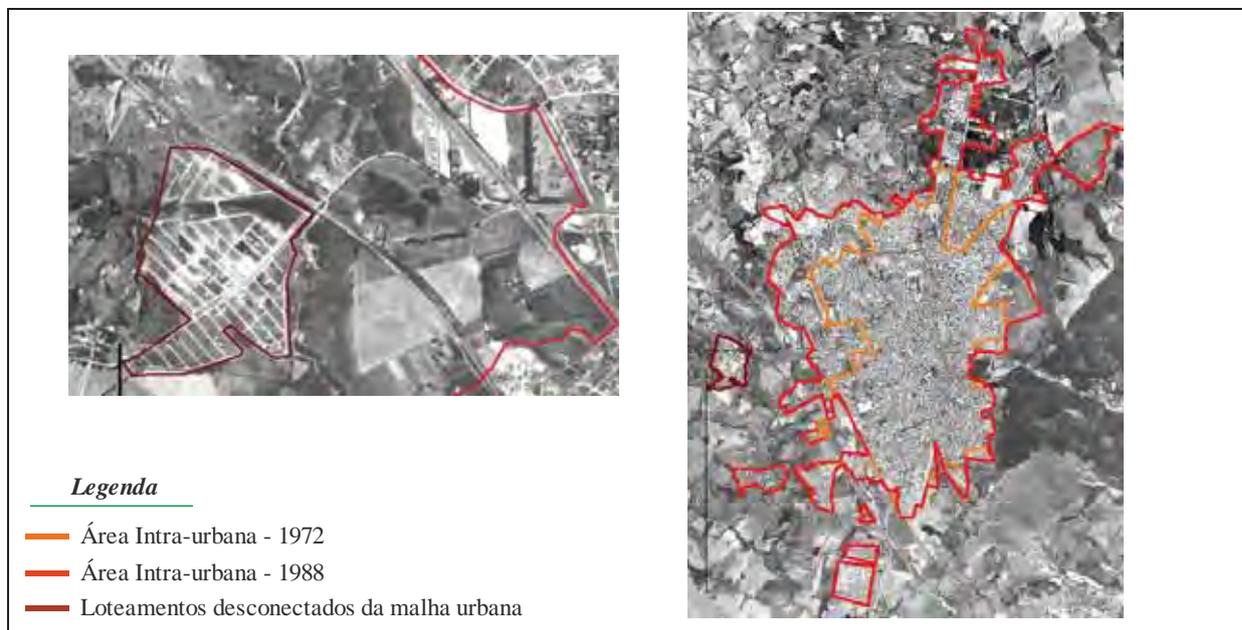


Figura 18 – Mosaico aerofotogramétrico (1988) com a implantação dos loteamentos nos Bairros Novo Jardim Wenzel e Jardim Bom Sucesso, desconectados da malha urbana – 1972 a 1988.

Quanto à instalação de equipamento institucional (por exemplo, escola, hospital) é determinada pela proximidade de população que demande esse serviço. Nesse caso, por exemplo, um dado setor da cidade de uma área da classe residencial pode ser substituído pela implantação de um equipamento institucional, na medida em que a população local demande aquele serviço.

Nesse período de análise, destaca-se a implantação do novo Campus da UNESP, no setor periférico nordeste da cidade, com a transição da classe áreas verdes para institucional. Nesse caso, um setor do Horto Florestal (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade) foi cedido para instalação do Campus da UNESP. Entretanto, a Floresta Estadual impede a expansão da malha urbana no setor leste da cidade.

Os gráficos da Figura 19 demonstram que na transição de áreas verdes para institucional ocorrida com a implantação do Campus da UNESP, a proximidade ao sistema viário de pista simples apresenta uma maior interferência quando as faixas de distâncias estão bem próximas a essa área de transição e se mantém quando se distanciam.

Para o caso da implantação do novo campus da UNESP (transição áreas verdes para institucional), ilustram-se através dos gráficos da Figura 19 dois exemplos de pesos de

variáveis condicionantes, gráfico (a) indica a influência da variável sistema viário de pista simples e o gráfico (b) a distância (influência) associada à variável uso comercial. Para o primeiro caso verifica-se importante peso associado à proximidade de sistema viário, enquanto que para o segundo caso os pesos apresentam valores baixos quanto à proximidade.

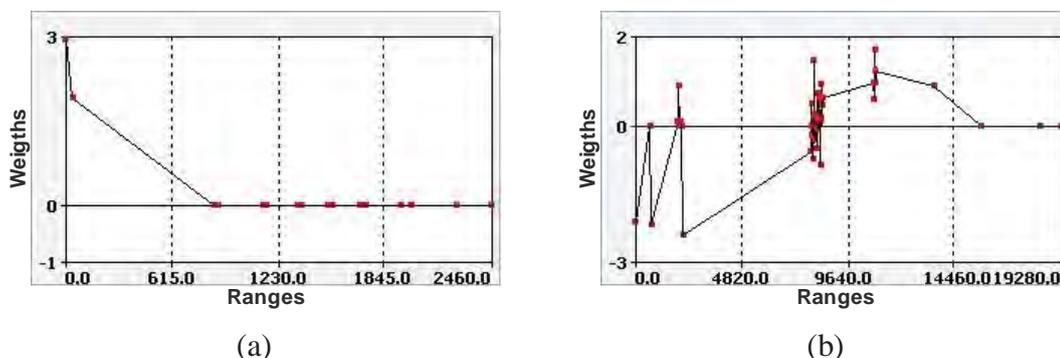


Figura 19 – Exemplos das variáveis relativas à transição de áreas verdes para institucional: a) distâncias ao sistema viário de pista simples, b) distâncias ao uso comercial.

Por sua vez, a transição para uso industrial ocorreu com a implantação do distrito industrial. O gráfico da Figura 20 ilustra a relação existente da implantação de distritos industriais e elementos facilitadores em termos de infra-estrutura tais como as condições de acesso a sistemas viários devido à necessidade de entrada de matérias-primas e escoamento de produção. Para esse tipo de transição, as proximidades de outras variáveis também podem ser consideradas, como exemplo, as áreas de atividades comerciais e serviços que conferem apoio logístico a esses distritos.

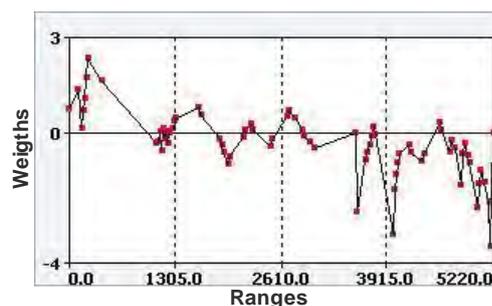


Figura 20 – Exemplo da variável distâncias ao sistema viário de pista dupla, relativa à transição de campo para industrial.

O processo de expansão dos corredores de comércio e serviços é proporcionado pelas boas condições de proximidade ao centro comercial já consolidado, as vizinhanças de áreas residenciais potencialmente consumidoras e o acesso proporcionado pelas principais vias do sistema viário. O gráfico da Figura 21 demonstra a importância da proximidade ao sistema viário de pista dupla.

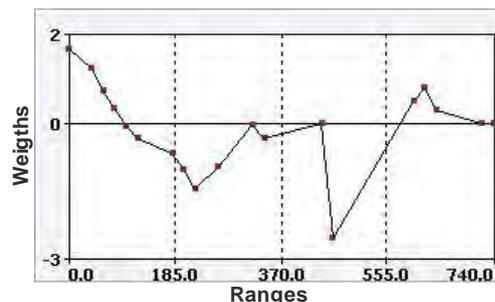


Figura 21 – Exemplo da variável distâncias ao sistema viário de pista dupla, relativa à transição de uso residencial para corredores de comércio e serviços.

A expansão dos centros comerciais já existentes, geralmente instalados na área central da cidade, é ocasionada pelo aumento do mercado de consumidores que passa a exigir novas instalações comerciais, onde as habitações residenciais do entorno são substituídas (cedem espaços) para as instalações dessas atividades. Os gráficos da Figura 22 demonstram que na transição de uso residencial para comercial a proximidade ao sistema viário de pista simples exerce maior influência do que o acesso à pista dupla.

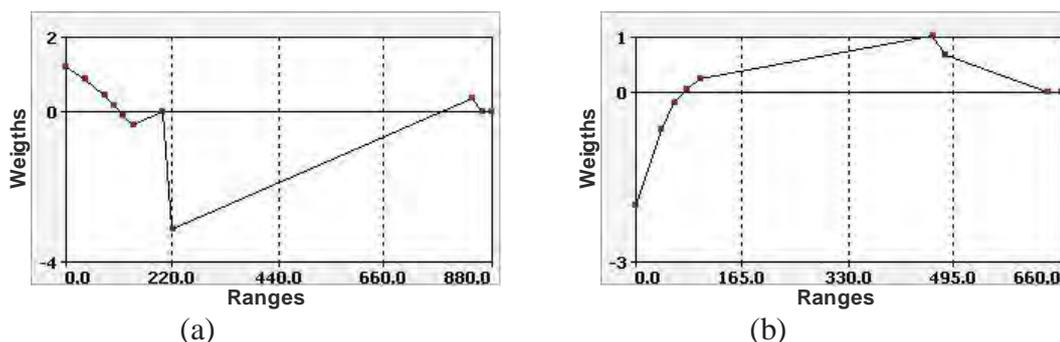


Figura 22 - Exemplos das variáveis relativas à transição de uso residencial para comercial: a) distâncias ao sistema viário de pista simples, b) distâncias ao sistema viário de pista dupla.

Após o cálculo das faixas de distâncias e dos pesos de evidência, foram verificadas a associação ou dependência espacial entre as variáveis pertencentes a uma mesma transição com base no arquivo texto (*log.txt*), que apresenta para cada transição todas as combinações possíveis entre pares de variáveis e os respectivos valores de V e JIU . Conforme Bonham-Carter (1994), se os valores do Joint Information Incerted (JIU) situam-se acima de 0,50, isto indica mais associação espacial do que menos, e assim, uma das variáveis deve ser eliminada, ou então ambas as variáveis devem ser combinadas em único plano de informação, a fim de se evitar o enviesamento do modelo por redundância de informações.

Para a caracterização morfológica da paisagem nas simulações foram definidos os parâmetros da média, variância e isometria para cada transição de classes, informando ao

modelo o número de 16 passos, correspondentes aos 16 anos decorridos entre o tempo inicial (1972) e final (1988) do período de simulação.

Como resultados, foram produzidos 16 mapas de paisagem (Figuras 23a, 23b, 23c), retratando as classes de uso do solo, bem como mapas de probabilidades (Figuras 24) para cada uma das transições, indicando as células com maior propensão a mudanças.

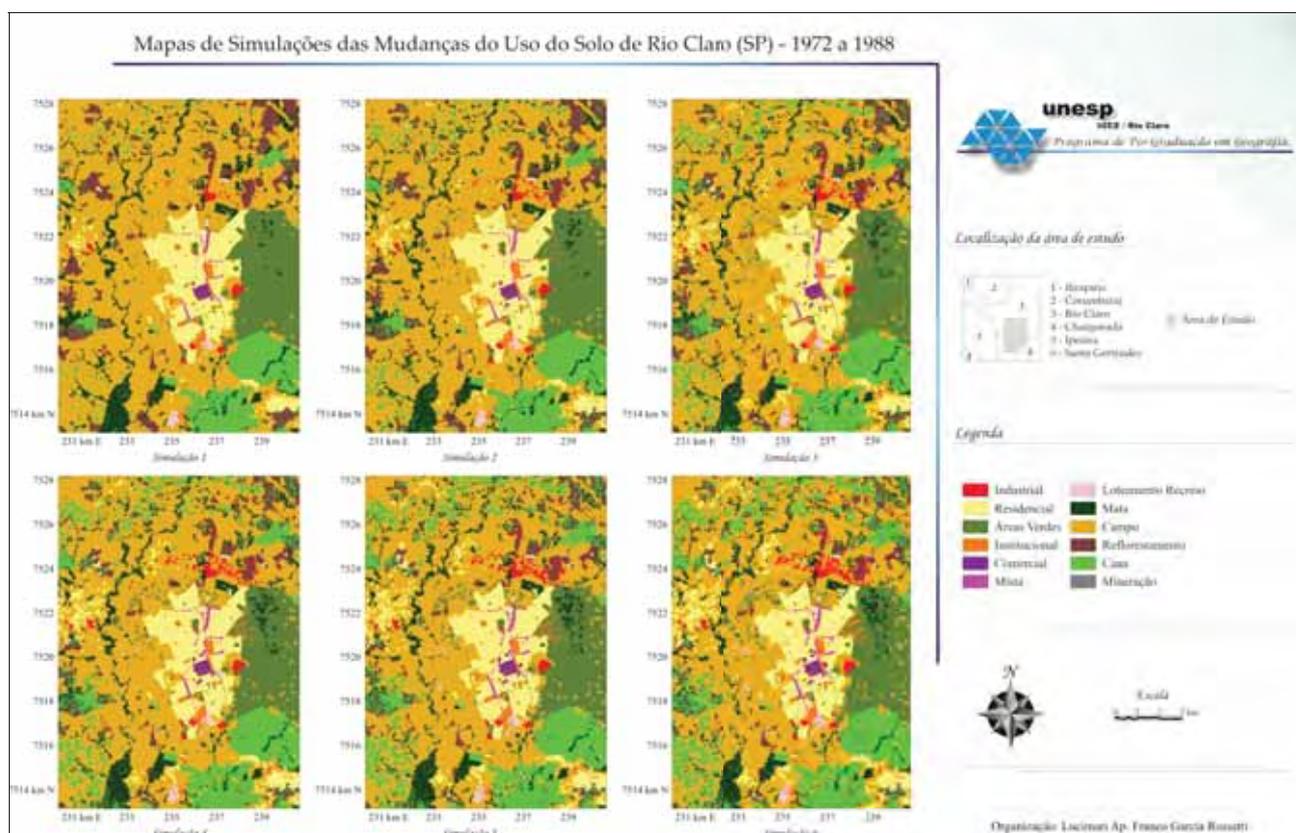


Figura 23a - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.

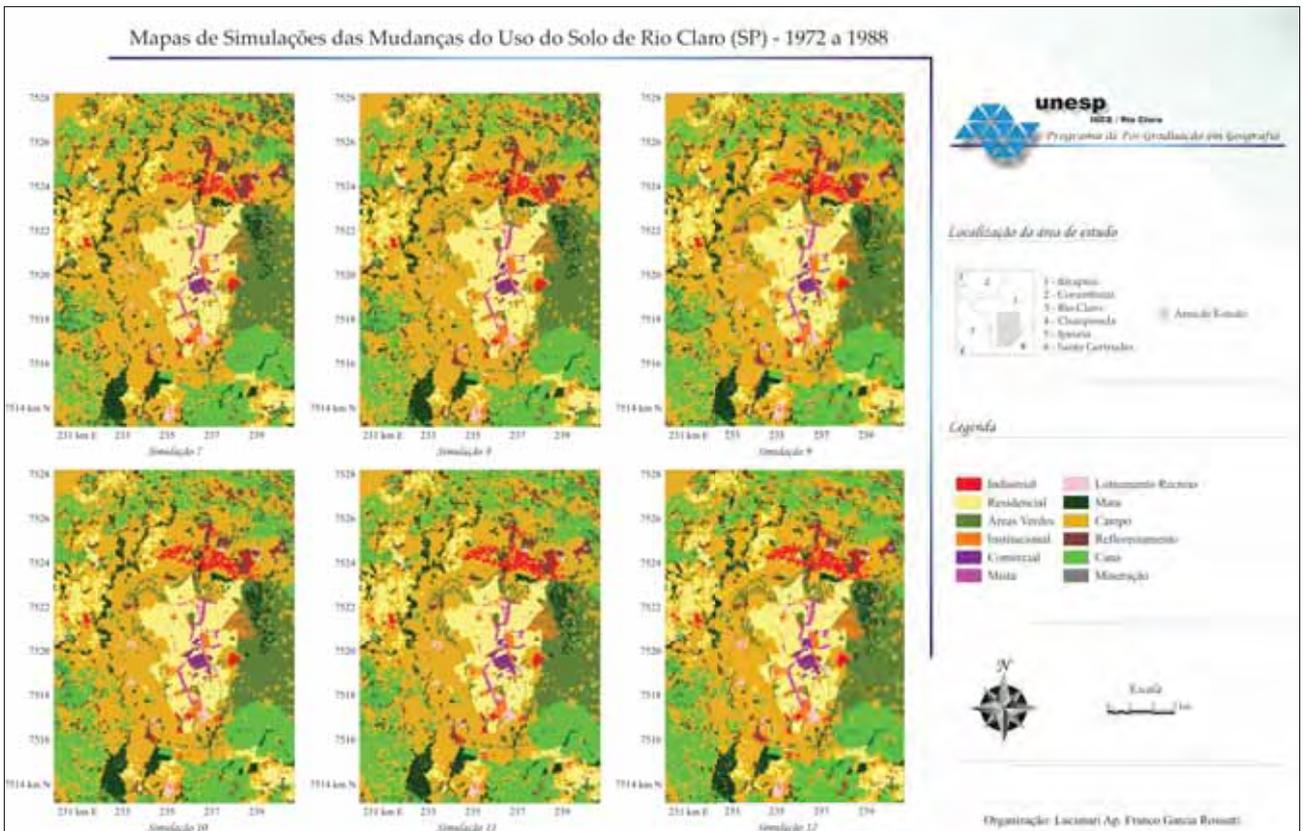


Figura 23 b - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.

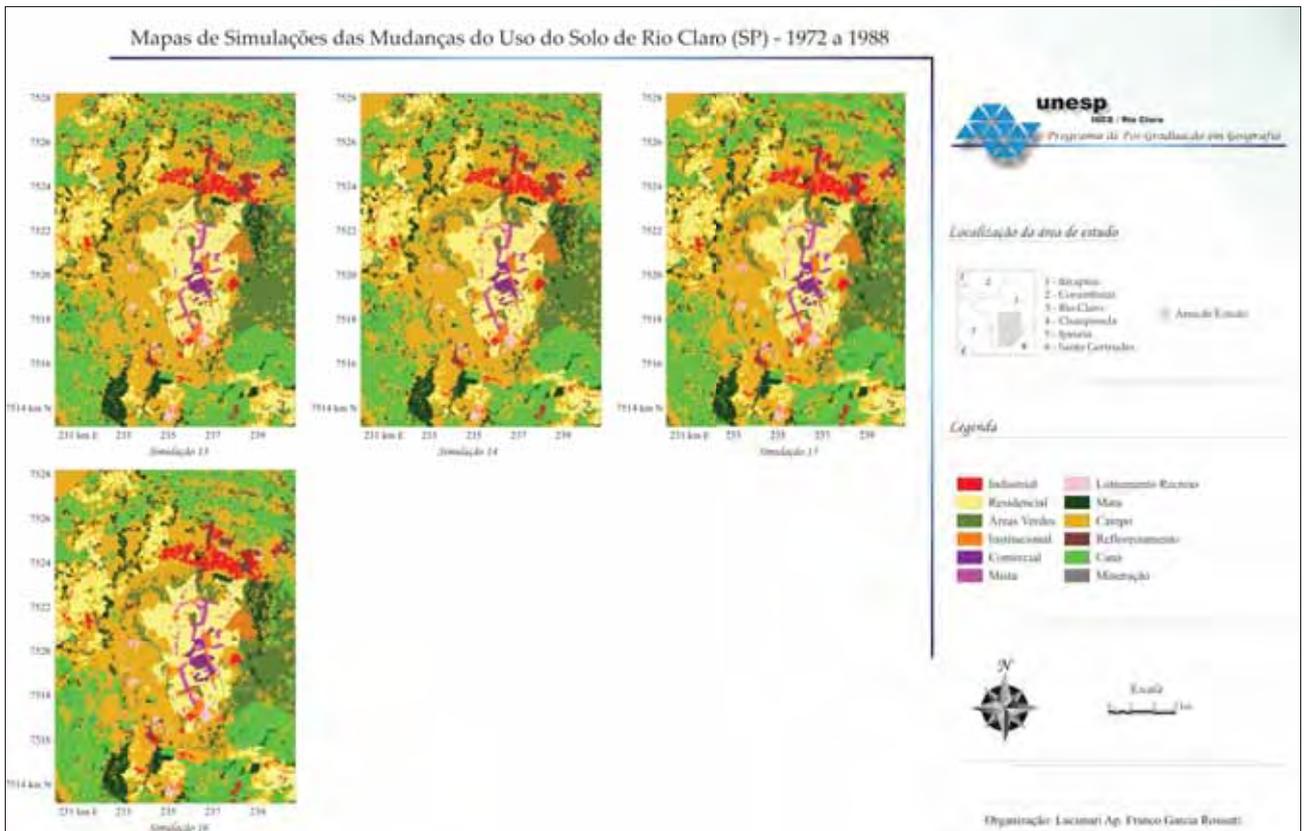


Figura 23c - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.

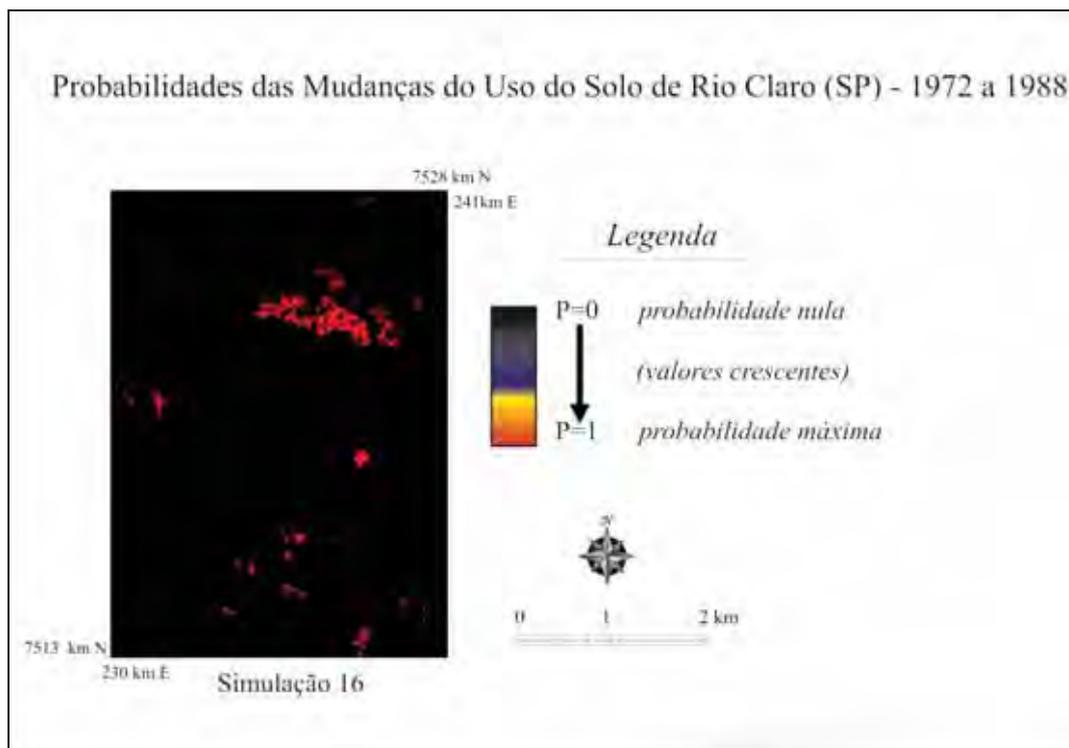


Figura 24 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1972 a 1988.

No processo de validação, as saídas de modelos espaciais foram submetidas uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados em nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels.

O método de avaliação na plataforma Dinamica EGO é baseado no método de similaridade *fuzzy*. Realizado o processo de validação e com base nos índices de similaridade gerados, pode-se definir se o modelo é adequado para a simulação de prognósticos.

A Tabela 3 exibe os valores dos índices de similaridade resultantes dos procedimentos de validação – 1972 a 1988.

Tabela 3 – Valores dos Índices de Similaridades – 1972 a 1988

Função Decaimento Exponencial			Função Constante	
<i>Janela</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>
3x3	0,33	0,36	0,34	0,40
5x5	0,35	0,39	0,38	0,46
7x7	0,36	0,41	0,42	0,51
9x9	0,37	0,42	0,45	0,55

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Conforme a Tabela acima, observa-se que os valores dos índices de similaridade resultantes dos procedimentos de validação apresentaram pouca consistência, pois os valores estão em torno de 0,5, em consequência do longo intervalo de análise e da escassez de variáveis.

8.2.2 Simulações de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1988 a 1995

O município de Rio Claro na década de 1980, possuía 34,62 km² de área intra-urbana, conforme dados obtidos do mosaico aerofotogramétrico e segundo Censo do IBGE sua população era de 110.212 habitantes, sendo 104.091 correspondentes a população urbana e 6.121 a população rural. Na década de 1990 sua área intra-urbana cresceu para 36,85 km² e a população aumentou para 138.243 habitantes, sendo 132.739 urbana e 5.504 rural.

Para o período de 1988 a 1995 foram aplicados procedimentos de simulações no ambiente da plataforma Dinamica EGO, para a indicação do cenário simulado de 1995.

Nesse processo de simulação foram geradas duas Tabelas de valores de probabilidades de transição, uma anual e outra global para o período em análise.

Os dados da Tabela 4 da matriz de transição global são resultantes da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo inicial (1988) e final (1995) que indicam as taxas (ou percentuais) de probabilidades das mudanças de classes ocorridas nesse período de tempo.

Tabela 4 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo 1988 a 1995

Transição de Uso do Solo	Probabilidade de Transição(%)
Residencial para Industrial	1,39
Residencial para Institucional	0,64
Residencial para Mista	3,83
Industrial para Comercial	5,92
Campo para Industrial	1,75
Campo para Residencial	2,51
Campo para Áreas Verdes	4,90
Campo para Recreio	0,22
Cana para Industrial	0,32
Cana para Áreas Verdes	1,21
Cana para Mineração	0,42

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Em relação à transição para o uso residencial, os valores da Tabela 4 correspondentes ao período de 1988 a 1995 demonstram que a expansão da malha urbana ocorreu em menor proporção, quando comparada com o período anterior (1972 a 1988 – Tabela 2) que se mostrou expressiva, apresentando uma taxa de 2,51% de probabilidade de transição da classe campo para uso residencial. Salienta-se que o fato de não ocorrer uma expansão expressiva na malha urbana é decorrente do adensamento de ocupações residenciais nos loteamentos já implantados no período anterior (ocupação de espaços vazios intra-urbanos).

Também, nesse período a estagnação econômica provocada pelo agravamento da crise brasileira, refletiu-se no crescimento do estado de São Paulo, influenciando no município de Rio Claro (CANO; SEMEGHINI; ARAÚJO, 1992).

A Figura 25 exhibe o processo de expansão para o período de 1988 a 1995.

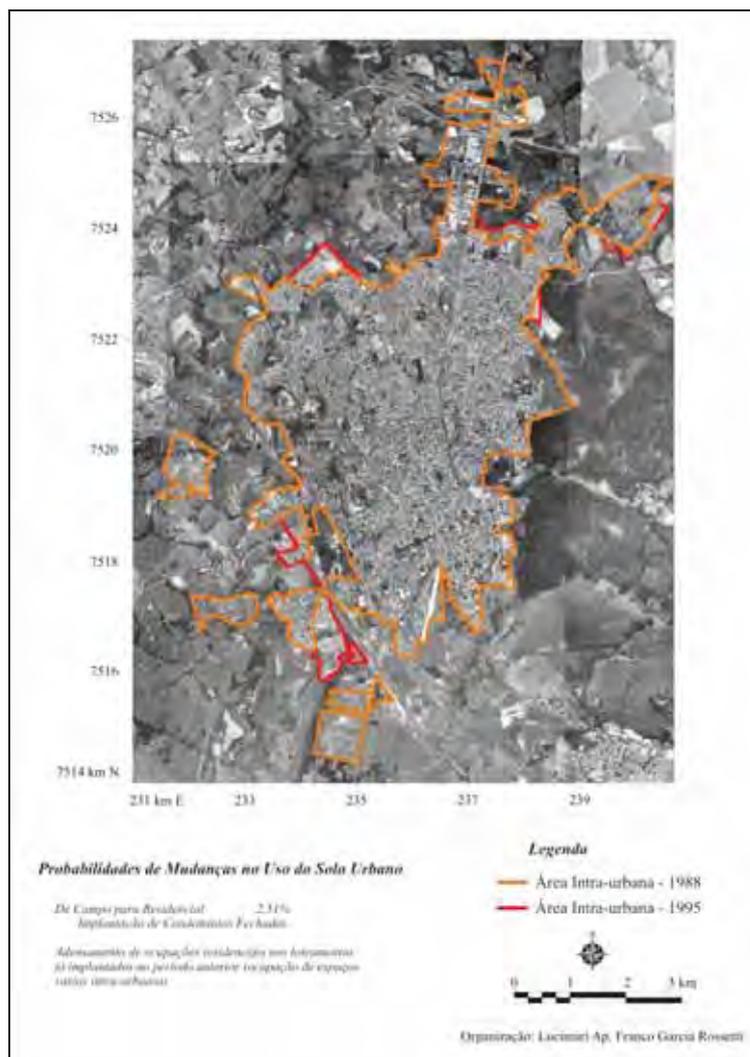


Figura 25 - Mosaico aerofotogramétrico (1995) com expansão da malha urbana - 1988 a 1995.

As mudanças para o uso institucional relativas ao período de 1988 a 1995 ocorreram em menores proporções do que o período anterior, a transição da classe uso residencial para institucional apresentou um valor de 0,64% de probabilidade de transição ocorrida no setor intra-urbano.

Quanto às transições ocorridas para o uso industrial (Figura 26) entre 1988 a 1995, as classes cana e campo apresentaram respectivamente 0,32% e 1,75% de probabilidade de transição, sendo essas transições relativas às instalações de novas unidades industriais nesse setor. Ainda, foi verificado 1,39% de probabilidade de transição do uso residencial para industrial no setor intra-urbano e nas áreas de periferias da cidade.

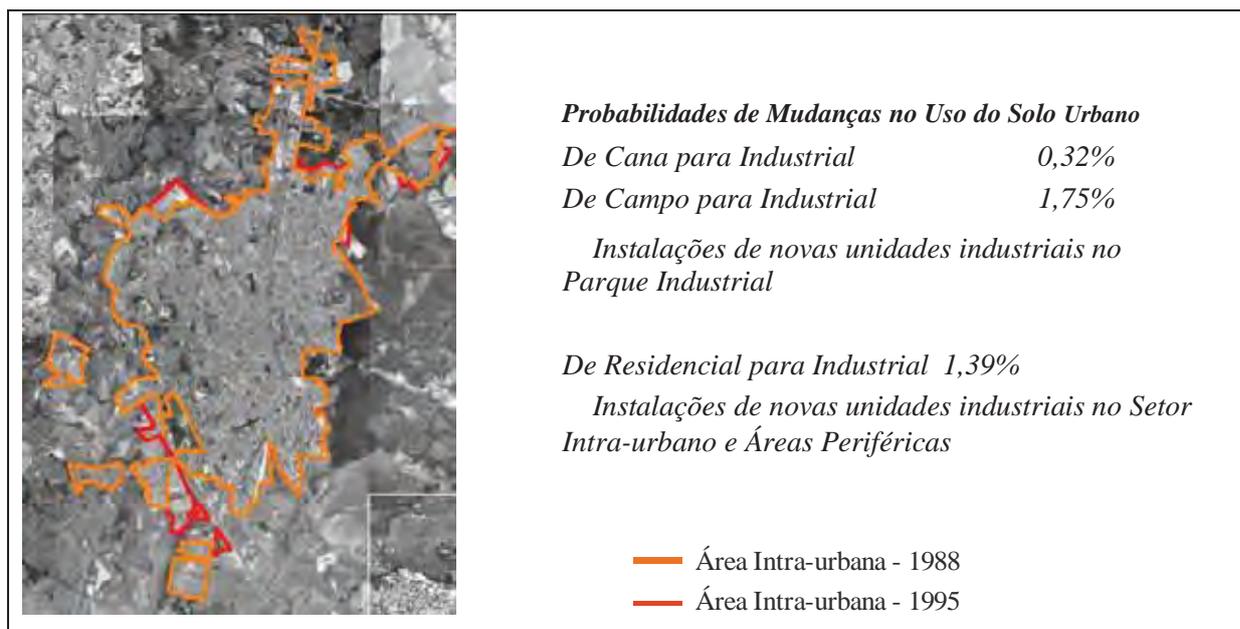


Figura 26 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a transição para uso industrial – 1988 a 1995.

No período de 1988 a 1995, a transição da classe industrial para comercial apresentou uma taxa de 5,92% de probabilidade de transição, destacando-se a instalação do Shopping Center em uma antiga unidade industrial “Indústria do Grupo Matarazzo” (Figura 27).

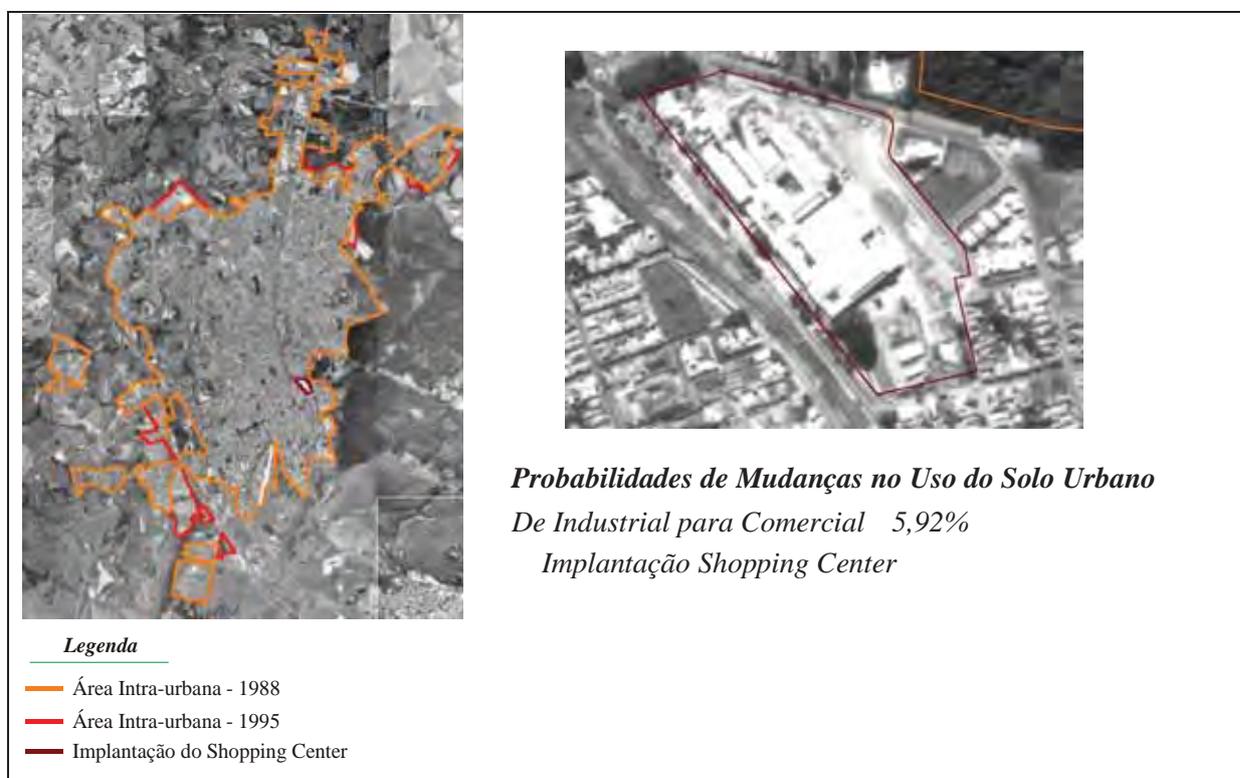


Figura 27 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a implantação do Shopping Center - 1988 a 1995.

Ainda, destaca-se a expansão dos corredores de comércio e serviços nas proximidades da área central intra-urbana em substituição às áreas da classe uso residencial. A expansão desses corredores de comércio e serviços no período de 1988 a 1995 apresentou um valor de 3,83% de probabilidade de transição. Esse processo de expansão foi proporcionado pela proximidade ao centro comercial já consolidado, as vizinhanças de áreas residenciais potencialmente consumidoras e o acesso das principais vias do sistema viário. A Figura 28 ilustra a expansão dos corredores de comércio e serviços na malha intra-urbana, para os períodos de 1988 a 1995.

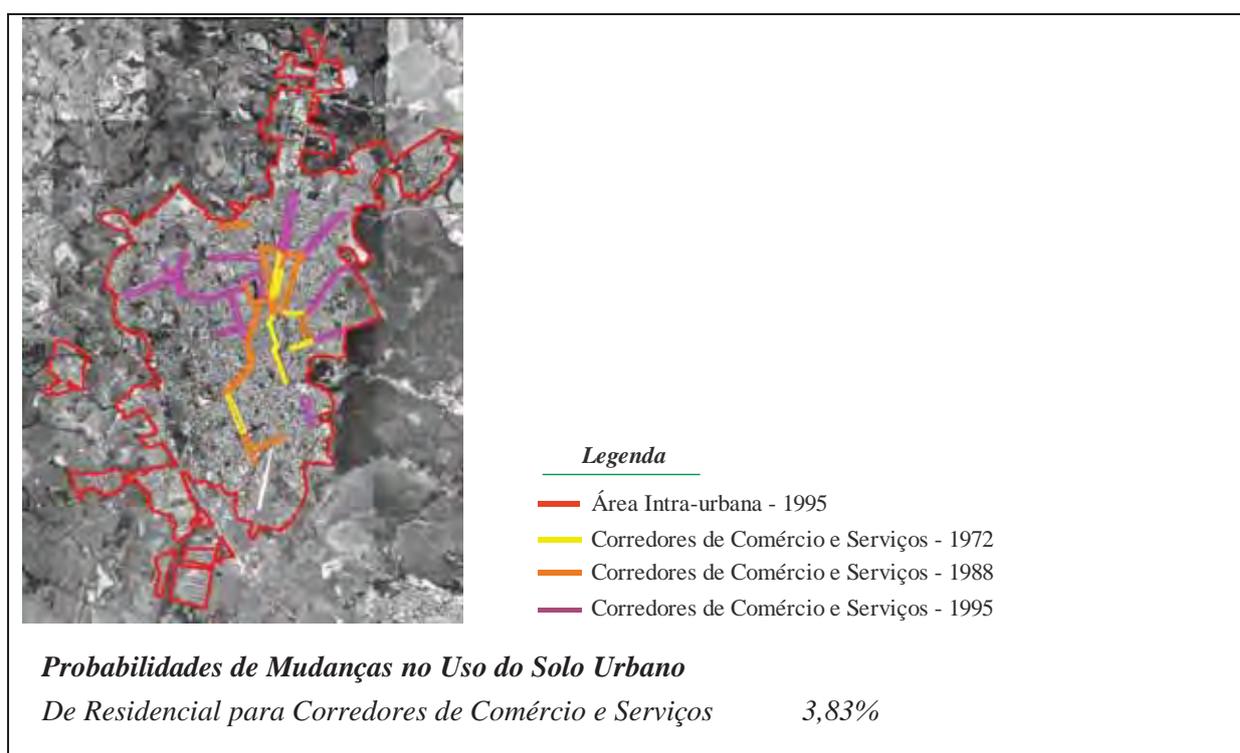


Figura 28 – Mosaico aerofotogramétrico (1995) com a expansão dos corredores de comércio e serviços - 1988 a 1995.

Na sequência dos procedimentos metodológicos foram determinados os pesos de evidência que indicam a influência (a proximidade) exercida por uma variável de entrada na ocorrência de uma dada transição. Portanto, a proximidade de uma dada variável indica maior ou menor probabilidade de ocorrer uma dada transição. A seguir serão apresentados exemplos dessa relação entre pesos de evidência e a probabilidade de ocorrer uma dada transição.

A expansão dos centros comerciais já existentes, geralmente instalados na área central da cidade, é ocasionada pelo aumento do mercado de consumidores que passa a exigir novas instalações comerciais, onde as habitações residenciais do entorno são substituídas (cedem espaços) para as instalações dessas atividades.

Os gráficos da Figura 29 ilustram exemplos relativos à transição da classe industrial para comercial, ocorrido no período de 1988 a 1995, com a instalação do Shopping Center em uma antiga unidade industrial. Com base nesses gráficos, pode-se observar que na área onde se localiza o Shopping, a proximidade ao uso comercial exerce mais influência em relação aos corredores de comércio e serviços, apresentando um maior peso e distância.

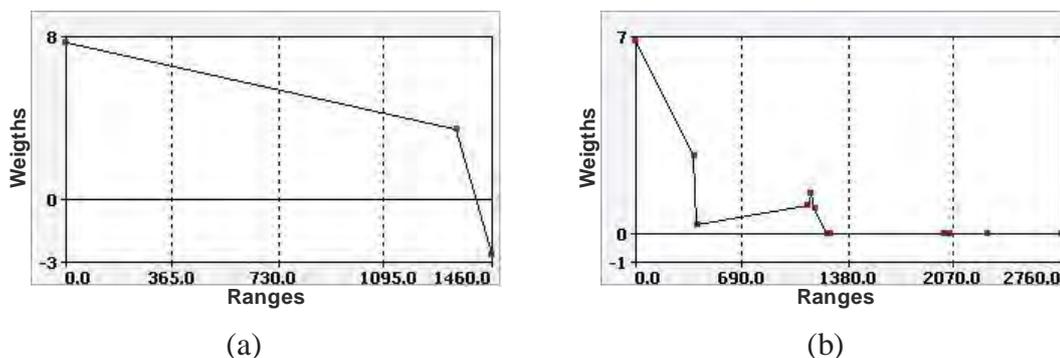


Figura 29 - Exemplos das variáveis relativas à transição de uso industrial para comercial: a) distâncias ao uso comercial, b) distâncias aos corredores de comércio e serviços.

Após o cálculo das faixas de distâncias e dos pesos de evidência, foram verificadas a associação ou dependência espacial entre as variáveis pertencentes a uma mesma transição, com base nos valores do Joint Information Incerted (*JIU*) as variáveis com valores acima de 0,50 foram eliminadas, a fim de se evitar o enviesamento do modelo por redundância de informações.

Para o período de simulação de 1988 a 1995 foram gerados 7 mapas de paisagem, retratando as classes de uso do solo, ilustrados nas Figuras 30a e 30b. A Figura 31 exibe o mapa de probabilidade, relativo ao último período de simulação, que indica as células com maior propensão a mudanças.

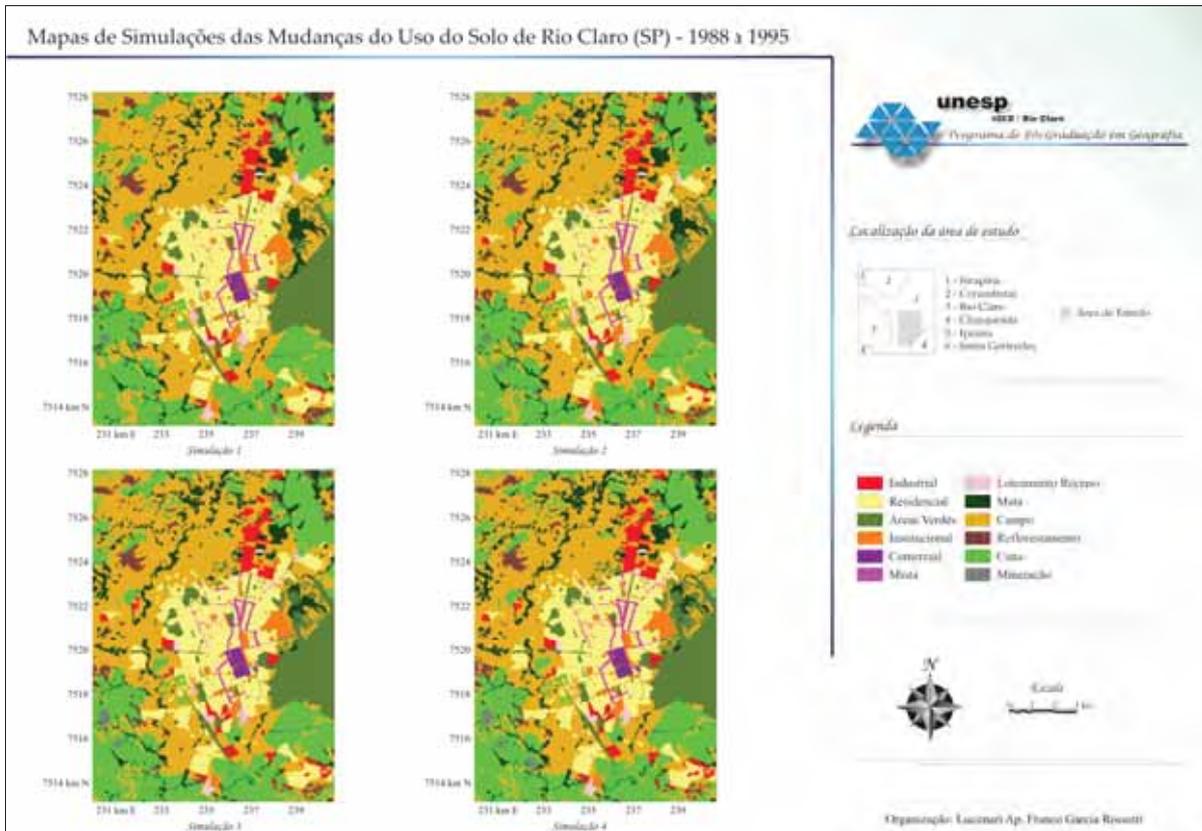


Figura 30a– Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.

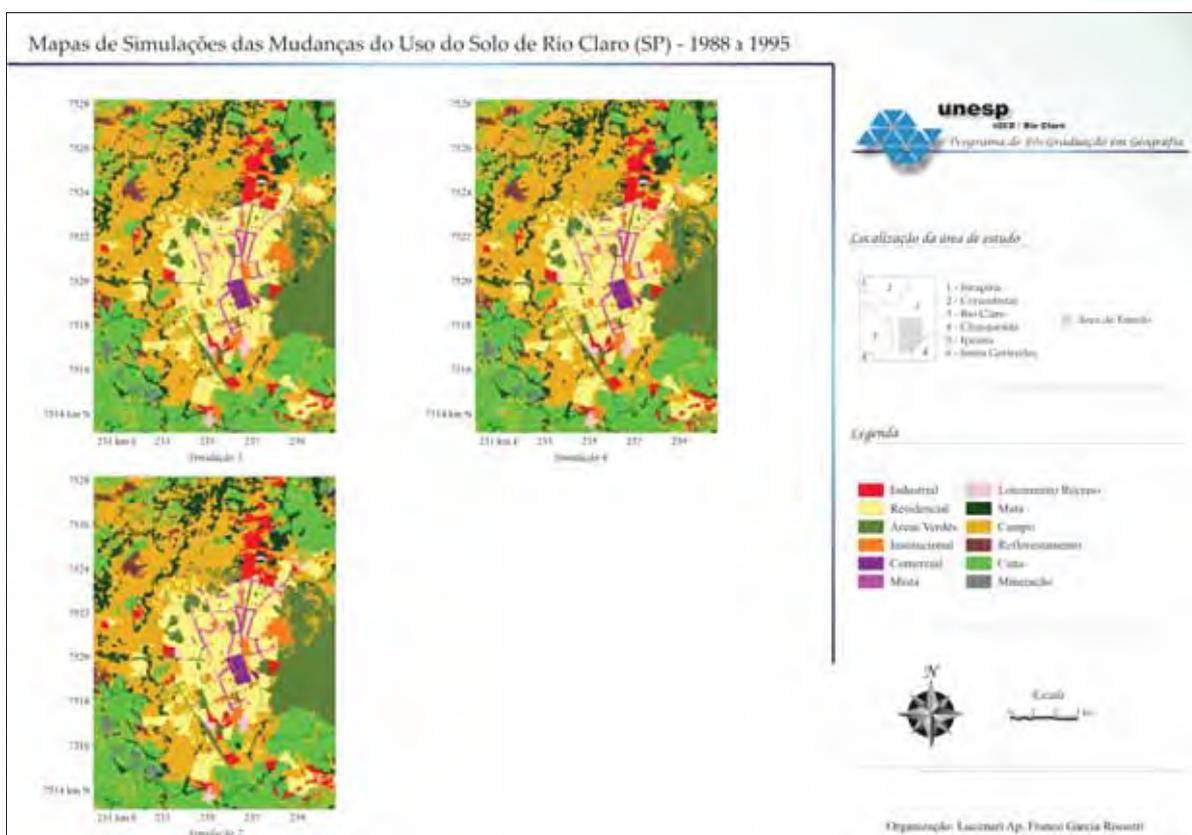


Figura 30b – Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.

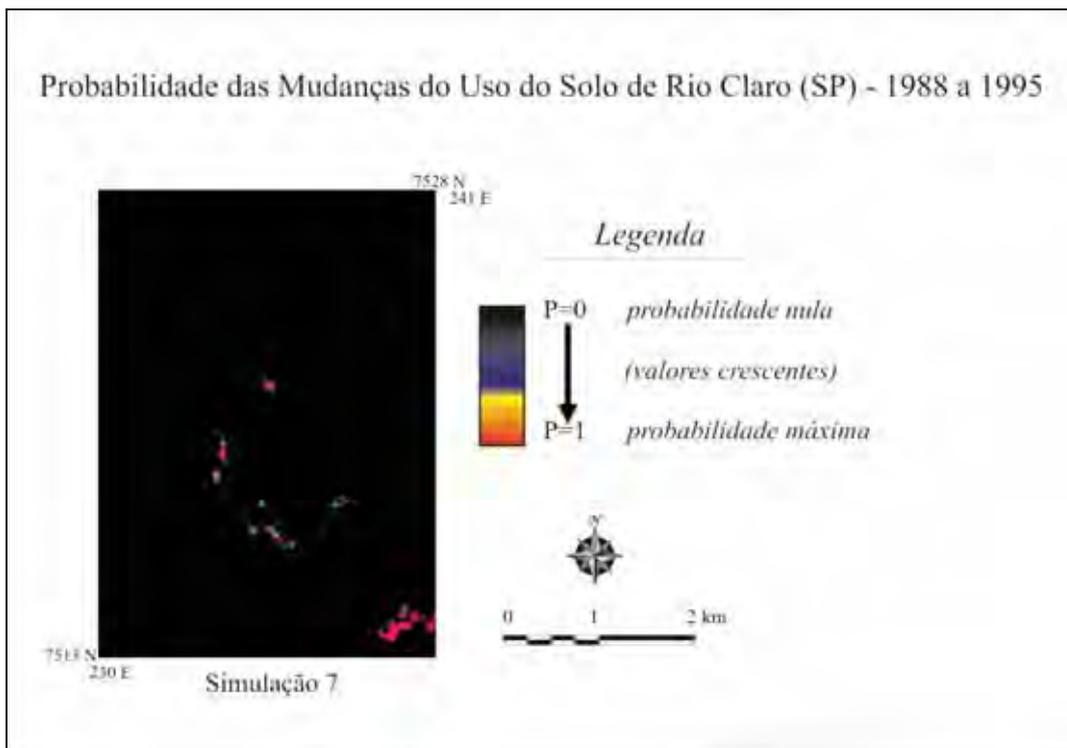


Figura 31 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1988 a 1995.

Em seguida, os resultados de modelos espaciais foram submetidos a uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados em nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de r padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels.

O método de validação na plataforma Dinamica para a avaliação de similaridade entre mapas baseada na comparação por meio de janelas de vizinhança é baseado no método de similaridade *fuzzy* criado por Hagen (2003), o qual inclui o *Kfuzzy*, considerado equivalente ao método estatístico *Kappa*, e a similaridade *fuzzy*, que verifica a localização e a categoria dentro da vizinhança da célula considerada.

A Tabela 5 exhibe os valores dos índices de similaridade resultantes dos procedimentos de validação de 1988 a 1995.

Tabela 5 – Valores dos Índices de Similaridades – 1988 a 1995

Função Decaimento Exponencial			Função Constante	
<i>Janela</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>
<i>3x3</i>	0,44	0,51	0,45	0,57
<i>5x5</i>	0,46	0,55	0,51	0,64
<i>7x7</i>	0,48	0,56	0,56	0,68
<i>9x9</i>	0,48	0,56	0,60	0,71

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Conforme a Tabela acima observa-se que os valores dos índices de similaridade resultantes dos procedimentos de validação apresentaram-se mais consistentes que o período anterior, pois os valores estão mais próximos de 1.

8.2.3 Simulações de Mudanças do Uso do Solo Urbano – 1995 a 2006

O município de Rio Claro na década de 1990, possuía 36,85 km² de área intra-urbana, conforme dados obtidos do mosaico aerofotogramétrico e segundo Censo do IBGE sua população era de 138.243 habitantes, sendo 132.739 correspondentes a população urbana e 5.504 a população rural. Na década de 2000 sua área intra-urbana cresceu para 38,28 km² e a população aumentou para 168.218 habitantes, sendo 163.477 urbana e 4.741 rural.

Para o período de 1995 a 2006 foram aplicados procedimentos de simulações no ambiente da plataforma Dinamica EGO, para a indicação do cenário simulado de 2006.

Nesse processo de simulação foram geradas duas Tabelas de valores de probabilidades de transição, uma anual e outra global para o período em análise.

Os dados da Tabela 6 da matriz de transição global são resultantes da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo - inicial (1995) e final (2006), que indicam as taxas (ou percentuais) de probabilidades das mudanças de classes ocorridas nesse período de tempo.

Tabela 6 – Matriz de Probabilidade Global de Transições de Classes de Uso do Solo 1995 a 2006

Transição de Uso do Solo	Probabilidade de Transição (%)
Industrial para Residencial	5,00
Industrial para Institucional	1,24
Residencial para Institucional	1,03
Residencial para Comercial	1,53
Residencial para Mista	5,95
Áreas Verdes para Residencial	2,58
Recreio para Residencial	26,14
Mata para Industrial	1,28
Campo para Industrial	3,27
Campo para Residencial	3,79
Campo para Áreas Verdes	0,88
Campo para Mineração	0,45
Reflorestamento para Mineração	1,74
Cana para Industrial	1,79
Cana para Residencial	2,46
Cana para Mineração	1,56

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Em relação à transição para o uso residencial, o período de 1995 a 2006 apresentou pequena expressão no processo de expansão urbana, apesar de ocorrer diferentes tipos de transições de áreas peri-urbanas para a ocupação residencial (implantação de novos loteamentos).

Conforme a Tabela 6 verifica-se uma taxa de 5% de probabilidade de transição da classe industrial para uso residencial, 2,58% da classe áreas verdes para uso residencial, 26,14% da classe loteamento de recreio para uso residencial, 3,79% da classe campo para uso residencial e 2,46% da classe cana para uso residencial.

A Figura 32 exhibe o processo de expansão para o período de 1995 a 2006.

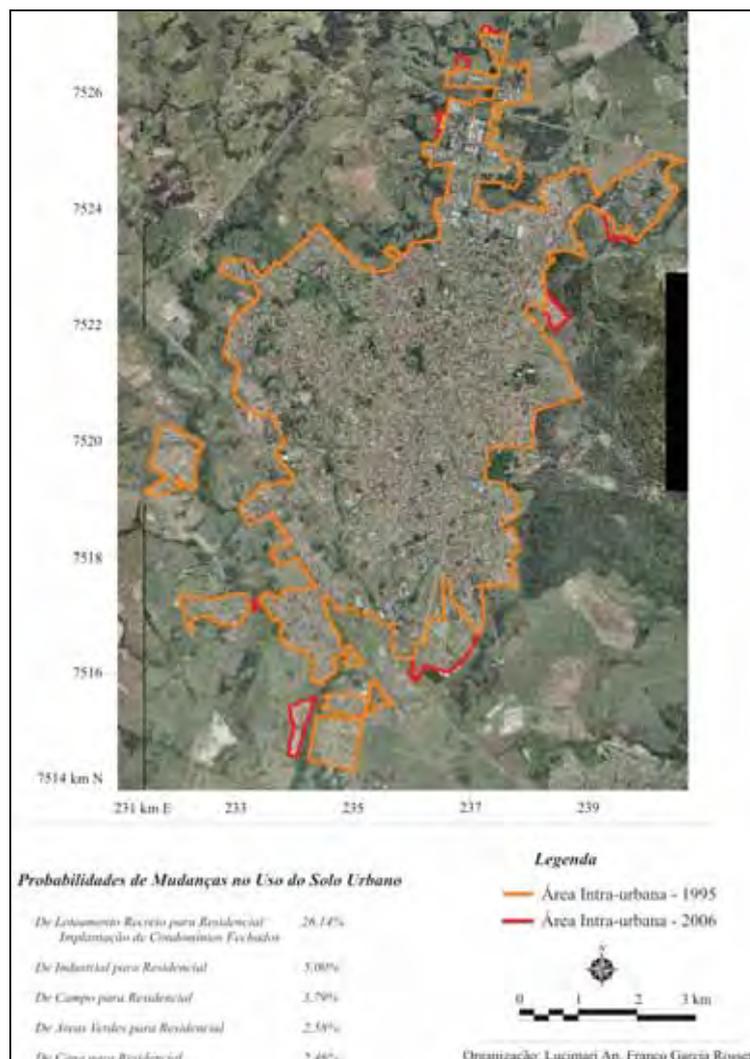
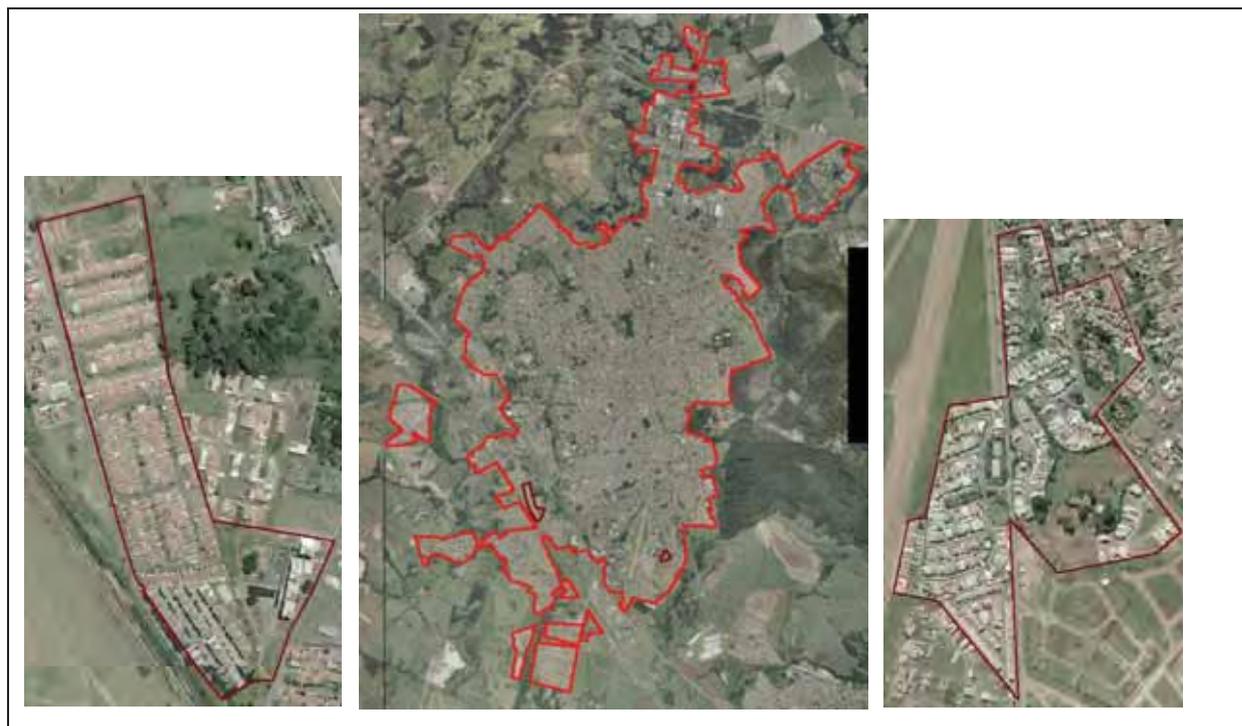


Figura 32 - Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão da malha urbana - 1995 a 2006.

Deve-se destacar que, a probabilidade de transição da classe loteamento de recreio para uso residencial foi a mais significativa entre todos os tipos de transições ocorridas. Nesse processo foram implantados no setor sudeste da cidade os condomínios horizontais fechados destinados à classe média alta. Por outro lado, no setor oeste intra-urbano nota-se a presença de condomínios fechados destinados para a população de baixa a média renda, ilustrados na Figura 33.



(a)

(b)

Figura 33 – a) condomínios horizontais/verticais localizados no setor oeste da cidade, destinados às classes de baixa a média renda; b) condomínios horizontais localizados no sudeste da cidade, destinados às classes de renda média alta.

Com relação à transição para o uso institucional as taxas mantiveram relativamente baixas, da transição da classe uso residencial para institucional com uma taxa de 1,03% de probabilidade de transição, com ocorrências no setor intra-urbano. A taxa de transição da classe industrial para institucional foi de 1,24% de probabilidade de transição (Figura 34), destacando-se a implantação de escolas de nível superior particulares que adaptaram antigas instalações industriais, como os casos das Faculdades Anhanguera, CBTA e ASSER.

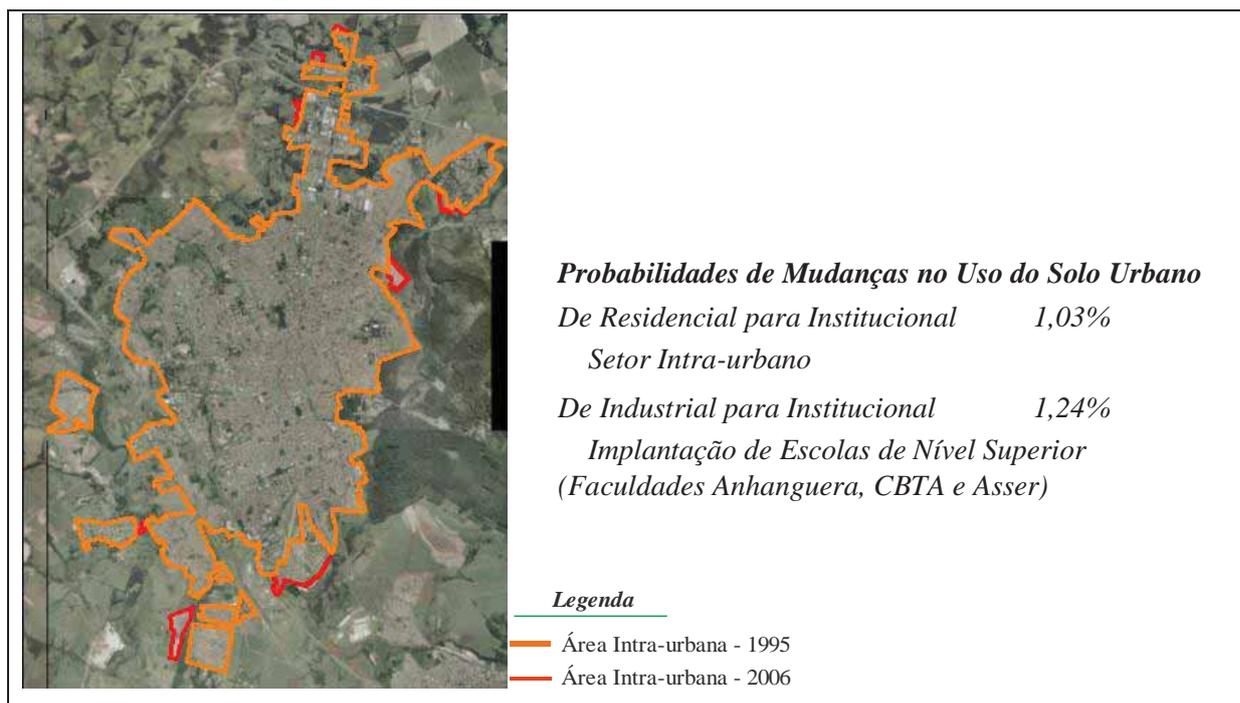


Figura 34 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a transição para uso Institucional – 1995 a 2006.

Quanto às transições ocorridas para o uso industrial entre 1995 e 2006 o processo de expansão para o uso industrial foi mais significativo do que o período anterior (1988 a 1995), as classes mata, cana e campo apresentaram respectivamente 1,28%, 1,79% e 3,27% de probabilidades de transição, devido às instalações de novas unidades industriais.

No período de 1995 a 2006, a transição para o uso comercial ocorreu em menor proporção, com uma taxa de 1,53% de transição da classe uso residencial para comercial, relativa à expansão do centro comercial da área central, bem como da instalação de um centro comercial em uma área da periferia (Figura 35). Como exemplo desse fato de descentralização comercial destaca-se o Bairro Jardim Chervezon, localizado no setor norte da cidade. Os loteamentos em áreas periféricas desenvolvem subcentros comerciais, instalados ao longo das principais vias de acesso; a concentração de atividades nesse local aumenta o fluxo de pedestres/automóveis e, conseqüentemente passa a atrair comércio e serviços diversificados, consolidando essas áreas.

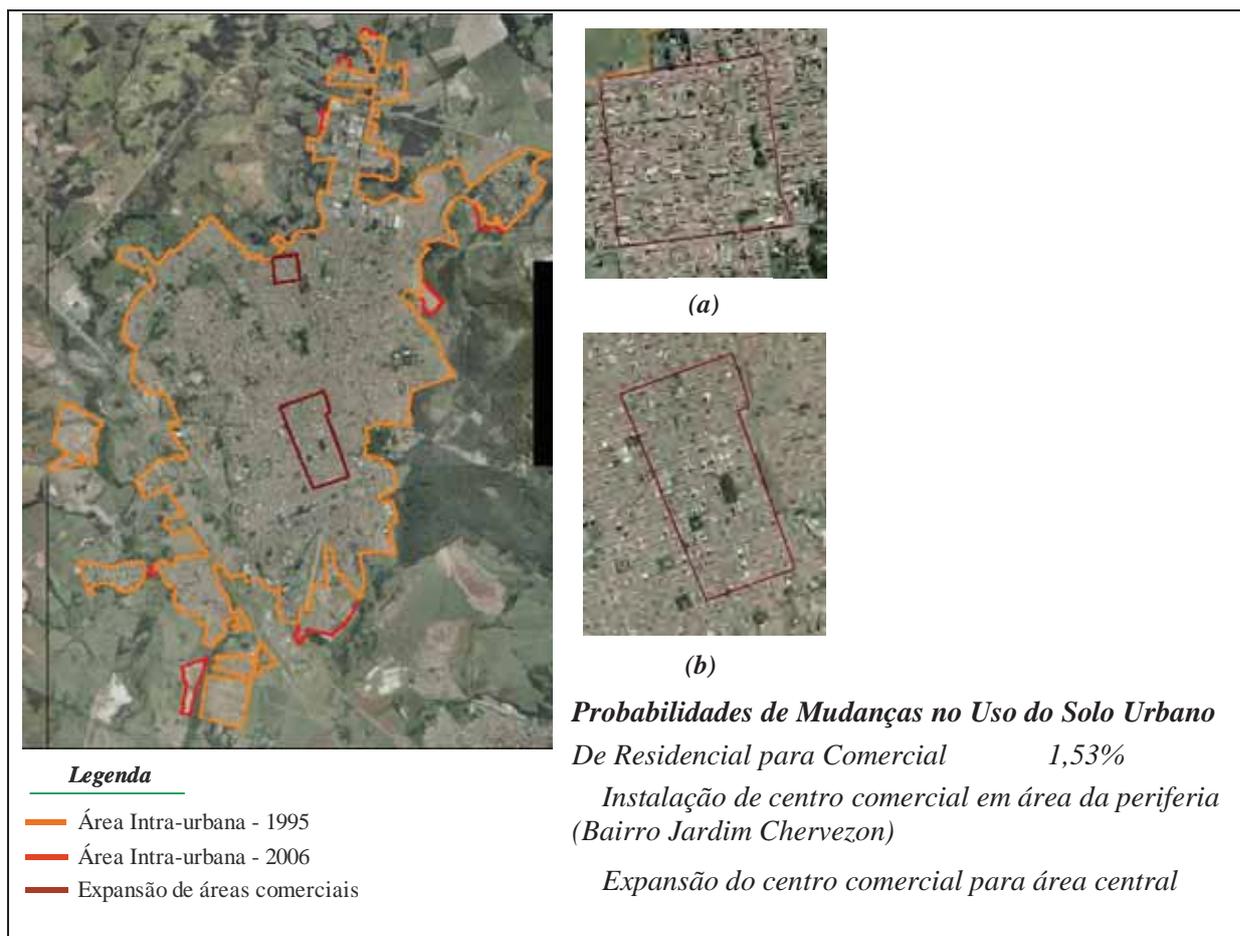


Figura 35 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão de centros comerciais: a) área da periferia ao norte; b) área central – 1995 a 2006.

Ainda, destaca-se a expansão dos corredores de comércio e serviços nas proximidades da área central intra-urbana em substituição às áreas da classe uso residencial. A expansão desses corredores de comércio e serviços no período de 1995 a 2006 apresentou o valor de 5,95% de transição. Esse processo de expansão foi proporcionado pela proximidade ao centro comercial já consolidado, as vizinhanças de áreas residenciais potencialmente consumidoras e o acesso das principais vias do sistema viário. A Figura 36 ilustra a expansão dos corredores de comércio e serviços na malha intra-urbana, para o período de 1995 a 2006.

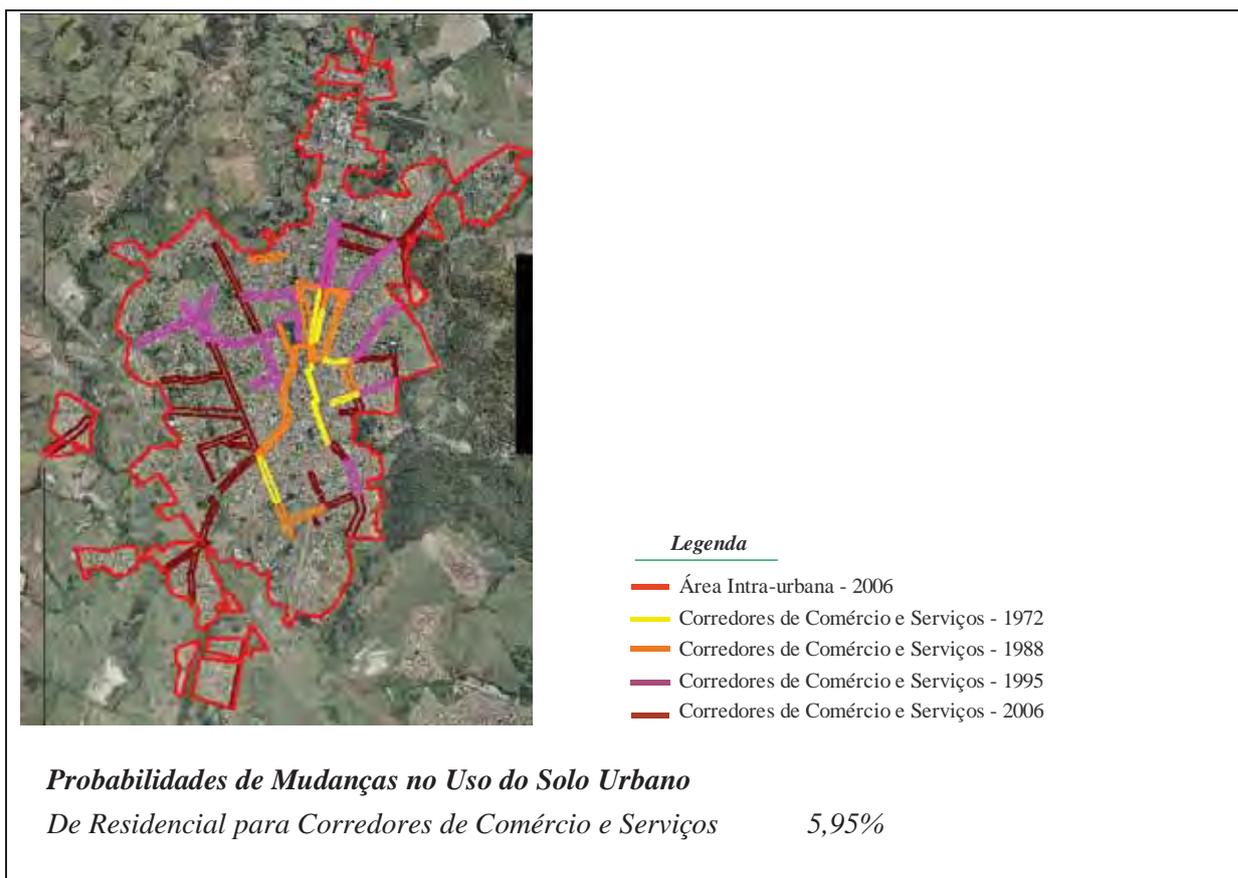


Figura 36 – Mosaico aerofotogramétrico (2006) com a expansão dos corredores de comércio e serviços - 1995 a 2006.

Na sequência dos procedimentos metodológicos foram determinados os pesos de evidência que indicam a influência (a proximidade) exercida por uma variável de entrada na ocorrência de uma dada transição. Portanto, a proximidade de uma dada variável indica maior ou menor probabilidade de ocorrer uma dada transição. A seguir serão apresentados exemplos dessa relação entre pesos de evidência e a probabilidade de ocorrer uma dada transição.

A expansão dos centros comerciais já existentes, geralmente instalados na área central da cidade, é ocasionada pelo aumento do mercado de consumidores que passa a exigir novas instalações comerciais, onde as habitações residenciais do entorno são substituídas (cedem espaços) para as instalações dessas atividades.

Os gráficos da Figura 37 ilustram um exemplo relativo à transição da classe industrial para institucional, ocorrida com a adaptação de antigas instalações industriais para a implantação de escolas de nível superior particulares, no período de 1995 a 2006. Pode-se observar que nessa transição a proximidade ao sistema viário de pista simples exerce maior influência do que a pista dupla.

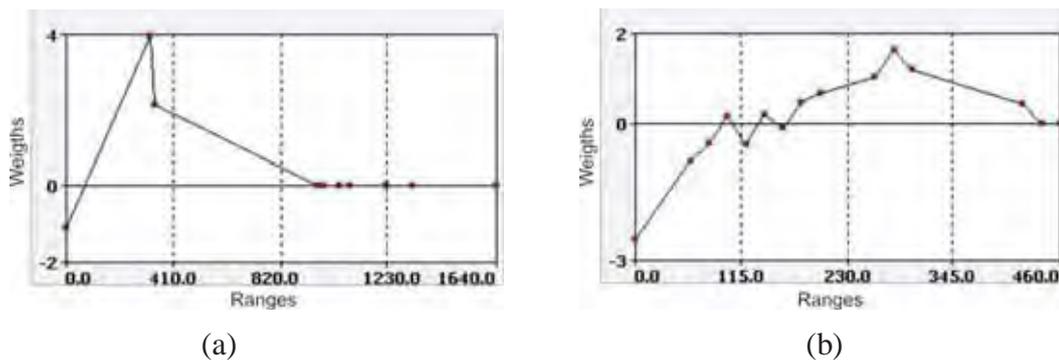


Figura 37 - Exemplos das variáveis relativas à transição de uso industrial para institucional: a) distâncias ao sistema viário de pista simples, b) distâncias ao sistema viário de pista dupla

Após o cálculo das faixas de distâncias e dos pesos de evidência, foram verificadas a associação ou dependência espacial entre as variáveis pertencentes a uma mesma transição. Com base nos valores do Joint Information Incerted (*JIU*) as variáveis com valores acima de 0,50 foram eliminadas, a fim de se evitar o enviesamento do modelo por redundância de informações.

Para o período de simulação de 1995 e 2006 foram gerados 11 mapas de paisagem, retratando as classes de uso do solo, ilustrados nas Figuras 38a e 38b. A Figura 39 exibe o mapa de probabilidade, relativo ao último período de simulação, que indica as células com maior propensão a mudanças.

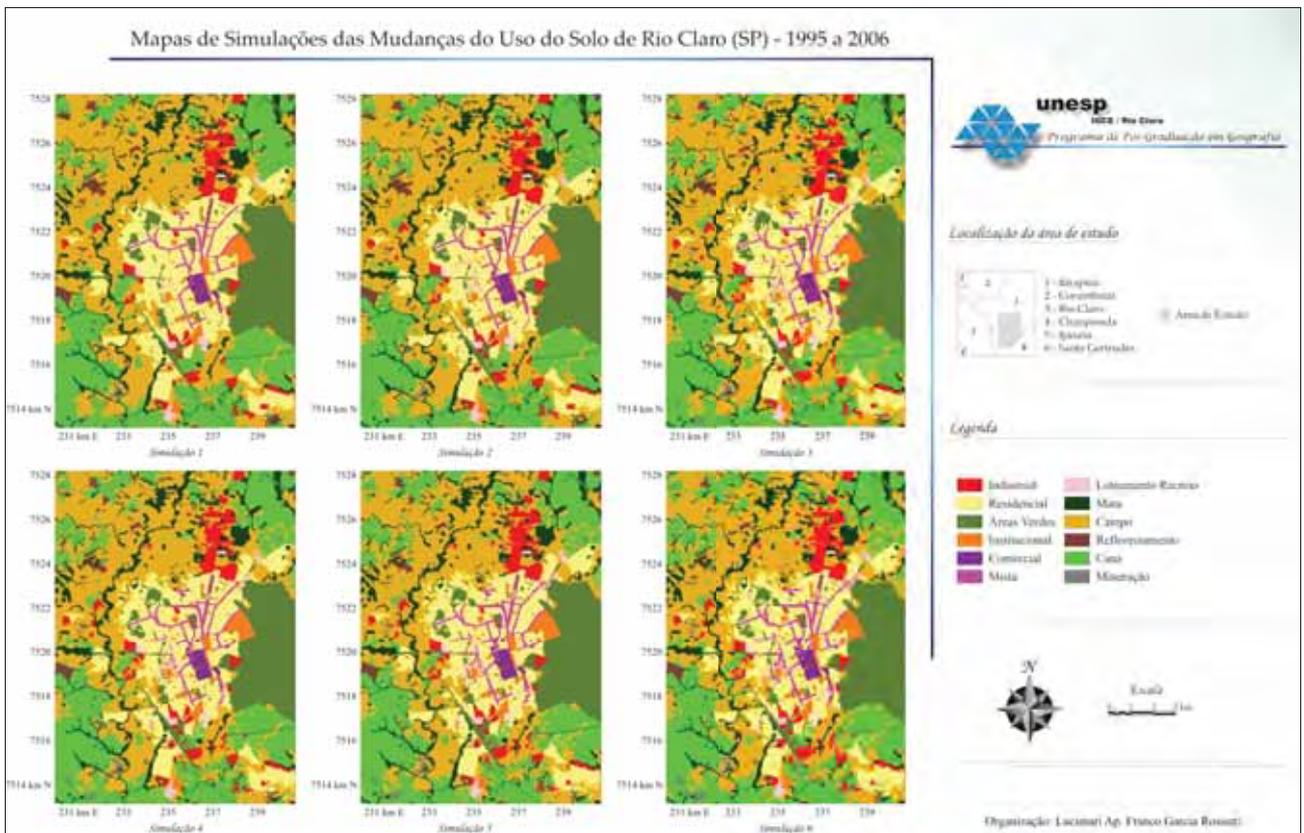


Figura 38a - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.

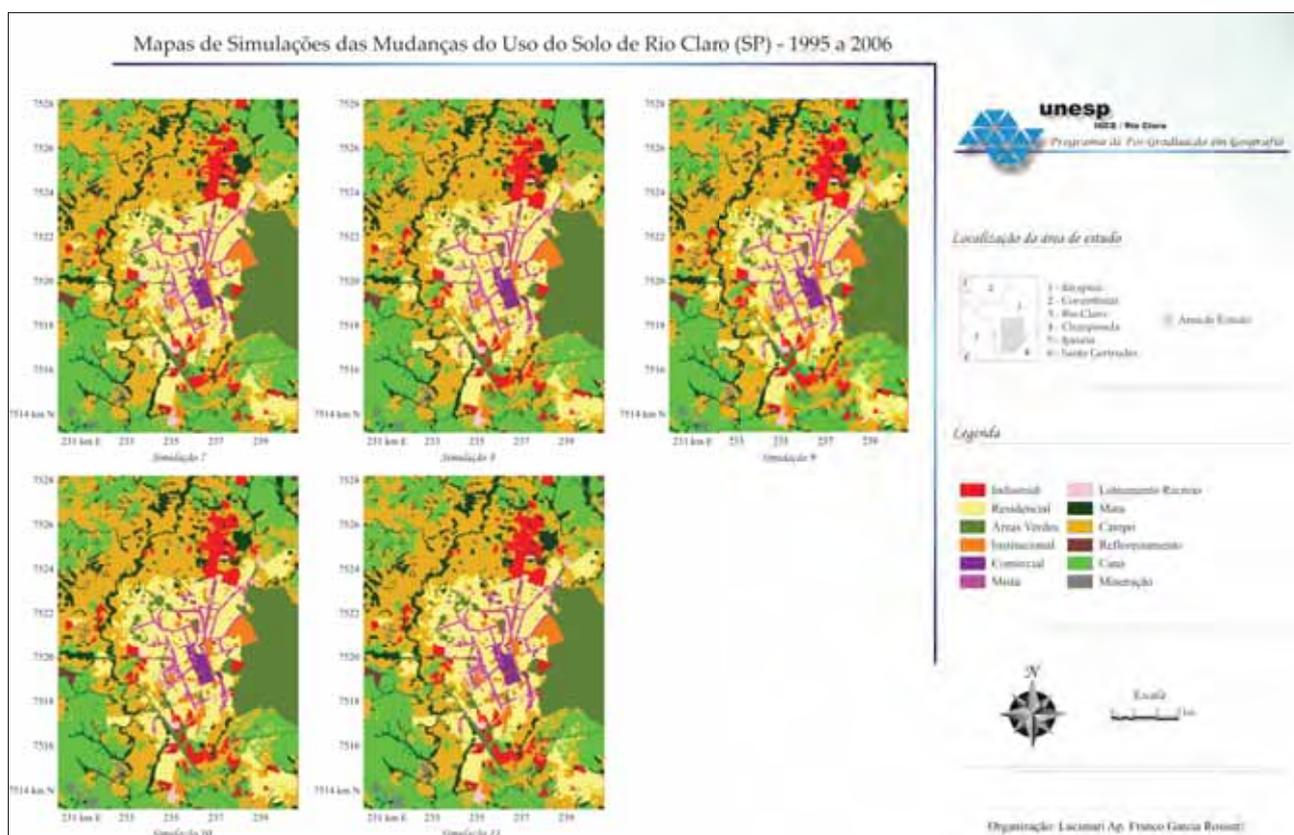


Figura 38 b - Mapas de simulações das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.

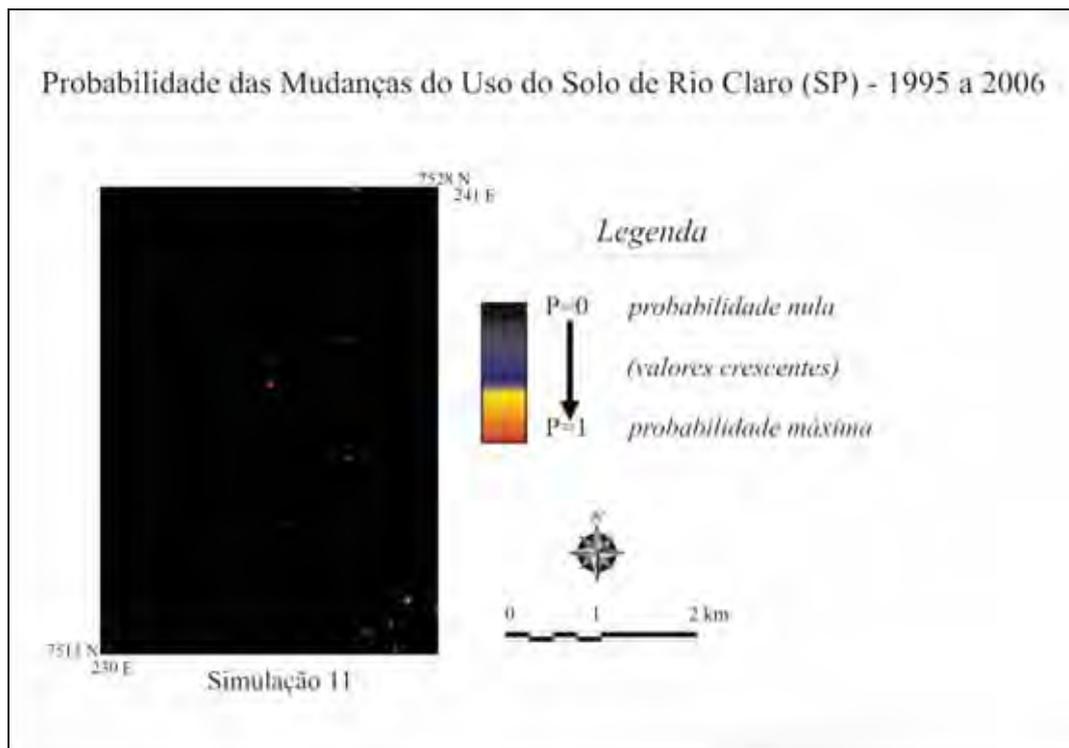


Figura 39 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – 1995 a 2006.

Em seguida, os resultados de modelos espaciais foram submetidos a uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados em nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels.

O método de validação na plataforma Dinamica para a avaliação de similaridade entre mapas baseada na comparação por meio de janelas de vizinhança é baseado no método de similaridade *fuzzy* criado por Hagen (2003), o qual inclui o *Kfuzzy*, considerado equivalente ao método estatístico *Kappa*, e a similaridade *fuzzy*, que verifica a localização e a categoria dentro da vizinhança da célula considerada.

A Tabela 7 exhibe os valores dos índices de similaridade resultantes dos procedimentos de validação de 1995 a 2006.

Tabela 7 – Valores dos Índices de Similaridades – 1995 a 2006

Função Decaimento Exponencial			Função Constante	
<i>Janela</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>
<i>3x3</i>	0,42	0,47	0,44	0,51
<i>5x5</i>	0,44	0,50	0,49	0,58
<i>7x7</i>	0,46	0,51	0,54	0,62
<i>9x9</i>	0,46	0,52	0,57	0,66

Fonte: Lucimari Ap. Franco Garcia Rossetti.

Conforme a Tabela acima verifica-se que os valores dos índices de similaridade indicaram valores médios em relação ao período de 1972 a 1988 que apresentou os menores valores, enquanto que entre 1988 e 1995 os valores foram os mais elevados de todos os períodos analisados.

8.2.4 Simulações de Prognósticos

Com base no conjunto de variáveis relativas a 2006 e seus respectivos pesos de evidência foram geradas simulações de prognósticos para curto e médio prazos, respectivamente cinco anos (2011) e dez anos (2016), a partir da data de término das simulações (2006).

Para o período de simulação de prognósticos de cinco anos foram gerados 5 mapas de paisagem, retratando as classes de uso do solo, ilustrados na Figura 40. A Figura 41 exhibe o mapa de probabilidade, relativo ao último período de simulação, que indica as células com maior propensão a mudanças.

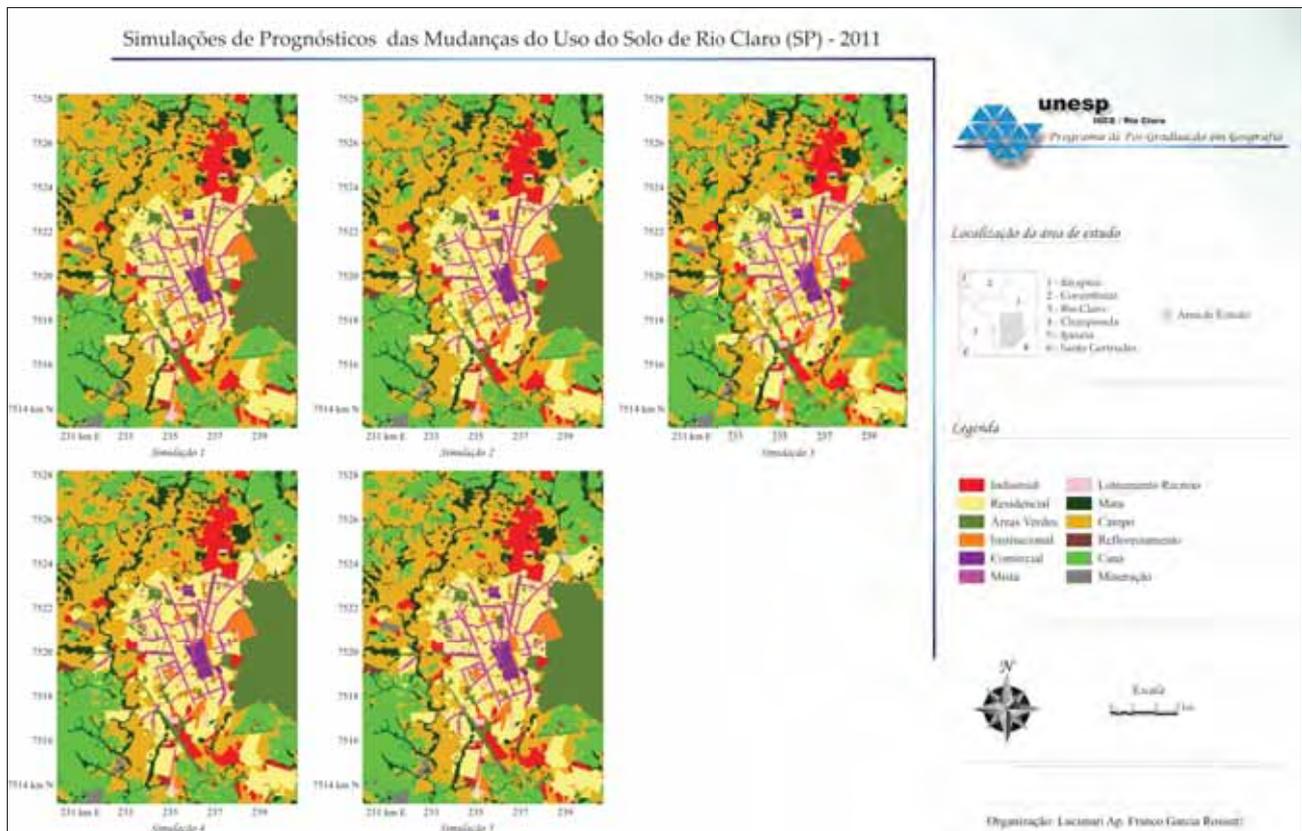


Figura 40 – Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano – 5 anos (2011).

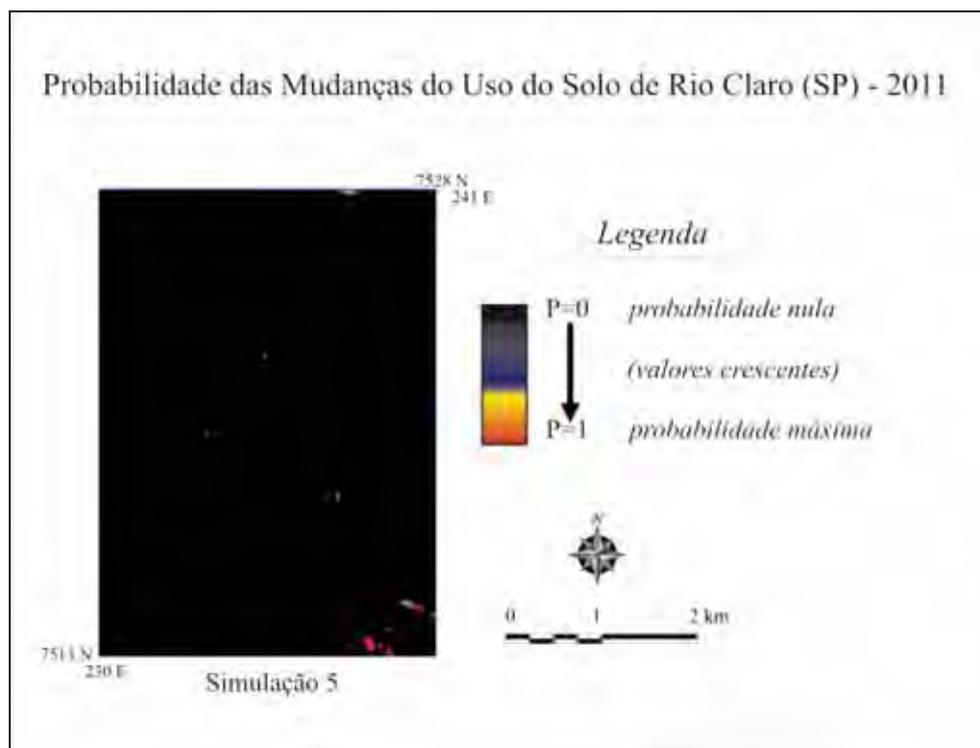


Figura 41 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano, prognóstico de curto prazo - 5 anos (2011).

Para o período de simulação de prognósticos de dez anos foram gerados 10 mapas de paisagem, retratando as classes de uso do solo, ilustrados nas Figuras 42a e 42b. A Figura 43 exibe o mapa de probabilidade, relativo ao último período de simulação, que indica as células com maior propensão a mudanças.

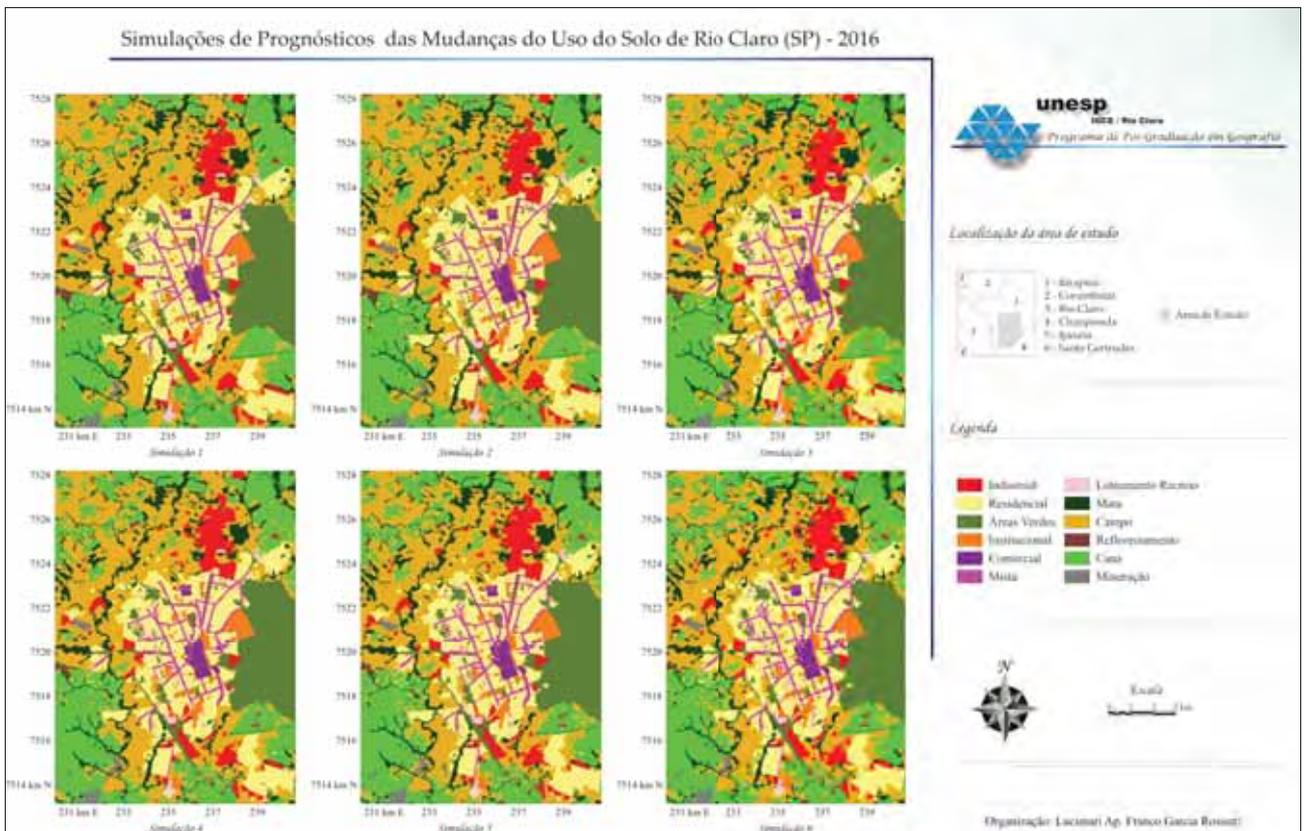


Figura 42 a - Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano - 10 anos (2016).

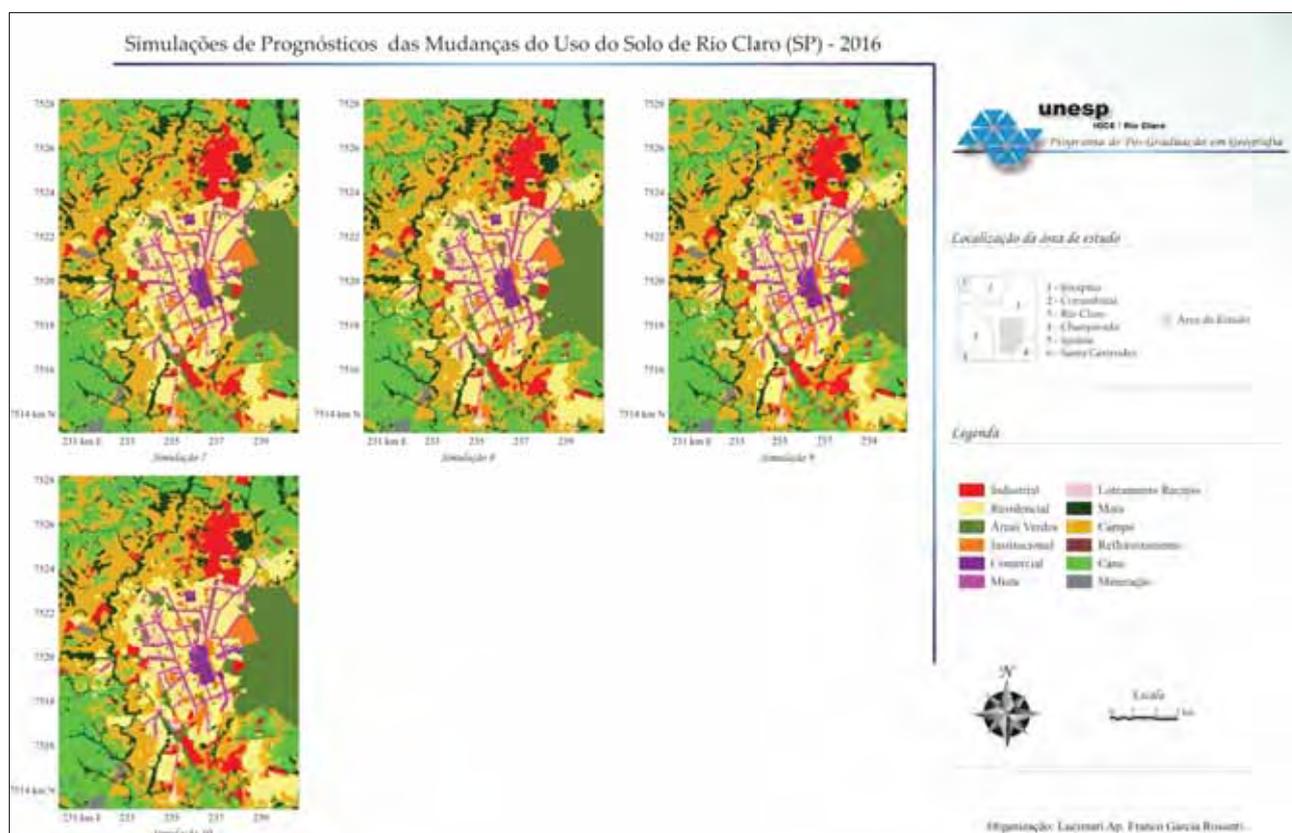


Figura 42b - Mapas de simulações de prognósticos das mudanças do uso do solo urbano - 10 anos (2016).

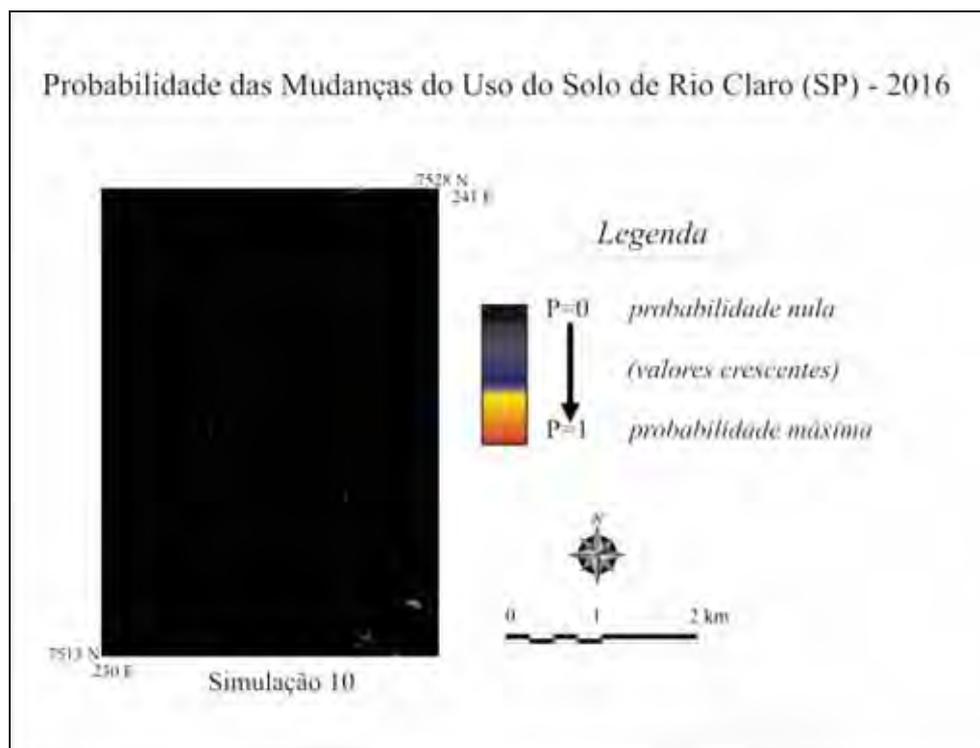


Figura 43 – Mapa de probabilidade das mudanças do uso do solo urbano – prognóstico de médio prazo - 10 anos (2016).

A Figura 44 ilustra a imagem de simulação de prognósticos para curto prazo (2011) que indica as tendências de expansão urbana e a imagem disponibilizada pelo Google Earth (2010) visualiza o crescimento da mancha urbana, verificado no mapa de simulação.

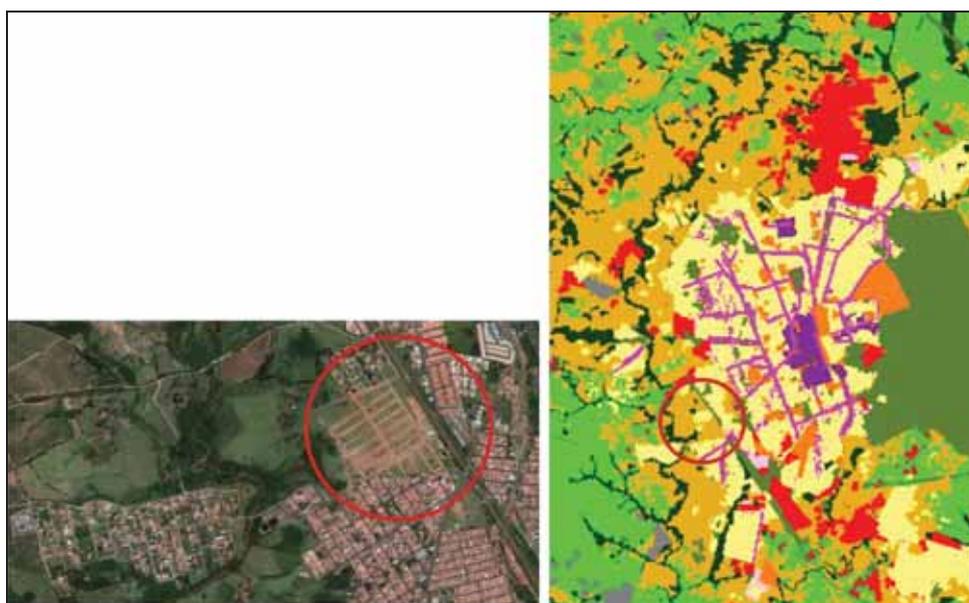


Figura 44 – Exemplo de simulação de prognósticos de 5 anos (2011) e imagem disponibilizada pelo sistema Google Earth (2010) que indica a área de expansão urbana.

A Figura 45 ilustra a imagem de simulação de prognósticos para médio prazo (2016) e a imagem disponibilizada pelo Google Earth (2010). Através de uma análise comparativa dessas imagens, verifica-se que já ocorreu o crescimento da mancha urbana.



Figura 45 – Exemplo de simulação de prognósticos de 10 anos (2016) e imagem disponibilizada pelo sistema Google Earth (2010) indicando uma área que já ocorreu expansão urbana.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conformidade com os objetivos, procedimentos metodológicos e resultados obtidos, e considerando as mudanças do uso do solo nos períodos selecionados, pode-se fazer as seguintes considerações finais.

- Em relação às transições de mudanças do uso do solo para a classe uso residencial, Rio Claro, no período de 1972 a 1988 apresentou expressiva expansão no entorno imediato de seu perímetro urbano. A expansão da malha urbana referentes aos períodos de 1988 a 1995 e 1995 a 2006, ocorreu em menores proporções, mas, em contrapartida, verificou-se o adensamento das ocupações residências nos loteamentos já implantados anteriormente. Por sua vez, no período 1995 a 2006, a transição para uso residencial, particularmente ocorreu, com a implantação de condomínios fechados nos setores sudeste e oeste da cidade, sendo destinados, respectivamente, para a população de classe média – alta, e baixa e média renda.
- A substituição das áreas de uso residencial para institucional aconteceu, principalmente, nos setores intra-urbanos e com a expansão da malha urbana. Salienta-se, no período 1972 a 1988, a transição classe áreas verdes para uso institucional, com a implantação do Campus da UNESP, junto ao bairro Bela Vista, no setor nordeste da cidade. Também, destaca-se a transição ocorrida no período 1995 a 2006, com a implantação de escolas particulares de nível superior, que adaptaram antigas instalações industriais, como são os casos das Faculdades Anhanguera, CBTA e ASSER.
- A implantação de corredores de comércio e serviços nas proximidades da área central intra-urbana, em substituição às áreas de uso residencial, teve início no período de 1972 a 1988, notando a ampliação e intensificação desses corredores em setores da área intra-urbana, nos períodos seguintes.
- A transição para uso comercial indicou a expansão do centro comercial na área central da cidade, para cada período selecionado. Ressalta-se que além desse tipo de transição, entre 1988 a 1995 ocorreu a instalação do Shopping Center em uma antiga unidade industrial (Indústria do Grupo Matarazzo). Também, no período 1995 a 2006, destaca-se a instalação de um subcentro comercial no Bairro Jardim Chervezon, localizado em área da periferia do setor norte da cidade.

- No processo de transição para uso industrial, entre 1972 a 1988 destaca-se a implantação do parque industrial no setor norte da cidade.
- Os mapas de simulações relativos aos períodos selecionados apresentaram-se consistentes, com boa aproximação quando comparados com os dados mapeados. Deve-se enfatizar a importância na seleção e definição das variáveis que determinam as ocorrências das mudanças do uso do solo na expansão urbana.
- Os mapas de simulações relativos aos prognósticos para curto e médio prazos, respectivamente 5 anos (2011) e 10 anos (2016) demonstraram consistência nos resultados quando comparados com as imagens disponibilizadas pelo sistema Google Earth (2010). Com o apoio dessas imagens, verificou-se a presença de indicadores de tendências de crescimento da mancha urbana, vinculada ao uso residencial, e a extensão dos corredores de comércio e serviços.
- Por sua vez, a utilização de geotecnologias para a extração de dados (imagens aerofotogramétricas) e na elaboração de mapas temáticos, possibilitaram a estruturação e implementação de consistente banco de dados georelacional.
- A aplicação de modelagem dinâmica ambiental em estudos urbanos permite a seleção de informações de interesse para análise estrutural de elementos, fenômenos e sistemas presentes numa determinada paisagem apesar de oferecer uma representação simplificada das relações do mundo real.
- A aplicação combinada das geotecnologias e modelagem da paisagem subsidiam o poder público no planejamento da ordenação e reorganização do espaço geográfico, através das análises diagnósticas e prognósticas.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento**: simulação de mudanças de uso do solo em áreas urbanas para as Cidades de Bauru e Piracicaba (SP). 2004. 351 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

ALMEIDA, C. M.; CÂMARA NETTO, G.; MONTEIRO, A. M. V.; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; BATTY M. **Modelos celulares de dinâmicas espaço-temporais: aplicações em estudos urbanísticos**. Disponível em:
<http://www.dsr.inpe.br/geu/Cap_Livro/Cap_C_Almeida.pdf>. Acesso em: 08 out. 2011.

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. Modelos de simulação e prognósticos de mudanças do uso do solo urbano: instrumento para o subsídio de ações e políticas urbanas. In: **XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR**, 2005, Salvador. Anais XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. Disponível em: < <http://www.xienanpur.ufba.br/142p.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. Perspectiva histórica de modelos de dinâmicas urbanas e regionais. In: **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

ALMEIDA, C.M. de **Modelagem da Dinâmica Espacial como uma Ferramenta Auxiliar ao Planejamento**: Simulação de Mudanças de Uso do Solo em Áreas Urbanas para as Cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil. 2004, Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2004.

ALMEIDA, C.M.; BATTY, M.; MONTEIRO, A.M.V.; CÂMARA, G.; SOARES-FILHO, B.S.; CERQUEIRA, G.C.; PENNACHIN, C.L. Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. **Computers, Environment and Urban Systems**, New York, v. 27, p.481-509. 2003.

ALMEIDA, R.D. de (Coord.) **Atlas Municipal Escolar de Rio Claro - SP**: Geográfico, histórico e ambiental. Rio Claro: Cruzeiro Editora e Artes Gráficas, 2002. 113p.

BATTY, M. et al. Urban systems as cellular automata (Editorial). **Environment and Planning B**, v. 24, n. 2, p. 159-164, Mar. 1997.

BATTY, M. Geocomputation using cellular automata. In: Openshaw, S.; Abrahart, R.J. (Ed.). **Geocomputation**. New York: Taylor&Francis, 2000. cap.5, p.95-126.

BATTY, M. Urban modelling: algorithms, calibrations, predicitions. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 381 p.

BATTY, M.; COUCLELIS, H.; EICHEN M. Urban Systems as cellular automata. **Environment and Planning. B, Planning & design**, London, v.24, n.2, p.159-164, 1997.

BATTY, M.; JIANG B. *Multi-Agent simulation: new approaches to exploring space-time dynamics within GIS*. Disponível em: <http://www.casa.ucl.ac.uk/multi_agent.pdf>. Acesso em: 11 set. 2007.

BATTY, M.; XIE, Y. Possible urban automata. **Environment and Planning. B, Planning & design**, London, v.24, n.2, p.175-192, 1997.

BATTY, M.; XIE, Y.; SUN, Z. Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. **Computers, Environment and Urban Systems**, New York, v.23, p.205-233, 1999.

BENEDETTI, A. C. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul**. 166 f. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Santa Maria (RS), 2010.

BESUSSI, E.; CECCHINI, A.; RINALDI, E. The diffused city of the italian north-east: identification of urban dynamics using cellular automata urban models. **Computers, Environment and Urban Systems**, New, York, v.22, p.497-523, 1998.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 305 p.

BOTELHO A. A cidade dispersa: uma nova escala da urbanização contemporânea. In: REIS N. G. (Org.). **Sobre dispersão urbana**. São Paulo: Vias das artes, 2009.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches**. 2000. Lesvos, Greece. Tese (Doutorado em Geografia) – University of Aegean, 2000. Disponível em: <<http://www.rrl.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

BRITO, F.; SOUZA J. de. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. In: São Paulo em Perspectiva, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n4/v19n4a03.pdf>>. Acesso: 20 jul 2011.

BURROUGH, P. A. Dynamic modeling and geocomputation. In: LONGLEY, P.A et al. (Ed). **Geocomputation: a primer**. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. cap.9, p.165-192.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. Conceitos básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2006.

CANO, W.; PACHECO, C. A. Cenários demográficos para as décadas de 80 e 90. In: **Cenários e diagnósticos: população e emprego**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; Secretaria de Planejamento e Gestão; SEADE, São Paulo, 1992. v.4, p. 13-89. (São Paulo no Limiar do Século XXI).

CANO, W.; PACHECO, C. A. P.; ZIMMERMANN, G.; SEMEGHINI, U. C. O processo de urbanização paulista no período 1970-89. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Cenários da urbanização paulista: documento básico**. São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no Linear do Século XXI, v.5).

CANO, W.; SEMEGHINI, U. C.; ARAÚJO, A. R. F. Análise regional do setor de serviços no Estado de São Paulo. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Diagnósticos setoriais da economia paulista**: setores de indústria e serviços. São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no Linear do Século XXI, v.3).

CANO, W.; SEMEGHINI, U. Diagnósticos setoriais: introdução. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Diagnósticos Setoriais da Economia Paulista**: introdução geral e agropecuária. São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no limiar do século XXI, v.2).

CHADWICK. G. Uma visión sistemática del planeamiento. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, 1973, 283p.

CHAPIN JR. F. S.; KAISER, E.; J. **Urban land use planning** . Urbana: University of Illinois Press, 1979.

CHENG, J.; MASSER, I. From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation. **Environment and Planning**. B Planning & design, v.24, p.165-174, 1997.

CHENG, J.; MASSER, I. Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 62, p.199-217, 2003. Disponível em: <<http://portal.isiknowledge.com/portal.cgi?DestApp=WOS&Func=Frame>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

COUCLELIS, H. Cellular worlds: a framework for modeling micro-macro dynamics. **Environment and Planning A**, London, v.17, p.585-596, 1985.

ECHENIQUE, M. Models: a discussion. Cambridge, UK: University of Cambridge, 1968. (Land Use and Built Form Studies, WP 6).

ENGELN, G. Using Cellular Automata for Integrated Modelling of Sócio-Environmental Systems. **Environmental Monitoring and Assessment**. Dordrecht, Holanda, v.34, n.2, p.203-214, 1995.

FERREIRA, M. C.; TRENTIN G.; AGUIRRE DE MATTOS, E. C. Proposta metodológica para delimitação de regiões de entorno imediato (REI) de áreas urbanas a partir de técnicas de análise espacial e geoprocessamento. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, 2010, Coimbra. Anais do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema2/marcos_cesar_ferreira>. Acesso em: 12 set 2011.

FUNDAÇÃO/SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Unidades de Saúde da Cidade de Rio Claro**. Rio Claro: [s.n.], 2011.

GODOY, M.M.G. **Modelagem da dinâmica de ocupação do solo no bairro Savassi, Belo Horizonte, Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia, na Área de Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

GODOY, M. M. G; SOARES FILHO, B. S. Modelagem da dinamica intra-urbana no bairro Savassi, em Belo Horizonte. In: ALMEIDA, C. M.; CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (org.) **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. Sao Paulo. Oficina de Textos. 2007, p. 286-304.

HAMBURGER, D.S.; FORESTI, C. Classificação do uso do solo urbano em imagens Spot. **Geografia**, Rio Claro, SP, v.22, n.1, p.51-79, 1997.

HEROLD, M.; GOLDSTEIN, N.C.; CLARKE, K.C. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing of Environment**. New York, v.86, p.286-302, 2003. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/landurbplan>>. Acesso em: 10/08/2006.

HERZELE A.; WIEDEMANN T. A monitoring tool for provision of accessible and attractive urban green spaces. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v.63, p.109-126, 2003.

HUSSNI, I. Palestra Histórico da industrialização de Rio Claro. ASSOCIAÇÃO COMERCIAL INDUSTRIAL DE RIO CLARO. Rio Claro, 2003. Disponível em: <<http://www.visiterioclaro.com.br/interna.php?idm=10&coract=1&mat=638>>. Acesso em: 02 set 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010: **População do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766>. Acesso em: 25 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População da Cidade de Rio Claro 1970**. Rio Claro: [s.n.], 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População da Cidade de Rio Claro 1980**. Rio Claro: [s.n.], 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População da Cidade de Rio Claro 1990**. Rio Claro: [s.n.], 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População da Cidade de Rio Claro 2000**. Rio Claro: [s.n.], 2000.

JOHNSTON, R. J.; GREGORY, D.; SMITH, D. M. The dictionary of human geography. Oxford: Blackwell, 1994.

LÓPEZ E.; BOCCO, G.; MENDOZA, M.; DUHAU, E. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: a case in Morelia city, Mexico. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v.55, p.271-285, 2001.

LORENZON FILHO, A.V. **O uso de modelo probabilístico: cadeia de Markov – no estudo da expansão do setor urbano de Limeira-SP**. 1991. Tese (Doutorado em Geografia – Área de Concentração em Organização do Espaço) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

LUCHIARI A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.14, p.47-58, 2001.

NEGRI, B. Diagnóstico setorial: a indústria de transformação no Estado de São (1970-1989). In: São Paulo no limiar do século XXI: **Perspectivas dos setores produtivos 1980-2000**. Campinas: Convênio IPT-FECAMP/UNICAMP/Instituto de Economia, 1990. Mimeog.

NEGRI, B. A indústria de transformação do Estado de São Paulo (1970-89). In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Diagnósticos setoriais da economia paulista: setores de indústria e serviços**. São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no Linear do Século XXI, v.3).

NOVAES, A. G. Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes. São Paulo: Edgard Blücher, 1981, 20p.

NOVAES, M. R. de. **Análise da redução da queima na colheita da cana-de-açúcar por meio de modelagem dinâmica espacial**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

PACHECO, C. A. A economia paulista e o território. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Atlas SEADE da economia paulista**. São Paulo: SEADE, 2011. Disponível em: http://www.seade.gov.br/produtos/atlasecon/intro/cap6_intro.pdf. Acesso em: 20 jul 2011.

PEDROSA, B.M.; CÂMARA G. **Modelagem Dinâmica e Geoprocessamento**. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap6-dinamica.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2006.

PINHEIRO A. C.; GIAMBIAGI F.; GOSTKORZEWICZ, J. **Políticas e Desempenho Macroeconômico: O Desempenho Macroeconômico do Brasil no Anos 90**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro/eco90_01.pdf>. Acesso em: 22 jul 2011.

POLIDORI, M.C.; KRAFTA, R. **Simulando crescimento urbano com integração de fatores naturais, urbanos e institucionais**. Disponível em: <http://geofocus.rediris.es/2005/Articulo9_2005.pdf>. Acesso em: 14 set. 2007.

RIO CLARO (São Paulo). **Plano Diretor de Rio Claro e normas complementares**. Rio Claro: Prefeitura Municipal, 2008.

ROSSINI, D. **Análise ambiental e do padrão espacial em áreas de expansão urbana de Limeira-SP**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia – Área de Concentração em Análise da Informação Espacial) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

SELINGARDI-SAMPAIO, S. **Indústria e Território em São Paulo: a estruturação do Multicomplexo Territorial Industrial Paulista**. Campinas: Ed. Alínea, 2009.

SELINGARDI-SAMPAIO, S. A industrialização de Rio Claro: contribuição ao estudo de desconcentração espacial da indústria no estado de São Paulo. **Revista Geografia**, Rio Claro, v.12, n.24, p.1-60, out. 1987.

SELINGARDI-SAMPAIO, S. A indústria em Rio Claro: dois momentos ao longo do século XX. **Arquivo Rio Claro**, Rio Claro. Jun. 2000 (173º aniversário).

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Atlas SEADE da economia paulista**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/atlasecon/textofinal.pdf>>. Acesso em: 20 jul 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Rede Urbana e Regionalização do Estado de São Paulo**. São Paulo. SEADE, 2011. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/publicacoes/pub_RedUrbanaRegionalizacaoESP_2011.pdf>. Acesso em: 20 jul 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Caracterização do território Paulo**. São Paulo. SEADE, 2011. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/atlasecon/intro/cap2_intro.pdf>.

SOARES FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235, 2002.

SOARES FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; Falieri, A.; COSTA, W. L. **Dinamica EGO Tutorial**. Belo Horizonte. CSR-UFMG. 2008.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES H. O.; COSTA, W. L. S. **Dinamica EGO Tutorial**. Belo Horizonte, MG. (2009). Centro de Sensoriamento Remoto - Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/dinamica>>. Acesso em: 12 set 2011.

SOBREIRA, F.; GOMES, M. The geometry of slums: boundaries, packing & diversity. Disponível em: <<http://www.casa.ucl.ac.uk/paper30.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2007.

SUDHIRA, H.S.; RAMACANDRA, T.V.; JAGADISH, K.S. Urban sprawl: metrics, dynamics and modeling using GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Holanda, v.5, p.29-39, 2004.

TEIXEIRA, A.; MIRANDA, J. C. R. A economia mundial no limiar do século XXI: o cenário mais provável. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Cenários e diagnósticos: a economia no Brasil e no mundo**. São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no Linear do Século XXI, v.1).

TRENTIN, G. A **Expansão urbano-industrial do Município de Americana – SP: geoteconologias aplicadas à análise temporal e simulação de cenários**. 2008. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2008.

TROPPEMAIR, H. Estudo biogeográfico das áreas verdes de duas cidades médias do interior paulista: Piracicaba e Rio Claro. **Geografia**, Rio Claro, SP, v.1, n.1, p.63-78, 1976.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World urbanization prospects: The 2005 revision**. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/population/publications/WUP2005/2005wup.htm>>. 2005. Acesso em: 25 ago. 2011.

WARD, D.P.; MURRAY, A.T.; PHINN, S.R. A stochastically constrained cellular model of urban growth. **Computers, Environment and Urban Systems**, New York, v.24, p.539-558, 2000.

WEBER, C.; PUISSANT, A. Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis metropolitan Area. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.86, p.341-352, 2003.

WHITE, R.; ENGELEN, G.; ULJEE, I.; LAVALLE, C.; EHRLICH, D. 2000. Developing an urban land use simulator for European cities. In: Fullerton, K. (Ed.), *Proceedings of the Fifth EC GIS Workshop: GIS of Tomorrow*. European Commission Joint Research Centre, pp. 179-190.

WILSON E.H.; HURD, J.D.; CIVCO, D.J. Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.86, p.275-285, 2003.