

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
*Campus de Rio Claro*

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À CARACTERIZAÇÃO E  
MAPEAMENTO DAS ALTERAÇÕES DA COBERTURA VEGETAL  
INTRA-URBANA E DA EXPANSÃO URBANA DA CIDADE  
DE RIO CLARO (SP)

LUCIMARI APARECIDA FRANCO GARCIA ROSSETTI

Orientador: Sergio dos Anjos Ferreira Pinto

Co-Orientador: Cláudia Maria de Almeida

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Área de Organização do Espaço para obtenção  
do título de Mestre em Geografia

Rio Claro (SP)

2007

## **Comissão Examinadora**

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

Profa. Dra. Silvia Aparecida Guarnieri Ortigoza  
IGCE-UNESP-Rio Claro

Prof. Dr. Ailton Luchiari  
Depto. de Geografia-USP-São Paulo

Lucimari Aparecida Franco Garcia Rossetti  
Aluna

Rio Claro, 12 de dezembro de 2007

Resultado: Aprovada

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço meus orientadores Prof. Dr. 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) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo apoio em termos de sua infra-estrutura para a utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto.

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

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi mapear e avaliar as alterações da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana e a expansão da cidade de Rio Claro (SP), com o suporte das técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para os cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2006. Como apoio cartográfico de base, foram utilizadas a planta cadastral (1:10.000) e cartas topográficas (1:50.000 e 1:10.000) transpostas para meio digital. Os procedimentos metodológicos adotados para caracterização e mapeamento da cobertura vegetal intra-urbana foram realizados através de processamento das imagens aerofotogramétricas, referentes aos cenários selecionados. Foram aplicados procedimentos de ortorretificação, realce, mosaicagem e classificação digital supervisionada. Através de um Sistema de Informações Geográficas foi estruturado e implementado um banco de dados georreferenciado, permitindo gerar mapas temáticos e desenvolver a análise temporal da distribuição da cobertura vegetal e da expansão urbana da cidade de Rio Claro. A área intra-urbana de Rio Claro apresentou significativa redução de cobertura vegetal no período de 1962 a 2006, decorrente do adensamento de ocupação por edificações em setores da área urbanizada. O processo de expansão urbana de Rio Claro ocorreu com maior intensidade no período de 1972 a 1988, devido à implantação de loteamentos na zona periférica da cidade, principalmente nos setores norte e oeste.

## **ABSTRACT**

The main goal of this research was to map and evaluate the urban vegetation land cover and urban growth for Rio Claro city (southeastern São Paulo, Brazil). Five scenarios (1962, 1972, 1988, 1995 e 2006) were considered for extracting attributes from the aerial photographs data. Computer aided images analyses and topographic maps (scale 1:10.000 and 1:50.000) were employed to construct a geographic information system georeferenced database. Geographic Information System overlay techniques indicate that urban vegetation land cover had decreases in order to 59,75% in 1962 scenario for 37,20% in 2006, mainly in the central area of the city.

The temporal analyses indicate the decrease of urban vegetation cover for 1962-2006 period. For the other land, the Rio Claro urban growth process (of Rio Claro city) were more significant at the 1972-1988 period, mainly for the northern and western sections.

## LISTA DE FIGURAS

1 - Localização da área de estudo .....	32
2 - Planta cadastral de Rio Claro (SP) .....	38
3 - Marcas fiduciais da foto aérea 35863-1972 definida pela orientação interna..... da câmera .....	40
4 - Pontos de controle da foto aérea 35863-1972 definida pela orientação externa..	41
5 - Exemplo de um segmento de Imagem do Modelo Digital de Elevação (DEM)..	42
6 - Fluxograma da rede hierárquica da cobertura vegetal .....	46
7 - Histogramas da média dos objetos das bandas 1,2,3 da imagem de 2006 .....	47
8 – Unidades Regionais de Planejamento, conforme Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor do Município de Rio Claro (SP) .....	50
9 – Planta cadastral de Rio Claro com divisão de bairros .....	52
10 – Ortofoto 35863-1972 gerada no software <i>ENVI</i> .....	53
11 – Imagem ortorretificada com sobreposição da planta cadastral.....	54
12 – Equalização dos níveis de cinza da foto aérea 35863-1972: .....	
a) imagem a ser equalizada, b) imagem equalizada .....	54
13 – Mosaico das fotos aéreas de 1962 com sobreposição do limite da área urbana	55
14 – Mosaico do limite da área urbana de Rio Claro – 1962 .....	56
15 – Mosaico do limite da área urbana de Rio Claro – 1972 .....	57
16 – Mosaico do limite da área urbana de Rio Claro – 1988 .....	58
17 – Mosaico do limite da área urbana de Rio Claro – 1995 .....	59
18 – Mosaico do limite da área urbana de Rio Claro – 2006 .....	60
19 – a) Imagem a ser classificada, b) Imagem segmentada, c) Imagem classificada: cobertura vegetal (verde) outras coberturas (vermelho).....	61
20 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962.....	63

21 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1972.....	64
22 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1995.....	65
23 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 2006.....	66
24 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – conforme cenários.....	67
25 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962 a 1972.....	68
26 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1972 a 1995.....	69
27 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1995 a 2006.....	70
28 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962 a 2006.....	71
29 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1962 a 1972 .....	72
30 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1972 a 1988 .....	73
31 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1988 a 1995 .....	74
32 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1995 a 2006 .....	75
33 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – conforme cenários .....	76
34 – Gráfico de ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006 .....	79
35 – Cobertura Vegetal e trecho da Avenida da Saudade e Praça Bom Jesus: a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	80
36 – Praça Joaquim Martins dos Santos, Bairro Bela Vista (URP IV): a) 1972, b) 1995, c) 2006 .....	81
37 – Campus da UNESP, Bairros Bela Vista e Vila Nova (URP IV): a) 1972, b) 1995, c) 2006 .....	82
38 – Processo de urbanização do Parque Lago Azul (URP I): a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	84
39 – Processo de canalização do Córrego da Servidão: a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	86

40 – Remoção da cobertura de “fundos de lotes” da Zona Central (URP I):	
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	87
41 – Adensamento de edificações em área residencial, Bairro Vila Nova (URP IV):	
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	88
42 – Processo de ocupação de vazio inserido na malha urbana (URP I):	
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006.....	89
43 – Vazio intra-urbano, setor norte da cidade (URP II) – 2006.....	90
44 – Gráfico de evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006 .....	91
45 – Gráfico de ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006 .....	93
46 – Remoção da cobertura vegetal com a implantação de: a) loteamento popular, Parque das Indústrias (URP II), b) Conjunto Habitacional Bandeirantes, Jardim Bandeirantes (URP IV) .....	94
47 – Remoção da cobertura vegetal com a instalação do Distrito Industrial (URP III).....	94
48 – Remoção da cobertura vegetal nativa com a implantação de loteamento destinado às chácaras: a) 1972, b) 1995, c) 2006.....	95
49 – Remoção da cobertura vegetal nativa com a ocupação do Condomínio Residencial Florença (URP III): a) 1988, b) 1995, c) 2006.....	96
50 – Remoção da cobertura vegetal nativa com a implantação de condomínios residenciais de alto padrão, setor sul da cidade (URP I): a) 1995, b) 2006.....	97
51 – Gráfico da área urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006.....	98
52 – Implantação do Distrito Industrial, setor norte da cidade (URP III): a) 1972, b) 1988 .....	100



53 – Implantação de loteamento a oeste da Rodovia Washington Luís (URP V), desconectado da mancha urbana: a) 1962, b) 1972 .....	101
54 – Implantação de loteamento no setor norte da cidade (URP III), desconectado da mancha urbana: a) 1962, b) 1972 .....	101
55 – Implantação do Condomínio Residencial Florença, setor norte (URP III): a) 1972, b) 1988 .....	103
56 – Implantação da Universidade Estadual Paulista: a) 1972, b)1988 .....	103
57 – Implantação de conjuntos habitacionais populares, oeste da Rodovia Washington Luís: a) 1988, b) 1995, c) 2006.....	104
58 – Implantação de condomínios residenciais de alto padrão, setor sul da cidade (URP I): a) 1995, b) 2006.....	106
59 – Implantação do Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni, setor norte da cidade (URP IV), assentamento irregular: a) 1995, b) 2006.....	107
60 – Gráfico de evolução da expansão urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006	109

## LISTA DE TABELAS

1 – Chaves de interpretação das classes de cobertura vegetal e outras coberturas	
– foto aérea pancromática: escala aproximada de 1:25.000. ....	44
2 – Chaves de interpretação das classes de cobertura vegetal e outras coberturas	
– foto aérea colorida: escala aproximada de 1:30.000.....	45
3 – Unidades Regionais de Planejamento com respectivos bairros .....	51
4 – Ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na	
área de 1962 – cenários 1962 a 2006.....	79
5 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na	
área de 1962 – cenários 1962 a 2006.....	91
6 – Ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006	92
7– Área urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006.....	97
8 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006.....	108

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE SUPORTE AO TRABALHO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 O Espaço Urbano.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Conceituação de Área Verde Intra-Urbana.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Geotecnologias na Avaliação das Áreas Verdes Intra-Urbanas e Expansão         das Áreas Urbanizadas .....</b>	<b>26</b>
<b>3. A ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Caracterização da Área de Estudo .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 Breve Histórico da Cidade de Rio Claro .....</b>	<b>32</b>
<b>4. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1 Materiais e Equipamentos .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2 Desenvolvimento do Trabalho.....</b>	<b>36</b>
4.2.1 Seleção de Imagens Aerofotogramétricas .....	36
4.2.2 Procedimentos de Vetorização da Planta Cadastral .....	37
4.2.3 Estruturação do Banco de Dados Georeferenciado.....	39
4.2.4 Processamento das Imagens Digitais .....	39
4.2.4.1 <i>Pré-Processamento</i> .....	39
▪ Ortorretificação das Imagens.....	40
▪ Equalização dos Níveis de Cinza das Imagens.....	42
▪ Mosaicagem das Imagens.....	43
4.2.4.2 <i>Processamento das Imagens</i> .....	43
▪ Classificação das Imagens Digitais .....	43
▪ Edição das Imagens Classificadas .....	48
4.2.5 Procedimentos de Vetorização do Limite da Área Urbana com base nos mosaicos .....	48
4.2.6 Classificação das Imagens - Limite da Área Urbana .....	48
4.2.7 Geração de Mapas Temáticos .....	48
4.2.8 Procedimentos para a Análise dos Dados .....	49

<b>5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 Produtos do Pré-Processamento das Imagens .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2 Produtos da Classificação das Imagens – Cobertura Vegetal Intra-Urbana</b>	<b>61</b>
<b>5.3 Mapas Temáticos Obtidos .....</b>	<b>61</b>
<b>5.4 Análise da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana.....</b>	<b>77</b>
5.4.1 Caracterização da Cobertura Vegetal Intra-Urbana - 1962.....	77
5.4.2 Análise das Alterações da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana com Base na Área de 1962 – cenários 1962 a 2006.....	78
5.4.3 Análise das Alterações da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana, conforme a Expansão Urbana - cenários 1962 a 2006 ....	92
<b>5.5 Análise da Expansão Urbana .....</b>	<b>97</b>
5.5.1 Caracterização da Área Urbana - 1962 .....	98
5.5.2 Análise da Expansão Urbana - cenários 1962 a 2006 .....	99
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>110</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>113</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas, a cobertura vegetal constitui um elemento importante na medida em que pode proporcionar melhorias no ambiente alterado pela ocupação antrópica, podendo ser considerada um indicador da qualidade de vida de seus habitantes, conforme indicativos da Organização Mundial de Saúde.

A partir da primeira metade do século XX, o rápido crescimento da população brasileira foi acompanhado por uma crescente expansão dos centros urbanos. Este fato propiciou a estruturação de uma rede de cidades em todo o território nacional, concentrando-se principalmente nas regiões sul e sudeste.

No contexto desta rede urbanizada, destacam-se as cidades denominadas de porte médio que, conforme o IBGE são aquelas que possuem população variando entre 100.000 e 500.000 habitantes. Estas cidades têm como uma de suas características, o rápido crescimento de sua malha urbana, em geral pouco ordenado, resultando em transformações de seus padrões de ocupação original, muitas vezes sem a preocupação de preservar/conservar suas áreas com cobertura vegetal e seus setores históricos, não raro removendo-os, e implantando novas estruturas urbanas. No caso das áreas vegetadas, restringem-se na maioria das vezes, a jardins públicos e residenciais, setores não ocupados de lotes urbanos, a alguns parques urbanos com remanescentes da cobertura vegetal original, ou ainda, a chácaras que foram incorporadas ao perímetro urbano.

Nesta situação, podem ser encontrados espaços vazios intra-urbanos de propriedade particular, apresentando cobertura vegetal, que são temporariamente preservados em função da especulação imobiliária. Nas proximidades das periferias urbanas (franjas urbanas), ainda podem ser encontrados espaços vazios vegetados, que dependendo dos projetos urbanísticos do município, poderão ser incorporados como espaços livres públicos tais como praças, parques, escolas, universidades, clubes, fábricas, cemitérios etc.

Outro elemento encontrado nas cidades refere-se às áreas degradadas e/ou deterioradas que compreendem terrenos e/ou edificações total ou parcialmente desocupados. Em geral, estas áreas originalmente possuíam função industrial e/ou comercial que foram desativadas, sendo consideradas como áreas de deterioração urbana. Nestas áreas, tem-se em geral o surgimento e crescimento de espécies vegetais invasoras, em geral gramíneas e herbáceas, que com o tempo poderão se tornar mais densas, caso estas áreas não sejam revitalizadas em termos de ocupação. Em estudos de passivos ambientais, estão sendo apresentadas formas de reutilização dessas áreas, por serem também consideradas como poluição visual e áreas

marginalizadas, podendo constituir-se em problemas de natureza social, tais como pontos de criminalidade e drogas, ocupações clandestinas etc. Neste caso, a presença destas áreas vegetadas pode ser de ocorrência temporária, até que o poder público e/ou privado as revitalizem, atribuindo a elas outras formas de uso e/ou funções.

As áreas vegetadas intra-urbanas também exercem importante função de controle e prevenção de desastres naturais causados por processos de erosão, tais como desmoronamentos e/ou deslizamentos de encostas, especialmente nos casos em que o sítio urbano, ou setores do mesmo, se caracterizam por relevo montanhoso, com vertentes apresentando valores elevados de declividade (em geral acima de 30%).

De um modo geral, a presença de áreas vegetadas aumenta a permeabilidade dos terrenos intra-urbanos, reduzindo o escoamento superficial das águas pluviais, que causam também problemas de inundações, especialmente nos setores do sítio urbano que apresentam altimetrias mais baixas, como por exemplo, as áreas de fundo de vales da rede de drenagem incorporada pelo crescimento urbano.

Por sua vez, o adensamento de edificações e diminuição da cobertura vegetal urbana tem provocado o surgimento de um fenômeno atmosférico denominado “ilha de calor”, que se caracteriza como um bolsão térmico mais aquecido, especialmente na parte basal da atmosfera local, ocorrendo em geral nos setores centrais das grandes cidades. Desta forma, a presença de áreas com vegetação na porção central das cidades, tende a desempenhar um papel de efeito minimizador da presença dessas “ilhas de calor”.

É importante também ressaltar que as áreas vegetadas intra-urbanas podem constituir-se em redutos de espécies de fauna e flora regionalmente nativas e que foram excluídas pelo crescimento urbano. Este fato é particularmente observado nos casos em que a expansão urbana se fez através da incorporação de bairros instalados originalmente desconectados da mancha urbana principal. A área de cobertura vegetal natural que ocorre entre essas manchas urbanas vai sendo progressivamente eliminada, restando em alguns casos áreas residuais, especialmente aquelas de propriedade do poder público. Em termos de redutos naturais ou faunísticos, pode-se observar nestas áreas a presença de espécies de aves e insetos.

Em geral, as cidades são constituídas por uma estrutura urbana complexa e em constante transformação, apresentando uma dinâmica espacial e temporal resultante da intensificação do processo de urbanização, o qual pressupõe a substituição gradativa do espaço rural pelo espaço construído. O arranjo espacial reflete um conjunto de formas e distribuição de elementos do fato urbano, resultando em uma fisionomia que define a malha

urbana, apresentando muitas vezes uma paisagem fragmentada e segregada do ponto de vista socioeconômico.

A organização do espaço urbano é dada pelos diversos fragmentos, evidenciados em diferentes usos na malha urbana, onde o centro da cidade comporta as atividades comerciais e de serviços, ao passo que a zona periférica geralmente compreende as áreas residenciais, com suas formas associadas às classes sociais, além das áreas industriais e de lazer.

A expansão urbana é um processo de conotação espacial com dimensão temporal, ocorrendo quando as cidades requerem novos espaços para ampliação, decorrentes do crescimento populacional, ou por deterioração de áreas já ocupadas possuindo funções residenciais e serviços, ou ainda pela reorganização funcional de setores centrais da cidade e incorporação de novas áreas além do atual perímetro.

Neste contexto, é de fundamental importância o levantamento de dados para uma análise diagnóstica, e o monitoramento desses espaços urbanos como suporte ao planejamento e a sua gestão territorial. Com a finalidade de ordenar racionalmente a ocupação desses espaços, é necessário que exista um planejamento para o uso e ocupação do solo, com informações sobre a tendência do crescimento urbano e o padrão da ocupação, bem como as características ambientais e os diferentes fatores/agentes envolvidos.

Para a gestão dessas áreas do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e socioeconômica, é necessária a aquisição e disponibilização de dados em lapso de tempo compatível com a dinâmica das alterações que ocorrem no espaço urbanizado. Neste contexto, destacam-se as técnicas de Sensoriamento Remoto, que permitem não somente levantar dados de elementos do fato urbano, mas também caracterizar a espacialização das alterações ocorridas, possibilitando desta forma subsidiar o planejamento e a tomada de decisões em nível local.

Em termos mais específicos, as técnicas de Sensoriamento Remoto tiveram origem a partir do advento das fotografias aéreas verticais, obtidas através de levantamentos aerofotogramétricos. Posteriormente, como consequência da corrida espacial a partir da década de 1970, disponibilizou-se sistemas sensores em nível orbital, através dos quais são obtidas imagens multiespectrais da superfície terrestre.

As imagens aerofotogramétricas obtidas em escala grande possuem alta resolução espacial, possibilitando a aquisição de dados de detalhes da superfície imageada e, portanto, sendo muito utilizadas para a geração de plantas cadastrais urbanas. Por outro lado, os sistemas sensores orbitais dos satélites Ikonos e QuickBird, em operação a partir de 1999 e 2001 respectivamente, geram também imagens de alta resolução espacial, as quais podem ser

igualmente utilizadas para estudos de áreas urbanas. Deve-se salientar que uma das vantagens que os sensores orbitais oferecem é a repetitividade de imageamento, possibilitando o monitoramento das alterações que ocorrem em uma dada área, por exemplo, nos setores intra-urbanos das cidades.

Outro recurso também disponível, útil para a análise de áreas urbanas, refere-se aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tecnologia interdisciplinar destinada a analisar, integrar e representar os dados espacialmente referenciados em ambiente computacional (Câmara e Monteiro, 2001).

Um SIG tem como objetivo básico realizar análises ao integrar dados georreferenciados de diversas fontes, como mapas analógicos e digitais, produtos de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de videografia), dados censitários, dados de campo etc. A partir do georeferenciamento e registro dos dados, é possível obter diferentes informações através da sobreposição de planos temáticos, modelos digitais de terreno e imagens de Sensoriamento Remoto, bem como efetuar consultas, armazenar, manipular e integrar dados.

Os SIG, via de regra, possuem a eles associado um banco de dados geográficos (georreferenciado e relacional) que, além de dados convencionais, possuem também informações como a localização, tipo de entidade geométrica, valores de altimetria, entre outros. Através desses bancos de dados pode ser gerenciada uma grande quantidade de informações em meio digital. Com isso, o usuário ganha em agilidade, facilitando o acesso e manipulação a diferentes tipos de dados.

A disponibilização das tecnologias de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento tem contribuído como subsídios na estruturação e implementação de planos de gestão de uma área, bem como para a tomada de decisões por parte do poder público local.

Neste contexto, a estruturação e o desenvolvimento deste trabalho se associam às seguintes premissas:

a) As técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento são hábeis para a caracterização, monitoramento e análise das ocorrências de alterações intra-urbanas e da expansão das áreas urbanizadas.

b) Com o crescimento das áreas urbanizadas, há uma tendência de diminuição da cobertura vegetal intra-urbana, particularmente em setores mais centrais.

Tendo em vista as premissas acima mencionadas, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar e mapear as alterações da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana e a expansão urbana da área urbanizada da cidade de Rio Claro (SP), com o suporte das técnicas



de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para os cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2006.

Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear a cobertura vegetal intra-urbana com ênfase em procedimentos de classificação digital de imagens.
- Mapear as alterações ocorridas na distribuição da cobertura vegetal.
- Mapear a área urbana, conforme os cenários selecionados.
- Organizar banco de dados georreferenciado.
- Avaliar as alterações ocorridas na distribuição da cobertura-vegetal intra-urbana.
- Avaliar a expansão da área urbanizada de Rio Claro.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE SUPORTE AO TRABALHO

### 2.1 O Espaço Urbano

O homem, através de suas atividades, interesses e aspirações, tem-se tornado cada vez mais um “ser urbano”, particularmente através das relações interpessoais cada vez mais intensas, além das oportunidades e facilidades que as cidades oferecem, especialmente, os grandes centros.

Num primeiro momento as cidades, populacionalmente, se expandiram pelo próprio crescimento vegetativo, posteriormente acrescido da migração campo-cidade (êxodo rural), juntamente (até o presente momento) com as transferências entre cidades, em especial das menores para as maiores.

É também importante lembrar que, a partir das últimas décadas, movimentos populacionais no sentido oposto têm ocorrido. Das grandes metrópoles para as cidades de médio porte, e esse fato, muitas vezes, vem associado ao processo de descentralização industrial e de atividades de serviços.

Esses fatos têm ocorrido no Brasil e em outros países, caracterizando e estruturando os espaços territoriais urbanos.

Portanto, as cidades têm apresentado crescimento populacional e expansão territorial, na maior parte dos casos, de forma desordenada, ocupando espaços que comprometem a qualidade de vida de seus habitantes e põem em risco as condições de equilíbrio ambiental.

O crescimento urbano pode, e deve ser conduzido através de políticas públicas alicerçadas em planejamentos, que conduzam à gestão sócio-econômica e ambientalmente sustentável.

Na realidade o que se observa, mesmo em cidades de médio e pequeno porte, é a implantação de pequenos bairros periféricos que vão se instalando, agregados, ou não, do corpo principal do espaço urbano consolidado.

Neste aspecto, Corrêa (2001, p. 145) salienta que “o espaço urbano é fragmentado e articulado, reflexo e condição social, e campo simbólico e de lutas”.

Conforme o autor, o espaço fragmentado é caracterizado por diferentes paisagens e usos da terra, originando um mosaico urbano constituído pelo núcleo central, zona periférica do centro, áreas industriais, subcentros terciários, áreas residências distintas em termos de forma e conteúdo.

O espaço urbano é fragmentado e articulado, que compreendem atributos complementares, pois essa articulação é decorrente das relações de cada uma das partes da cidade, mesmo que sejam de natureza e intensidade variáveis como os fluxos de veículos, de pessoas e de mercadorias e, de forma menos visível, a circulação de decisões e investimentos de capital, salários, juros, rendas, e ainda a prática do poder e da ideologia em sua dimensão espacial.

Por sua vez, o espaço urbano fragmentado e articulado é reflexo da sociedade capitalista, apresenta características da desigualdade social e das diferenças locacionais das diversas atividades que se realizam na cidade. Portanto, suas formas e arranjo espacial sofrem mudanças complexas, com ritmos e naturezas diferenciadas que se realizam em um dado momento.

O espaço urbano é também um condicionante social, e esse condicionamento ocorre através das obras realizadas pelo homem, as formas espaciais desempenham na reprodução das condições de produção e das relações de produção.

O espaço urbano é também o lugar onde os diferentes grupos sociais vivem e se reproduzem, envolvendo o cotidiano e o futuro; as crenças, valores, mitos, utopias e conflitos da sociedade de classes projetados nas formas espaciais como monumentos, lugares sagrados, uma rua especial, uma favela, lugares de lazer etc. O espaço urbano torna-se, um campo simbólico por ter dimensões e significados e variáveis segundo as diferentes classes e grupos etário, étnico etc. e um campo de lutas, onde o espaço da cidade é o cenário e os objetos das lutas sociais visam o direito à cidade, à cidadania plena e igual para todos.

Em termos conceituais, Villaça (2001) enfatiza que o domínio dos estudos intra-urbanos tem sido prejudicado pelo emprego incorreto de paradigmas, conceitos e metodologias típicos dos estudos regionais. Devido ao processo de urbanização e das redes urbanas na estruturação regional, expressões como “espaço urbano”, “estrutura urbana” ou “reestruturação urbana” passaram a ser utilizadas por estudos regionais, tornando redundante o uso dessas expressões comprometendo o componente urbano do espaço regional. Diante desse fato, houve a necessidade de criar outra expressão para designar o espaço urbano, sendo então, utilizada a expressão intra-urbano. Esse autor conceitua o espaço intra-urbano como segue:

*“O espaço intra-urbano é estruturado pelas condições de deslocamento do ser humano, seja enquanto portador da mercadoria força de trabalho, como no deslocamento casa/trabalho, seja enquanto consumidor, reprodução da força de trabalho, deslocamento casa-compras, casa-lazer, escola, etc.” (Villaça, 2001, p.20).*

Ressalta-se que nesse trabalho é utilizado o termo “espaço intra-urbano” para caracterizar o território compreendido pelos limites da área urbanizada da cidade de Rio Claro, em conformidade com a conceituação proposta por Villaça (2001).

## **2.2 Conceituação de Área Verde Intra-Urbana**

Diversos trabalhos têm se dedicado à caracterização e análise da cobertura vegetal no contexto das áreas urbanizadas. O elemento cobertura vegetal intra-urbana, em geral, tem sido incluído na terminologia técnica como “áreas verdes”, sendo focado de forma diferenciada, especialmente quando tratadas por profissionais de formações diversificadas. Os termos áreas verdes, áreas de lazer, espaços livres, arborização urbana, entre outros, muitas vezes são usados como sinônimos, e as diferentes abordagens utilizadas na obtenção de índices de cobertura vegetal dificultam as análises dos dados de uma mesma área intra-urbana.

Dada às diferenças conceituais de enquadramento do tema “área verde intra-urbana”, neste trabalho é utilizado o termo cobertura vegetal intra-urbana, o qual será considerado como toda área vegetada no interior da área urbanizada, compreendendo espécies graminóides, herbáceas, arbustivas e arbóreas, tanto em espaços públicos como privados.

As áreas urbanas constituem importantes elementos da paisagem antropizada e representam grande dinamicidade no tempo e no espaço em termos de alterações de ocupação. Neste contexto, as técnicas de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas constituem importantes ferramentas para a aquisição, manipulação, análise e integração de dados de interesse temático.

Como este tema já tem merecido atenção em publicações disponíveis listadas a seguir, é apresentada uma revisão dos trabalhos desenvolvidos por diferentes autores, que tiveram como objetivo realizar uma avaliação qualitativa e/ou quantitativa da vegetação em áreas urbanas, sempre com a denominação de áreas verdes, considerando também as diversas

tecnologias empregadas e que, de uma forma direta e/ou indireta, fornecem subsídios teóricos a esta proposta.

Em termos conceituais, Troppmair (1976), considerou como vegetação urbana, toda e qualquer vegetação, seja de porte arbóreo, arbustivo ou rasteiro, que ocorre no espaço urbano construído, ou em processo de ocupação. Também considerou como áreas verdes aquelas destinadas ao lazer, como os jardins, parques e bosques, bem como a vegetação presente nos fundos dos quintais. O referido autor realizou um estudo biogeográfico comparativo entre as áreas verdes de duas cidades médias do interior paulista, Piracicaba e Rio Claro, e salientou que a falta de planejamento na ocupação do espaço urbano reflete de modo negativo na existência das áreas verdes.

A vegetação urbana presente em fundos de quintais, além de praças e jardins, independentemente se arbórea ou arbustiva foi analisada por Carvalho (1982) em estudos da cidade de Piracicaba. O autor mostrou a necessidade da presença de áreas verdes nos centros urbanos, no sentido de influenciar as condições do clima local. Para a avaliação do clima urbano, considerou dados termo-higrométricos em locais arborizados e não arborizados, selecionados no centro da cidade, em bairro periférico e da zona rural, e seus resultados caracterizaram uma “ilha de calor”. Também detectou a presença de poluição pela deposição de material particulado em amostras de folhas, bem como pela observação da concentração de nutrientes em folhas, e do comportamento do pH em cascas de árvores de diversas espécies. Ainda, foram analisados os aspectos sociais e de lazer, através de entrevistas realizadas entre adultos e crianças que frequentam a Praça José Bonifácio, revelando que as áreas verdes constituem a principal opção de lazer da população urbana.

Os termos áreas verdes, espaços livres e espaços abertos são utilizados como sinônimos no trabalho realizado por Escada (1992), que avaliou os espaços livres urbanos de uso coletivo na cidade de São José dos Campos. A autora evitou o termo espaço aberto, devido à tradução errônea do termo inglês “open space”. Neste caso, tratou de algumas categorias de espaços livres, que desempenham a função recreacional e que compreendem os parques inseridos na malha urbana, bem como aqueles pertencentes a uma categoria interurbana, de maior porte em relação aos demais e apresentando funções de conservação. Também, empregou o termo áreas livres para designar situações de áreas desprovidas de qualquer equipamento para uso recreacional. Portanto, não considerou os espaços com função exclusivamente ornamental (jardins internos, vasos, jardineiras em edifícios públicos e particulares; arborização de vias públicas; vegetação em canteiros centrais de avenidas; jardins e parques particulares: industriais, clubes etc.) e outras categorias como cemitérios,

alamedas, camping, balneários etc. A autora realizou a pesquisa utilizando-se de técnicas de Sensoriamento Remoto, através da análise de imagens digitais e de um Sistema de Informações Geográficas. Para a aquisição dos dados, utilizou imagens TM/LANDSAT, fotografias aéreas pancromáticas na escala 1:10.000 e dados de campo, combinando diferentes níveis de informações para a análise do espaço urbano. Através de um Sistema de Informações Geográficas, integrado a um banco de dados, realizou-se a manipulação e visualização dos dados georreferenciados concomitantemente com dados não espaciais.

Por sua vez, Ceccato (1994), em seu trabalho, utiliza o termo áreas verdes abrangendo vegetação de porte arbóreo, arbustivo e gramíneas na avaliação da arborização das vias públicas e das áreas verdes particulares compostas por chácaras, vegetação de fundos de quintais e de jardins. Considerou que o conceito de “arborização urbana” ou “verde viário” pressupõe a integração entre espaços urbanos ocupados por construções e espaços livres vegetados. A autora analisou a qualidade de vida urbana da cidade de Rio Claro, desenvolvendo uma proposta metodológica em que considerou as áreas verdes como uma variável importante no contexto de seus objetivos. Em sua proposta metodológica integrou dados de Sensoriamento Remoto e de campo, através de um banco de dados relacional em um SIG. A partir de fotografias aéreas pancromáticas de 1988 na escala de 1:10.000, realizou o mapeamento da vegetação, e do produto orbital TM/LANDSAT de 09/03/93, foram extraídas as classes de densidade de vegetação a partir da aplicação de um algoritmo de índice de vegetação. Também foram utilizados um Sistema de Tratamento de Imagens e um Sistema de Informações Geográficas desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste trabalho, a autora avaliou quantitativamente as potencialidades dos dados através das técnicas de Sensoriamento Remoto como indicadores das condições do ambiente urbano e das características da população. De acordo com os resultados, concluiu que existe relação entre classes de renda da população e os padrões texturais na imagem, sendo este último o principal indicador dos padrões de espaço construído. Da mesma forma, a relação existe entre as classes de índice de vegetação e as classes de textura, e indiretamente, com as classes de renda. Também salientou que um Sistema de Informações Geográficas associado a um banco de dados relacional possibilitou a entrada, manipulação e visualização dos dados de qualidade de vida sobre uma base georreferenciada. Ainda, destacou a vantagem na utilização de um banco de dados para a integração de uma grande massa de dados, que possibilita o cruzamento de um conjunto de “n” dados utilizando uma única feição gráfica, a partir de uma base georreferenciada.

Analisando as áreas verdes públicas e privadas, com cobertura vegetal predominantemente arbórea ou arbustiva, sem considerar a arborização ao longo das vias públicas, Oliveira (1996) desenvolveu o trabalho visando subsidiar o planejamento ambiental na cidade de São Carlos. Neste trabalho, utilizou um Modelo de Classificação de Áreas Públicas e Áreas Verdes, permitindo definir grupos específicos de áreas públicas, com base nas suas características estruturais, funcionais, utilitárias e legais. Desenvolveu análise diagnóstica sócio-ambiental baseada na Densidade Populacional (DP), Percentual de Áreas Verdes (PAV) e Índice de Áreas Verdes (IAV) para todo o núcleo urbano. Para o autor, as áreas verdes apresentam funções potenciais capazes de proporcionar um micro clima distinto no meio urbano em relação à luminosidade, temperatura e outros parâmetros associados ao bem-estar humano, com significado ecológico em termos de amenização da poluição e de suporte à fauna urbana (aves, insetos e fauna do solo). Salaria também que as áreas verdes constituem elementos esteticamente marcantes na paisagem urbana, diferenciando-se significativamente da massa de edificações. Utilizou as técnicas de Geoprocessamento, através do software IDRISI, implementando um banco de dados georreferenciado, um banco de dados relacional e um banco de dados fotográficos para a análise e integração das informações.

O termo áreas verdes também é discutido por Scherer e Hochheim (1998), considerando como áreas livres na cidade, com características predominantemente naturais, independente do porte da vegetação. O conceito desses autor é portanto mais abrangente, pois contempla a maioria das ocorrências dos espaços livres que existem nas áreas urbanas. Os autores desenvolveram um projeto de cadastramento de áreas verdes para a cidade de Blumenau (SC), considerando duas categorias ou subsistemas de áreas: aquelas destinadas ao lazer ou ao convívio social, e as áreas de preservação de recursos naturais, com características que recomendam sua proteção. Nessa segunda categoria, foram incluídas áreas apresentando cobertura florestal expressiva. Conforme os autores, nas áreas indicadas para preservação, não devem ser realizadas implantações de equipamentos urbanos. Também, propõem a utilização da cartografia digital como base para a análise diagnóstica de forma combinada com as técnicas de Geoprocessamento, com ênfase nos SIG's.

O estudo realizado por Guzzo (1999) mostra que a denominação técnica de áreas verdes e/ou espaços pode estar associada, também, à legislação municipal. É o caso, da cidade de Ribeirão Preto (SP), esse termo inclui praças, parques e cemitérios. Em seu trabalho o autor supra-citado avaliou a disponibilidade dos espaços livres de uso público e a quantidade de cobertura vegetal intra-urbana daquela cidade. Realizou um inventário desses espaços

livres desenvolvendo estudo detalhado em dois setores da cidade Ribeirão Preto, em sua porção central. O primeiro correspondente ao quadrilátero central da cidade, e um outro abrangendo bairros residenciais. Fez análise comparativa entre os dois setores, enfatizando ou a situação das áreas verdes presentes naqueles locais, visando especialmente definir as suas disponibilidades de lazer para a população. O trabalho apresentou também abordagem para a obtenção de três índices distintos: o Índice de Espaços Livres de Uso Público; o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana e o Índice de Verde por habitante. Este autor chama a atenção sobre diferentes critérios que são utilizados na caracterização de áreas verdes, resultando em diferentes índices de cobertura vegetal dentro de uma mesma área urbana. Os dados foram cartografados na escala 1:12.500, e a partir de fotografias aéreas, na escala 1:8.000. Com base nestes documentos, foram mapeadas todas as manchas verdes intra-urbanas, bem como as áreas de solo não impermeabilizado, corpos d'água superficiais e os limites de unidades de paisagens.

Por sua vez, Luchiari (2001) em estudo realizado na cidade de Campinas (SP), identificou e analisou a cobertura vegetal em uma pequena bacia hidrográfica intra-urbana. Nesse trabalho considerou a vegetação arbustiva encontradas em terrenos baldios, as praças, os parques, as áreas alagadiças providas de vegetação herbácea e arbustiva, que ocorrem em ambiente urbano, e as áreas destinadas às pastagens e o terrenos em pousio com vegetação herbácea e arbustos, que ocorrem em meio rural. Também, analisou a vegetação arbórea referente aos remanescentes florestais ao longo dos canais de drenagem, e aos pequenos bosques formados por essências exóticas, principalmente o eucalipto. Para o desenvolvimento do trabalho utilizou dados cartográficos e imagens TM LANDSAT (bandas 3, 4 e 5) e SPOT (banda pancromática). Os dados orbitais foram submetidos às rotinas de fusão de imagens e classificação de padrões, que posteriormente foram combinados com os mapas da área urbana. O autor constatou em suas análises estreito relacionamento entre a densidade de cobertura vegetal e a renda familiar da população residente na área. Ainda, salientou que os produtos obtidos pela técnica de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas consistem em tecnologias que auxiliam tais estudos.

Os espaços livres urbanos considerados como aqueles espaços livres de construção, que apresentam acesso livre ao público e são destinados ao lazer ao ar livre é notado nos estudos de Freitas e Cavalheiro (2003). Os referidos autores avaliaram os espaços livres públicos (ELP) da cidade de Ilha Solteira (SP) através da identificação e classificação desses espaços em várias categorias, e determinaram o Índice de Espaços Livres Públicos (IELP) através da relação do número de espaços livres públicos e o número de habitantes. Também,



sugeriram algumas estratégias de manejo desses espaços livres públicos no contexto de planejamento urbano. No processo de planejamento da paisagem urbana, os espaços livres urbanos foram classificados como jardim de representação, parque de vizinhança, parque de bairro, parque distrital, parque regional, verde de acompanhamento viário, unidades de conservação e áreas de uso especial (cemitérios, jardim botânico, jardim zoológico etc).

Em estudos sobre ilhas de calor na cidade de Sacramento (EUA), Akbari et al. (2003) avaliaram as superfícies (coberturas e pavimentações) e a vegetação urbana (árvores, gramíneas, arbustos), considerando os tipos de uso do solo na zona central, no centro financeiro da cidade, bem como em setores industrial, de escritórios, comercial e residencial. Os autores discutiram um método para organizar uma base de dados sobre a distribuição da cobertura do solo para vários tipos de uso na cidade de Sacramento (EUA), uma das cidades-piloto selecionada pela Agência Nacional de Proteção Ambiental (*US Environmental Protection Agency - EPA*) e pelo Departamento de Energia (*Department of Energy - DOE*), os quais apóiam um programa de iniciativa de redução de ilhas de calor em meio urbano, integrando o “Projeto Piloto de Ilhas de Calor Urbanas” (*Urban Heat Island Pilot Project - UHIPP*) nos Estados Unidos. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados ortofotos digitais coloridas de alta resolução (0,3 m), um sistema de tratamento de imagens (ERDAS) e dados de uso da terra e cobertura da terra da Agência Nacional de Pesquisa Geológica (*United States Geological Survey - USGS*). Nas análises utilizaram o modelo estatístico de Monte Carlo, com base em amostras aleatórias obtidas a partir da análise interpretativa de fotografias aéreas. Os autores realizaram a classificação digital supervisionada, a partir de ortofotos em composição RGB.

O termo “espaços verdes” é conceituado como todos os espaços abertos com áreas de grandes dimensões por Herzele e Wiedemann (2003) que avaliaram a acessibilidade e a atratividade dos espaços verdes nos centros urbanos e no entorno imediato de quatro cidades da região norte da Bélgica: Antuérpia, Ghent, Aalst e Kortrijk. Os autores elaboraram uma metodologia utilizando um SIG e estruturaram um banco de dados, com a finalidade de realizar o monitoramento da provisão dos espaços verdes, através de análises espaço-temporal, qualitativas e quantitativas. Foram realizadas análises das condições prévias de uso (proximidade, acessibilidade, área, segurança etc), especialmente a acessibilidade, indicando os espaços verdes conforme os diferentes níveis funcionais (Verde Residencial, Verde de Vizinhança, Verde de Quarteirões, Verde de Bairro, Verde da Zona Central da Cidade e Floresta Urbana). Também, analisaram as atratividades, verificando as qualidades dos espaços verdes acessíveis. Na avaliação da acessibilidade dos espaços verdes, foram mapeados o

centro urbano, os espaços verdes através de mapas de uso do solo disponíveis, as barreiras e as faixas de pedestres através de fotografias aéreas ortorretificadas e trabalhos de campo. Segundo os autores, a aplicação de um SIG é fundamental, especialmente para o monitoramento dos espaços verdes urbanos, indicando os principais fatores que interferem nestes espaços e fornecendo subsídios ao planejamento para os futuros cenários.

Conforme os trabalhos apresentados, o elemento cobertura vegetal intra-urbana, em geral, foi conceituado de forma diferenciada pelos diferentes autores. Portanto, os termos áreas verdes, áreas de lazer, espaços livres, arborização urbana, entre outros, foram utilizados como sinônimos e, também foram empregadas considerando diferentes situações contextuais. Diante desse fato, neste trabalho foi utilizado o termo cobertura vegetal intra-urbana, considerado como toda área vegetada no interior da área urbanizada, compreendendo espécies graminóides, herbáceas, arbustivas e arbóreas, tanto em espaços públicos como privados.

### **2.3 Geotecnologias na Avaliação de Áreas Verdes Intra-Urbanas e Expansão das Áreas Urbanizadas**

A revisão dos trabalhos apresentados a seguir, desenvolvidos por diferentes autores, tiveram como objetivo realizar uma avaliação do uso do solo e de expansão urbana, considerando as diversas abordagens metodológicas e tecnologias empregadas e que, de uma forma direta e/ou indireta, fornecem subsídios teóricos a esta proposta.

Em estudos sobre a expansão urbana de Rio Claro (SP), Garcia et al. (1983) avaliaram quantitativamente o crescimento da cidade no período de 1962 a 1978, a partir de fotografias aéreas verticais para os cenários 1962, 1972 e 1978, com a obtenção de diferentes níveis de ocupação do solo. Com o objetivo de analisar a tendência da expansão da cidade, através de uma metodologia apropriada, realizaram uma projeção da expansão urbana, de maneira geral e setorialmente. A análise temporal da ocupação do solo foi realizada através do processo estocástico da cadeia de Markov (ou simplesmente modelo markoviano), considerando duas variáveis, que correspondem respectivamente ao uso urbano e agrícola/suburbano. Os autores consideraram a metodologia de grande valia, embora reconheçam que poderia haver obtido maior sensibilidade com a inclusão de “estados adicionais do sistema”. Salientam também que o método pressupõe ainda uma evolução natural das coisas, entretanto, é comum a prática de incentivos na escolha de uma área, principalmente em nível de governo. Também, salientam que expansão urbana de Rio Claro acelerou a partir de 1972, com elevada probabilidade de

manutenção deste ritmo; setorialmente, as maiores probabilidades de mudança recaem sobre a zona norte da cidade, especificamente sobre o quadrante NW. O método sugere uma ampliação do estudo, com a utilização de mais variáveis.

Nas análises que visam quantificar e interpretar as transformações da organização espacial do setor urbano, e a realização de projeções para um futuro próximo, Lorenzon Filho (1991) ao estudar a expansão urbana de Limeira (SP) no período de 1962 a 1988, realizou o mapeamento do uso do solo através de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1972, 1978 e 1988 e da imagem de satélite LANDSAT de 1982, aplicando o modelo estocástico de Markov. Também, realizou previsões para 1982, 1992, 2002 e 2012, e ainda, comparou-se estas previsões a partir do passo de dez anos com outros passos. O autor constatou que através das fotografias aéreas, imagem de satélite e trabalho de campo, foi possível observar as transformações espaciais. Considerando a série temporal, o uso da cadeia de Markov demonstrou as possibilidades de aplicação em assuntos referentes à distribuição espacial e à projeção de tendências de crescimento do setor urbano. A aplicação do modelo oferece subsídios, a curto e médio prazo, para fins de planejamento, embora ocorram influências políticas.

No que se refere à caracterização do ambiente urbano, Hamburger e Foresti (1997) analisaram o bairro de Alphaville no Município de Barueri, região oeste da Grande São Paulo através de uma metodologia que analisaram a compatibilização das características do sensor e aquelas do objeto de estudo para a avaliação da constituição física e dos diferentes usos do solo urbano. Também avaliaram as feições urbanas que resultem em características espectrais e texturais diferenciadas nas imagens. As autoras selecionaram o sensor HRV-SPOT nos modos pancromático de 1990 e multiespectral de 1986, fotos aéreas pancromáticas de 1986 na escala 1:10.000, além de cartas topográficas nas escalas 1:10.000 e 1:25.000. Realizaram a interpretação e tratamento das fotos áreas, das cartas topográficas e do trabalho de campo para a determinação das classes de uso do solo. Este trabalho identificou a existência de feições concretas determinadas pela presença, distribuição e organização dos diferentes materiais que compõem as classes de uso do solo urbano. A avaliação comparativa do modo multiespectral com o pancromático do sensor HRV/SPOT indicou que, para a obtenção das características locais com base em feições texturais, o modo pancromático foi mais eficaz. Mesmo a vegetação, que tem suas especificidades melhor descritas com o modo multiespectral, se estudada com o seu entorno, pode ser melhor observada com a resolução espacial superior do modo pancromático. A banda pancromática também é útil na obtenção de uma informação sintética, com maior generalização, que possa ser classificada digitalmente e apresente uma

idéia da estrutura geral da cidade. Para se estudar uma área urbana no maior nível de detalhe possível, através das imagens orbitais, as bandas espectrais possuem informação mais específica. As autoras salientam que os resultados obtidos não incentivam trabalhos que testem o significado e efeito de informações de textura, sem que sejam conhecidas as características da área a ser estudada. Nestas condições, informações texturais e principalmente a morfologia matemática devem ser testadas com a utilização de outras imagens e com a combinação de várias bandas, para se verificar quais resultados se podem obter. Consideram, também, que as classes de uso do solo ganham uma caracterização própria quando são consideradas feições espaciais. Por outro lado, as especificidades internas de cada classe perdem sua definição quando o entorno é incorporado enquanto informação. Quanto à melhor forma de estudo para as áreas urbanas, ela parece pressupor o desenvolvimento de uma caracterização de feições destes ambientes, a fim de que as imagens possam ser utilizadas em todo o seu potencial.

Em estudos sobre análise ambiental e estruturação das áreas de expansão urbana através das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, Rossini (2001) avaliou a cidade de Limeira (SP) no período de 1989 a 1995. O trabalho incluiu a delimitação das áreas de expansão, do uso do solo e do padrão de ocupação das áreas residenciais unifamiliares, além do modelo de aptidão física ao assentamento urbano e das áreas de conflito de uso. Neste estudo, a autora considerou satisfatórios os métodos e técnicas de Sensoriamento Remoto, bem como os recursos de Geoprocessamento. O mapeamento e análise da expansão urbana foi desenvolvido com êxito através da interpretação visual das imagens analógicas SPOT-HRV pancromáticas de 05/04/89 e 21/08/95 na escala 1:50.000, processadas pelo INPE, que permitiram uma visão integrada da área urbana em uma única cena, apresentando resolução espacial e espectral compatíveis com as exigências da pesquisa. A partir do produto gerado, possibilitou-se a avaliação qualitativa e quantitativa do processo de expansão urbana, incluindo a identificação da forma urbana, da tendência de crescimento e a definição do principal vetor de crescimento. As fotografias aéreas na escala 1:5.000, referentes ao aerolevanteamento de 1998, além de possuírem excelente resolução espacial, o que oferece grande detalhamento do espaço intra-urbano, apresentaram o recurso adicional da cor, que garantiu maior facilidade e precisão no processo de interpretação dos dados, gerando resultados consistentes. A utilização do SIG *IDRISI* atendeu às finalidades da pesquisa, permitindo o acesso rápido e eficiente à informação, e suas funções de manipulação e cruzamento contribuíram para a geração de informações e conseqüente descrição dos eventos, confirmando seu potencial para a análise e modelagem espacial.

Analisando os vetores da expansão urbana e as áreas de cobertura vegetal com a utilização de tecnologias, Costa (2004) estudou a cidade de Piracicaba nos períodos de 1940 a 2000. Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou fotografias aéreas de 1940, 1962, 1978, 1995 e 2000, as quais foram georreferenciadas e interpretadas através do Sistema de Informação Geográfica TNT Mips 6.0. A análise de cada período foi associada a dados sócio-econômicos. A autora também realizou a integração entre a expansão urbana ocorrida e as projetadas pelo Plano Diretor Urbano de 1991. Para analisar as áreas de cobertura vegetal, delimitaram-se as mesmas na região periurbana na cidade, possibilitando salientar que algumas áreas desapareceram e outras surgiram. A autora confirmou que o crescimento urbano exerce interferência na quantidade, qualidade e distribuição da cobertura vegetal e na formação de áreas ambientais urbanas. Constatou também que a cobertura vegetal na área urbana e no seu entorno até a década de 60 era pouca, mas com índices satisfatórios. Nos períodos de 1960 a 1990, houve diminuição na cobertura vegetal, mas a partir de 1995 ocorreu um pequeno aumento, com distribuição irregular nas regiões sul, sudoeste e noroeste, sendo em sua grande maioria áreas de proteção permanentes (APPs), localizadas no entorno urbano. A partir da década de 80, esses locais não surgiram normalmente, sendo os espaços vazios urbanos insuficientes. Assim sendo, houve a necessidade de se investir em áreas verdes no entorno urbano, criando uma política ambiental de preservação, recuperação e reflorestamento nas áreas periurbanas.

Em seu trabalho, Domingos (2005) avaliou a viabilidade na utilização de imagens de alta resolução para o monitoramento de áreas vegetadas através de uma metodologia capaz de capturar os aspectos físicos da vegetação, relacionando-os ao seu estado de conservação em uma área piloto da cidade de São José dos Campos. Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou duas imagens de alta resolução do sistema sensor IKONOS, uma correspondente à época úmida, e outra, à seca, tendo como objetivo detectar mudanças na concentração hídrica da vegetação observada. Os dados foram integrados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que integra funções de processamento digital de imagens, permitindo analisar e diagnosticar situações encontradas na área de estudo. A autora demonstrou a viabilidade do uso de imagens de alta resolução para o monitoramento de áreas vegetadas em escala intra-urbana com resolução de 4 m, e as informações obtidas podem ser relacionadas com o estado de conservação. Salientou também a eficiência da metodologia e que a mesma se aplica em termos gerais à vegetação do tipo rasteira e arbustiva. Porém, a vegetação rasteira (áreas de gramíneas) é mais difícil de ser identificada pelo método do NDVI, pois apresenta valores muito baixos e se confunde com alvos de não-vegetação. Por sua vez, a

estrutura da vegetação arbórea é muito pouco influenciada por cuidados artificiais, havendo a necessidade de uma investigação mais profunda e detalhada para verificar se tem recebido cuidados artificiais ou não.

Por sua vez, para avaliar o desempenho de um classificador baseado na análise orientada a objetos, através da classificação de cobertura do solo intra-urbano, Pinho (2005) selecionou cinco bairros de São José dos Campos com padrões distintos. Realizou experimentos a partir das imagens orbitais de alta resolução IKONOS II e Quickbird, em um ambiente intra-urbano complexo e também em ambiente intra-urbano reduzido. Realizando seus estudos, avaliou e comparou os resultados das duas classificações identificando qual sensor apresentava melhor desempenho em um contexto de alta complexidade e heterogeneidade. Ainda, analisou a influência do tipo de ocupação do solo urbano no desempenho da classificação de cobertura do solo. A autora concluiu que em relação à exatidão temática obtida a partir das imagens IKONOS II e Quickbird, ambas fornecem produtos com boa qualidade e as diferenças entre as exatidões temáticas das duas imagens não foram significativas. Ainda, considerando o grau de instabilidade para a escolha do sensor adequado, constatou que os dados do sensor Quickbird apresentaram-se mais vantajosos, com classificações mais estáveis que as imagens IKONOS, devido a sua resolução espacial. Diante das constatações feitas, afirmou que comportamento do grau de instabilidade relaciona-se com a qualidade da delimitação dos objetos no processo de segmentação.

Considerando as diversas abordagens metodológicas e as geotecnologias empregadas salienta-se as potencialidades no emprego dessas tecnologias para o desenvolvimento de trabalhos em estudos urbanos. No que se refere às técnicas de Sensoriamento Remoto, a disponibilização de imagens orbitais de alta resolução espacial, permitem a identificação e caracterização de elementos do fato urbano, com maior nível de detalhe, e bem como a possibilidade da espacialização das suas alterações decorrentes das ações naturais e/ou antrópicas. Também, fica salientada a importância dos Sistemas de Informações Geográficas como técnicas que permitem a manipulação de grande quantidade de dados e o cruzamento de dados de diferentes fontes como mapas digitais, fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de videografia, dados censitários, dados de campo, entre outros. Esses dados podem ser integrados, gerando informações de Síntese.

### 3. A ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 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 Rio Claro 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 1), integrando a Região Administrativa de Campinas, importante pólo 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 abriga uma população de cerca de 181.549 habitantes, conforme o Censo 2004 da Fundação SEADE. Localizada a 173 km da capital paulista, possui acessos através de entroncamentos de rodovias estaduais, destacando-se as rodovias Bandeirantes, Anhanguera e a Washington Luiz, esta última considerada uma das principais rodovias do Estado de São Paulo na ligação norte-sul do seu território. Rio Claro encontra-se a 240 km do porto de Santos, a 85 km do Aeroporto Internacional de Viracopos e a 200 km do Aeroporto Internacional de Guarulhos, na Região Metropolitana de São Paulo.

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.

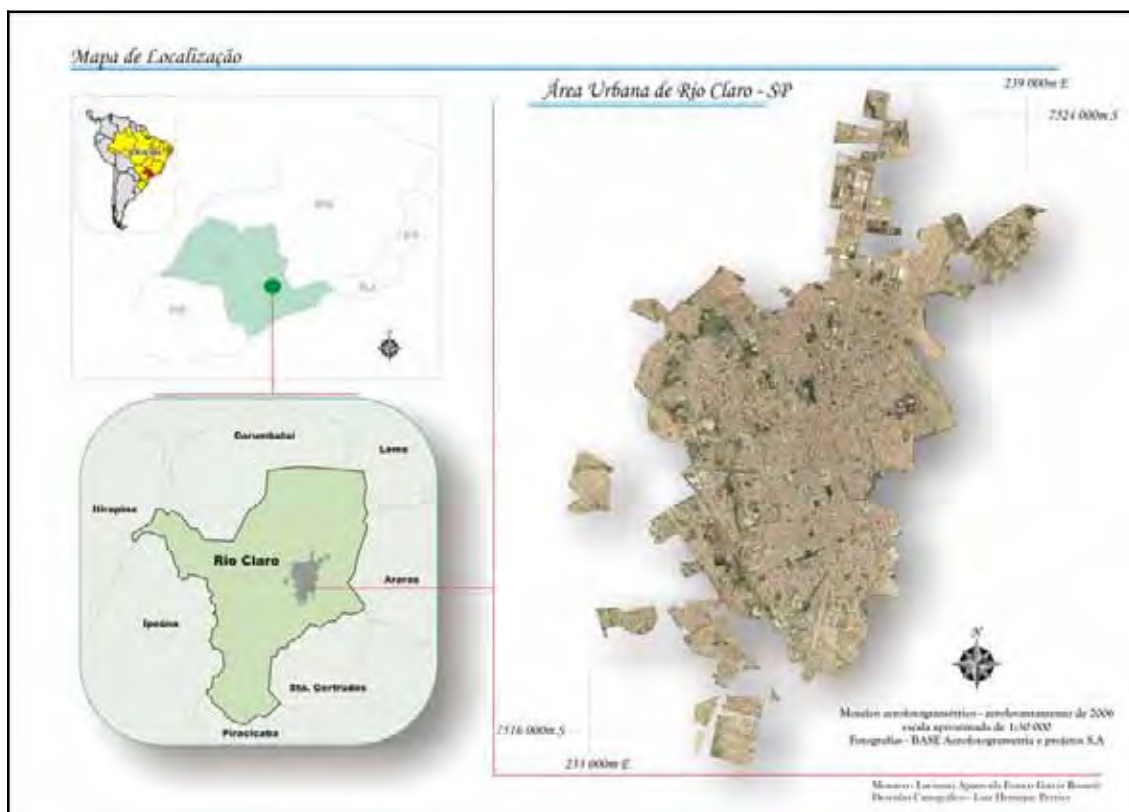


Figura 1 – Localização da área de estudo

### 3.2 Breve Histórico da Cidade de Rio Claro

A revisão do histórico da cidade de Rio Claro foi baseada em trabalhos de Almeida (2002) e Garcia (2001). Em estudos sobre os aspectos históricos, geográficos e ambiental de Rio Claro, Almeida (2002) relata que a partir do século XVIII, com a crise da mineração o paulista reativou a lavoura canavieira e para povoar as terras desocupadas distribuiu sesmarias para as pessoas ricas e influentes. A primeira sesmaria doada na região de Rio Claro era localizada nas terras do Sertão do Morro Azul, local de passagem para tropeiros a caminho das minas de Mato Grosso, onde faziam suas paradas em um núcleo inicial de povoamento às margens do Córrego da Servidão.

Com o avanço da cana-de-açúcar do litoral para o interior, a lavoura canavieira chegou à região de Sorocaba, Piracicaba, Mogi Mirim e Jundiaí, conhecida como o quadrilátero do açúcar. Rio Claro integrava a zona canavieira paulista, porque pertencia à Freguesia de Piracicaba. A cana-de-açúcar se transformou assim na primeira riqueza econômica e foi responsável pelo povoamento desta região.



Em 1827, oficializou-se a Capela Curada de Rio Claro; em 1830, foi elevada da condição de Capela Curada à Freguesia de São João Batista do Rio Claro; em 1845, passou de Freguesia à Vila, isto é, sede do município, com maior autonomia e área geográfica definida; em 1857, elevada à Cidade, criou-se a Comarca de São João Batista do Rio Claro, primeiro nome oficial dado à cidade; em 1905, o nome foi simplificado para Rio Claro.

A partir de 1840, o cultivo de café ocupou significativas áreas do setor central do território paulista, devido à queda dos preços de exportação do açúcar. Em Rio Claro, encontrou excelentes condições de desenvolvimento, pois existia uma organização canavieira apoiada na grande propriedade agrícola, solo rico, clima adequado e trabalho escravo.

De 1850 a 1890, Rio Claro sofreu grandes mudanças, substituindo o cultivo da cana-de-açúcar pelo café, e o escravo negro, pelo trabalhador livre. Em 1886, foi classificada como a terceira maior produtora de café da Província, mas continuava a ser um pequeno aglomerado urbano, porque as fazendas de café eram quase auto-suficientes, pouco dependendo do comércio ou dos serviços urbanos.

A cultura do café proporcionou mudanças na paisagem urbana de Rio Claro, recebeu iluminação com lampiões, depois luz elétrica; as ruas e praças foram arborizadas e pavimentadas. As chácaras do centro foram desaparecendo, as casas térreas velhas e pobres foram derrubadas e, em seu lugar, construídos sobrados com largos beirais e balcões de ferro. Rio Claro foi a primeira cidade do interior do Estado de São Paulo a possuir luz elétrica.

Garcia (2001), em seu estudo sobre a ocupação e desenvolvimento econômico da bacia do Corumbataí nos séculos XVIII a XX, relata que nas três primeiras décadas do século XX, o café vai gradativamente perdendo a sua importância por motivos de ordem interna e externa, pela superprodução e pela crise do próprio sistema capitalista, deixando assim de ser o sustentáculo econômico.

O capital gerado pela cafeicultura estimulou o desenvolvimento industrial, baseado nas indústrias de bens de consumo e nas pequenas indústrias manufatureiras artesanais. Em Rio Claro, no início de sua industrialização, o capital industrial seguiu em parte a tendência do Estado, atuando em nível local, e envolvendo a burguesia cafeeira, os agentes de importação e exportação, os imigrantes estrangeiros, estes últimos entendidos como simples trabalhadores ou como pequenos capitalistas e não como investidores. Os imigrantes, na grande maioria das vezes, fundaram fabriquetas de fundo de quintal com recursos próprios, produzindo mercadorias demandadas pela população.

No início do século XX Rio Claro apresentava um número muito reduzido de unidades industriais. No período de 1930 a 1970 caracteriza-se por uma fase de pequena expansão

industrial, causada pela pequena acumulação de capital e pela tímida iniciativa empresarial local. Desta época até 1970, houve um período de estagnação econômica, seguido de um processo de reversão quando houve a internacionalização do sistema industrial capitalista e também a desconcentração espacial da indústria em território paulista. Isto ocasionou a expansão do crescimento industrial em direção ao interior de São Paulo, fazendo de Campinas um dos principais pólos de desenvolvimento industrial do Brasil, suplantado apenas pela Região Metropolitana de São Paulo.

Em 1970, possuía algumas destilarias e fábricas de cerveja, além de indústrias de produtos químicos. Durante esta década, os setores de química e bebidas perdem muito de sua importância relativa, ao passo que o terceiro setor industrial, o de produtos alimentares, se manteve mais estável. As oficinas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro tiveram uma importância significativa, tanto para a ferrovia como para a cidade. Nas oficinas eram construídos carros e vagões, originando desta atividade um setor de processamento de madeira, que se manteve por toda a década de 80. Hoje, houve uma diminuição na indústria mecânica, e grande parte de suas atividades encontram-se paralisadas, em virtude do próprio papel que vem ocupando a ferrovia no contexto do Estado de São Paulo e do país. Outros setores que desempenharam papel de destaque nas atividades industriais foram as indústrias de tecidos, vestuário e calçados. Durante a década de 70 e 80, houve um grande desenvolvimento na indústria de material de transporte e, sobretudo, na indústria de plásticos.

Hoje, o distrito industrial rioclareense mantém quase que a mesma estrutura das duas décadas passadas. A estrutura industrial está concentrada em estabelecimentos de pequeno e médio porte, demonstrando grande fragilidade quanto à sua perspectiva de crescimento. Como centro industrial, pode ser considerado de importância secundária, apesar de apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento industrial, com uma excelente posição geográfica, em meio ao centro econômico de maior dinamicidade do Estado de São Paulo e relativamente próxima à capital do Estado.

Por sua vez, o setor terciário se destaca através de estabelecimentos comerciais diversificados, capazes de atender à demanda da cidade e da região. A sede do município conta com serviços públicos de ordem municipal, estadual e federal, e equipamentos culturais como museus, cinemas, teatro, arquivo público, clubes e associações recreativas, áreas de lazer, bares e restaurantes.

O desenvolvimento agro-pecuário é fraco, com a falta de financiamentos e incentivos por parte do governo federal, e restrito à produção para atendimento aos mercados locais. A população rural diminuiu progressivamente, em virtude da fuga da mesma para centros

urbanos, acompanhando uma tendência em nível mundial, acentuada particularmente a partir da década de 1970.

No município de Rio Claro, a produção agrícola do café foi a base inicial do seu desenvolvimento; no período de 1950 a 1960, destacou-se a cultura canavieira; a partir de 1970, o algodão, a cana-de-açúcar e a citricultura tornam-se responsáveis pela produção agrícola do município. Na década de 1990, destacaram-se as produções da cana-de-açúcar, a citricultura, a pecuária, principalmente a criação de cavalos e de gado leiteiro, bem como as granjas avícolas, sendo que a apicultura igualmente obteve destaque na economia local. A área rural de Rio Claro está voltada, economicamente, para o cultivo da cana-de-açúcar, cítricos e pastagens.

Em relação ao cenário fundiário, houve um ligeiro aumento nos índices de desigualdade na distribuição de terras, o que retrata bem a realidade agrária brasileira e indica a permanência na região de uma agricultura tradicional baseada em estabelecimentos menores, acompanhada, por um outro lado, de uma expansão do setor agro-industrial.

## 4. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se uma abordagem conforme indicado a seguir:

### 4.1 Materiais e Equipamentos

- Computador Pentium III, 256 MB RAM
- Impressora HP Deskjet 1220C (A3)
- Plotter HP Designjet 500 and 800 Series Printers
- Scanner HP Scanjet 5490c
- Softwares: *Autodesk MAP5*, *ENVI 4.1*, *Spring 4.3*, *e-Cognition 4.2* e *Idrisi 3.2*.
- Sistema de Posicionamento Global – GPS
- Estereoscópio
- Imagens aerofotogramétricas - aerolevamentos de: 1962 (1:25.000), 1972 (1:25.000), 1988 (1:40.000), 1995 (1:25.000) e 2006 (1:30.000).
- 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).

### 4.2 Desenvolvimento do Trabalho

Os procedimentos metodológicos adotados no projeto visaram identificar e caracterizar a cobertura vegetal intra-urbana e a expansão urbana de Rio Claro, através das seguintes etapas:

#### 4.2.1 Seleção de Imagens Aerofotogramétricas

Foram selecionadas as fotos relativas aos aerolevamentos de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2006, utilizadas para a delimitação da área intra-urbana e para a extração dos dados de cobertura vegetal. Salienta-se que a foto de 1988 foi utilizada somente para a análise da

expansão urbana, devido sua escala ser reduzida não possibilitou a extração dos dados de cobertura vegetal. Estas imagens analógicas foram transferidas para meio digital através de scanner.

#### 4.2.2 Procedimentos de Vetorização da Planta Cadastral

Inicialmente, foi realizada a edição da planta cadastral de Rio Claro de 1988, atualizada em 2000 (Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente), com o aplicativo *CAD Autodesk Map*, que possui e integra funções de vetorização, edição e plotagem. Os dados altimétricos e planimétricos foram editados para a geração do mapa da planta cadastral e para preparar os dados a serem utilizados em um SIG. Foram feitos ajustes das curvas de nível e da hidrografia, que resultaram em um Modelo Digital do Terreno (MDT). Uma visão sinótica desta Planta Cadastral e seu entorno encontra-se na Figura 2.

É importante salientar que esta Planta Cadastral, servirá também de suporte para procedimentos de pré-processamento de imagens digitais.

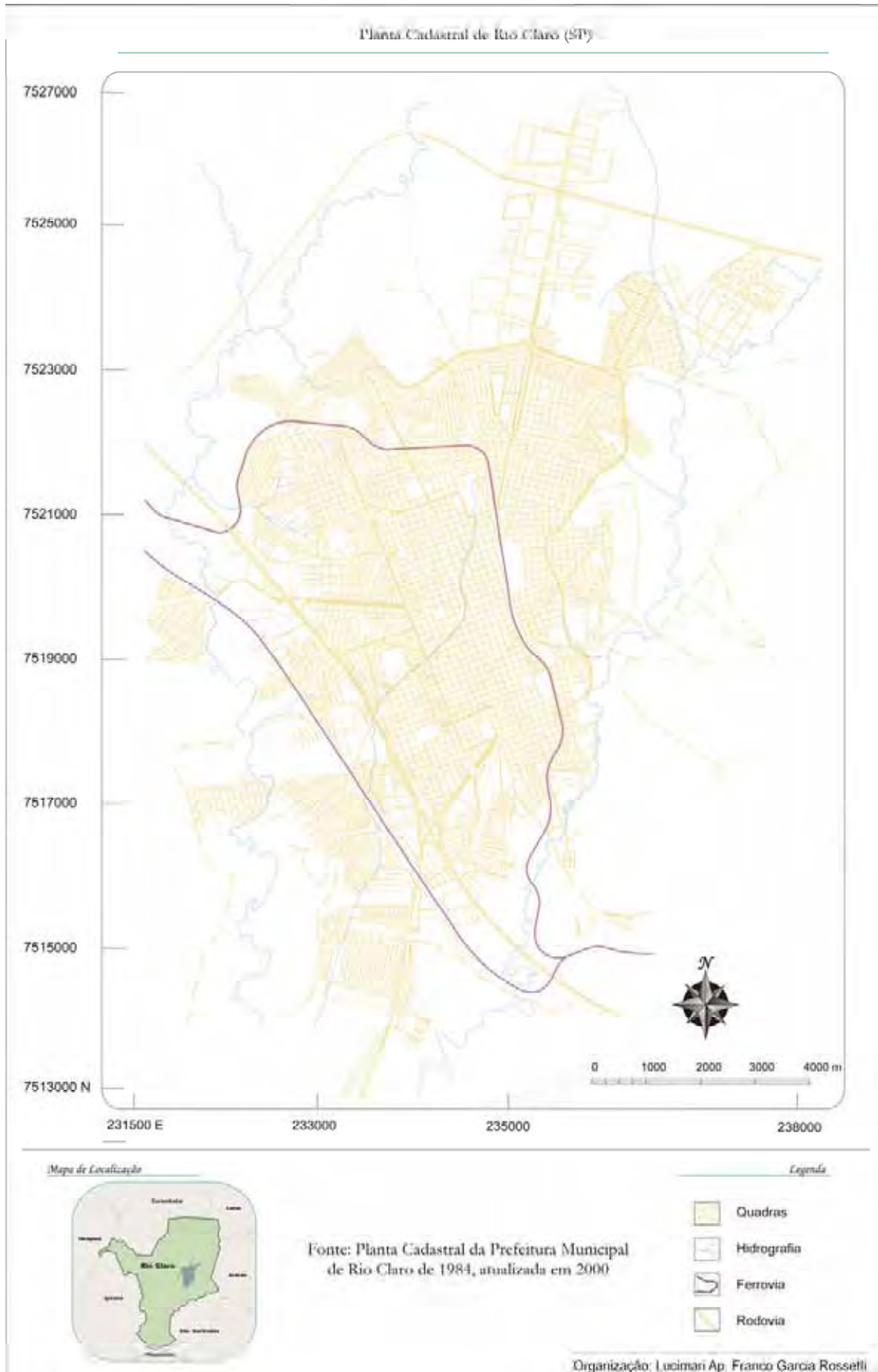


Figura 2 – Planta cadastral de Rio Claro (SP)

#### 4.2.3 Estruturação do Banco de Dados Georeferenciado

Estruturação do banco de dados no software *SPRING*, utilizando o Gerenciador Access. Para a definição do projeto foram utilizados os seguintes parâmetros:

*Projeção:* UTM/Córrego Alegre;

*Retângulo Envolvente:* Coordenadas Planas

X1: 231500            X2: 241000

Y1: 7513000        Y2: 7530000

Hemisfério: S

#### 4.2.4 Processamento das Imagens Digitais

Na seqüência da abordagem deste trabalho, as imagens aerofotogramétricas transpostas para o meio digital, foram submetidas a procedimentos de processamento, combinando aplicativos de realce e de classificação.

O processamento das imagens digitais foi dividido em duas etapas: a 1ª etapa, correspondente ao pré-processamento, preparou as imagens para serem classificadas; na 2ª etapa, correspondeu ao processamento das imagens propriamente dito, aplicando-se funções de classificação para separar os objetos referentes às classes de cobertura vegetal intra-urbana.

##### 4.2.4.1 Pré-Processamento

Nesta etapa, foram executados procedimentos de georreferenciamento das imagens e de redução das distorções radiométricas e geométricas. Os erros geométricos são produzidos pelas variações de altitude e direção do apontamento da plataforma e sistema sensor, pela distorção panorâmica, curvatura da Terra e processo de refração da radiação pela atmosfera (transparência óptica da atmosfera). Por sua vez, os erros radiométricos são decorrentes de efeitos produzidos pelos instrumentos do sensor e também pelas condições atmosféricas (elementos da atmosfera – absorção e espalhamento seletivo da radiação em seu percurso pela atmosfera), além de variações de iluminação da cena ou geometria de visada.

A minimização das distorções das imagens foi realizada através da aplicação de ortorretificação de imagens, equalização de seus níveis de cinza e a mosaicagem.

A seguir, serão especificados os procedimentos referentes à etapa de pré-processamento.

- Ortorretificação das Imagens

O software *ENVI*, dedicado ao Processamento de Imagens Digitais, foi utilizado no processo de ortorretificação das imagens aerofotogramétricas. Este aplicativo foi utilizado com a finalidade de corrigir as distorções radiais naquelas imagens, devido à geometria de apontamento do sistema sensor no momento do imageamento. O procedimento de ortorretificação foi realizado em três etapas:

1. Criação da orientação interna da imagem, sendo fornecidos os parâmetros da câmera aerofotogramétrica relacionados com as marcas fiduciais e a distância focal. Utilizaram-se os parâmetros de calibração da câmera Wild Lens Cone, nº 15 UAG I nº 6036, tipo RC10, fornecidos pela empresa Base–Aerofotogrametria e Projetos S/A (São Paulo).

A Figura 3 exemplifica as marcas fiduciais registradas nas imagens aerofotogramétricas.

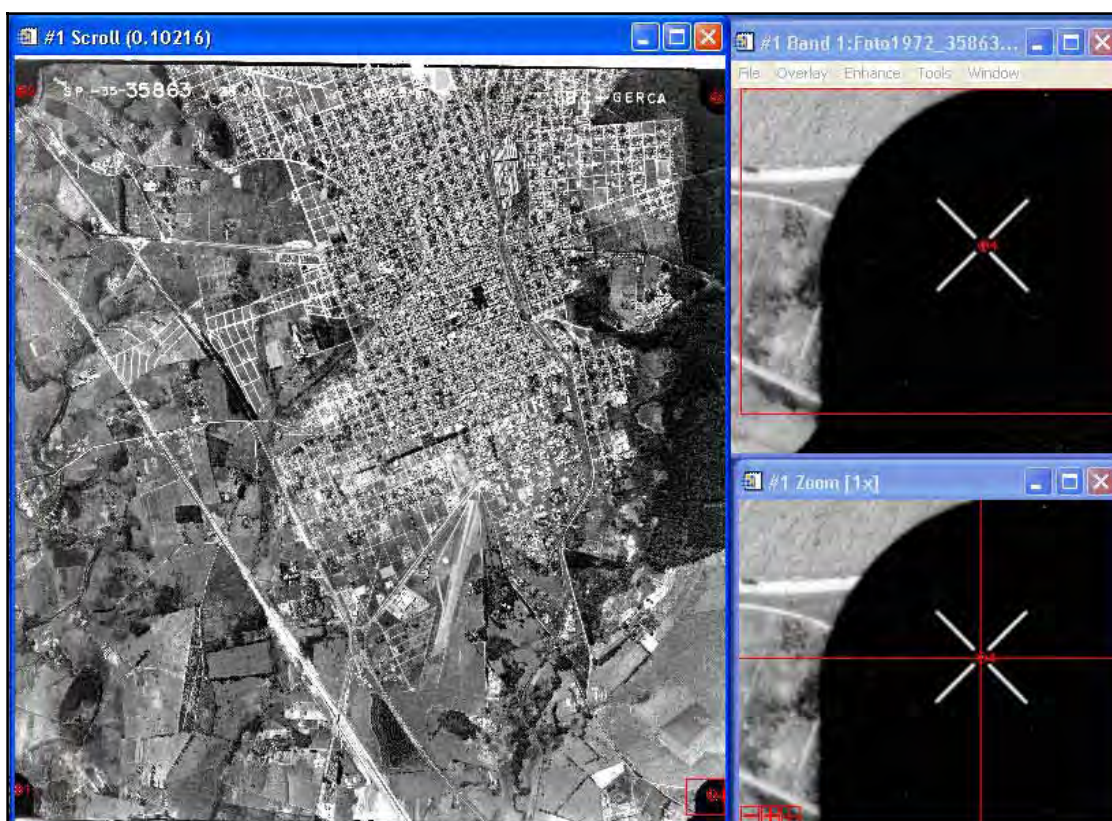


Figura 3 – Marcas fiduciais da foto aérea 35863 – 1972 definida pela orientação interna da câmera



2. Após a criação da orientação interna da aerofoto, onde foram informados os parâmetros da câmera, foi realizada a orientação externa (Figura 4), associando pontos de controle na aerofoto com as coordenadas de localização (x,y) e elevação (z) correspondentes derivadas da Planta Cadastral. No processo de orientação externa, informou-se o Sistema de Projeção Brasil – UTM Corr.Al. (Fuso 23), e os valores correspondentes aos pontos de controle foram extraídos do arquivo da planta cadastral com suporte do software *SPRING*.



Figura 4 – Pontos de controle da foto aérea 35863 – 1972 definida pela orientação externa

3. Geração das ortofotos foi conduzida a partir das fotos aéreas contendo os dados das marcas fiduciais e dos pontos de controle, e com o apoio de um arquivo de Modelo Digital de Elevação (DEM). O arquivo DEM (Figura 5) foi criado no próprio *ENVI*, associado ao Sistema de Projeção Brasil – UTM Corr.Al. (Fuso 23) e com apoio de dados vetoriais que representam as curvas de nível, os pontos cotados e à hidrografia, que foram importados do arquivo da planta cadastral, gerada no *AutoCAD*.

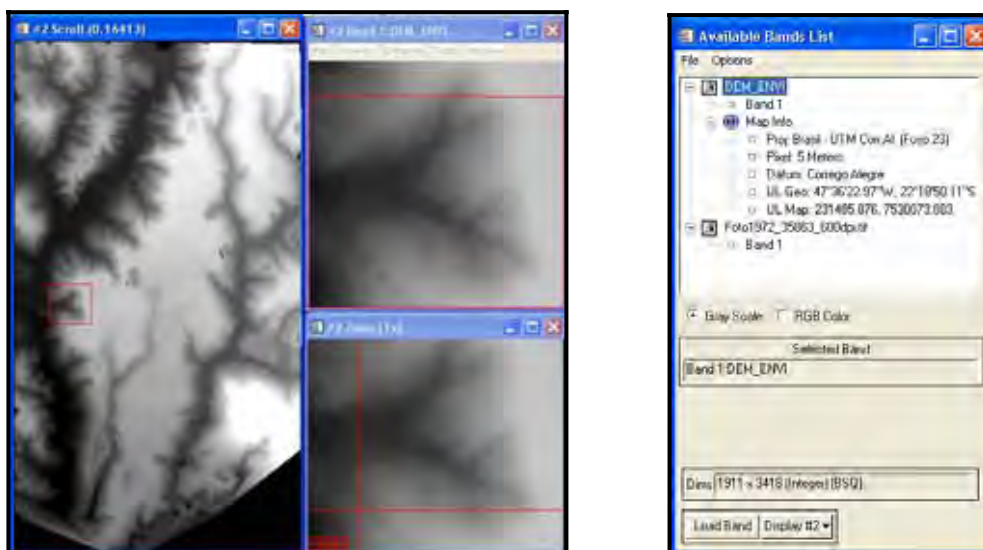


Figura 5 – Exemplo de um segmento de Imagem do Modelo Digital de Elevação (DEM)

- Equalização dos Níveis de Cinza das Imagens

Os níveis de cinza contidos nas imagens aerofotogramétricas variam em função das características da área imageada, do momento do imageamento (geometria de cena) e do processo de geração das imagens (processamentos em laboratório fotográfico especializado). Em decorrência deste fato, as imagens monocromáticas - pancromáticas sequenciais não apresentam o mesmo intervalo de níveis de cinza, mesmo para iguais condições de geometria de cena. Para minimizar este problema, as imagens selecionadas foram submetidas a procedimentos de equalização de seus níveis de cinza, com a finalidade de homogeneizar a qualidade de contraste tonal entre elas.

No software *SPRING*, aplicou-se a função de “análise estatística de amostras”, com o objetivo de calcular e apresentar a média e a variância dos valores de níveis de cinza das amostras de cada foto selecionada. Em seguida, foram calculados os parâmetros de ganho e offset para se igualar as médias e variâncias das imagens:

$$\text{ganho} = (V_R/V_E)^{1/2}$$

$$\text{Offset} = M_R - (\text{ganho} * M_E), \text{ onde:}$$

$V_R$ ,  $V_E$ ,  $M_R$ ,  $M_E$  são as variâncias e as médias das imagens de referência (R) e a ser equalizada (E), respectivamente.

Após o cálculo do ganho e offset, executou-se a função de “operação aritmética” para se melhorar a qualidade de contraste da imagem.

$C = \text{ganho} * A + \text{offset}$ , onde:

A = imagem a ser modificada

C = imagem equalizada resultante

- Mosaicagem das Imagens

Como mencionado anteriormente, a área urbana de Rio Claro, para cada cenário, é coberta por número variado de fotos aéreas. Para a condução da análise da área de estudo, foi necessário realizar a articulação das imagens através do processo de mosaicagem.

Os procedimentos de mosaicagem foram realizados no software *SPRING*, através da importação das ortofotos (imagens) em formato *geotif*, geradas no *ENVI*.

#### 4.2.4.2 Processamento das Imagens

- Classificação das Imagens Digitais

O software *e-Cognition*, dedicado à classificação de imagens baseado no paradigma de orientação a objetos, foi utilizado para mapeamento da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro. Para isso, foram definidas duas classes temáticas: Cobertura Vegetal e Outras Coberturas, as quais foram identificadas a partir da segmentação multiresolução das imagens.

Para a classificação da cobertura vegetal intra-urbana, foram realizadas as seguintes etapas:

##### 1. Definição e caracterização das Classes

A seleção e a caracterização das feições das classes de interesse foram conduzidas com base na análise interpretativa das imagens aerofotogramétricas, identificando e reconhecendo os padrões dos alvos pertencentes à Cobertura Vegetal, separando dos demais alvos intra-urbanos denominados Outras Coberturas.

Para o reconhecimento dos padrões foram utilizados os elementos: cor, tamanho, forma, textura e localização. A seguir são apresentados módulos de imagens tendo alvos de interesse (diferentes tipos de cobertura vegetal) e os seus respectivos padrões (Tabelas 1 e 2):












Tabela 1 – Chaves de Interpretação das classes de cobertura vegetal e outras coberturas – foto aérea pancromática – escala aproximada de 1:25.000

Chave de Interpretação das classes de Cobertura Vegetal e Outras Coberturas  
Foto aérea pancromática: escala aproximada de 1:25.000

Localização	Amostras	Tipos de Cobertura Vegetal	Localização	Amostras	Tipos de Cobertura Vegetal
		Cobertura Vegetal de "fundo de lote"			Arbórea
		Vegetação de Várzea			Solo Exposto
		Gramínea			Edificação
		Arbustiva			Pavimentação

Tabela 2 – Chaves de Interpretação das classes de cobertura vegetal e outras coberturas – foto aérea colorida:  
escala aproximada de 1:30.000

Chave de Interpretação das classes de Cobertura Vegetal e Outras Coberturas  
Foto aérea colorida; escala aproximada de 1:30.000

Localização	Amostras	Tipos de Cobertura Vegetal	Localização	Amostras	Tipos de Cobertura Vegetal
		Cobertura Vegetal de "fundo de lote"			Arborea
		Vegetação de Várzea			Solo Exposto
		Gramínea			Edificação
		Arbustiva			Pavimentação

## 2. Segmentação de Imagem

A segmentação multiresolução aplica a abordagem de crescimento de regiões, processo de segmentação iterativo, no qual regiões adjacentes são agrupadas segundo um critério de similaridade, estabelecido pelo algoritmo utilizado. O critério de similaridade é construído a partir do conceito de heterogeneidade interna das regiões, constituído pela diferença entre o atributo de uma região e a soma dos valores deste mesmo atributo para as regiões que a formam.

Na segmentação são calculadas as heterogeneidades para os atributos de cor e forma, ponderados pelo tamanho dos objetos, pois a soma ponderada, pesos fornecidos pelo usuário, destas duas heterogeneidades forma o critério de similaridade. O processo de segmentação multiresolução também possibilita segmentar uma mesma imagem em níveis de escala diferenciados que se relacionam entre si, formando uma rede hierárquica de objetos. Desta forma, cria-se a concepção de super-objetos e sub-objetos, onde os super-objetos que pertencem ao nível superior agregam objetos de um nível inferior pertencentes aos sub-objetos.

No processo de segmentação neste trabalho foi estabelecido somente um nível hierárquico, devido ao interesse de se classificar objetos que representam as classes de Cobertura Vegetal e Outras Coberturas, conforme Figura 6.

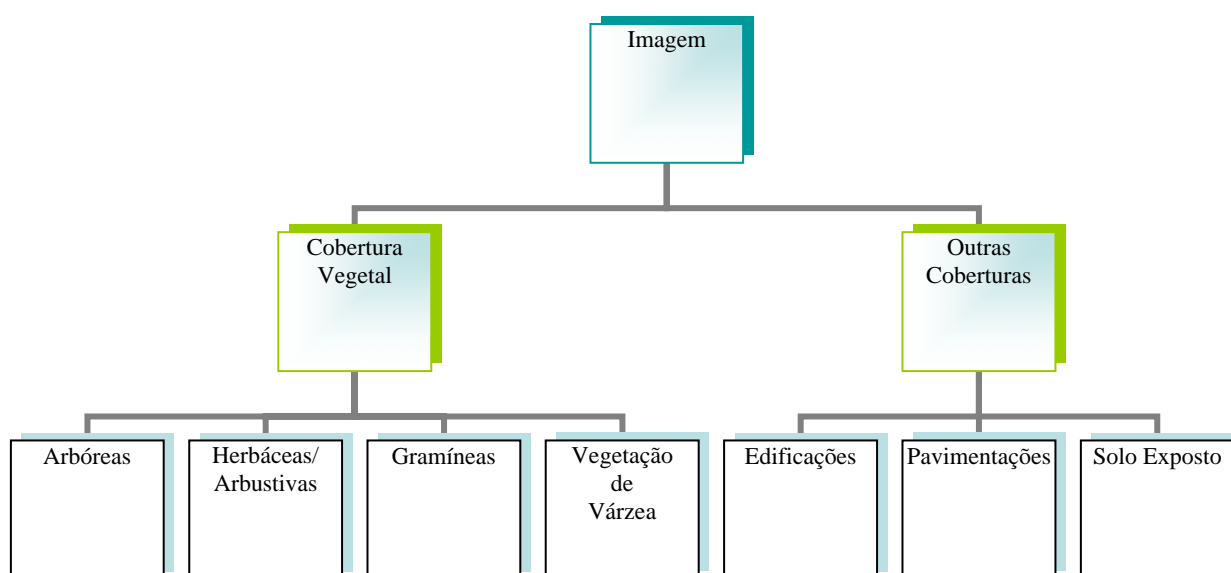


Figura 6 – Fluxograma da rede hierárquica da cobertura vegetal

Após a definição do nível, foram realizados testes de segmentação, atribuindo-se diferentes fatores de escala e combinando diferentes valores para os graus de homogeneidade de cor e forma. Como era de interesse extrair informações da cobertura vegetal, foi atribuído maior peso para a cor, cujos valores variam de 0 a 1. Após os testes foram adotados os valores de 0.9 para homogeneidade de cor, e 0.1 para forma, e atribuído o valor 50 para o fator de escala.

### 3. Classificação das Imagens – Cobertura Vegetal e Outras Coberturas

Após a realização da segmentação e a definição da rede hierárquica, o processo de classificação dos objetos é efetuado por meio de regras de decisão. Nesse processo são considerados os atributos que serão utilizados para diferenciar cada classe e o tipo de regra de decisão que será adotada para cada classe. O software *e-Cognition* disponibiliza dois tipos de regra de decisão tais como Vizinho mais Próximo (*Nearest Neighbor*) e as Funções de Pertinência (*Fuzzy Membership Functions*).

Para a definição de atributos e regras de pertinência foram selecionadas amostras de treinamento para as classes Cobertura Vegetal e Outras coberturas. A regra de decisão adotada baseou-se em Funções de Pertinência *Fuzzy* (*Fuzzy Membership Functions*) para associar os objetos às classes. Nas regras *fuzzy*, um objeto pode estar associado a várias classes com diferentes graus de pertinência, variando de 0 (não pertence) a 1 (pertence), considerando a classe cujo grau de pertinência é maior.

O comportamento destas amostras em relação aos atributos foi analisado com o uso de histogramas de frequência. A Figura 7 ilustra exemplos destes histogramas.

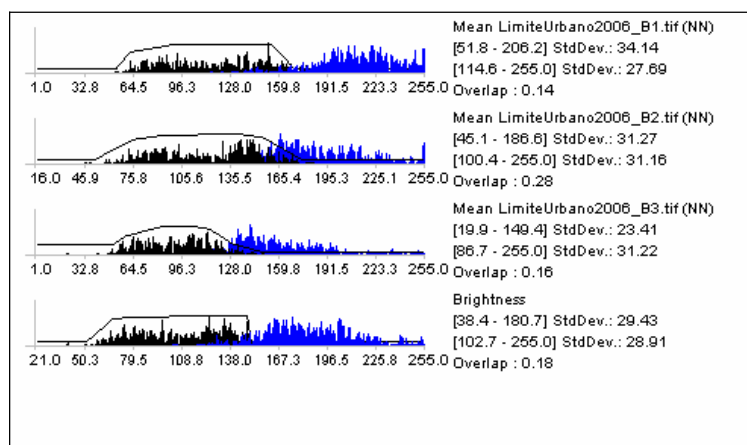


Figura 7 - Histogramas da média dos objetos das bandas 1, 2 e 3 da imagem de 2006

- Edição das Imagens Classificadas

Após o processo de classificação, foi realizado o procedimento de edição do arquivo, para eliminar possíveis erros de classificação em diferentes classes, por apresentarem níveis de cinza similares no contexto dos parâmetros de segmentação adotados. No caso das classes de cobertura vegetal, é possível que objetos pertencentes à classe de Não Vegetação sejam classificados como Vegetação, por exemplo; ou ainda, objetos que correspondem a sombras e áreas pavimentadas (asfalto) sejam classificados como Vegetação Arbórea, por apresentarem níveis de cinza escuros. Outro caso refere-se aos objetos pertencentes à classe de Vegetação serem classificados como Não Vegetação, como por exemplo, os segmentos que representam as áreas com baixo vigor de fitomassa serem classificados como solo exposto ou cobertura de edificações, por apresentarem níveis de cinza claros.

#### **4.2.5 Procedimentos de Vetorização do Limite da Área Urbana com base nos Mosaicos**

Após realizar o processo de mosaicagem, com o aplicativo CAD *Autodesk Map* foi vetorizado o limite da área urbanizada com base nos mosaicos dos cenários selecionados.

#### **4.2.6 Classificação das Imagens - Limite da Área Urbana**

Em seguida, com a utilização do software *SPRING* realizou-se a importação dos arquivos em formato dxf dos limites da área urbanizada para a geração das imagens classificadas, conforme os cenários selecionados.

#### **4.2.7 Geração de Mapas Temáticos**

Com a utilização do software *Idrisi 3.2*, foram gerados mapas temáticos da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana e da área urbana de Rio Claro, conforme os cenários, sendo então gerados os seguintes mapas:

- Mapa da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana dos cenários de 1962, 1972, 1995 e 2006,
- Mapa da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana com base no limite de 1962, conforme cenários selecionados.
- Mapas da área urbanizada da cidade de Rio Claro, para os anos de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2006,



Para a produção dos mapas temáticos de evolução da cobertura vegetal intra-urbana e de evolução da expansão da área urbanizada, aplicou-se a função CROSSTAB, que executa operação de cruzamentos de classificação com múltiplos overlays, realizando combinações do operador lógico AND (lógica e – interseção de conjuntos). Foram gerados os seguintes mapas:

- Mapa da evolução da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana com base no limite de 1962, relativos aos cenários de 1972, 1995 e 2006.
- Mapa da evolução da área urbanizada dos períodos de 1962 a 1972, 1972 a 1988, 1988 a 1995, 1995 a 2006, 1962 a 2006.

#### **4.2.8 Procedimentos para a Análise dos Dados**

Para auxiliar na realização das análises, utilizou-se a subdivisão da mancha urbana em setores conforme as Unidades Regionais de Planejamento (URP), estabelecidas na Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor do Município de Rio Claro de 2007. Essas avaliações tiveram como suporte os mosaicos das imagens, o produto das imagens classificadas, tabelas e gráficos gerados a partir dos diferentes cenários selecionados.

Conforme a Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor, o território da cidade de Rio Claro foi dividido em cinco Unidades Regionais de Planejamento, delimitadas conforme o mapa da Figura 8, como segue:

Unidade Regional de Planejamento I – Central;

Unidade Regional de Planejamento II – Grande Cherveson;

Unidade Regional de Planejamento III – Cachoeirinha;

Unidade Regional de Planejamento IV – Ribeirão Claro;

Unidade Regional de Planejamento V – Corumbataí.

A tabela 3 indica os bairros que compõe as Unidades em questão.

Com referência a subdivisão dos bairros a Figura 9 ilustra a distribuição espacial, conforme documento Oficial Municipal.

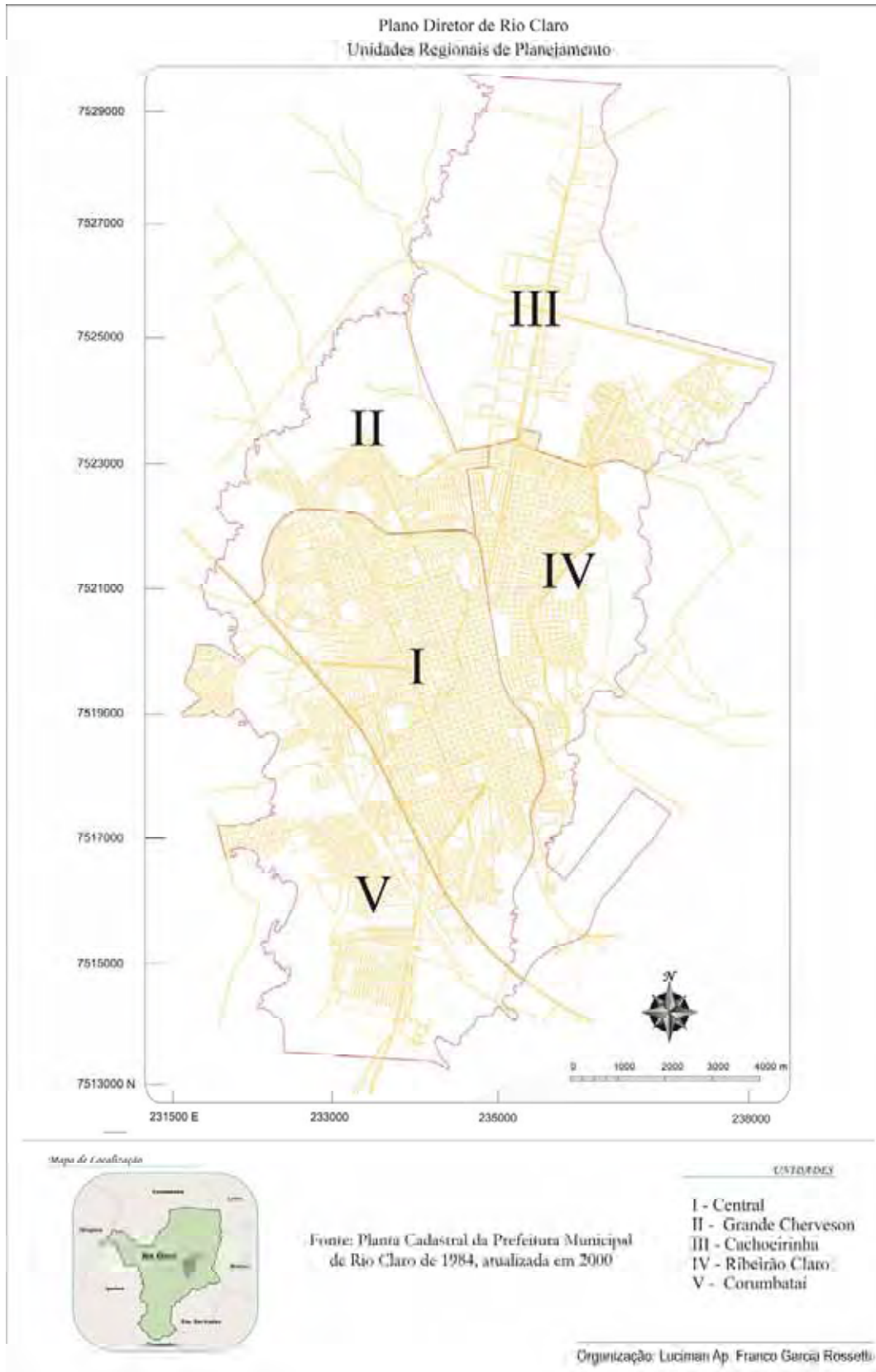
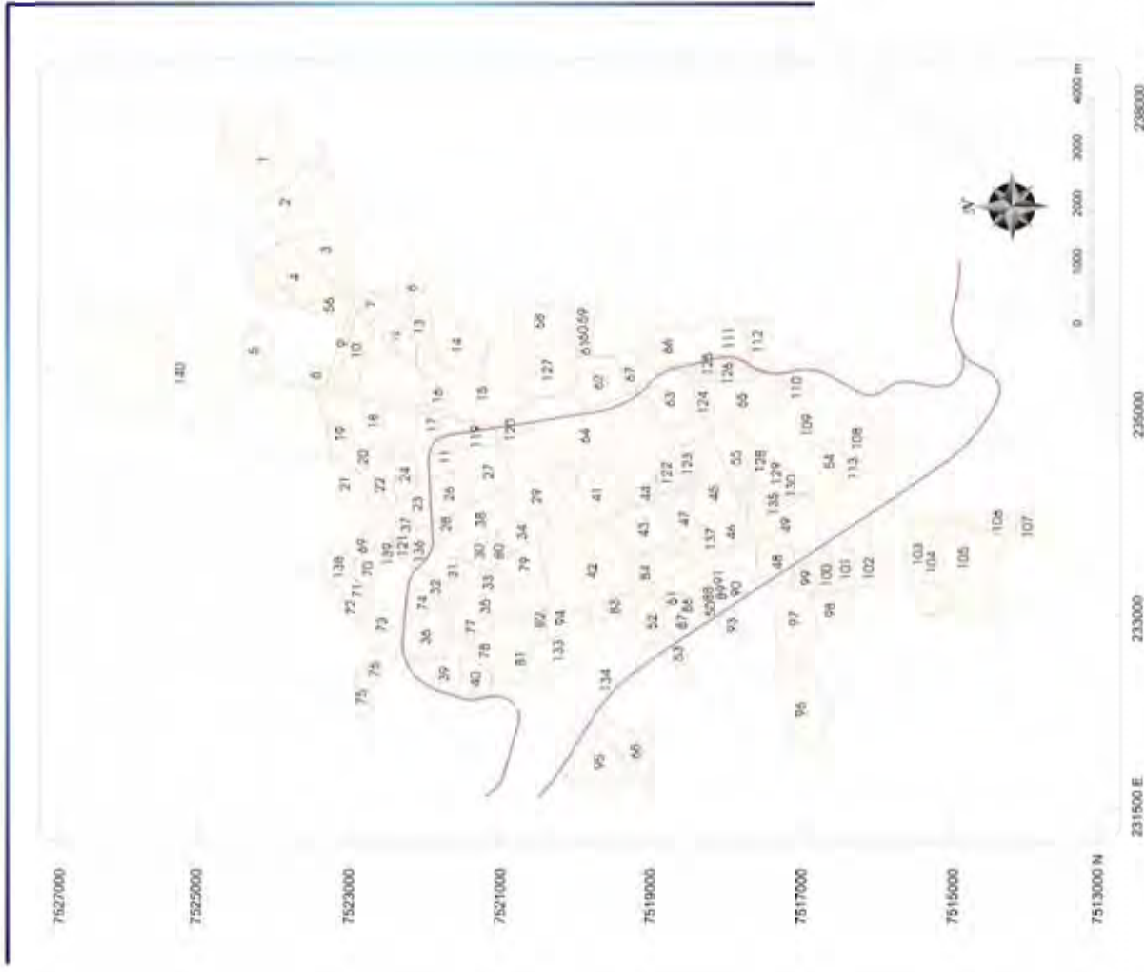


Figura 8 – Unidades Regionais de Planejamento, conforme Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor do Município de Rio Claro (SP)  
Fonte: Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA)

Tabela 3 – Unidades Regionais de Planejamento com respectivos bairros

<b><i>Unidades Regionais de Planejamento</i></b>	<b><i>Bairros</i></b>
<b><i>I – Central</i></b>	Alto do Santana, Bairro da Consolação, Bairro da Saúde, Bairro do Estádio, Bairro Olímpico, BNH, Boa Morte, Chácara Bom Retiro, Cidade Claret Prolongamento, Cidade Claret, Cidade Jardim Anexo, Cidade Jardim, Granja Regina, J. M. Maneiro, Jardim A. Karan, Jardim Anhanguera, Jardim Araucária, Jardim Bela Vista, Jardim Botânico, Jardim Cidade Azul, Jardim Claret, Jardim das Paineiras, Jardim do Trevo, Jardim Donangela, Jardim Itapuã, Jardim Kennedy, Jardim Mirassol, Jardim Olinda, Jardim Panorama, Jardim Paulista II, Jardim Portugal, Jardim Primavera, Jardim Quitandinha, Jardim Residencial Copacabana, Jardim Rio Claro, Jardim Santa Eliza Anexo, Jardim Santa Eliza, Jardim São Paulo II, Jardim São Paulo, Jardim Shan Grila, Jardim Wenzel, Município, Parque Universitário, Recanto do Paraíso, Santa Cruz, Santa Cruz, Santana, São Benedito, Vila Aparecida, Vila do Rádio, Vila Operária, Vila Saibreiro, Vila Santa Terezinha, Vila Santo Antonio, Zona Central
<b><i>II- Grande Chevezon</i></b>	Chácara Boa Vista, Conjunto Habitacional Boa Esperança, Conjunto Habitacional Recanto Verde, Jardim Azul, Jardim Boa Vista, Jardim Chervezon, Jardim Hipódromo, Jardim Independência, Jardim Ipanema, Jardim Progresso, Jardim Santa Clara, Jardim Santa Maria, Jardim São Caetano, Jardim São João, Parque das Indústrias, Parque São Jorge, Residencial das Flores, Residencial São José.
<b><i>III - Cachoeirinha</i></b>	Distrito Industrial, Parque dos Eucaliptos, Parque Mãe Preta, Recreio das Águas Claras, Residencial Florença, Residencial Vila Verde, Vila Industrial.
<b><i>IV – Ribeirão Claro</i></b>	Bela Vista, Cidade Nova, Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni, Conjunto Habitacional Vila Verde, Horto Florestal, J. P. Residencial, Jardim América, Jardim Bandeirante, Jardim Conduta, Jardim do Ipê, Jardim Floridiana, Jardim Nossa Senhora da Saúde II, Jardim Nossa Senhora da Saúde, Jardim Vila Bela, Jardim Village, Vila Alemã, Vila Cristina, Vila Indaiá, Vila Martins, Vila Nova, Vila Paulista, Vila São José, Vila São Miguel
<b><i>V - Corumbataí</i></b>	Chácara Lusa, Chácara Vicentina, Jardim Bom Sucesso, Jardim Brasília II, Jardim Brasília, Jardim Centenário, Jardim Esmeralda, Jardim Guanabara II, Jardim Guanabara, Jardim Inocoop, Jardim Maria Cristina, Jardim Nova Rio Claro, Jardim Nova Veneza, Jardim Novo I, Jardim Novo II, Jardim Paulista, Jardim Residencial das Palmeiras, Novo Jardim Wenzel, Recanto São Carlos ,Residencial Benjamim de Castro, Residencial dos Bosques, Vila Anhanguera

### Planta Cadastral de Rio Claro (SP) - Divisão de Bairros



(Bairros)

- |                                    |                               |                                |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 - Residencial Florença           | 47 - Jardim Claret            | 94 - Granja Regina             |
| 2 - Recreio Águas Claras           | 48 - Jardim Inocoop           | 95 - Jardim Nova Wenzel        |
| 3 - Vila Industrial                | 49 - Chácara Lava             | 96 - Jardim Nova Rio Claro     |
| 4 - Parque Mãe Preta               | 50 - Jardim Paulista          | 97 - Jardim Res. das Palmeiras |
| 5 - Parque dos Eucaliptos          | 51 - Vila Anhangatera         | 98 - Jardim Esmeralda          |
| 6 - Conj. Hab. Orestes A. Giovanni | 52 - Jardim Contêinero        | 99 - Jardim Brasília           |
| 7 - Vila São Miguel                | 53 - Jardim Maria Cristina    | 100 - Jardim Brasília II       |
| 8 - Jardim Parque Residencial      | 54 - Jardim Kennedy           | 101 - Jardim Guanabara II      |
| 9 - Jardim Village                 | 55 - Bairro do Esvaldo        | 102 - Jardim Guanabara         |
| 10 - Conj. Hab. Aveo Irs           | 56 - Res. Vila Verde          | 103 - Jardim Novo II           |
| 11 - Jardim Primavera              | 57 - Vila São José            | 104 - Vila Rosa                |
| 12 - Vila Cristina                 | 58 - Vila Bela Vista          | 105 - Jardim Novo              |
| 13 - Jardim Bandeirante            | 59 - Jardim Vila Bela         | 106 - Res. Cap. Vila Rica      |
| 14 - Vila Nova                     | 60 - Jardim N. Sra. Saude     | 107 - Recanto São Carlos       |
| 15 - Vila Alena                    | 61 - Jardim N. Sra. Saude II  | 108 - Jardim Itaquã            |
| 16 - Jardim do Ipê                 | 62 - Cidade Nova              | 109 - Jardim Botânico          |
| 17 - Vila Maritês                  | 63 - Bairro da Saúde          | 110 - Jardim Res. Copacabana   |
| 18 - Jardim Floridiana             | 64 - Zona Central             | 111 - Vila Paulista            |
| 19 - Jardim Santa Clara            | 65 - Cidade Jardim            | 112 - Jardim Conduta           |
| 20 - Jardim Tipódromo              | 66 - Vila Paulista            | 113 - Jardim Anhanguera        |
| 21 - Conj. Hab. Boa Esperança      | 67 - Vila Horto Florestal     | 114 - Cond. Urea               |
| 22 - Parque das Indústrias         | 68 - Jardim Bom Sucesso       | 115 - Cond. Góvra              |
| 23 - Jardim Cherveson              | 69 - Jardim Ipanema           | 116 - Cond. Scarpa             |
| 24 - Independência                 | 70 - Parque São Jorge         | 117 - Cond. Ipanema            |
| 25 - Jardim Primavera              | 71 - Res. São José            | 118 - Jardim Leblon            |
| 26 - Jardim Portugal               | 72 - Res. das Flores          | 119 - Vila Sabreiro            |
| 27 - Vila Operária                 | 73 - Jardim Santa Maria       | 120 - Vila Aparecida           |
| 28 - J. A. Kenzo                   | 74 - Jardim Aracária          | 121 - Vila São Costano         |
| 29 - Santiana                      | 75 - Conj. Hab. Recanto Verde | 122 - Boa Morte                |
| 30 - Vila BNH                      | 76 - Jardim Boa Vista         | 123 - São Benedito             |
| 31 - Jardim Olinda                 | 77 - Jardim Wenzel            | 124 - Jardim Douçagela         |
| 32 - Jardim Cidade Azul            | 78 - Jardim Paulista II       | 125 - Vila Santo Antonio       |
| 33 - Vila Santa Cruz               | 79 - Jardim Bela Vista        | 126 - Anexo Cidade Jardim      |
| 34 - Vila Santa Terezinha          | 80 - Jardim Alto do Santana   | 127 - Vila Indaiá              |
| 35 - Parque Universitário          | 81 - Jardim Santa Eliza       | 128 - Bairro Olímpico          |
| 36 - Recanto Paraiso               | 82 - Jardim Matheus Mansueto  | 129 - Município                |
| 37 - Chácara Boa Vista             | 83 - Jardim São Paulo II      | 130 - Jardim Quindandinha      |
| 38 - Alto do Santana               | 84 - Jardim Mirassol          | 131 - Chácara Flor de Liz      |
| 39 - Jardim Panoramia              | 85 - Cond. Empresarial Apia   | 132 - Cidade Claret II         |
| 40 - Jardim das Palmeiras          | 86 - Res. dos Bosques         | 133 - Chácara Bom Retiro       |
| 41 - Santiana                      | 87 - Benjamin de Castro       | 134 - Chácara Vicentina        |
| 42 - Jardim São Paulo              | 88 - Cond. Califórnia         | 135 - Jardim do Trevo          |
| 43 - Cidade Claret                 | 89 - Cond. Colorado           | 136 - Jardim Azei              |
| 44 - Vila do Rádio                 | 90 - Cond. Petit Village      | 137 - Jardim Shangrilá         |
| 45 - Bairro da Consolheira         | 91 - Jardim Res. San Marino   | 138 - Jardim Progresso         |
| 46 - Jardim Rio Claro              | 92 - Cond. Vila Verde         | 139 - Jardim São João          |
|                                    | 93 - Jardim Nova Veneza       | 140 - Distrito Industrial      |

Legenda

- Quadras
- Hidrografia
- Ferrovias
- Rodovias
- Bairros

fonte

Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro de 1984, atualizada em 2008

Organização: Lucimari Aparecida Franco Garcia Rossetti

Figura 9 – Planta cadastral de Rio Claro com divisão de bairros

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em conformidade com os objetivos e abordagem metodológica propostos, foram alcançados resultados que serão apresentados e discutidos nos itens que seguem.

### 5.1. Produtos do Pré-Processamento das Imagens

Na etapa de pré-processamento as imagens foram preparadas para serem classificadas posteriormente, tendo sido executados procedimentos de georreferenciamento das imagens e de redução das distorções radiométricas e geométricas.

O procedimento de ortoretificação das imagens foi executado para as correções das distorções radiométricas e geométricas das imagens ocorridas no momento do imageamento. A Figura 10 exibe uma imagem ortoretificada através do software *ENVI*.



Figura 10 – Ortofoto 35863 – 1972 gerada no Software *ENVI*

A Figura 11 mostra uma imagem ortorretificada, com a sobreposição da planta cadastral de um setor da área urbana de Rio Claro.



Figura 11 – Imagem ortorretificada com sobreposição da planta cadastral

Após a ortorretificação foi realizado o procedimento de equalização de níveis de cinza das imagens com a finalidade de homogeneizar a variação dos níveis de cinza que as fotos apresentam, adquiridas no momento do imageamento (geometria de cena) e do processo de geração das imagens (processamentos em laboratório fotográfico especializado). Exemplo de imagem submetida a este procedimento ilustrado na Figura 12.

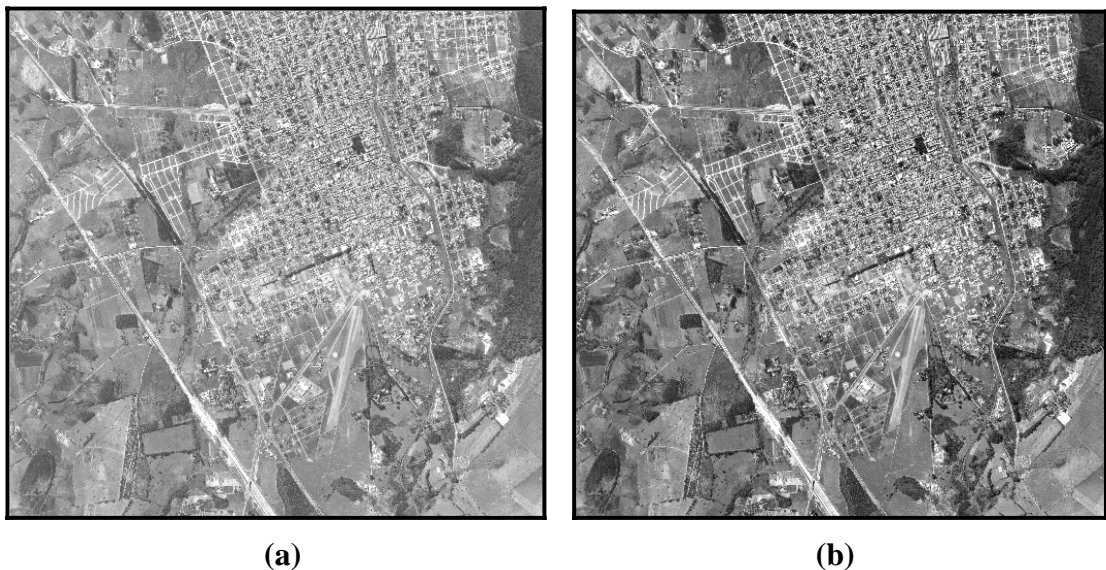


Figura 12 – Equalização de níveis de cinza da foto aérea 35863 – 1972:  
a) Imagem a ser equalizada, b) Imagem equalizada

Com as imagens ortoretificadas e equalizadas foi realizada a articulação das imagens através do processo de mosaicagem. A Figura 13 ilustra a mosaicagem das imagens que compõe a área urbana de Rio Claro, relativa ao cenário de 1962.

O conjunto desses procedimentos foi aplicado às imagens dos demais cenários selecionados e a partir deles foi aplicado o classificador *e-Cognition* (classificação supervisionada), bem como a delimitação das manchas urbanizadas (cenários), para a geração dos mapas temáticos.

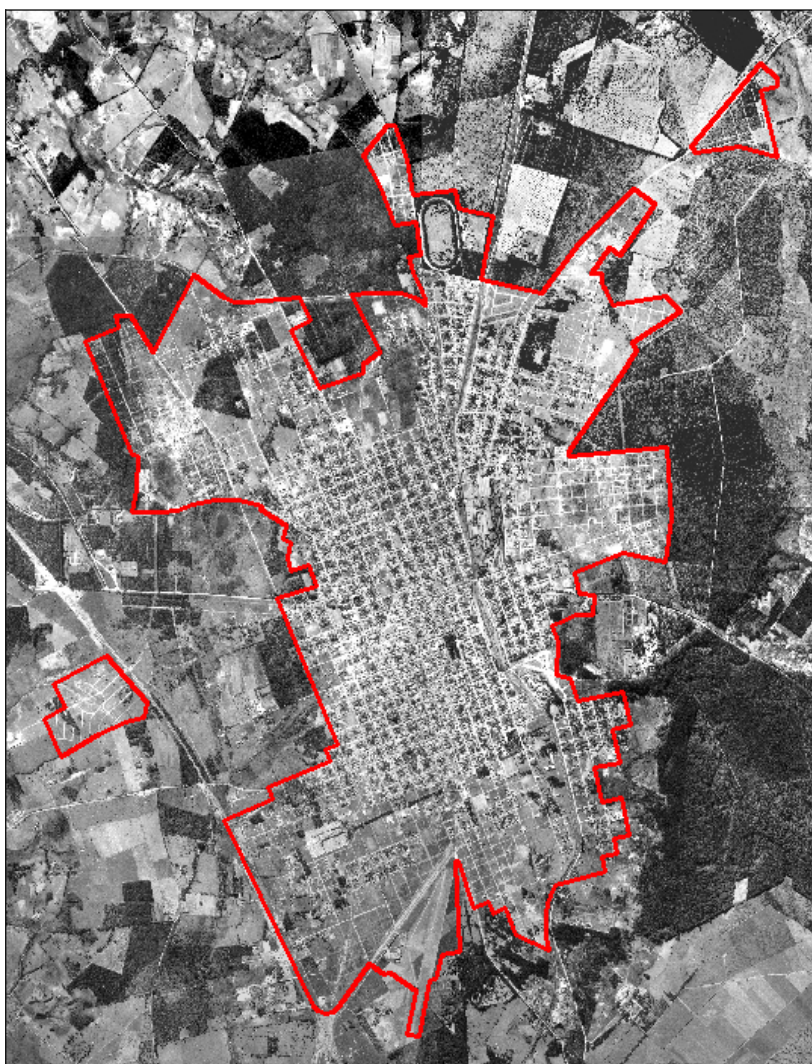
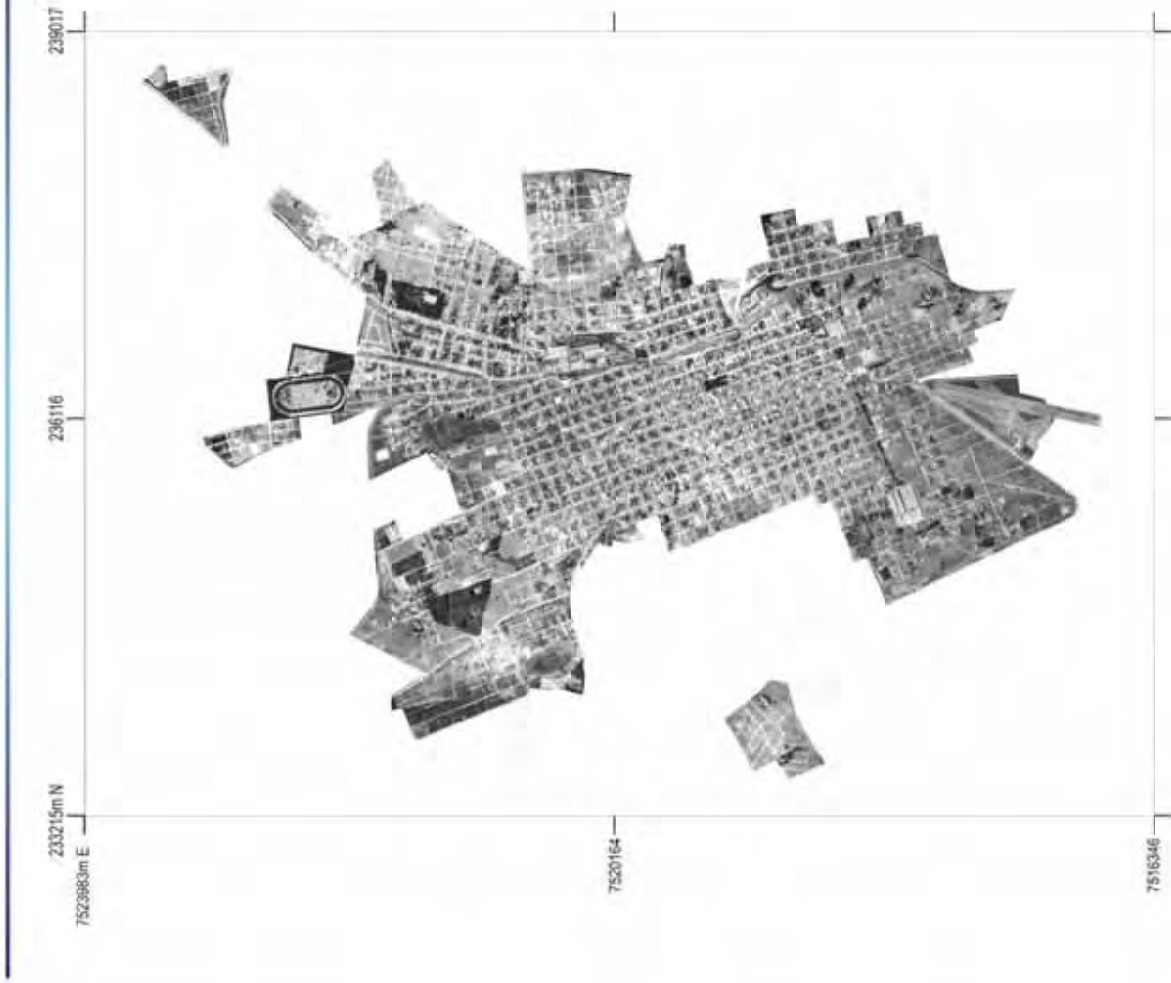


Figura 13 - Mosaico das fotos aéreas de 1962 com sobreposição do limite da área urbana

As Figuras 14, 15, 16, 17 e 18 ilustram os mosaicos da área urbana de Rio Claro, gerado a partir do procedimento de mosaicagem no software *SPRING*, conforme os cenários selecionados.

# Mosaico Aerofotogramétrico Ortorectificado - Área Urbana de Rio Claro - 1962

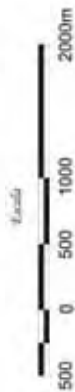


Fotografias aéreas utilizadas no mosaico



Fotografias aéreas panorâmáticas  
Aerolevanteamento executado por:  
PROSPEC S. A.  
Julho a Agosto de 1962  
Escala aproximada de 1: 25 000

Arquivo Digital:  
Mapoteca - CEAPLA/IGCE/UNESP - Rio Claro



Localização da área de estudo



- 1 - Itirapina
  - 2 - Corumbataí
  - 3 - Rio Claro
  - 4 - Chácara Paulista
  - 5 - Iperoina
  - 6 - Santa Gertrudes
- Área de Estudo



Organização: Lucimari Aparecida Franco Garcia Rossetti  
Orientador: Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Desenho Cartográfico: Luiz Henrique Pereira

Figura 14 – Mosaico da área urbana de Rio Claro – 1962



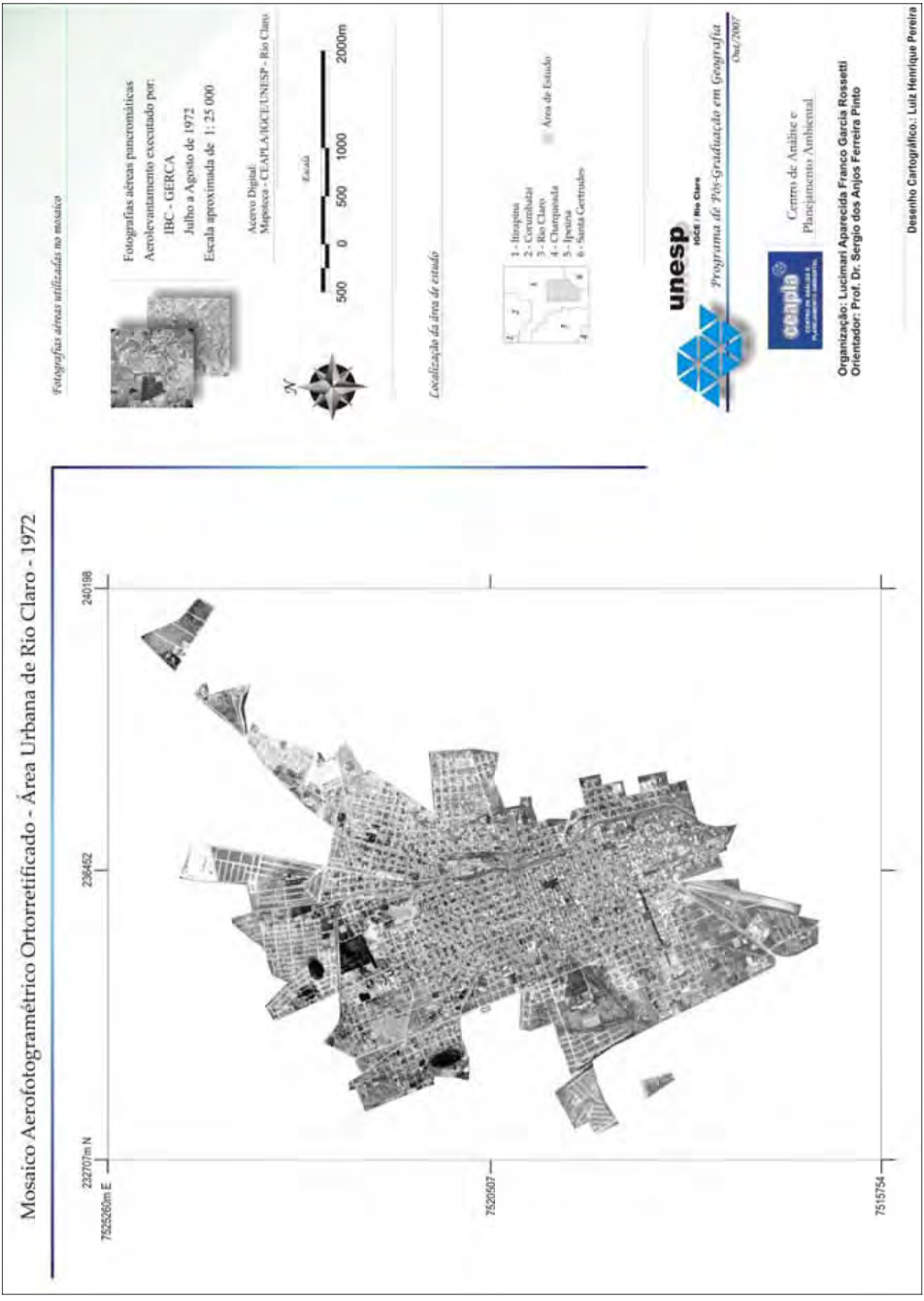


Figura 15 – Mosaico da área urbana de Rio Claro – 1972

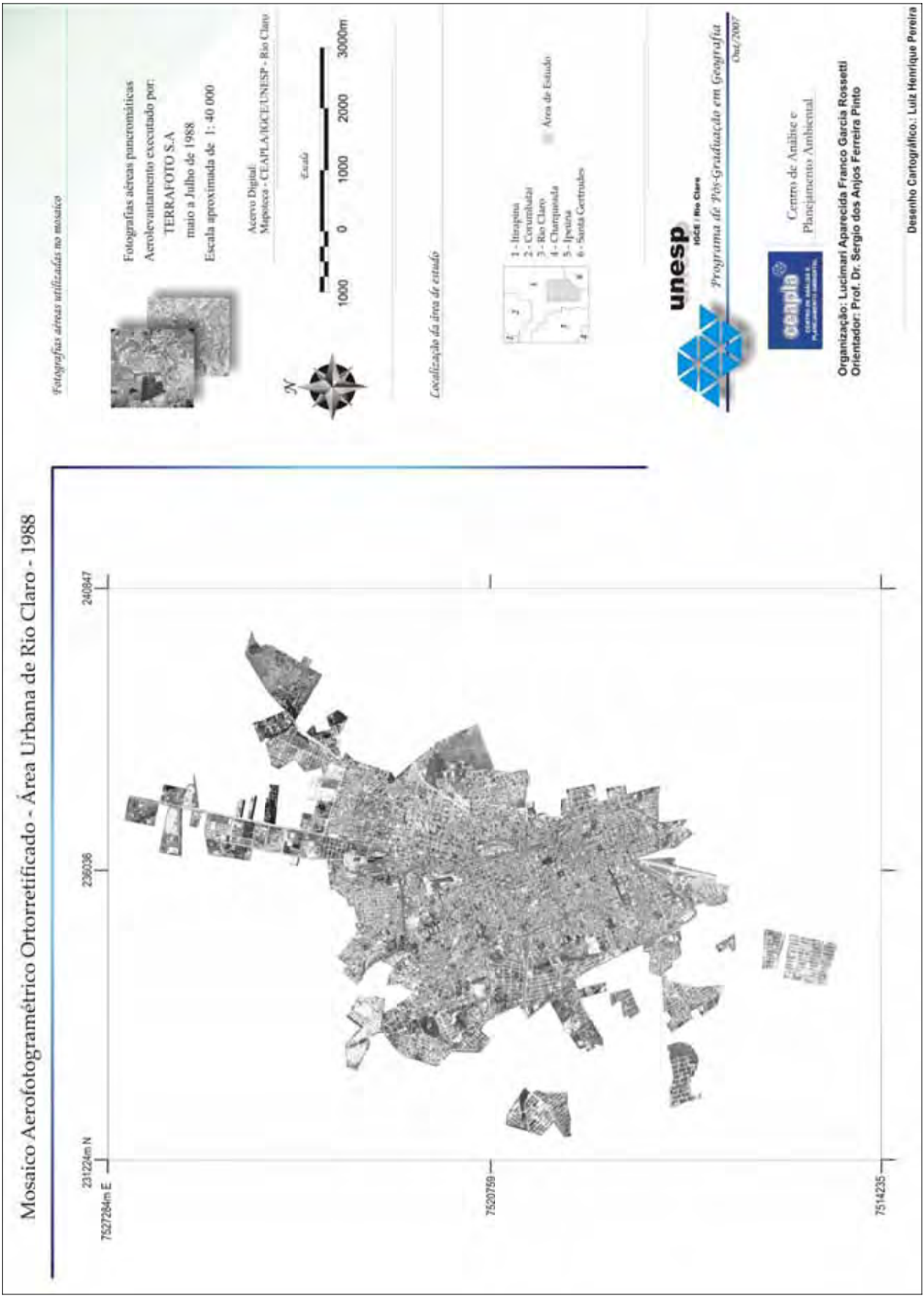


Figura 16 – Mosaico da área urbana de Rio Claro – 1988

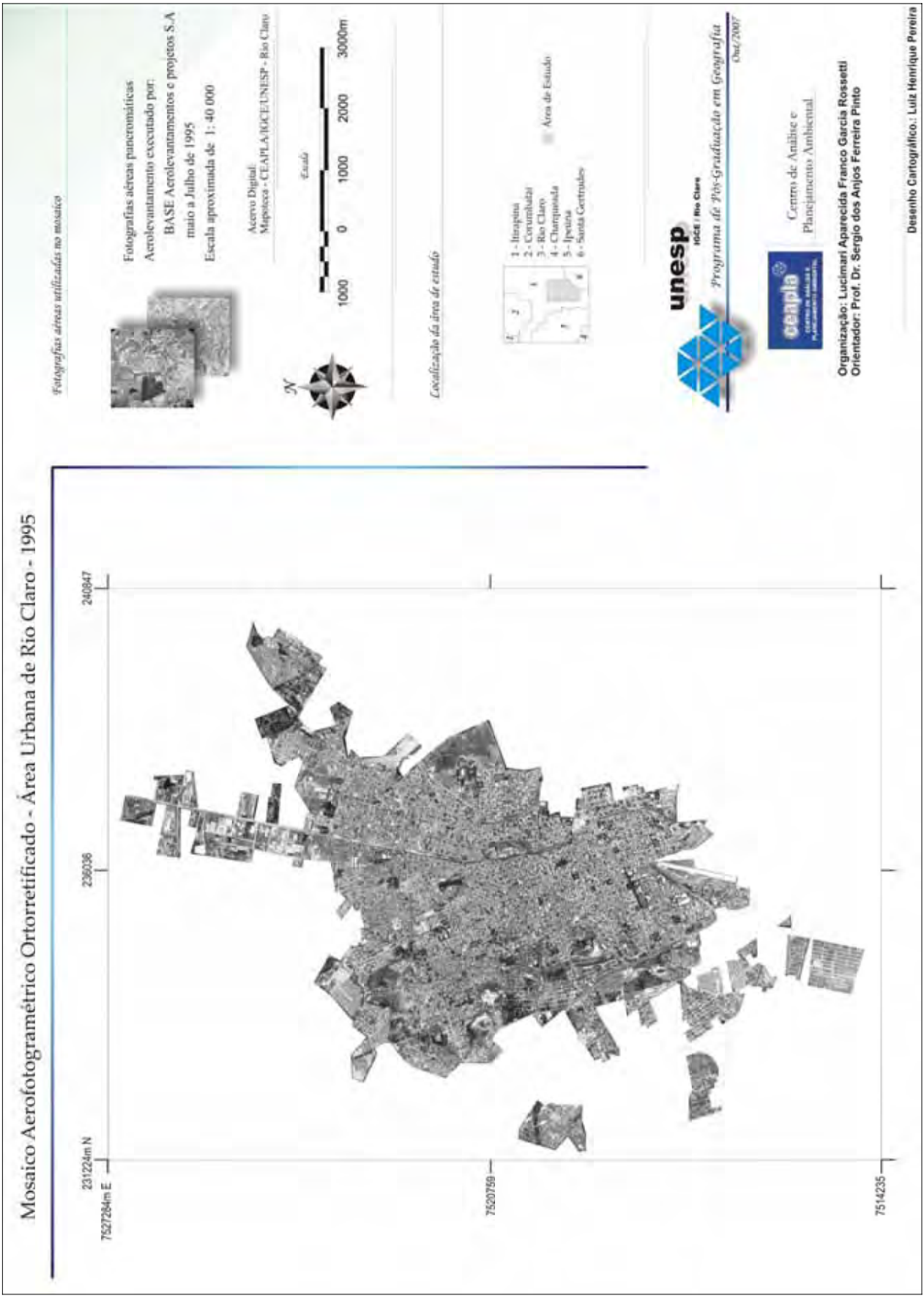


Figura 17 – Mosaico da área urbana de Rio Claro – 1995

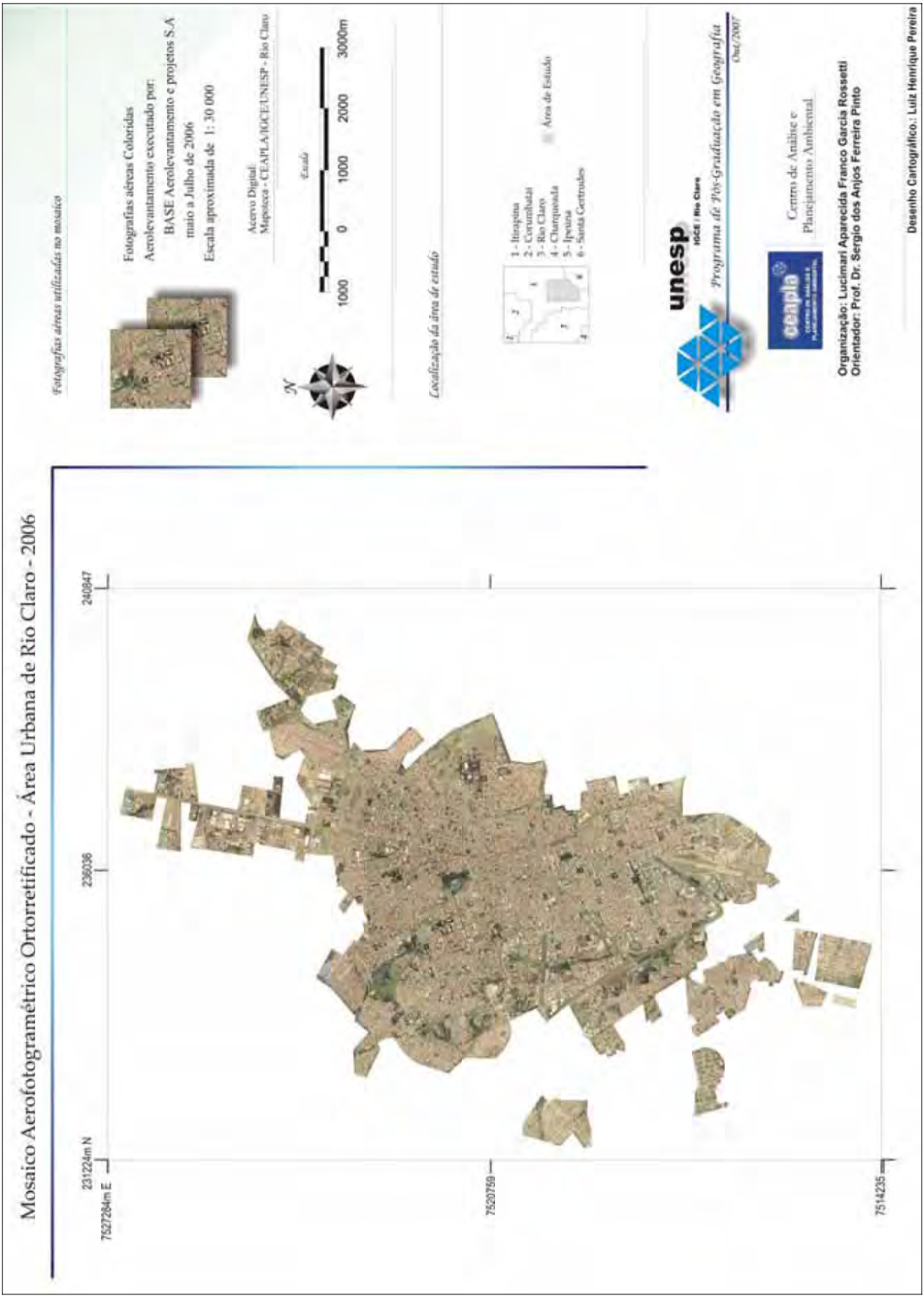
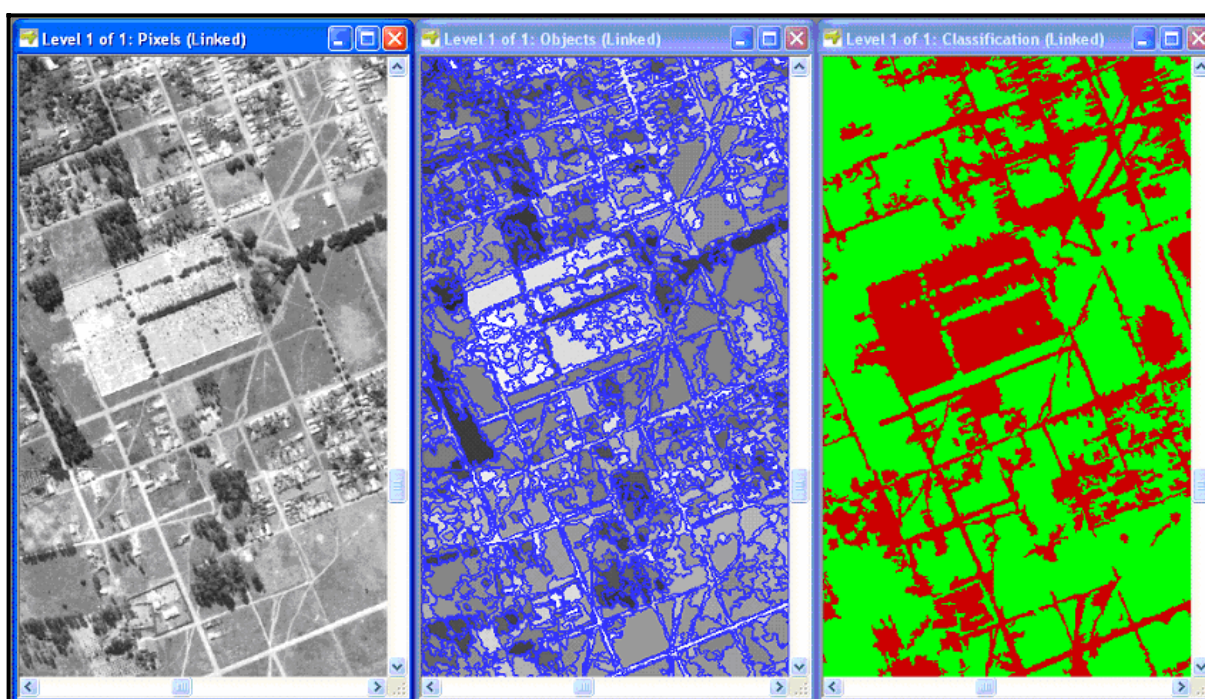


Figura 18 – Mosaico da área urbana de Rio Claro – 2006

## 5.2. Produtos da Classificação das Imagens - Cobertura Vegetal Intra-Urbana

O mapeamento da cobertura vegetal intra-urbana foi conduzido através da classificação de imagens, baseado no paradigma de orientação a objetos, considerando duas classes: Cobertura Vegetal e Outras Coberturas.

A Figura 19 exemplifica resultados dos procedimentos de segmentação e de classificação supervisionada, realizados no software *e-Cogniton*.



(a) (b) (c)

Figura 19 – a) Imagem a ser classificada, b) Imagem segmentada, c) Imagem classificada: Cobertura Vegetal (verde) e Outras Coberturas (vermelho)

## 5.3 Mapas Temáticos Obtidos

Com base nos procedimentos de segmentação e classificação de imagens digitais e com a utilização do software *Idrisi*, foram gerados mapas temáticos, conforma já indicado no item abordagem metodológica.

Foram obtidos mapas por cenários, da distribuição da cobertura vegetal intra-urbana. Estes mapas temáticos encontram-se apresentados nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24. Para fins de comparação foram também, gerados mapas dos cenários, com o recorte da área urbanizada relativa ao cenário de 1962.

Utilizando o recurso das lógicas de cruzamento de planos de informações, os mapas com o recorte de 1962 foram sobrepostos, para a indicação das áreas intra-urbanas que apresentaram alterações temáticas. A indicação dessas alterações, para cada par de cenários (1962-1972, 1972-1995, 1995-2006 e 1962-2006), encontram-se ilustrados nas Figuras 25, 26, 27 e 28.

Por sua vez, foram também gerados os mapas relativos à evolução da área urbanizada da cidade de Rio Claro, sobrepondo-se os cenários 1962-1972, 1972-1988, 1988-1995 e 1995-2006. Os respectivos mapas encontram-se ilustrados nas Figuras 29, 30, 31, 32 e 33.

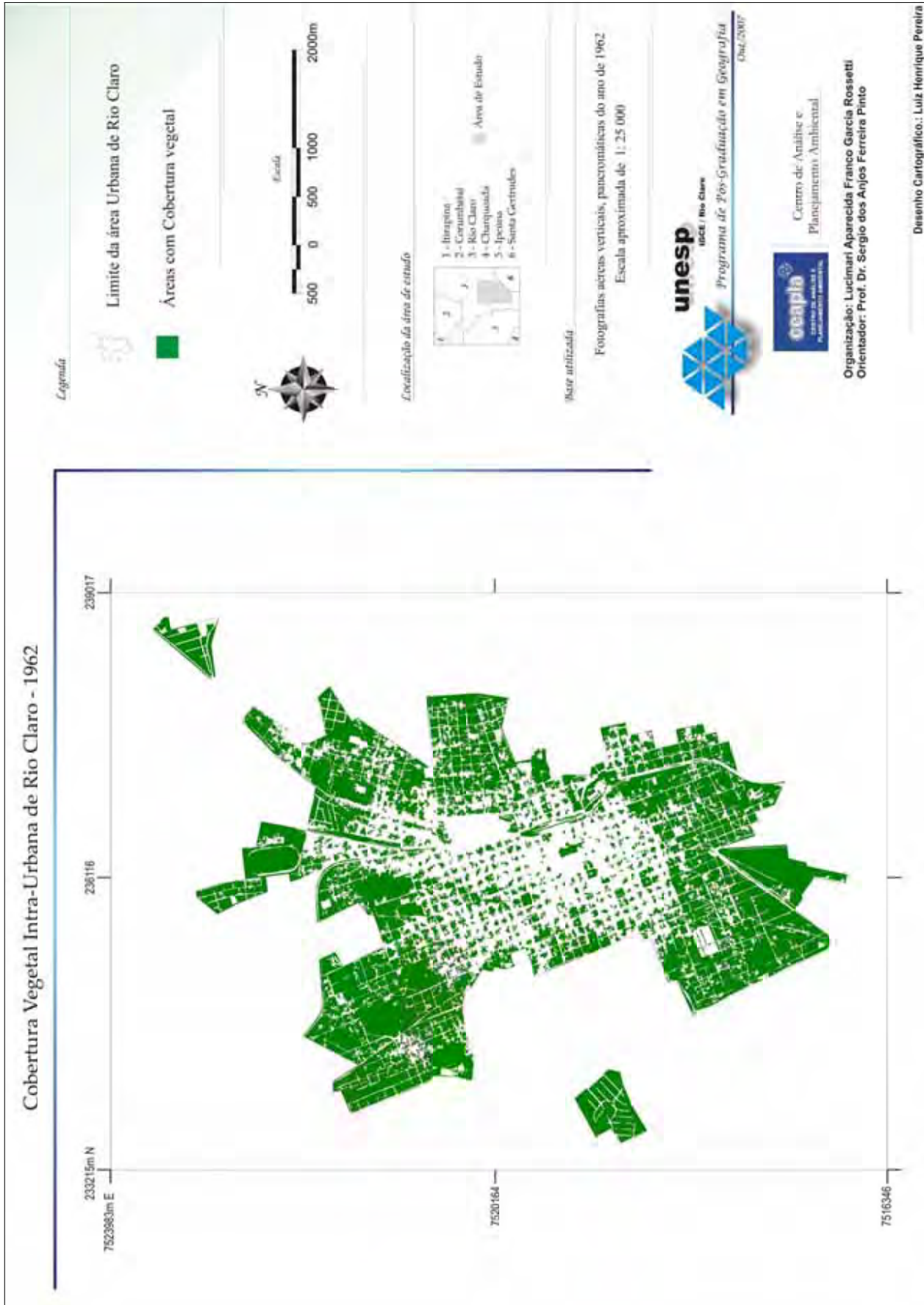


Figura 20 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962

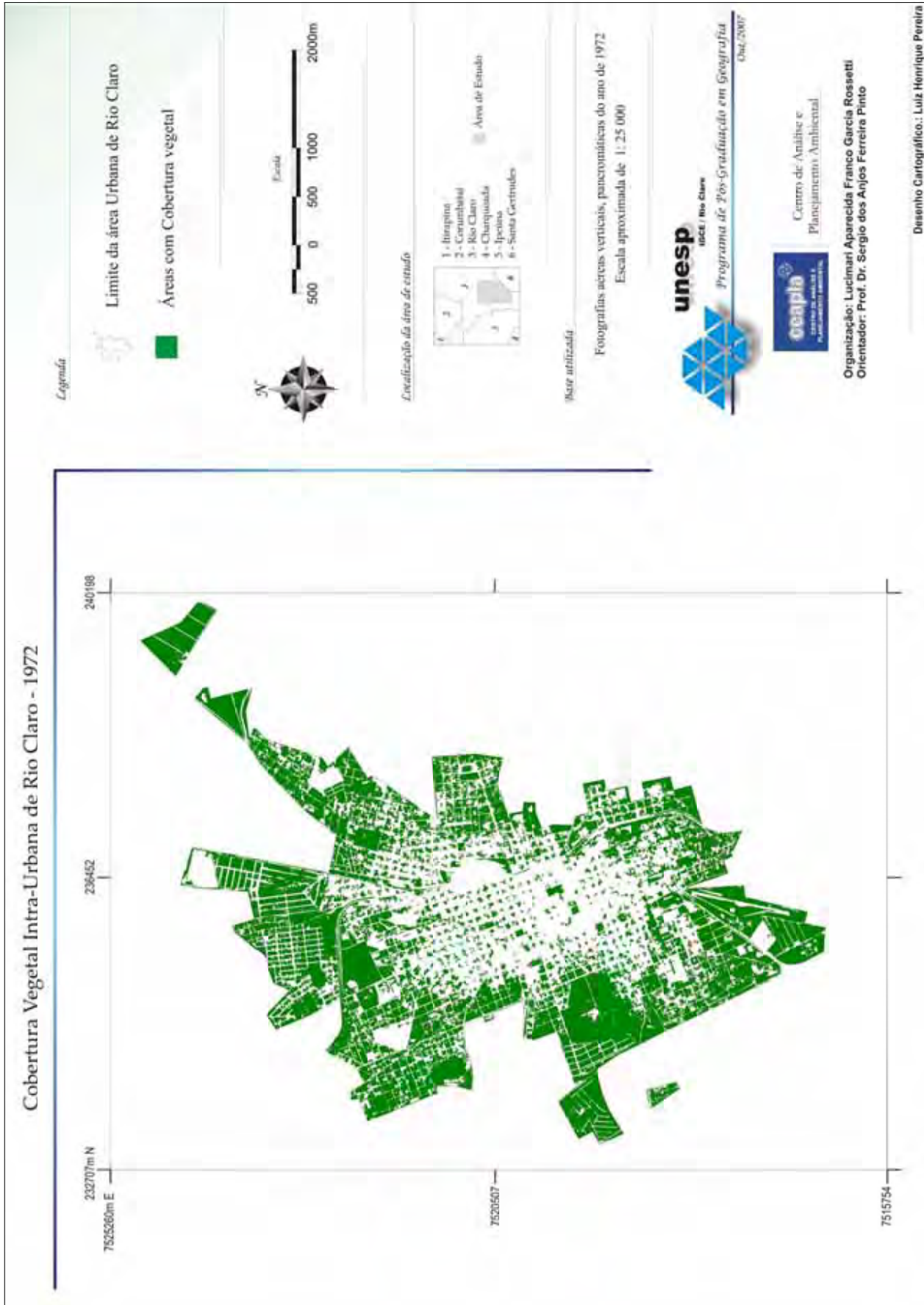


Figura 21 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1972



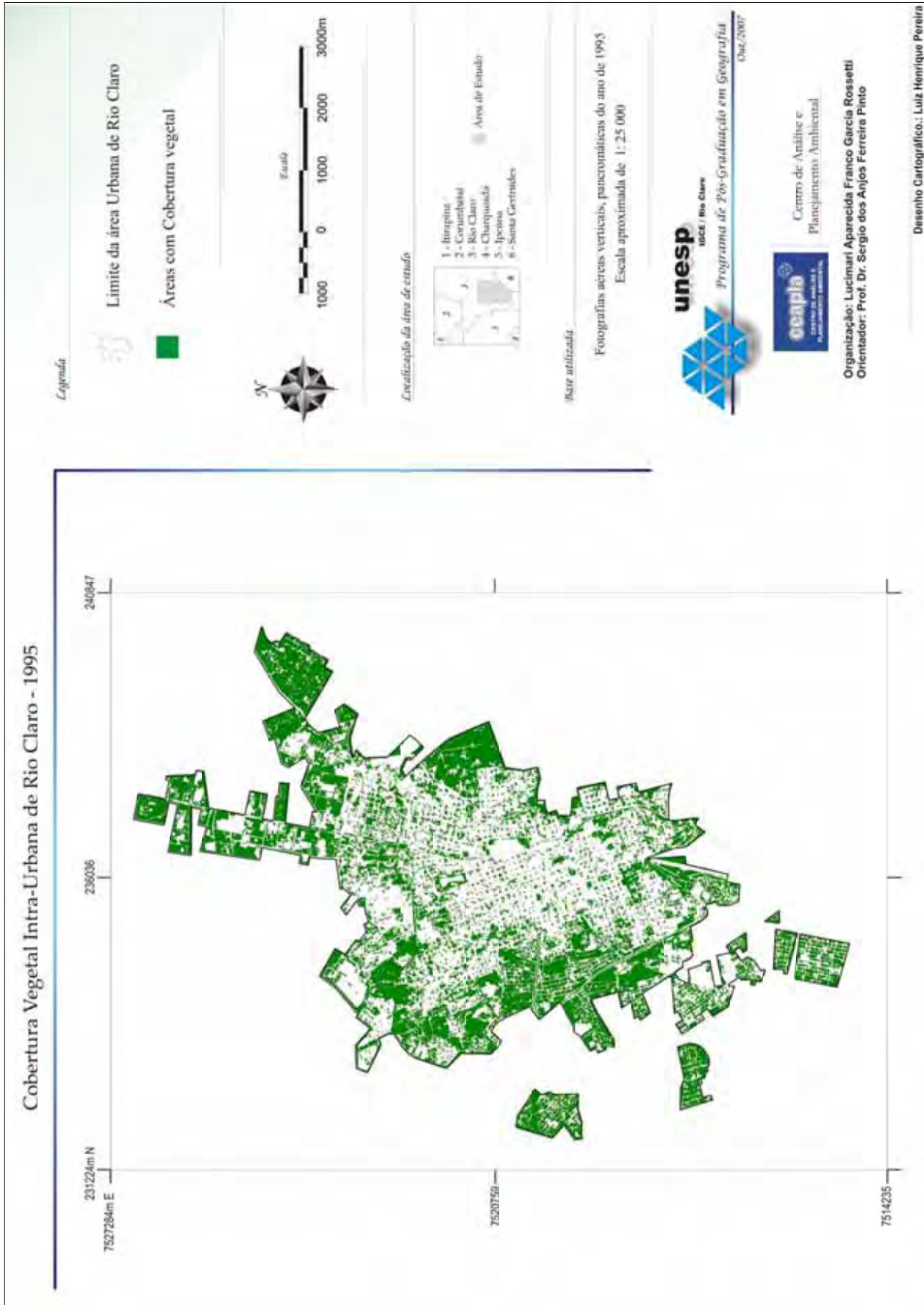


Figura 22 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1995

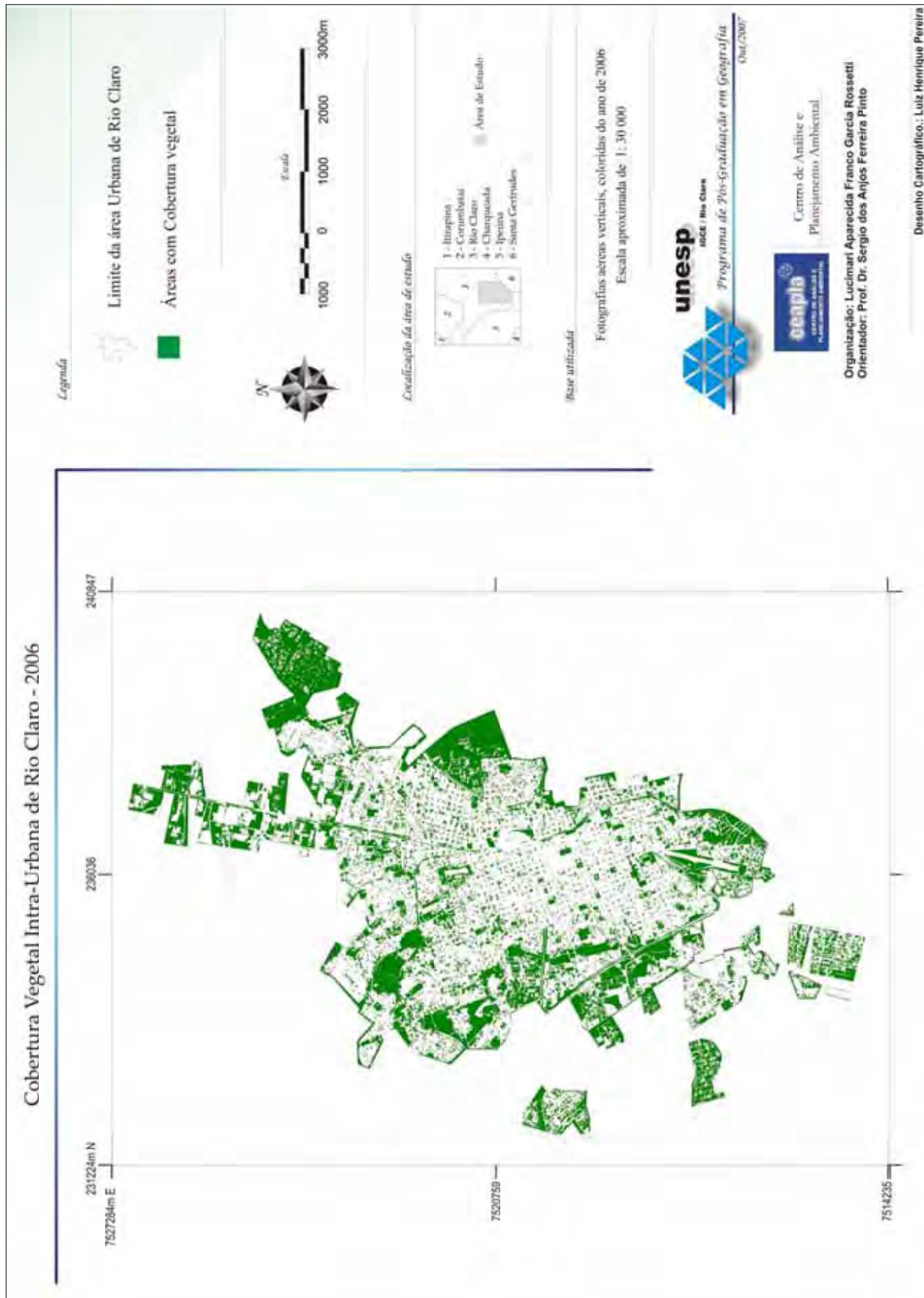


Figura 23 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 2006

**Cobertura Vegetal Intra-Urbana de Rio Claro - Base Limite Urbano 1962**  
**Conforme cenários**

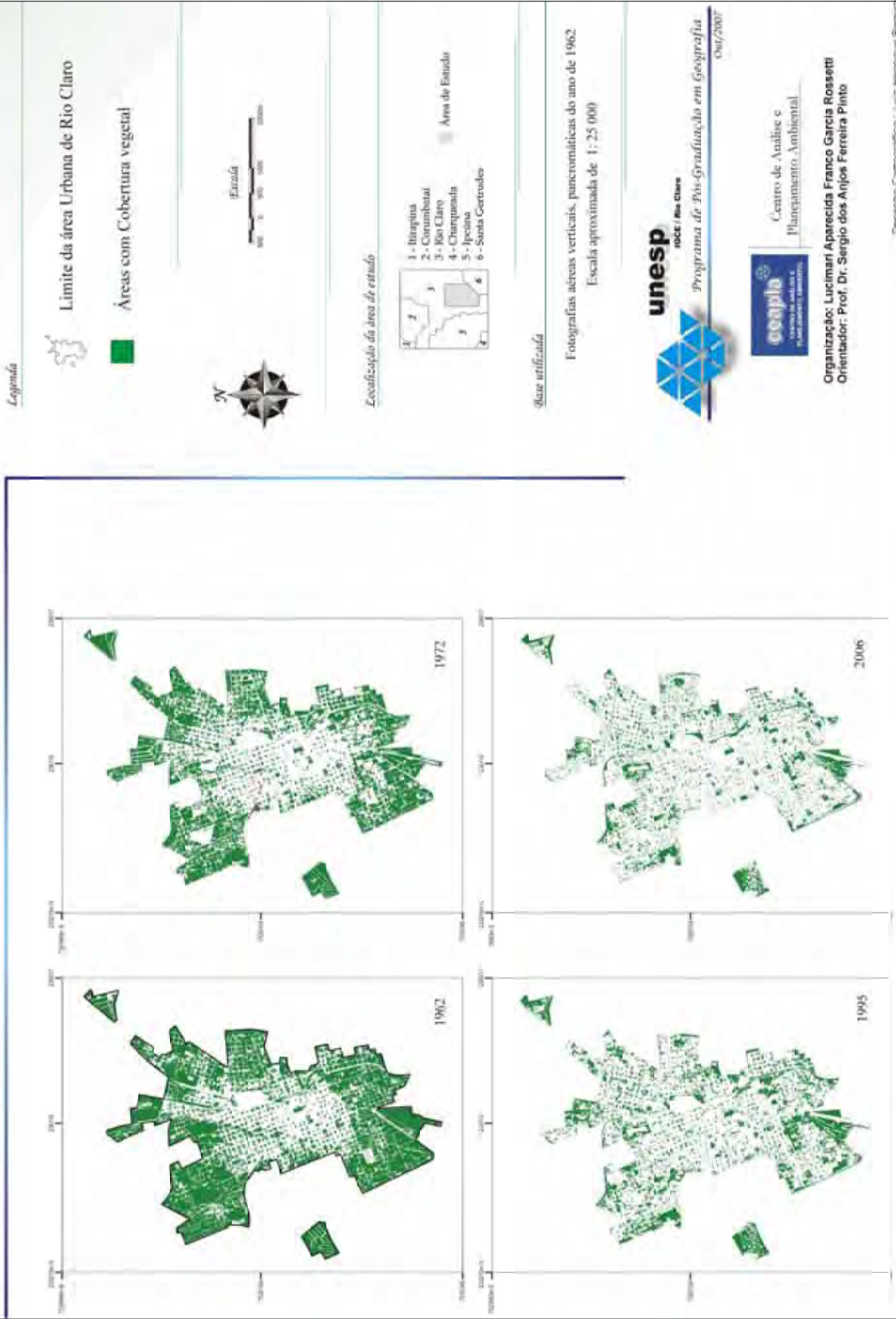


Figura 24 – Cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro com base no limite urbano de 1962 – conforme cenários

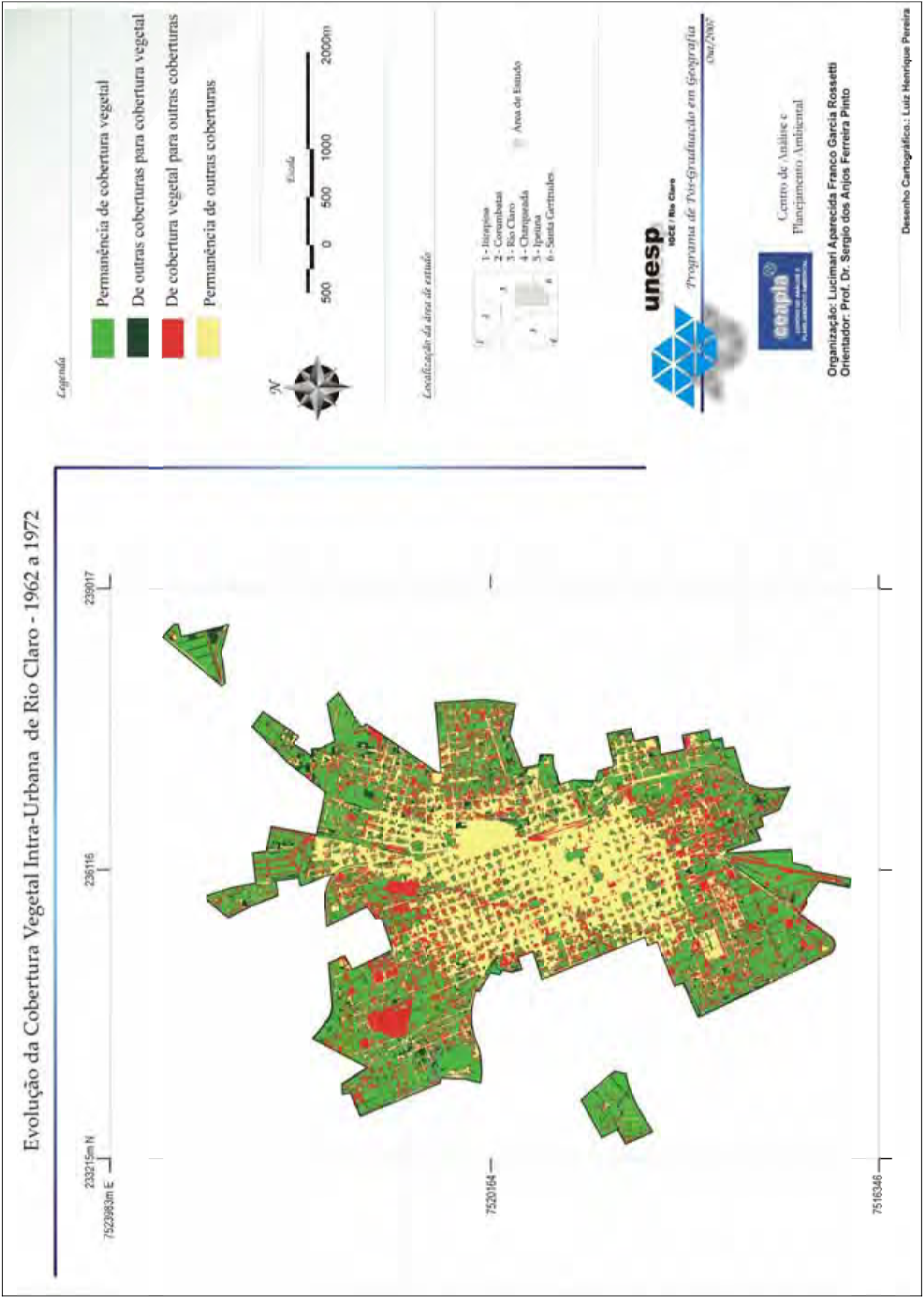


Figura 25 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962 a 1972

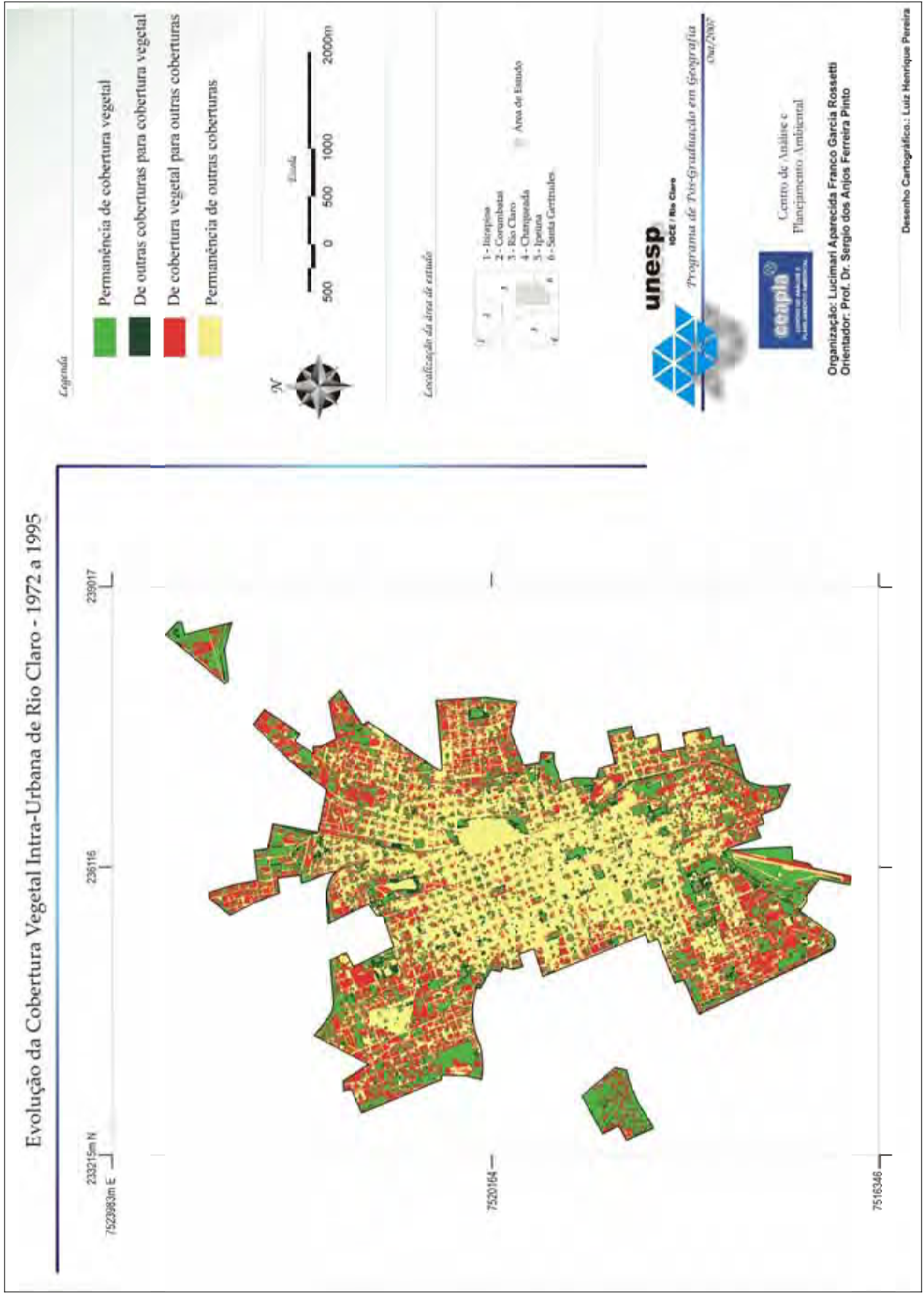


Figura 26 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1972 a 1995

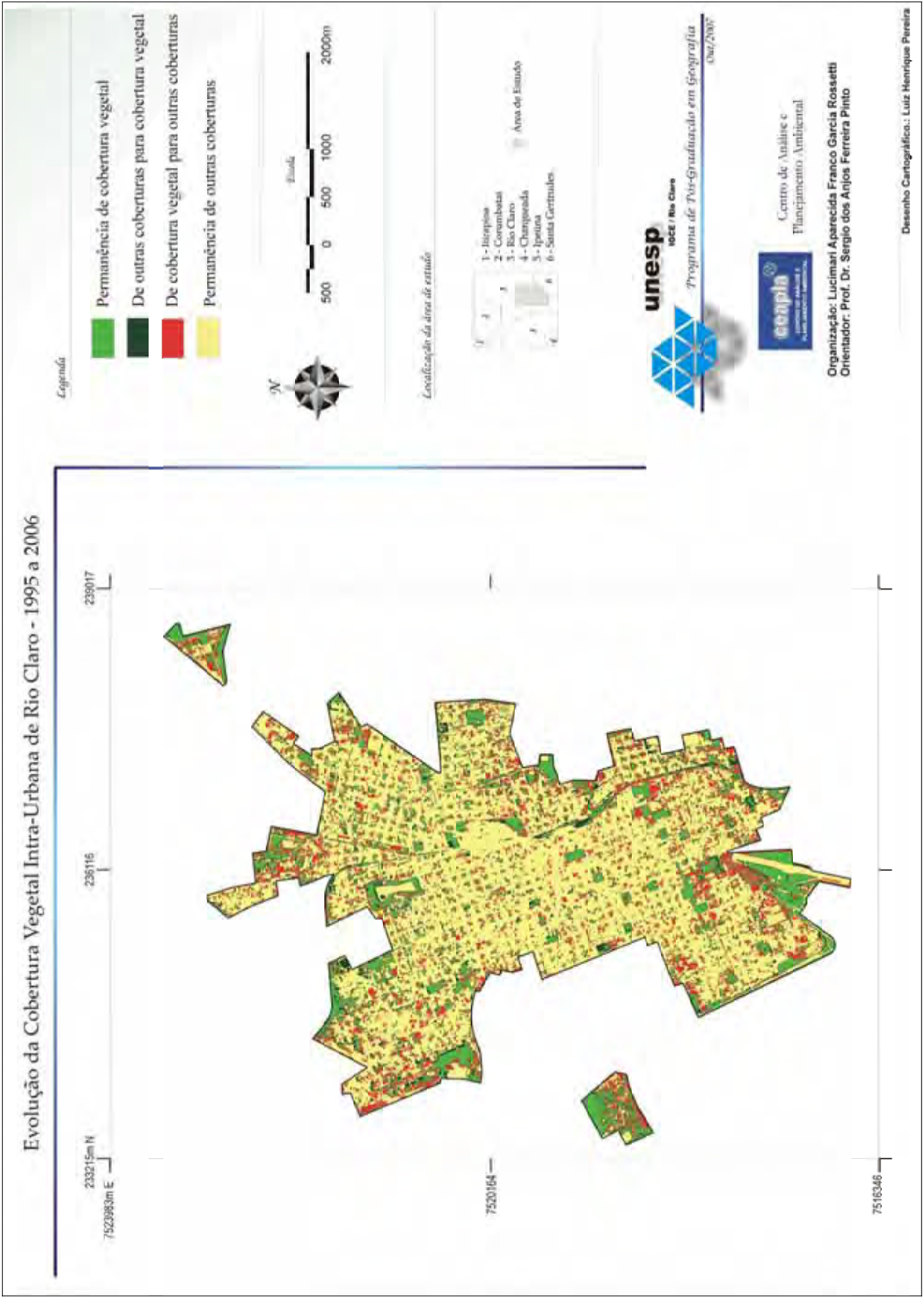


Figura 27 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1995 a 2006

# Evolução da Cobertura Vegetal Intra-Urbana de Rio Claro - 1962 a 2006

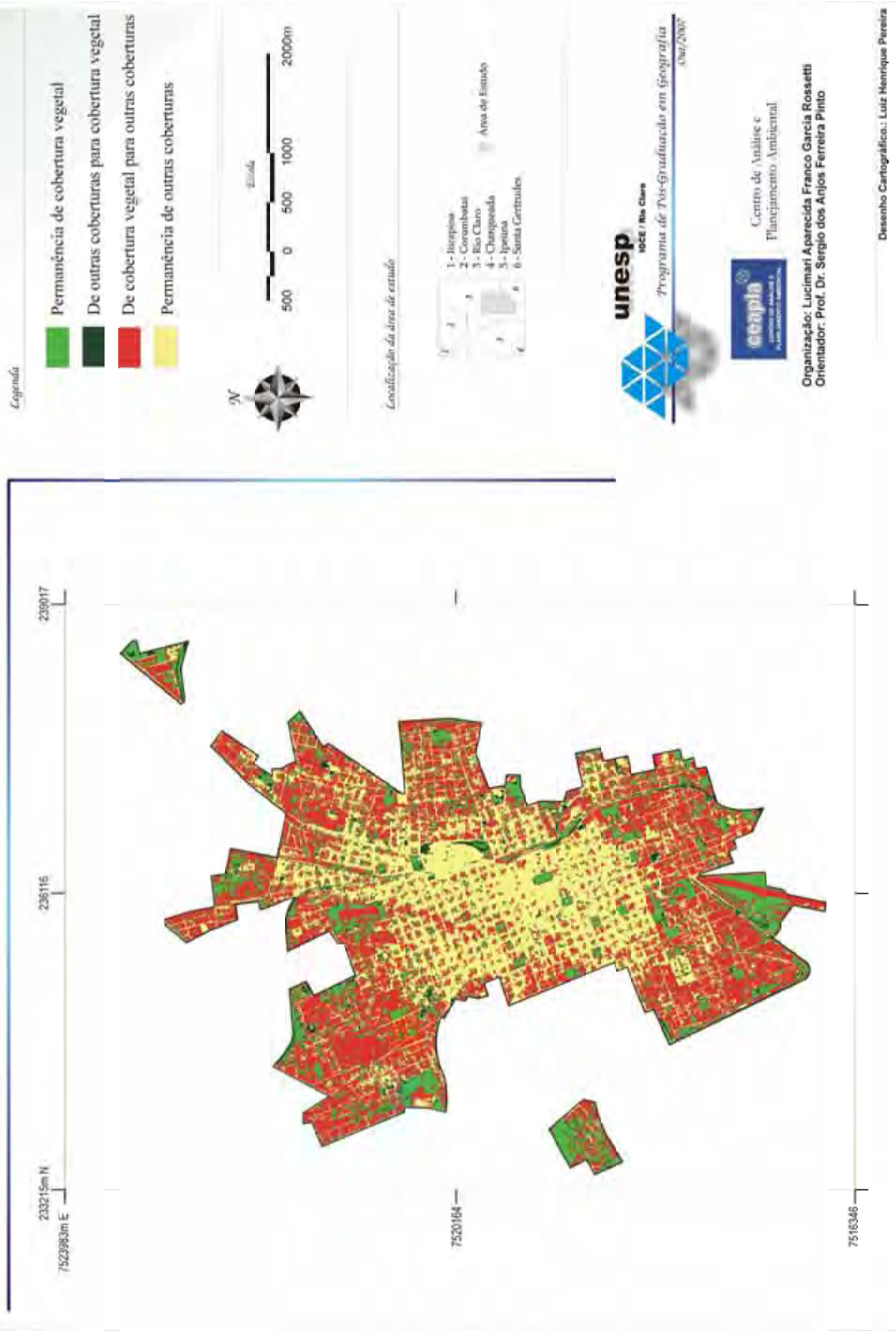


Figura 28 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – 1962 a 2006

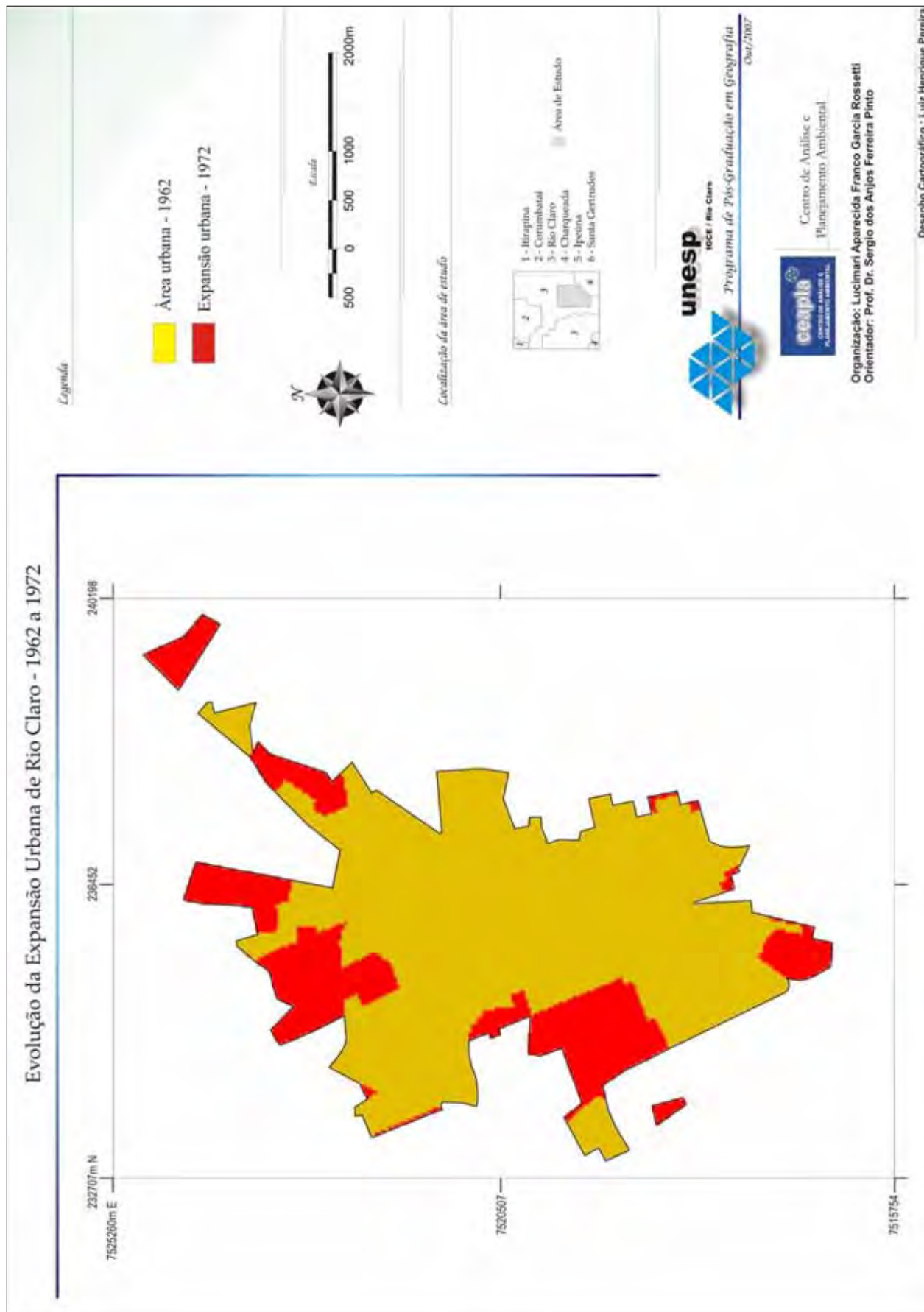


Figura 29 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1962 a 1972



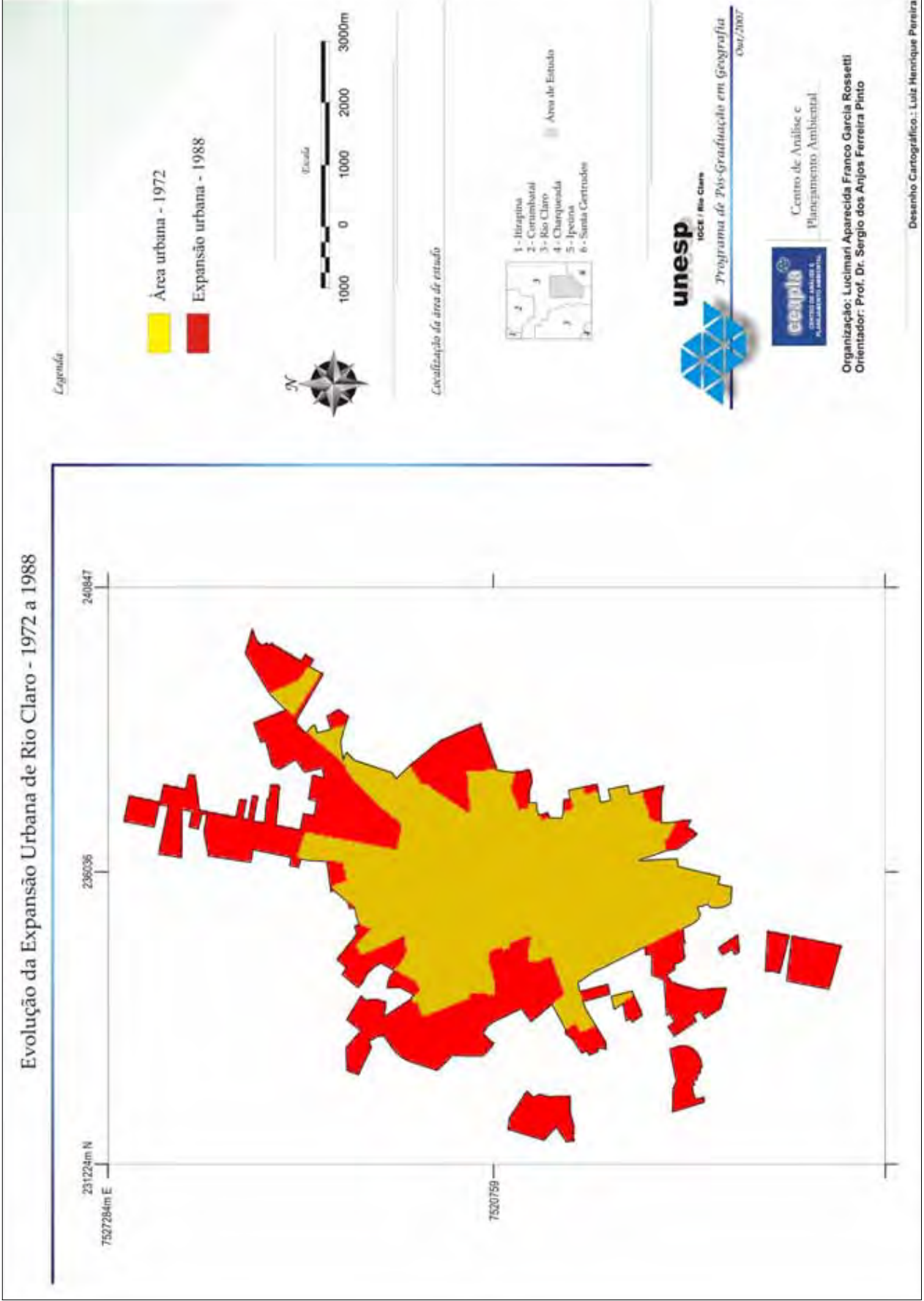


Figura 30 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1972 a 1988

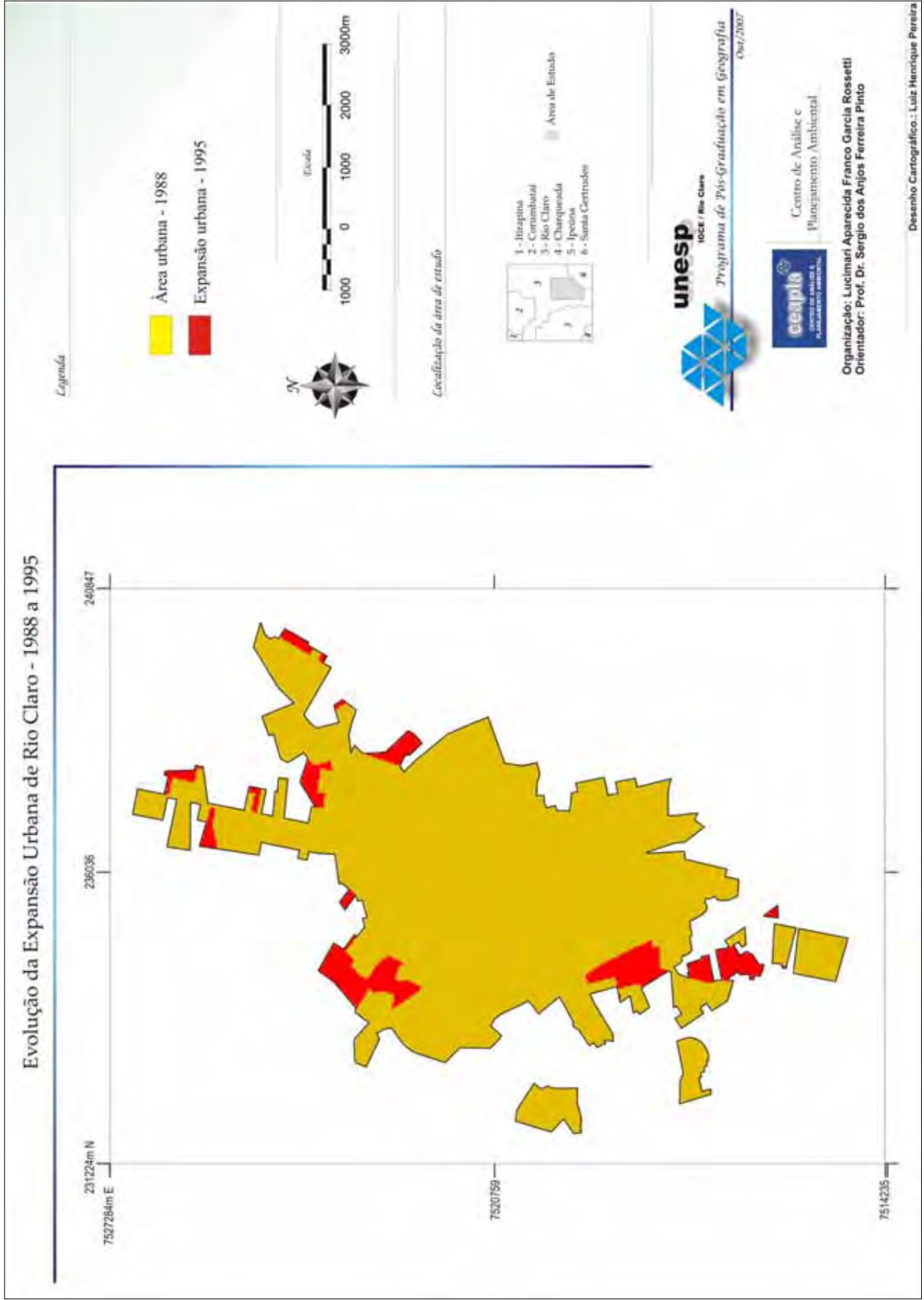


Figura 31 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1988 a 1995

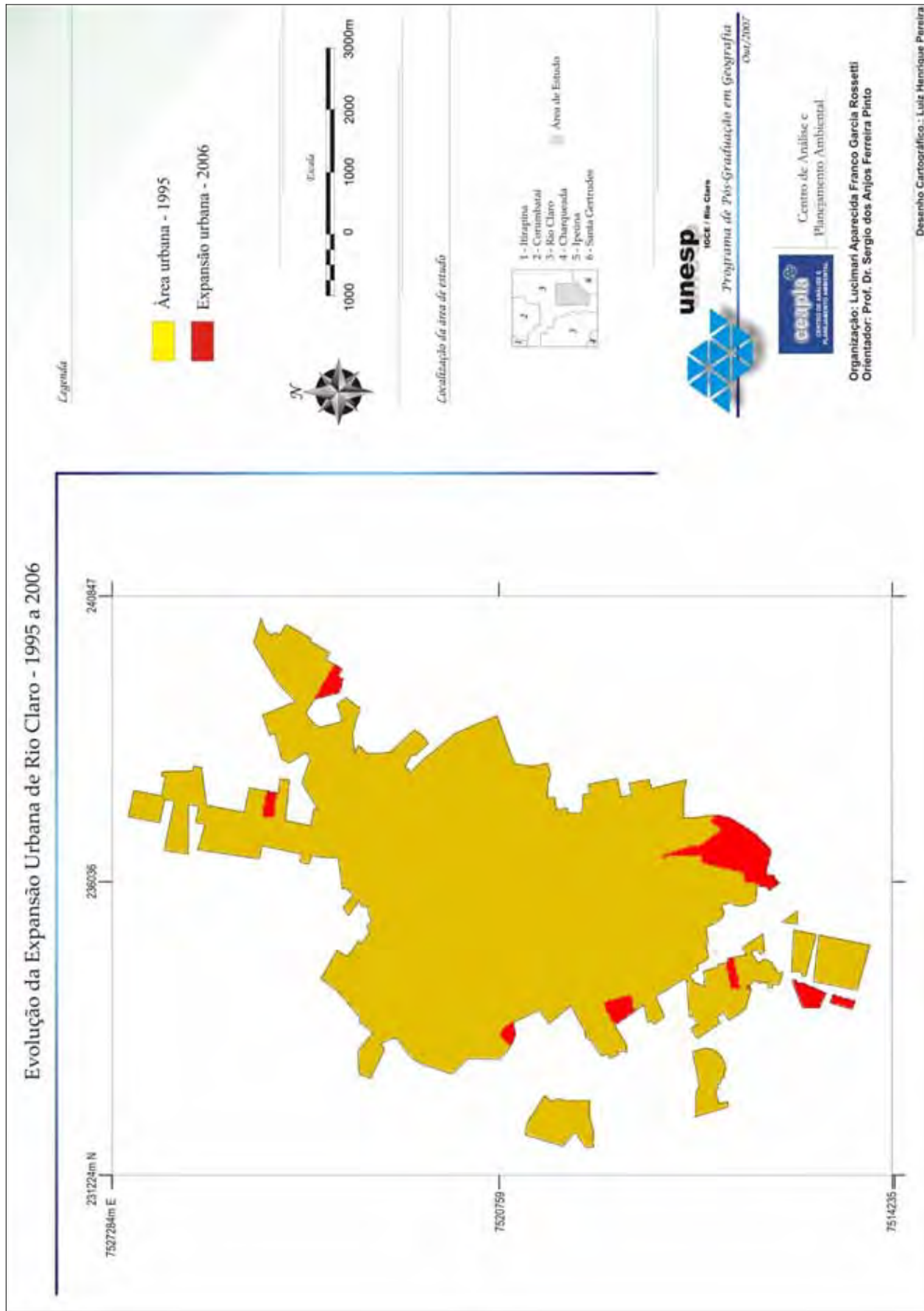


Figura 32 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – 1995 a 2006

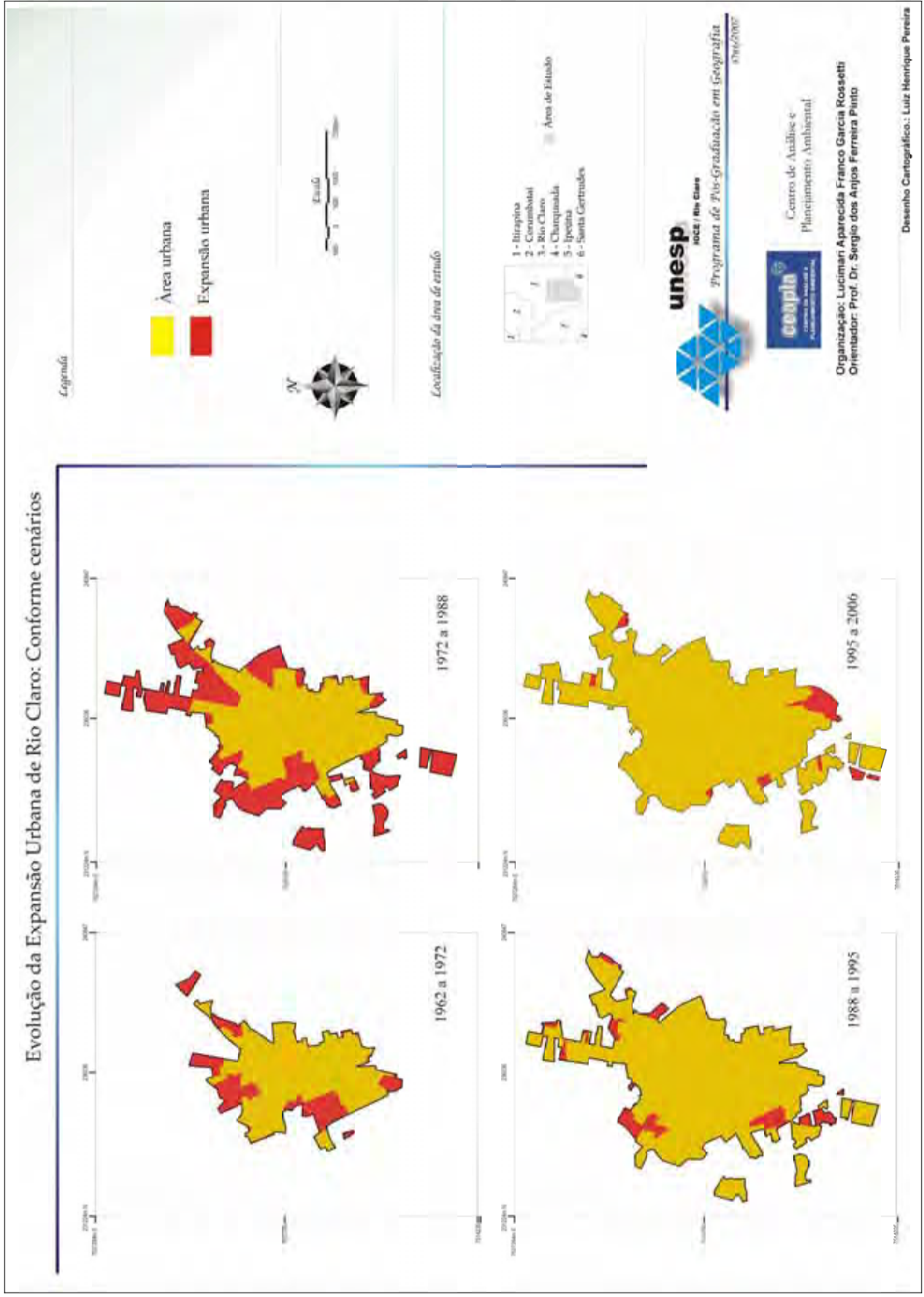


Figura 33 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro – conforme cenários

## **5.4 Análise da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana**

As imagens aerofotogramétricas, para os cenários selecionados foram inicialmente analisadas, observando-se o comportamento que os alvos da cobertura vegetal intra-urbana apresentavam em termos de suas características fitofisionômicas. Essas características expressas em termos de seus comportamentos de reflectância espectral (tonalidades de cinza/cores), textura, padrão/arranjo e localização serviram de base para a identificação desses alvos e para seleção de parâmetros nos procedimentos de classificação digital das imagens, base para os mapeamentos temáticos.

Com base na análise interpretativa das imagens são apresentados a seguir, exemplos selecionados de setores da cidade, que foram observadas modificações significativas da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, para os cenários em análise.

### **5.4.1 Caracterização da Cobertura Vegetal Intra-Urbana de Rio Claro - 1962**

De um modo geral, a área intra-urbana da cidade de Rio Claro em 1962 apresentava uma quantidade significativa de áreas com vegetação, particularmente nas áreas privadas, como cobertura vegetal de “fundo de quintal” e principalmente nos loteamentos novos. Também, verificou-se a presença significativa de cobertura vegetal em áreas públicas. Nesta década, na área central da cidade (URP I) e nas regiões periféricas da porção leste da malha urbana (URP IV), pode-se observar, através das imagens, a presença de quadras com a presença de edificações, mas ainda com expressivas ocorrências de cobertura vegetal (gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas), localizadas particularmente no centro dessas quadras, que coincidem com os fundos dos lotes.

Na URP I destacam-se áreas públicas, particularmente na Zona Central da cidade, exemplificando o Jardim Público Central e outras Praças que ocorrem também nesse setor. No setor sul dessa Unidade são significativas as ocorrências de áreas vegetadas junto ao AeroClube e na Avenida da Saudade, nas proximidades do cemitério municipal. Por sua vez, ao Norte da URP IV, destaca-se o Haras com vegetação de gramíneas, arbustivas e no seu entorno o cultivo de Eucalipto.

O cenário de 1962 exhibe considerável quantidade de cobertura vegetal na área intra-urbana, principalmente em loteamentos, cujas quadras se encontravam total ou parcialmente

ocupadas por vegetação. Essas condições são observadas, também nos setores Norte e Sul da cidade nas URP's I e IV, bem como em áreas de expansão desconectadas da malha urbana localizadas nas URP's III e V.

No setor norte da cidade (URP's I, II e IV) são significativas as presenças de quadras constituídas por cobertura vegetal, com gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas sobressaindo os Eucaliptos.

Outro setor intra-urbano a ser destacado é ao longo do Córrego da Servidão, cuja bacia hidrográfica foi envolvida pelo processo de expansão urbana de Rio Claro. Sua várzea aloja uma das principais vias de circulação da cidade, a Avenida Visconde do Rio Claro. O canal fluvial foi retificado e canalizado. Nas imagens de 1962 ainda, pode-se observar trechos com vegetação natural de várzea (gramíneas e herbáceas). Processo similar pode ser observado no Córrego Lavapés, setor leste da cidade, onde hoje situa-se a Avenida Ulisses Guimarães.

O cenário de 1962 é rico na presença de vazios intra-urbanos, totalmente ocupados por vegetação de gramíneas, herbáceas, arbustivas e arbóreas, com destaque aos Eucaliptos.

#### **5.4.2 Análise das Alterações da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana com Base na Área de 1962 – Cenários 1962 a 2006**

A cobertura vegetal intra-urbana de Rio claro apresenta uma significativa redução em área, no período de 1962 a 2006, considerando o recorte relativo ao limite de 1962. Esse fato ocorreu em função do adensamento de ocupação por edificações em setores da área urbanizada.

Analisando o gráfico da figura 34 e a tabela 4 observa-se que, em 1962 a área intra-urbana da cidade era compreendida por 59,75% de Cobertura Vegetal e 40,25% de Outras Coberturas, fato decorrente dos loteamentos implantados nas zonas periféricas em processo de ocupação, cujos lotes apresentavam densa cobertura vegetal nativa. Portanto, no período de 1962 a 1972 houve uma diminuição significativa na ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana (cerca de 25% da área), resultante do processo de adensamento de ocupação intra-urbana. Apesar do ritmo de diminuição das ocorrências de cobertura vegetal intra-urbana ter sido inferior nos cenários subseqüentes a 1972, o total de decréscimo desta classe no período

de 1962-2006 foi de cerca de 37,4%. Estes dados mostram uma redução significativa da cobertura vegetal intra-urbana da cidade de Rio Claro, no período de estudo.

Tabela 4 – Ocorrência da classe cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006

<i>Usos</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>		<i>Outras Coberturas</i>	
<i>Anos</i>	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>
1962	8,67	59,75	5,84	40,25
1972	6,97	48,04	7,54	51,96
1995	4,23	29,15	10,28	70,85
2006	3,24	22,33	11,27	77,67

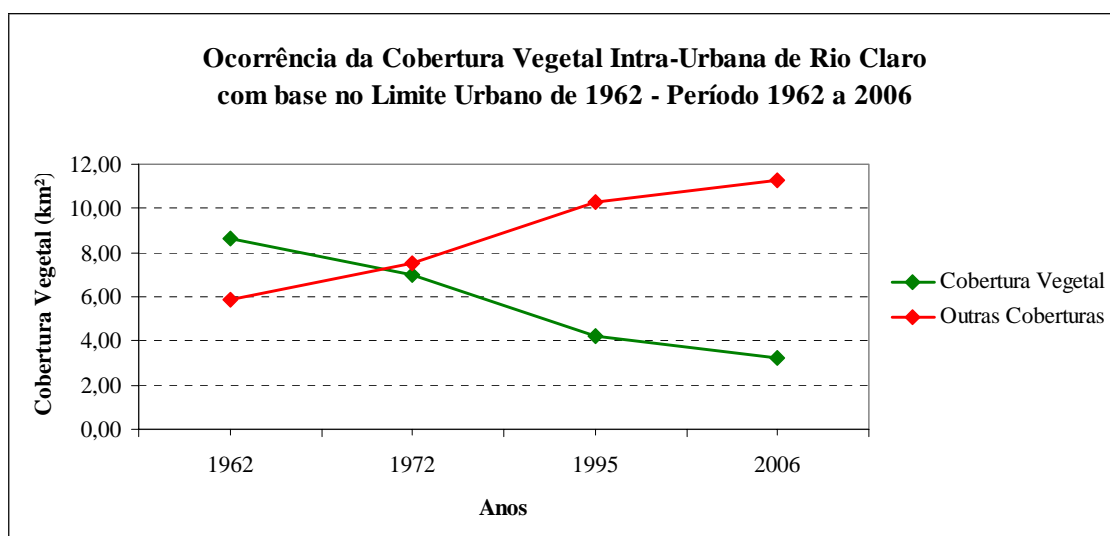


Figura 34 – Gráfico de ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006

Na área intra-urbana da cidade de Rio Claro, período de 1962 a 2006, constata-se significativa diminuição na cobertura vegetal, particularmente resultante do adensamento de ocupação de edificações na área urbanizada.

Através da análise das imagens observou-se que a cobertura vegetal, em áreas públicas (algumas praças e jardins), tornou-se mais densa, possivelmente como resultado do processo

de finalização de implantação daqueles equipamentos urbanos, no contexto do conceito de sistemas de áreas verdes para fins de qualidade ambiental, cênico e de lazer.

Nesse caso, verificou-se que as áreas públicas concentram-se nas URP I e IV, destacando na área central da cidade (URP I) o Jardim Público Central que compreende as Praças XV de Novembro e Sargento Otoniel Marques Teixeira.

Ainda ao Sul da URP I, o cenário de 1962 exhibe significativa área vegetada com o predomínio de vegetação de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas junto ao AeroClube. Portanto, ao longo desse período, constata-se uma diminuição da cobertura vegetal intra-urbana mas, permanecendo ainda significativas áreas, principalmente as do tipo graminóide.

Por sua vez, é importante também destacar a arborização da Avenida da Saudade, nas proximidades do Cemitério Municipal, que ao longo dos diferentes cenários, apresentou-se mais densa formando ao longo da Avenida uma alameda.

A figura 35, exhibe nos diferentes cenários, a alteração da vegetação da Avenida da Saudade e da Praça Bom Jesus, localizadas no Bairro Consolação (URP I).

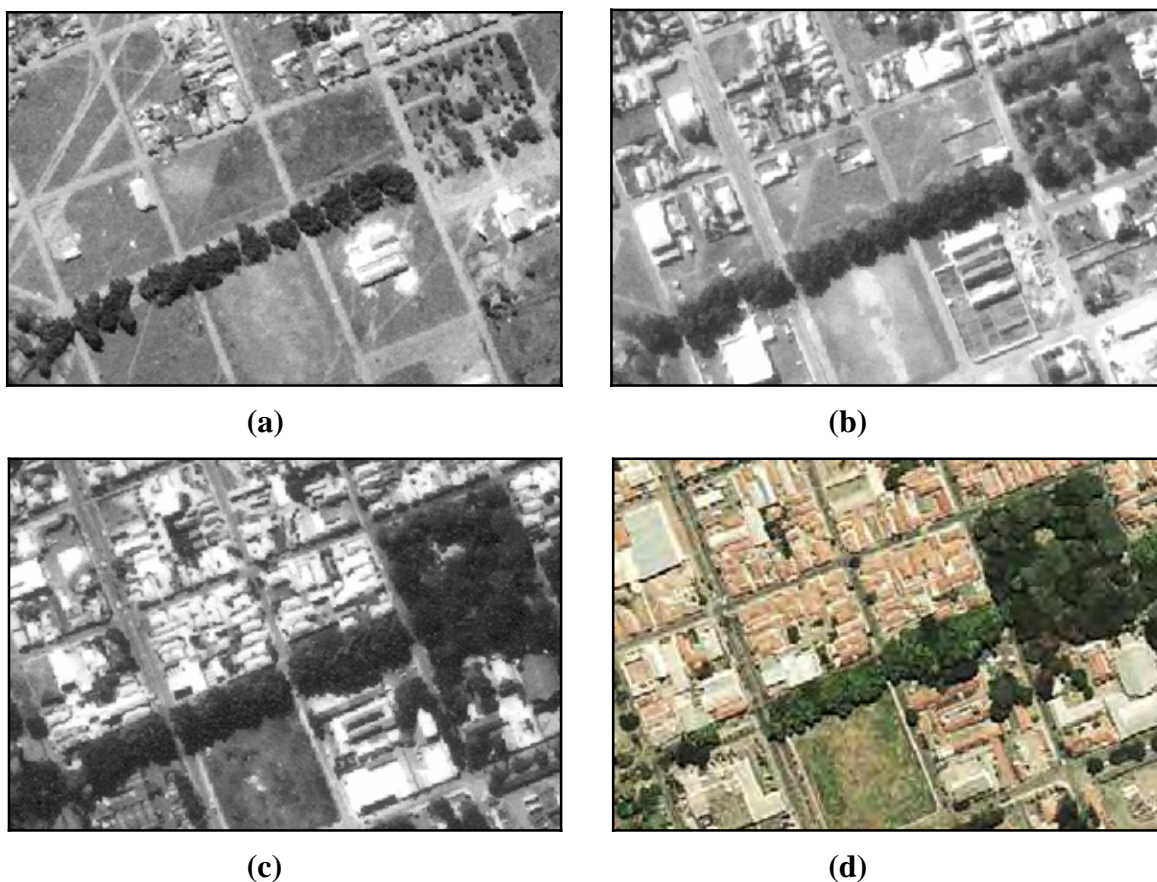


Figura 35 – Cobertura Vegetal e trecho da Avenida da Saudade e Praça Bom Jesus:  
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006



Ainda, é importante salientar que, em parte, o aumento da ocorrência da cobertura vegetal em áreas públicas, deve-se à implantação de Clubes Sociais/Esportivos, Praças em bairros que se encontravam em processo de ocupação. A figura 36 exhibe como exemplo, a implantação da Praça Joaquim Martins dos Santos, situada no Bairro Bela Vista (URP IV), comparando os cenários de 1972, 1995 e 2006.

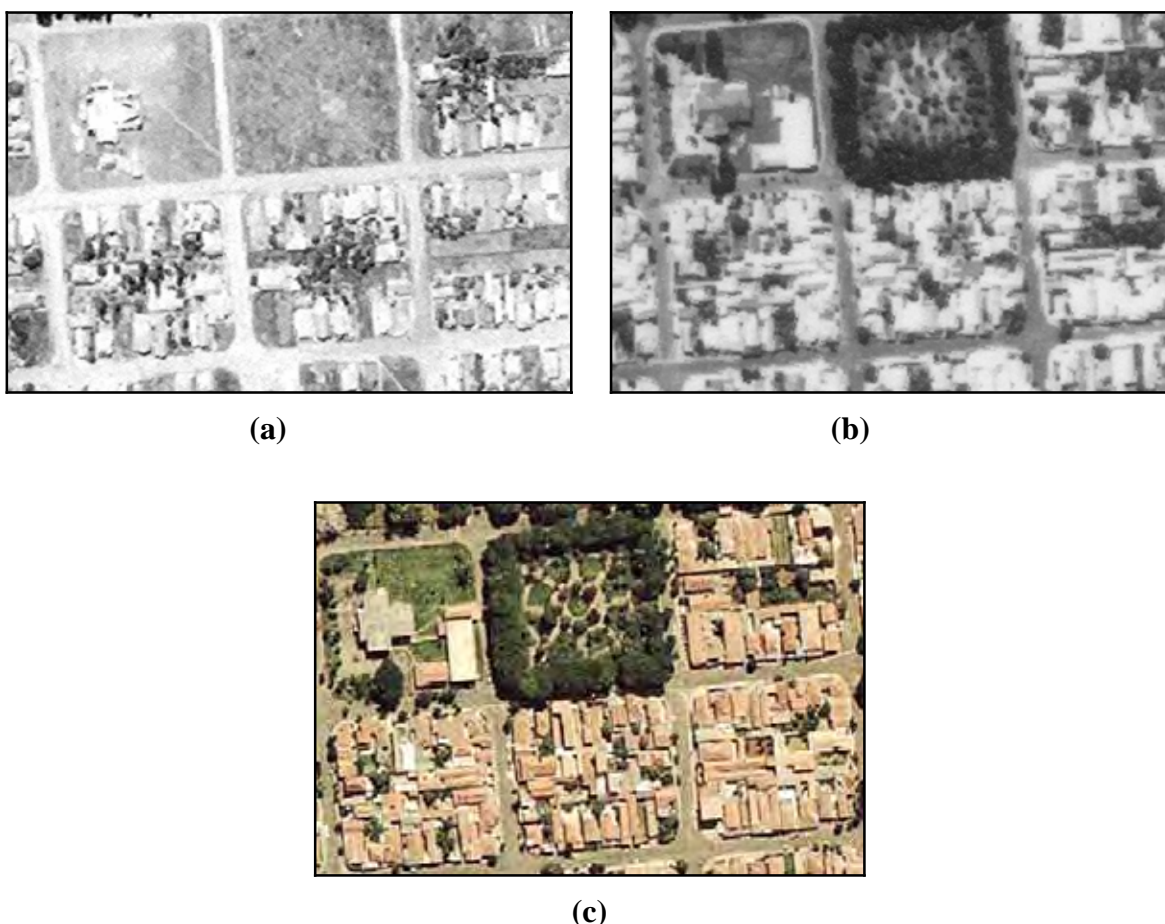


Figura 36 – Praça Joaquim Martins dos Santos, Bairro Bela Vista (URP IV):  
a) 1972, b) 1995, c) 2006

Também, na zona leste da cidade, vizinhanças dos bairros Bela Vista e Vila Nova, destaca-se a área que hoje compreende o campus da UNESP.

O cenário de 1972 exhibe a área do Campus com a presença dominante de Eucalipto, sendo que esta área pertencia ao Horto Florestal, atual Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade. Portanto, em 1995 o Campus se encontra ocupado e a vegetação nativa de Eucalipto foi removida e substituída por vegetação de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas.

Esta área, originalmente pertencente ao Horto Florestal de Rio Claro, no cenário 1972 ainda exibia a cobertura vegetal com o domínio de Eucalipto. Com a transferência

progressiva das instalações da Unesp para esse novo Campus, a maior parte do Eucalipto cedeu lugar às edificações e vegetação de gramíneas arbustivas em processo de Jardinagem da área. Os fragmentos de imagens da Figura 37 ilustram essa transformação.



(a)



(b)



(c)

Figura 37 – Campus da UNESP, Bairros Bela Vista e Vila Nova (URP IV):  
a) 1972, b) 1995, c) 2006

Outro fato importante, que se observa na evolução da cobertura vegetal em áreas públicas intra-urbano de Rio Claro, foi o processo de urbanização do Lago Azul. No início da década de 60, a área do Parque Lago Azul que constituía a nascente do Córrego Servidão, era ocupado por cobertura vegetal nativa de várzea com espécies de gramíneas e herbáceas/arbustivas. A partir de 1972, iniciou-se o processo de urbanização dessa área, onde a vegetação nativa foi removida e substituída por vegetação de espécies ornamentais. No processo de urbanização dessa área, também, a implantação de edificações compondo o Centro Cultural Roberto Palmari, bem como o ajardinamento de partes da área, com a implantação de gramíneas e espécies herbáceas/arbustivas ornamentais, para fins de recreação e lazer.

A Figura 38 ilustra o processo de urbanização do Parque Lago Azul no período de 1962 a 2006, localizado ao Norte da URP I.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 38 – Processo de urbanização do Parque Lago Azul (URP I):  
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006

Por sua vez, analisando as áreas públicas vegetadas verifica-se a remoção da cobertura vegetal nativa das espécies de gramíneas, herbáceas/arbustivas e vegetação de várzea no processo da canalização de dois córregos receptores de esgoto urbano, ao longo de duas importantes vias de acesso que compõem a malha viária.

Um dos córregos se refere ao Córrego Lavapés, cujo canal fluvial e respectiva várzea foram incorporados à malha de circulação através da Avenida Ulisses Guimarães situada no Bairro Vila Indaiá, região leste da cidade (URP IV). Os cenários mostram que em 1962 o seu curso d'água já se encontrava retificado, preparado para a sua canalização e incorporação na malha viária; na década de 70 o córrego foi canalizado no percurso entre as Avenidas 26-A e 20-A; na década de 80 a sua canalização ocorreu entre as Avenidas 20-A e 4-A, e finalmente na década de 90 a sua canalização ocorreu entre a Av. 4-A e Avenida Nossa Senhora da Saúde.

Não menos importante, destaca-se o Córrego da Servidão, sobre o qual localiza-se a Avenida Visconde de Rio Claro (URP I), uma das principais vias de circulação da cidade. Analisando os diferentes cenários constata-se que, em 1962 esse canal fluvial se encontrava exposto ainda com sua várzea apresentando cobertura vegetal nativa. Na década de 70, com a urbanização ao longo do Córrego e início da implantação da Avenida Visconde de Rio Claro, além da canalização de seu leito fluvial, ocorreu a remoção da vegetação de várzea. Atualmente, apenas o seu baixo curso, a jusante de seu cruzamento com a Rodovia Washington Luís, não se encontra canalizado e ainda apresentando sua vegetação de várzea. A figura 39 ilustra um segmento do canal fluvial do Córrego da Servidão, mostrando as alterações ocorridas, no período 1962-2006. Este exemplo refere-se ao trecho compreendido entre as Ruas 10 e 14.

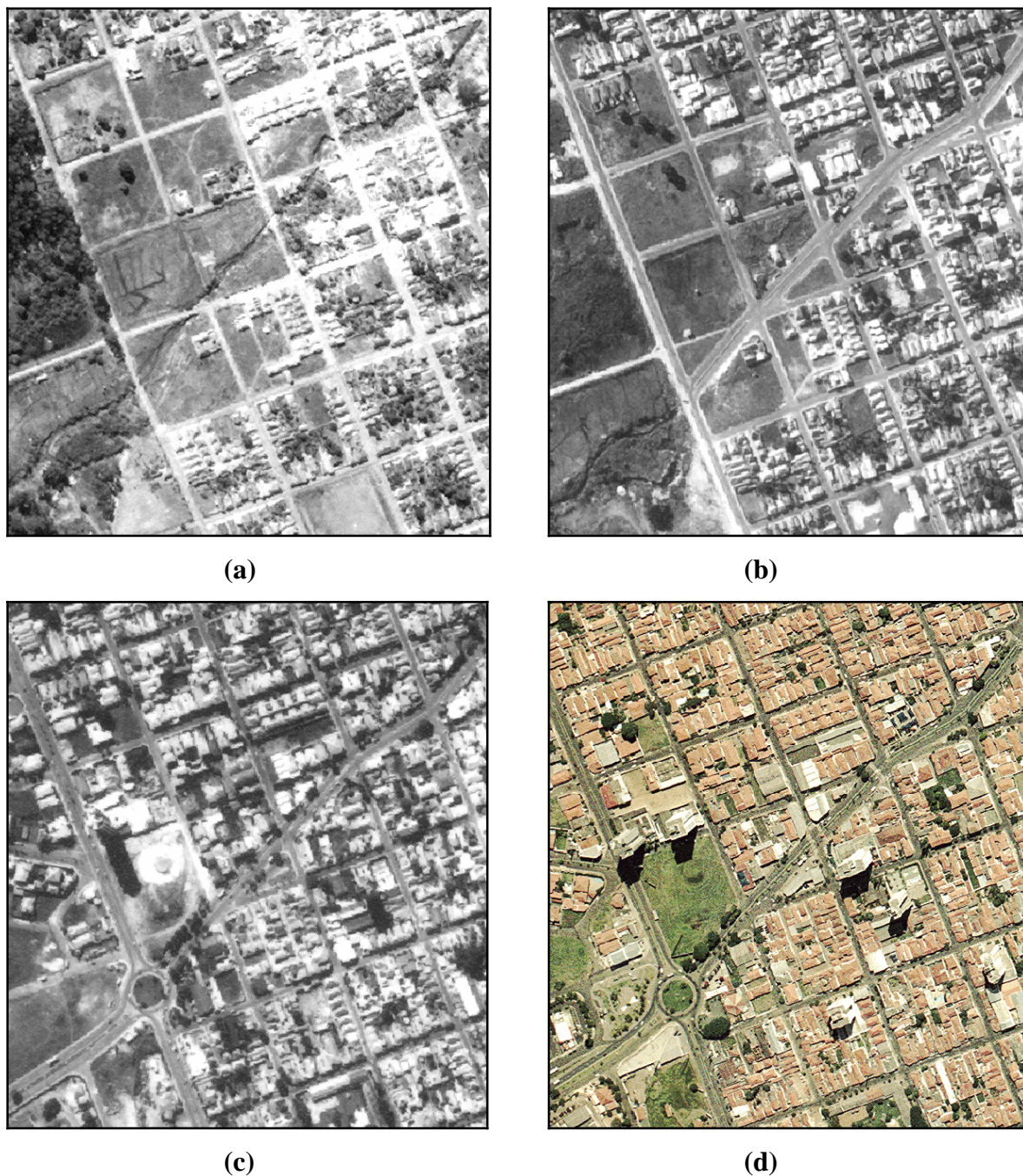


Figura 39 – Processo de canalização do Córrego da Servidão:  
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006

No período em questão, outro aspecto importante a ser apresentado é a constatação de significativa diminuição da cobertura vegetal em áreas privadas no setor intra-urbano. Para ilustrar este fato, foram selecionadas diferentes situações em que ocorreram a eliminação de áreas com cobertura vegetal, particularmente na região central da cidade e seus arredores imediatos. Estas áreas em que a cobertura vegetal foi eliminada constituem os “fundos de lotes” das quadras e este processo ocorreu como resultante do adensamento das edificações.

Analisando a cobertura vegetal de “fundos de lotes” observa-se que, na década de 1960 as quadras da Zona Central da cidade (URP I) e os bairros periféricos (URP IV) apresentavam considerável quantidade de cobertura vegetal das espécies de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas. O processo de eliminação da vegetação do fundo de lotes iniciou-se na área central da cidade se estendendo para os bairros periféricos. Portanto, em 2006 nota-se a presença dessa vegetação em menor quantidade, em bairros periféricos, como exemplo, o Bairro Vila Paulista (URP IV).

A figura 40 mostra a evolução da cobertura vegetal de fundos de quintais da Zona Central da cidade, pertencente à URP I.

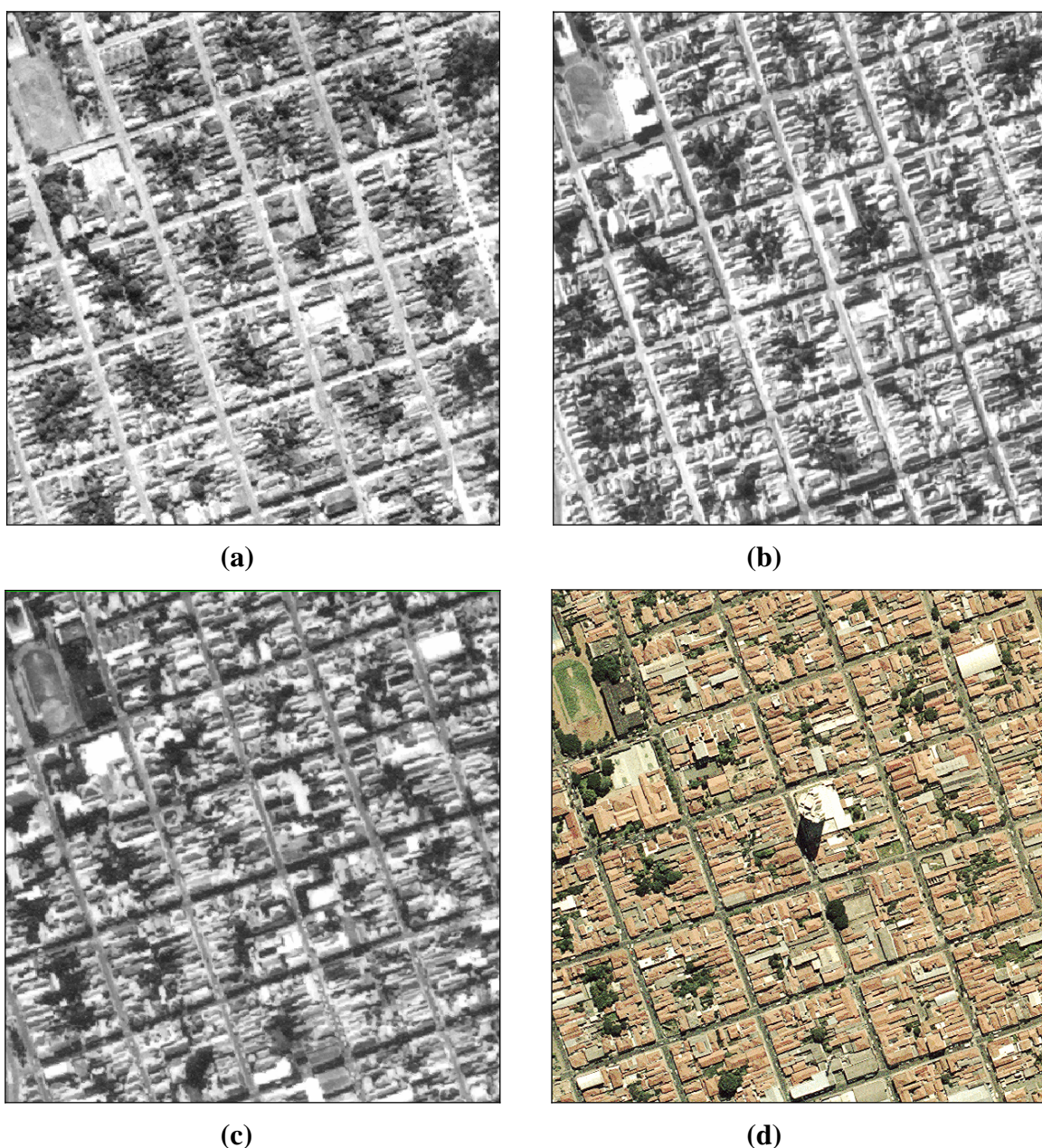


Figura 40 – Remoção da cobertura vegetal de “fundos de lotes” da Zona Central (URP I):  
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006

Por sua vez, também, nos setores periféricos da malha urbana, o adensamento da ocupação de bairros novos contribuiu com o decréscimo da ocorrência de áreas com cobertura vegetal. Nestes bairros novos, destinados à ocupação residencial, suas quadras que estavam total ou parcialmente ocupadas por cobertura vegetal foram gradativamente sendo ocupados por edificações.

A figura 41 exibe a diminuição de cobertura vegetal em bairros novos devido ao adensamento de ocupação, como exemplo, o Bairro Vila Nova (URP IV), no setor nordeste da cidade de Rio Claro.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 41 – Adensamento de edificações em área residencial, Bairro Vila Nova (URP IV):

a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006



Sendo um bairro de classe operária, os lotes, em geral, são de pequenas dimensões resultando em ocupação com alta taxa de edificações, não se verificando a presença de vegetação de “fundo de quintal”, como observado na porção central da cidade.

Outra forma de adensamento de edificações ocorreu com a ocupação de vazios urbanos. O cenário de 1962 exhibe vários exemplos de vazios na malha urbana, com cobertura vegetal nativa de gramíneas, herbáceas/arbustivas e as arbóreas. No entanto, esses vazios em um dado momento são ocupados mas, com o incessante processo de expansão urbana surgem novos vazios urbanos.

A Figura 42 exemplifica um vazio urbano, onde se observa a substituição de vegetação arbórea de Eucalipto por ocupação de edificações. Este exemplo situa-se no setor norte da cidade (URP I), bairros Vila BNH, Jardim Alto do Santana, Alto do Santana.

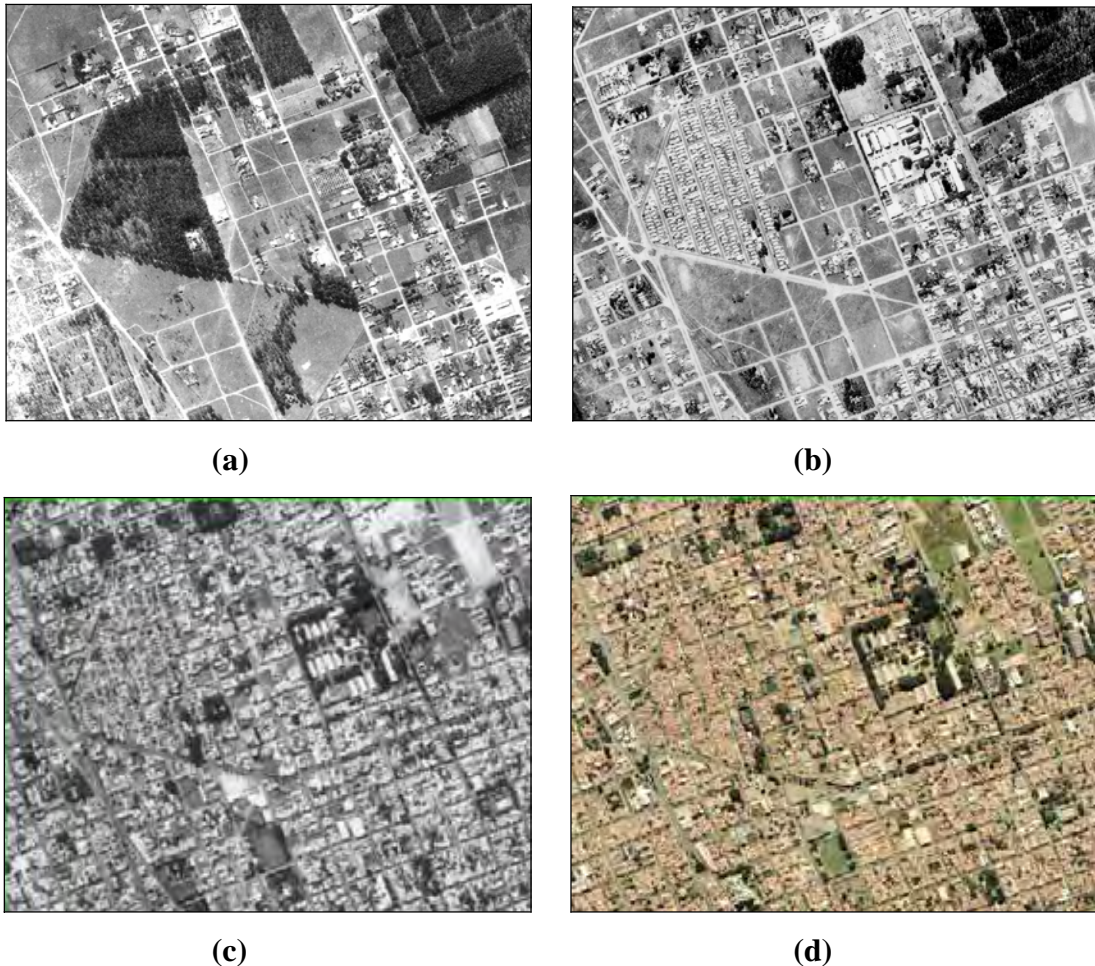


Figura 42 – Processo de ocupação de vazio inserido na malha urbana (URP I):  
a) 1962, b) 1972, c) 1995, d) 2006

Apesar da intensificação da ocupação intra-urbana, com o adensamento de edificações, ainda observa-se, atualmente, a presença de vazios urbanos. Um exemplo é apresentado na imagem 2006 (Figura 43), de área situada na porção norte da cidade (URP II).



Figura 43 - Vazio intra-urbano, setor norte da cidade (URP II) - 2006

Os exemplos selecionados e apresentados forneceram uma indicação das alterações ocorridas no espaço intra-urbano de Rio Claro, no período 1962-2006, com ênfase na ocorrência de cobertura vegetal.

Analisando as ocorrências das alterações da cobertura vegetal intra-urbana da cidade, considerando o limite urbano de 1962, no período de 1962 a 2006, observou-se que 43,07% das ocorrências referem-se às alterações da cobertura vegetal para outras coberturas, pois a remoção da vegetação é decorrente do processo de adensamento de ocupação e pela expansão da área urbanizada. Também, verificou-se que parte da malha urbana se manteve sem alterações ao longo do período, apresentando 16,70% de área com cobertura vegetal e 34,58% de área destinada a outras coberturas, conforme exibe a tabela 5 e o gráfico da figura 44.

Ainda, avaliando essas alterações por período, entre 1962 e 1972, uma porcentagem significativa da área intra-urbana, com aproximadamente 69,20% não sofreu alterações, observando somente 21,28% de alteração de cobertura vegetal para outras coberturas e 9,52% de outras coberturas para cobertura vegetal.

Por sua vez, entre 1972 e 1995 observou-se que 42,80% de área destinada a outras coberturas e 19,93% de áreas com cobertura vegetal permaneceram sem alterações. Apenas 28,08% sofreu alteração de cobertura vegetal para outras coberturas. Entretanto, mesmo ocorrendo uma porcentagem significativa de áreas ocupadas, que não sofreram alterações,

esse foi o período que mais se verificou a remoção da cobertura vegetal intra-urbana, em função da intensificação do processo de edificações.

Por outro lado, o período de 1995 a 2006 exibe a permanência de 62,32% de áreas destinadas a outras coberturas e 13,79% de áreas vegetadas, com 15,33% de áreas de ocorrência de alteração de cobertura vegetal para outras coberturas. Ressalta-se que, o fato de ter significativa porcentagem de áreas ocupadas e que não sofreram alterações é resultante da eliminação da vegetação de períodos anteriores, e do adensamento de ocupação em bairros periféricos. É importante, mais uma vez lembrar que a área comum de análise por cenários, refere-se ao limite urbanizado para o cenário 1962.

Tabela 5 – Evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006

<i>Cobertura Vegetal</i>	<i>1962 a 1972</i>		<i>1972 a 1995</i>		<i>1995 a 2006</i>		<i>1962 a 2006</i>	
	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>
<i>Permanência de Cobertura Vegetal</i>	5,59	38,49	2,89	19,93	2,00	13,79	2,42	16,70
<i>De Outras Coberturas para Cobertura Vegetal</i>	1,38	9,52	1,33	9,19	1,24	8,56	0,82	5,65
<i>De Cobertura Vegetal para Outras Coberturas</i>	3,09	21,28	4,08	28,08	2,22	15,33	6,25	43,07
<i>Permanência de Outras Coberturas</i>	4,46	30,71	6,21	42,80	9,04	62,32	5,02	34,58

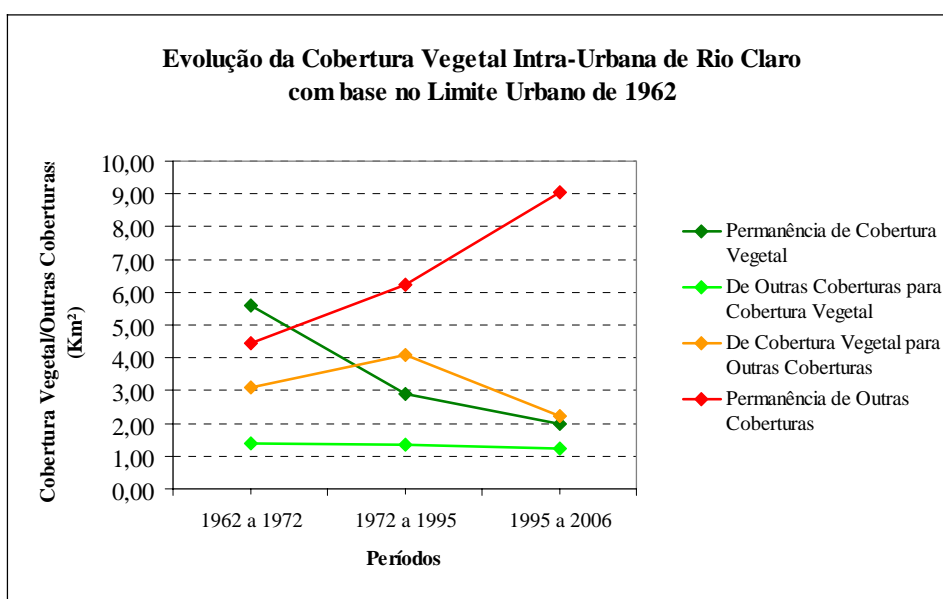


Figura 44 – Gráfico da evolução da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, com base na área de 1962 – cenários 1962 a 2006

### 5.4.3 Análise das Alterações da Distribuição da Cobertura Vegetal Intra-Urbana, conforme a Expansão Urbana – cenários 1962 a 2006

É importante ressaltar que, o processo de expansão da área urbanizada também contribuiu para a remoção da cobertura vegetal nativa, sendo que essa vegetação foi removida de forma diferenciada, conforme os padrões de ocupação, como por exemplo, Conjuntos Habitacionais Populares e Condomínios Residenciais de alto padrão.

Analisando o comportamento da cobertura vegetal em relação ao crescimento da malha urbana e ao adensamento de ocupação, observou-se que em 1962 a área intra-urbana era compreendida por 59,75% de cobertura vegetal e 40,25% de outras coberturas. O fato de existir mais cobertura vegetal do que área ocupada por edificações se deve aos loteamentos periféricos com baixa densidade de ocupação. No período de 1962 a 1972, na medida em que a área urbanizada se expandia, aumentava proporcionalmente o adensamento de ocupação e o aumento das áreas vegetadas, devido à implantação de novos bairros com a presença de quadras parcialmente ocupadas. Salienta-se que, no período de 1972 a 1995, a ocorrência do crescimento da cidade e do processo de ocupação se realizou com maior intensidade, pois é neste momento que a cobertura vegetal diminui em relação ao adensamento de ocupação. No período de 1995 a 2006, o crescimento da cidade acontece e com menor intensidade, mas o adensamento de ocupação se intensifica ocasionando a diminuição na cobertura vegetal. Os dados da tabela 6 e do gráfico da figura 45 ilustram o comportamento das alterações dessa classe, no período em questão.

Tabela 6 – Ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006

<b>Anos</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>		<b>Outras Coberturas</b>		<b>Área Urbanizada</b>
	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	
<b>1962</b>	8,67	59,75	5,84	40,25	14,51
<b>1972</b>	10,33	54,03	8,79	45,97	19,12
<b>1995</b>	17,00	45,97	19,98	54,03	36,98
<b>2006</b>	14,39	37,20	24,29	62,80	38,68

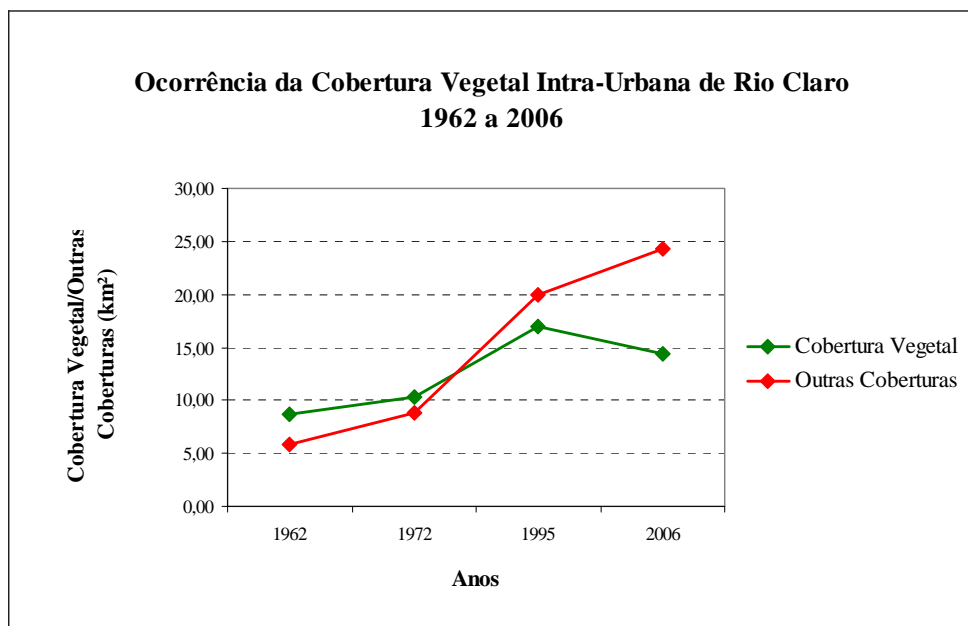


Figura 45 – Gráfico de ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro - cenários 1962 a 2006

Portanto, o processo de diminuição da cobertura vegetal nativa se observa com a implantação de loteamentos, sendo que sua remoção ocorre gradativamente, na medida em que as quadras passam pelo processo de ocupação. No entanto, a remoção da cobertura vegetal com implantação de Conjuntos Habitacionais Populares ocorre no momento da construção das unidades residências, cujos lotes apresentam pequena dimensões com áreas totalmente edificadas.

A figura 46 mostra como exemplo, a remoção da cobertura vegetal com a implantação de um loteamento e de Conjunto Habitacional Popular, no período de 1962 a 1972.



(a)

(b)

Figura 46 – Remoção da Cobertura Vegetal com a implantação de :  
 a) loteamento popular, Parque das Indústrias (URP II),  
 (b) Conjunto Habitacional Bandeirantes, Jardim Bandeirantes (URP IV)

Por sua vez, ao norte da malha urbana na URP III, a década de 70, observou-se o delineamento do Distrito Industrial, área destinada à realocação de indústrias instaladas na zona central e nas áreas residenciais. Ao longo dos períodos, devido às instalações das unidades industriais, essa área se apresentou com ocorrência de edificações entremeadas por cobertura vegetal de espécies de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas. A figura 47 ilustra a área do Distrito Industrial entremeadada com cobertura vegetal.



(a)

(b)

(c)

Figura 47 – Remoção da cobertura vegetal com a instalação do Distrito Industrial (URP III):  
 a) 1972, b) 1995 c) 2006

Com referência os loteamentos desconectados da zona urbana, o cenário de 1972 exibe a presença de um loteamento desconectado da malha urbana, destinado às chácaras com cobertura vegetal nativa de espécies de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas. Portanto, ao longo dos períodos, nota-se o adensamento de ocupações em detrimento da cobertura vegetal, conforme a figura 48.

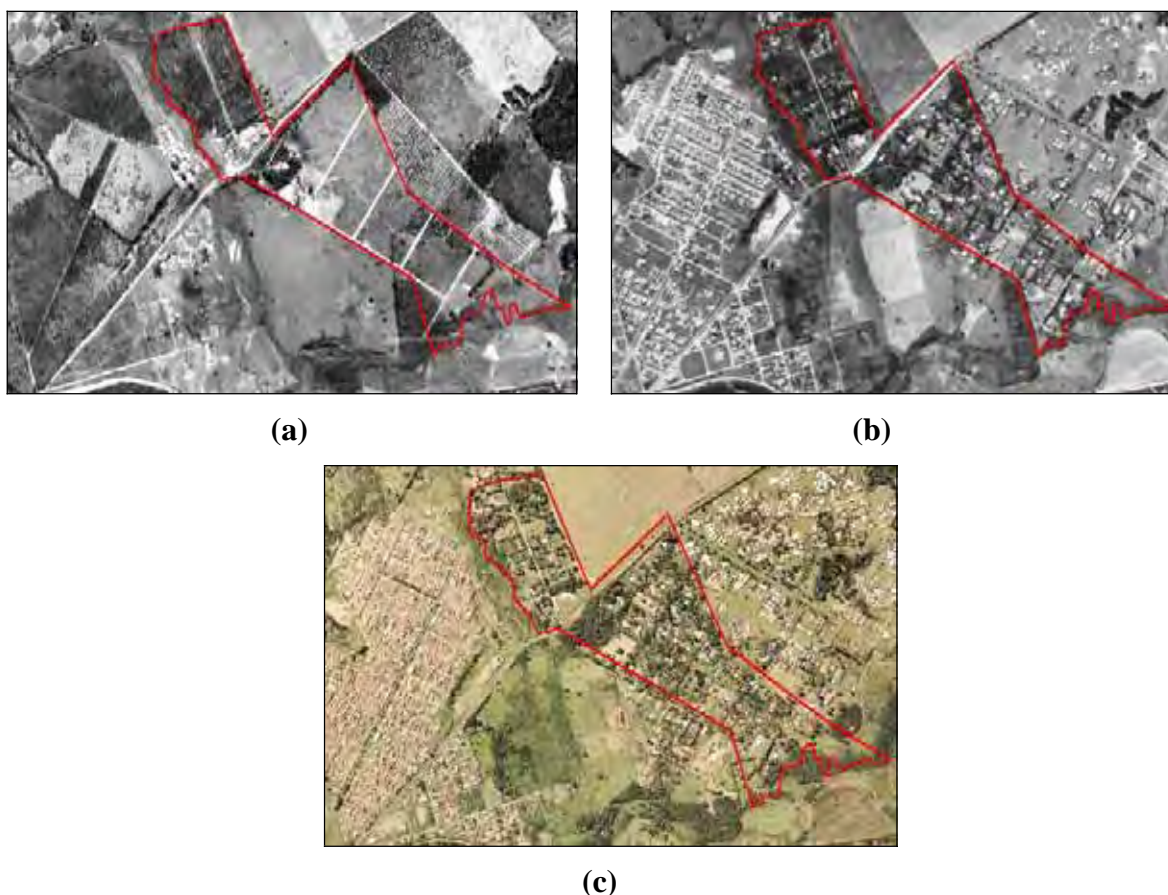


Figura 48 – Remoção da cobertura vegetal nativa com a implantação de loteamento destinado às chácaras: a) 1972, b) 1995, c) 2006

Também, nesta análise observou-se que a remoção da cobertura vegetal, também ocorreu com a implantação de Condomínios Residências de alto padrão, uma nova modalidade de ocupação em loteamentos fechados. Diante desse fato, o cenário de 1988 exibe ao nordeste da cidade (URP III), uma área periférica com a presença do Condomínio Residencial Florença (Figura 49), primeiro condomínio residencial destinado à classe média alta, cuja área apresenta nova forma de arruamentos, lotes de grandes dimensões, com construções de alto padrão e expressiva vegetação nativa de gramíneas e herbáceas/arbustivas. Ao longo do período, constata-se o adensamento de edificações com expressiva cobertura vegetal, principalmente, com o aumento de elementos arbóreos, substituindo a vegetação nativa por espécies ornamentais.

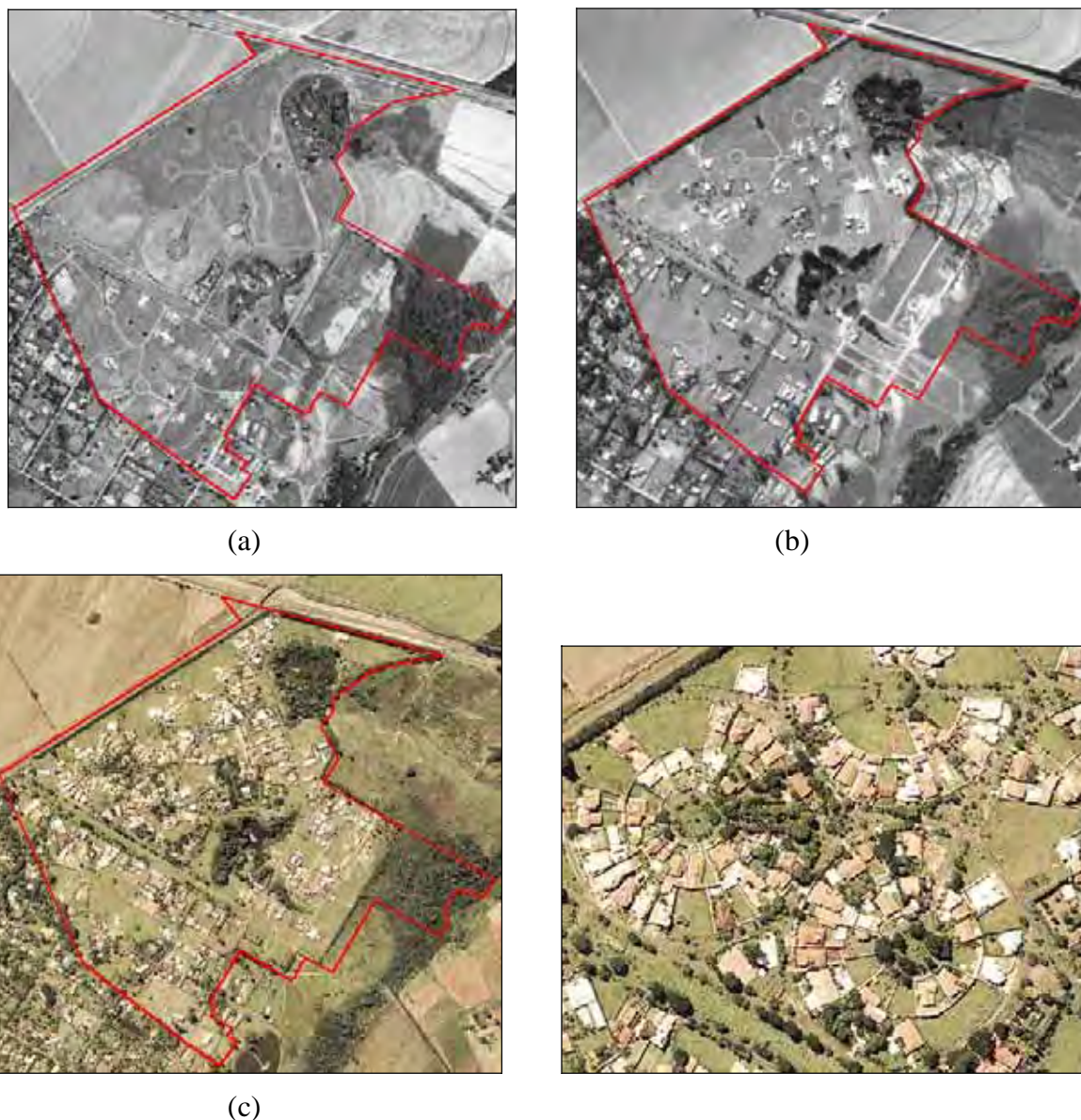


Figura 49 – Remoção da cobertura vegetal nativa com a ocupação do Condomínio Residencial Florença (URP III): a) 1988, b) 1995, c) 2006

Ainda, no setor sul da cidade (URP I), o cenário de 1995 exhibe uma área periférica constituída por densa vegetação de gramíneas, herbáceas/arbustivas e arbóreas. Ao longo do período, essa cobertura vegetal foi sendo removida com a implantação de condomínios residenciais destinados à classe média alta. Apesar da concentração de condomínios de alto padrão nessa área, existe um mínimo de vegetação, os lotes apresentam-se com as áreas totalmente edificadas, conforme se verifica na figura 50.





Figura 50 – Remoção da cobertura vegetal com a implantação de condomínios residenciais de alto padrão no setor sul da cidade (URP I): a)1995, b) 2006

### 5.5 Análise da Expansão Urbana

Com base na análise interpretativa das imagens, referentes aos cenários selecionados, a seguir são apresentados, exemplos de setores da cidade, que sofreram o processo de expansão da área urbanizada e sua forma de ocupação, relativa ao período da ocorrência.

Analisando o processo de expansão da área urbanizada de Rio Claro, conforme dados da tabela 7 e a figura do gráfico 51 observou-se que, no período entre 1972 e 1988, o crescimento da malha urbana aconteceu com intensidade, devido ao número de loteamentos implantados no período em questão. Nos períodos seguintes, houve uma diminuição significativa nessa ocorrência, proporcionando progressivamente a intensificação do processo de ocupação, devido à existência de loteamentos que se encontravam total ou parcialmente edificadas. Esse fato pode ser observado nas análises a seguir, conforme os cenários selecionados.

Tabela 7 – Área Urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006

<i>Anos</i>	<i>Área (km<sup>2</sup>)</i>
<i>1962</i>	14,51
<i>1972</i>	19,12
<i>1988</i>	33,99
<i>1995</i>	36,98
<i>2006</i>	38,68

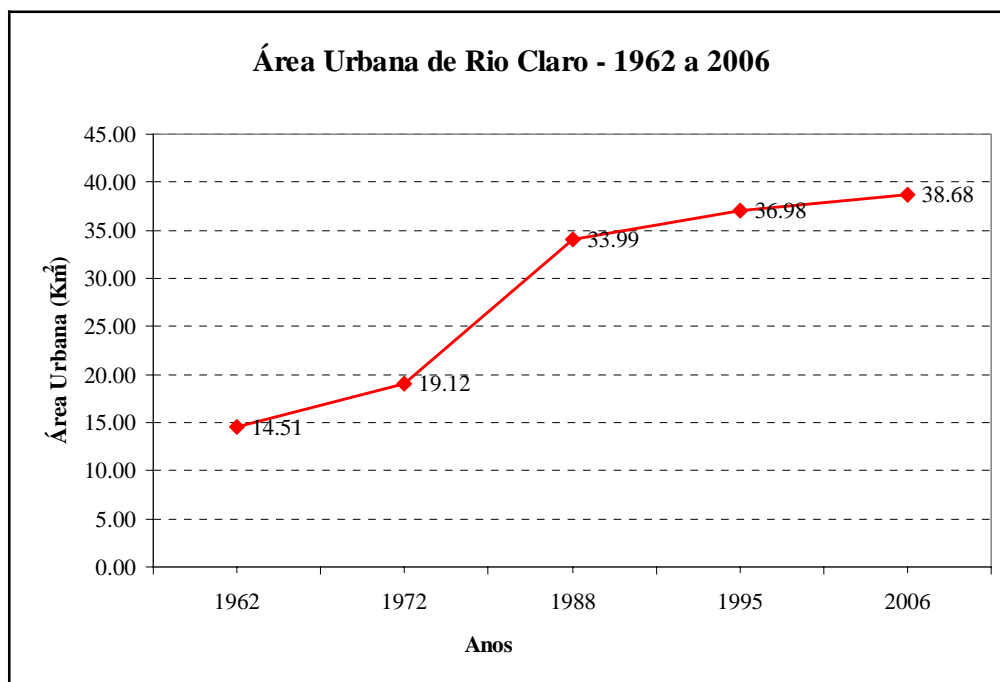


Figura 51 – Gráfico da área urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006

### 5.5.1 Caracterização da Área Urbanizada – 1962

Na década de 1960, a cidade de Rio Claro compreendia uma área urbanizada contínua de aproximadamente 14,0 km<sup>2</sup> (URP's I e IV), bem como dois bairros desconectados da malha urbana que se encontravam em processo de urbanização com cerca de 0,51 km<sup>2</sup>, estando um localizado ao Oeste da Rodovia Washington Luís (URP V) e outro ao Nordeste da malha urbana (URP III).

A Zona Central da cidade apresentava-se com um adensamento de ocupações de edificações, com as quadras quase que totalmente ocupadas, enquanto a faixa periférica exibia loteamentos parcialmente edificadas.

Além disso, observa-se também o surgimento de loteamentos com a implantação de bairros novos, desconectados do corpo principal da cidade.

Esse processo de loteamentos de glebas desconectadas da malha urbana pode ser decorrente dos mecanismos da chamada especulação imobiliária relacionada com a ocupação da cidade. Rodrigues (1994) afirma que atuação de especulação imobiliária em loteamentos de glebas, consiste em não fazer um loteamento vizinho ao já existente, deixando uma área entre dois loteamentos, que se beneficiam posteriormente. Estes benefícios se referem ao estabelecimento de infra-estruturas urbanas que os novos loteamentos passam a ter, influenciado indiretamente essas glebas de vazios inter-loteamentos.

Por outro lado, a população de baixa renda, que mais precisam usufruir de uma cidade com serviços e equipamentos públicos compram lotes/casas em áreas distantes, onde o preço é mais baixo e devido à distância gastam um tempo elevado em deslocamento casa/trabalho/casa, além do custo do transporte. Ainda, conseguem obter melhorias para estes bairros, aumentando ao mesmo tempo o preço da terra, que beneficiará os proprietários de terras vazias. Muitas vezes, devido à valorização do lugar aumenta-se em demasia o preço da terra e os impostos, fazendo com que esses moradores se desloquem em áreas mais distantes para recomeçar a produção social da cidade em outro lugar e novamente propiciar à apropriação de renda por apenas uma parcela da sociedade, na qual não está incluído.

### **5.5.2 Análise da Expansão Urbana – cenários 1962 a 2006**

No período de 1962 a 1972, o processo de expansão urbana foi pouco significativo e o crescimento ocorreu com a implantação de novos loteamentos.

É importante salientar que o crescimento urbano de Rio Claro não se estendeu para o setor leste devido a presença do Horto Floresta, atual Floresta Estadual Navarro de Andrade, que constitui uma barreira, devido ser uma área de preservação e tombada pelo patrimônio histórico. Portanto, o crescimento da cidade foi mais intenso para o setor norte, concentrando-se nas URP's II, III e IV. As áreas pertencentes às URP's II e IV destinavam-se a ocupação residencial apresentando quadras parcialmente edificadas, e a da URP III destinava-se às instalações de indústrias.

Analisando o cenário de 1972, verifica-se no setor norte da cidade (URP III) o delineamento do Distrito Industrial, uma área destinada à realocação de indústrias instaladas na zona central e de áreas residenciais, cuja intensificação da ocupação ocorreu nos anos 80.

Esse fato é contextualizado no processo de desconcentração das indústrias para o interior do Estado de São Paulo a partir da década de 70. Segundo Lencioni (1998) a concentração industrial nas metrópoles gerou deseconomias, tais como a elevação dos preços dos terrenos e dos aluguéis, o congestionamento urbano e a oferta deficitária dos serviços públicos, gerando num primeiro momento as áreas suburbanas e num segundo a desconcentração metropolitana. A partir de 1960, as áreas suburbanas passaram apresentar elevados custos dos terrenos, comprometendo os custos de produção e a rentabilidade das fábricas. No final da década de 70, a região metropolitana com os efeitos da crise social-

econômica promoveu uma desconcentração industrial, acentuando essa expansão para o interior, com maior impulso na década seguinte. Esse processo de desconcentração metropolitana, com a atuação das empresas oligopolistas e dos grupos econômicos, através de fusões, absorções e associações de empresas, tem centralizado o capital social, bem como a divisão territorial entre produção industrial e gestão empresarial, concentrando os estabelecimentos produtivos no interior e os escritórios de gestão empresarial na Capital.

A figura 52 exibe a ocupação da área do Distrito Industrial de Rio Claro, setor norte da cidade (URP III), entre (1962-1972) e o adensamento de instalações industriais entre (1972-1988).

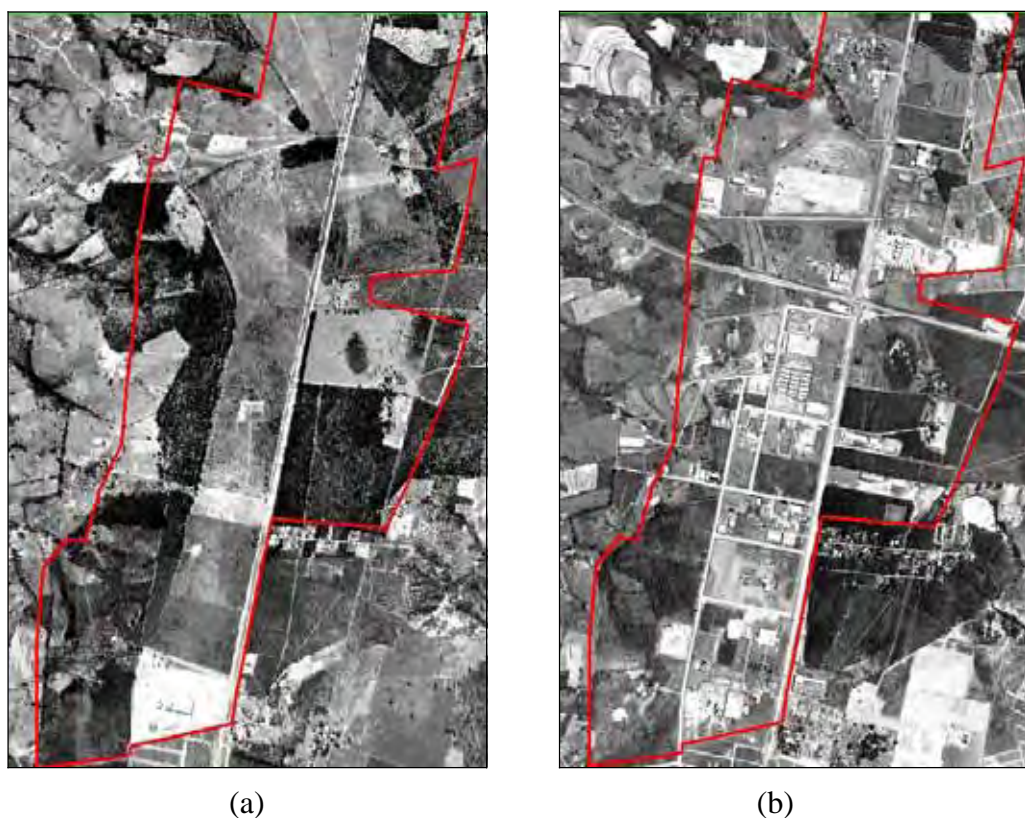


Figura 52 – Implantação do Distrito Industrial, setor norte da cidade (URP III):  
a) 1972, b) 1988

Também, houve a implantação de dois loteamentos desconectados da área urbanizada. Um dos loteamentos era destinado à ocupação residencial, localizado ao oeste da Rodovia Washington Luís (URP V), exibia poucas edificações e arruamentos mal definidos. O outro destinava-se à implantação de chácaras, localizado ao Norte da cidade (URP III), que se encontrava em processo de urbanização.

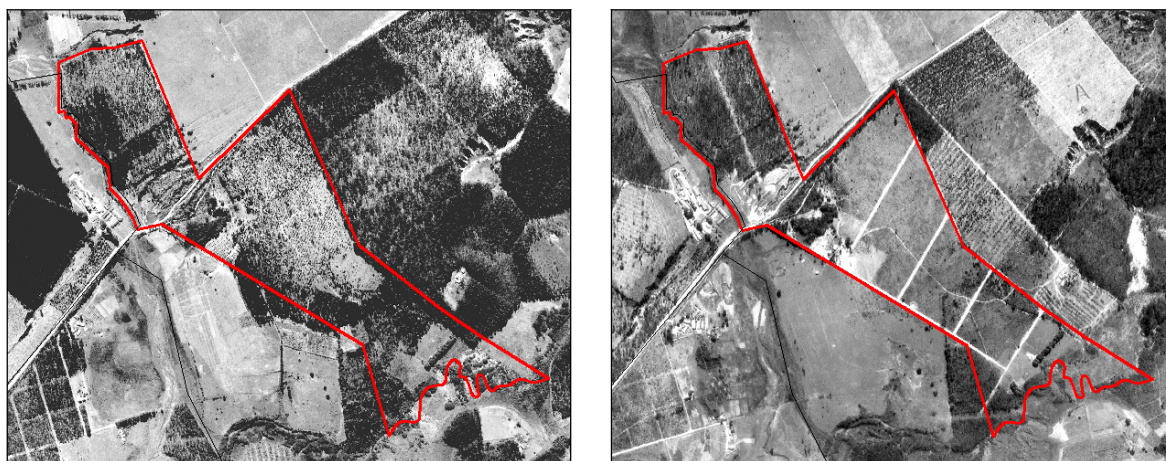
Com referência a implantação de novos loteamentos desconectados ao corpo principal da área urbana, dois exemplos podem ser apresentados, entre o período de 1962 e 1972, ilustrados nas figuras 53 e 54.



(a)

(b)

Figura 53 – Implantação de loteamento a oeste da Rodovia Washington Luís (URP V), desconectado da mancha urbana, destinado à área residencial: a) 1962, b) 1972



(a)

(b)

Figura 54 – Implantação do loteamento no setor norte da cidade (URP III), desconectado da mancha urbana, destinado à chácaras: a) 1962, b) 1972

Outro fato importante a salientar é que nesse período (1972-1988) ocorreu um adensamento da ocupação de setores que apresentavam vazios no corpo principal da área urbana. Também, loteamentos anexados à mancha urbana, foram implantados particularmente no setor norte, para atender populações de baixa renda, constituindo-se em conjuntos habitacionais, conhecidos como BNH (URP's I e IV).

Nesse caso, Rodrigues (1994) afirma que dentre os vários agentes que produzem o espaço urbano, salienta-se o Estado, presença marcante na produção, distribuição e gestão dos equipamentos de consumo coletivos. O Estado assume a provisão desses equipamentos através de impostos e taxas diretos e indiretos da sociedade, pois esses recursos escassos são destinados de forma não homogênea no espaço urbano, acentuando uma valorização diferencial de uma área para outra.

O Banco Nacional de Habitação e o Sistema Federal de Habitação foram instituídos em agosto de 1964 com os objetivos de coordenar a política habitacional dos órgãos públicos e orientar a iniciativa privada, estimulando a construção de moradias populares, financiarem a aquisição da casa própria, melhoria do padrão habitacional e do ambiente; eliminar as favelas, aumentar o investimento da indústria de construção e estimular a poupança privada e o investimento.

O processo de expansão entre 1972 e 1988 foi significativo, de modo geral, o crescimento da área urbanizada ocorreu com a implantação de loteamentos de alto padrão, loteamentos e conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda, e bem como o primeiro condomínio residencial para classe média alta.

O cenário de 1988 exhibe que parte dos loteamentos destinados às classes sociais de renda média alta foi implantada a oeste da área central e ao sul da cidade (URP I), que posteriormente foram sendo ocupados.

Nesse período, destacam-se os loteamentos populares que foram implantados em todas as URP's. Também, constatou-se nas URP's II, III e V a presença de conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda, apresentando unidades residenciais homogêneas de pequena dimensão e infra-estrutura básica.

Cabe salientar que, o a oeste da Rodovia Washington Luís (URP V) e no setor norte da cidade (URP II) concentram-se os bairros destinados à população de baixa renda. Diante desse fato, essas áreas associadas a dados sócio-econômicos possibilitam realizar análises da qualidade de vida e ambiental.

Ao norte da área urbana da URP III, em área periférica foi implantado Condomínio Residencial Florença (Figura 55), primeiro condomínio residencial destinado à população de classe média alta, constituído-se em uma área fechada com lotes de grandes dimensões, nova forma de arruamentos.



Figura 55 – Implantação do Condomínio Residencial Florença: a) 1972, b) 1988

Por sua vez, apesar de pouco significativo também ocorreu o crescimento à leste da área urbanizada fazendo limite com a Floresta Estadual (URP IV), principalmente a implantação do novo campus da UNESP, uma das maiores e mais importantes universidades brasileiras, com destacada atuação no ensino, na pesquisa e na extensão de serviços à comunidade. A figura 56 exemplifica esse fato.



(a)

(b)

Figura 56 – Implantação da Universidade Estadual Paulista: a) 1972, b) 1988

No período de 1988 a 1995, o espraiamento da malha urbana ocorreu com menor intensidade, porém nota-se a intensificação de adensamentos de ocupações em todas as Unidades Regionais de Planejamento, através do preenchimento de fragmentos de vazios intra-urbano.

Nesse período, o processo de expansão aconteceu principalmente, em áreas periféricas com construções de conjuntos habitacionais destinados às classes de baixa renda nas Unidades Regionais II, IV e V, caracterizados por adensamento de edificações, unidades residenciais de pequena dimensão e infra-estrutura básica. A figura 57 exhibe como exemplo, dois conjuntos habitacionais implantados na URP V.



Figura 57 – Implantação de conjuntos habitacionais populares, oeste da Rodovia Washington Luís (URP V): a) 1988, b) 1995, c) 2006



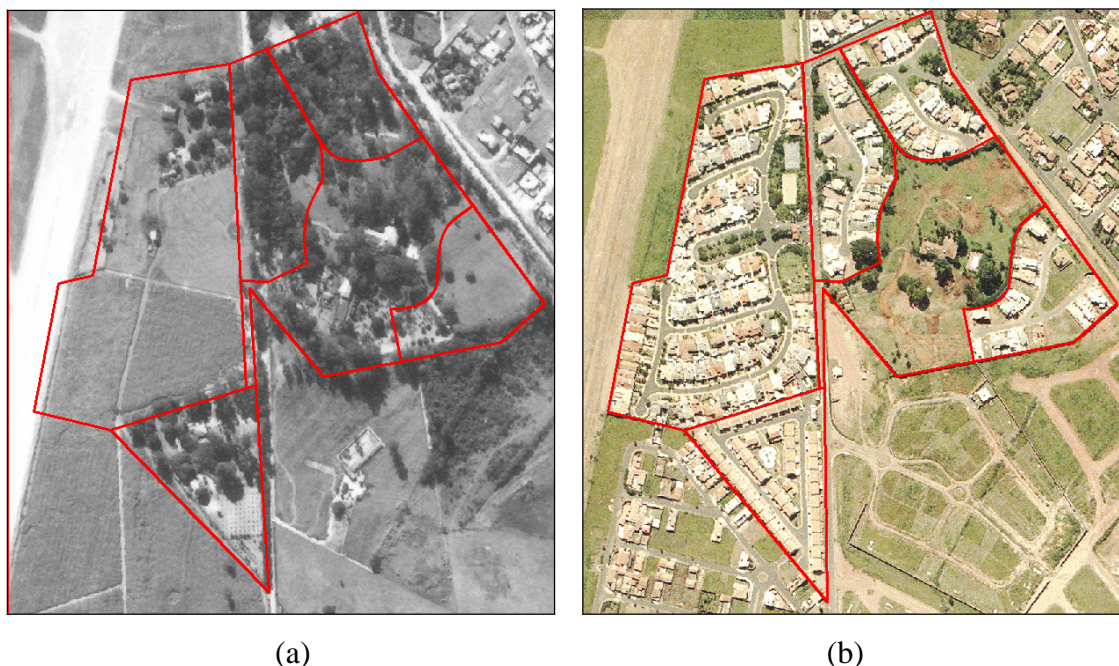
De um modo geral, o período de 1995 a 2006 apresentou intensificação de ocupação populacional em todas as Unidades Regionais.

Porém, a expansão da malha urbana aconteceu com menor intensidade, esse processo ocorreu com a implantação de conjuntos habitacionais populares e principalmente, com os condomínios residenciais fechados caracterizados como alto padrão.

Ainda, no setor sul da cidade (URP I) em continuidade com a malha urbana, observam-se a presença de loteamentos, principalmente de condomínios residenciais destinados à classe média alta (Figura 58). Salienta-se que, no setor sul da cidade concentram-se a população com maior poder aquisitivo.

Em relação a essa nova modalidade de moradia, a partir da década de 90, estruturou-se uma nova forma de organizar o espaço urbano com a implementação de condomínios fechados nas regiões periféricas da cidade. Essas transformações são decorrentes dos fatores de degradação dos espaços centrais que passaram a ser ocupados pelos setores de comércio e prestação de serviços, e pelos conflitos das relações sociais e comunitárias. Por sua vez, esses loteamentos e condomínios horizontais de médio e alto padrão e a baixa densidade de ocupação proporcionam a elevação do preço da terra induzindo à especulação imobiliária, que empreendimentos imobiliários vêm priorizando esta forma de ocupação do espaço urbano.

Rodrigues (1994) constatou uma valorização nas áreas dos denominados loteamentos de alto padrão, condomínios fechados, bairros-jardins (bairros residenciais), pois vendem além da terra, segurança, homogeneidade de classe social, equipamentos e serviços coletivos, áreas verdes e espaços destinados ao lazer, proporcionando uma melhor qualidade de vida. Essas modalidades de ocupações localizam-se também na periferia, porém rica, visto que o processo de ocupação ocorre da mesma forma de um loteamento popular. Vendem-se alguns lotes ou os mais bem localizados que viabilizam o investimento, iniciada a sua ocupação os demais serão colocados à venda promovendo a expansão, face ao sucesso alcançado, por um preço mais elevado que os anteriores.



(a) (b)  
Figura 58 – Implantação de condomínios residenciais de alto padrão, setor sul da cidade (URP I): a) 1995, b) 2006

Por outro lado, cenário de 2006 exibe a presença de dois conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda, situados em uma área periférica do setor sul da cidade (URP V), ultrapassando a Rodovia Washington Luís. Salienta-se que um desses conjuntos habitacionais encontrava-se em processo de implantação, apresentando parte das quadras totalmente edificadas e quadras com divisão física dos lotes. Portanto, esses conjuntos habitacionais apresentam características de uma paisagem homogênea, cujas quadras compreendem construções de pequena dimensão e infra-estrutura básica.

Também, observa-se a presença do Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni (Figura 59), situado no setor nordeste da cidade (URP IV), que teve como origem assentamentos irregulares por população de baixa renda numa área considerada de risco, por estar localizada bem próxima a Floresta Estadual. Nesse caso, houve a intervenção da Prefeitura para a regularização desse assentamento adequando-os aos parâmetros urbanísticos e ambientais estabelecidos por lei.

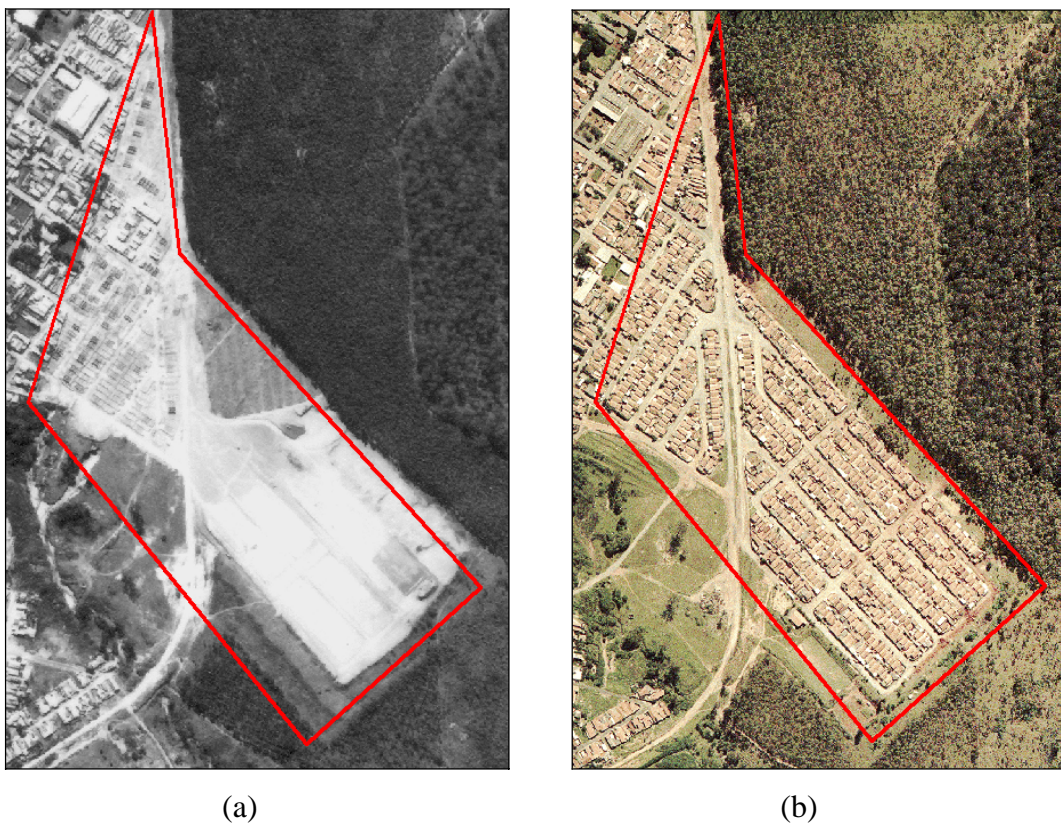


Figura 59 – Implantação do Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni, setor norte da cidade (URP IV), assentamento irregular: a)1995, b) 2006

No contexto de assentamentos irregulares, Rodrigues (1994) constata que, ao longo dos anos, a preocupação e a atuação do Estado nas favelas estão baseadas em duas propostas básicas, tais como a erradicação e a urbanização da favela. Todavia, a erradicação da favela é realizada através da remoção dos moradores e a liberação da área antes ocupada, para outras coberturas, com o objetivo de eliminar estes aglomerados que interferem no preço das terras das imediações. Portanto, ao remover a favela, transfere-se um dos obstáculos para aumentar a renda da terra, e ao mesmo tempo leva para lugares mais distantes os seus moradores e sua pobreza. A outra possibilidade é a permanência da favela, com erradicação de suas características, urbanização e melhorias com a implantação de infra-estrutura como água, luz e esgoto sanitário; e abertura de vias mais amplas de circulação. O processo de urbanização pressupõe a permanência da população na área ocupada, porém com modificações substanciais na aparência e na legalidade, pois supõem a divisão da favela em lotes ou frações ideais de um terreno. Esta atuação também altera a dinâmica do preço da terra, pois com a retirada das características de favela, propicia um aumento de renda aos proprietários das áreas vizinhas. Embora estas sejam as duas grandes propostas básicas de intervenção, a uma

grande variedade de formas de uma cidade para outra, considerando-se as forças políticas locais e o número de favelas.

Conforme Souza (2002) a urbanização é indissociável de processos de favelização e periferação, sendo necessário ter soluções para melhorar a qualidade de vida dos moradores de favelas e de loteamentos irregulares. Para isso, existem vários instrumentos de regularização fundiária, no caso da aquisição de terras por população de baixa renda quando logradas por um loteador, gerando um loteamento irregular ou mesmo clandestino. Diante desse fato, o Poder Público realiza intervenções necessárias para regularizar os loteamentos conforme à Lei Federal 6.766/79, que rege a matéria do parcelamento do solo urbano. Ainda, existem outros instrumentos de regularização fundiária complementar além da delimitação das ZEIs no zoneamento de prioridades, instrumentos como a desapropriação, a requisição urbanística (requisição de um imóvel de propriedade privada com o objetivo de atender a um interesse público), o direito de preempção (prerrogativa reconhecida ao Estado, que passa a ter a preferência na aquisição de um imóvel urbano, que venha a ser alienado), o direito de superfície (transferência, gratuita ou onerosa, a terceiros, do potencial edificável do terreno, mantendo-se a propriedade do mesmo).

No contexto do processo de expansão da área urbanizada, a tabela 8 e o gráfico da figura 60 demonstram que o crescimento da cidade ocorreu com maior intensidade no período de 1972 a 1988, apresentando um aumento de 77,81% da mancha urbana. Entretanto, nos períodos seguintes ocorreu uma diminuição significativa nessa ocorrência, apresentando 8,78% de crescimento entre 1988 e 1995, e 4,59% no período de 1995 a 2006, destacando a intensificação do adensamento de ocupações em bairros existentes.

Tabela 8 - Evolução da expansão urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006

<i>Períodos</i>	<i>Área de Expansão (km<sup>2</sup>)</i>	<i>%</i>
<b>1962a 1972</b>	4,61	31,71
<b>1972 a 1988</b>	14,88	77,81
<b>1988 a 1995</b>	2,99	8,78
<b>1995 a 2006</b>	1,70	4,59

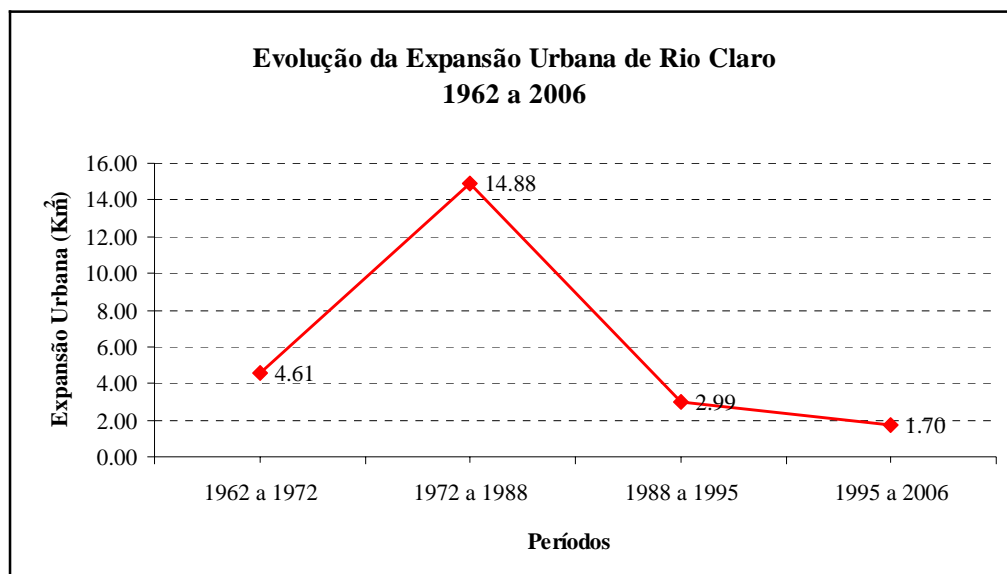


Figura 60 – Gráfico de evolução da expansão urbana de Rio Claro – cenários 1962 a 2006

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o limite urbano do cenário de 1962, observou-se significativa diminuição na ocorrência da cobertura vegetal intra-urbana de Rio Claro, no contexto do período de 1962 a 2006. Essa diminuição foi cerca de 37,4% resultante do adensamento das edificações. Particularmente, a eliminação de áreas com cobertura vegetal foi mais expressiva na Zona Central da cidade de Rio Claro, com a eliminação da vegetação presente nos fundos dos lotes, que formava um núcleo arborizado no centro das quadras. Salienta-se que em 1962 a área intra-urbana era composta por 59,75% de Cobertura Vegetal e 40,25% de Outras Coberturas, principalmente pela presença de loteamentos implantados, nos setores periféricos e em processo de ocupação, cujos lotes apresentavam cobertura vegetal nativa.

No que se refere ao crescimento da cidade e densificação das edificações nos setores já ocupados, o período de 1972 a 1995 foi o que se observou as alterações mais significativas, em relação ao período 1995 a 2006. Entretanto, a cobertura vegetal em áreas públicas, algumas praças e jardins, tornou-se mais densa, como resultado da revitalização desses equipamentos urbanos, no contexto de ações políticas voltadas à qualidade ambiental, de lazer e paisagismo intra-urbano.

Quanto ao processo da expansão da área urbana de Rio Claro, a instalação de novos loteamentos foi mais significativa nos setores periféricos situados ao norte e oeste/sudoeste da cidade, especialmente, com a implantação de bairros populares. Ao setor sul foram direcionados bairros de classe média, representados principalmente por condomínios fechados. É bem provável que estas direções, no futuro, devam continuar serem preferenciais para implantação de novos loteamentos, devido às restrições que apresentam os setores leste e sul da cidade de Rio Claro. O setor leste pela presença do Horto Florestal, área de proteção ambiental e tombada pelo Patrimônio Histórico, e o setor sul, que apresenta hoje, pouco espaço territorial face ao limite municipal com o Município de Santa Gertrudes e a presença da várzea do Ribeirão Claro.

Salienta-se que no período de 1972 a 1988 o processo de expansão urbana foi significativo, a área urbanizada apresentou um aumento de 14,87 Km<sup>2</sup>, devido aos loteamentos implantados nos períodos em questão. Nos períodos seguintes 1988 a 1995, 1995 a 2006, houve uma diminuição significativa nessa ocorrência, proporcionando progressivamente a intensificação do processo de ocupado, devido aos loteamentos que se encontravam total ou parcialmente edificados.

Com referência às tecnologias utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho, ressalta-se a aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto que permitem gerar imagens modificadas, que destacam os alvos nelas contidas, tornando-as mais informativas para a elaboração de mapas temáticos, para subsidiar análises temporal e espacial. Nesse aspecto ressaltam-se a aplicação dos procedimentos de pré-processamento, envolvendo as técnicas de ortorretificação e mosaicagem de imagens, para a obtenção de dados quantitativamente confiáveis. Por sua vez, os procedimentos de equalização de níveis de cinza das imagens permitiram minimizar as variações tonais observadas entre as imagens utilizadas, que possibilitou o melhor contraste entre diferentes alvos contidos naquelas imagens.

É importante destacar o procedimento de processamento de imagens digitais com a aplicação dos classificadores digitais que associados aos procedimentos convencionais de análise interpretativa, permite uma otimização na capacidade de extração de dados relativos aos alvos de interesse temático.

Outro ponto a ser destacado é a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas, que possibilitam a estruturação e implementação de banco de dados geográficos (georreferenciado e relacional), permitindo gerenciar grande quantidade de dados e gerando informações em meio digital. Nesse sentido, o usuário ganha em agilidade e flexibilidade, facilitando o acesso e manipulação a diferentes tipos de dados. A utilização combinada das tecnologias de Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas permite uma abordagem analítica e de integração de dados em estudos diagnósticos de interesse geográfico.

Por sua vez, os produtos resultantes deste trabalho, como as análises e a geração dos mapas temáticos da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão da área urbanizada de Rio Claro, dos diferentes cenários, contribuirão para o desenvolvimento de novos projetos em estudos urbanos. Ainda, os resultados gerados através das análises espaço-temporal, poderão fornecer subsídios à elaboração e/ou atualização de Planos Diretores Municipais e à gestão de órgãos públicos, oferecendo aos planejadores um panorama do ambiente urbano para a tomada de decisões em aspectos tais como:

- ✘ Elaboração de projetos para a implantação e gestão de áreas verdes (áreas vegetadas), de acordo com as especificidades de cada cidade, conforme suas necessidades de quantidades, dimensões e distribuição.
- ✘ Melhoraria da qualidade do ambiente urbano com a presença de áreas verdes contribuindo para o conforto térmico, alterando condições de micro-clima, por

meio de sombreamentos, equilíbrio da umidade do ar, filtragem de partículas sólidas da atmosfera local, poluentes e bactérias do ar e exercendo função de barreiras contra ventos e ruídos.

- ✘ Controle de escoamento superficial das águas pluviais, aumentando a taxa de infiltração dessas águas no solo e minimizando, processos de erosão, riscos de inundação e assoreamentos de corpos d'água.
- ✘ Preservação/Proteção dos recursos naturais existentes no sítio urbano, particularmente, a conservação de espécies vegetais e os recursos hídricos (mananciais).
- ✘ Conservar as áreas vegetadas, com dimensão significativa, nas proximidades das periferias urbanas (franjas urbanas), com a finalidade de implantar futuras áreas de lazer, recreação e conservação/preservação.
- ✘ Valorização paisagística da área intra-urbana, envolvendo inclusive atividades turísticas.
- ✘ Auxiliar na indicação de vetores de expansão urbana, considerando os aspectos do meio físico minimizando os impactos ambientais.
- ✘ Fornecendo subsídios a trabalhos de atualização de Plano Diretor Municipal, em seu segmento área urbana.



## 7. REFERÊNCIAS

AKBARI H.; ROSE L.S.; TAHA H. Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v.63, p.1-14, 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.

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.

CARVALHO, M.E.C. **As áreas verdes de Piracicaba**. 1982. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1982.

CECCATO, V.A. **Proposta metodológica para avaliação da qualidade de vida urbana a partir de dados convencionais e de Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas e Banco de Dados Georrelacional**. 1994. 150 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 1994.

CORRÊA, R.L. O Espaço Urbano: notas teórico-metodológicas. In: \_\_\_\_\_. **Trajetórias Geográficas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 145-152.

\_\_\_\_\_. Processos Espaciais e a Cidade. In: \_\_\_\_\_. **Trajetórias Geográficas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.p. 121-143.

COSTA, F.P.S. **Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba – SP (1940-2000)**. 2004. 82 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DOMINGOS, P.L.H. **Aplicação de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução à análise da cobertura vegetal intra-urbana e seu estado de conservação**. 2005. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). - INPE, São José dos Campos, 2005.

ESCADA, M.I.S. **Utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto para o planejamento de espaços livres urbanos de uso coletivo**. 1992. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, abril, 1992.

FREITAS-LIMA, E.A.C.; CAVALHEIRO, F.V. Espaços livres públicos da cidade de Ilha solteira, SP – Brazil. **Holos Environment**, Rio Claro, SP, v.3, n.1, p.33–45, 2003.

GARCIA, G.J.; GARCIA, L.B.R.; GERARDI, L.H.O. A expansão urbana de Rio Claro-SP: uma aproximação quantitativa. **Geografia**, Rio Claro, SP, v.8, n.15-16, p.175-180, 1983.

GARCIA, L.B.R. Ocupação e desenvolvimento econômico da bacia do Corumbataí - séculos XVIII a XX. Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí. Centro de Análise e Planejamento Ambiental. Rio Claro, 2001. Disponível em: <<http://ns.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas/index.html>>. Acesso em: 02/08/2004.

GUZZO, P. **Estudo dos espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes públicas de dois setores urbanos**. 1999. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

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.

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.

LENCIONI, S. Mudanças na Metrópole de São Paulo (Brasil) e Transformações Industriais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.12, p.27-42, 1998.

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) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

OLIVEIRA, C.H. de **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

PINHO, C.M.D.de **Análise orientada a objetos de Imagens de Satélite de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos – SP**. 2006. 180 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 2006.

RODRIGUES, A.M. **Moradia nas cidades brasileiras**. 5 ed. São Paulo: Contexto, 1994. (Repensando a Geografia).

ROSSINI, D. **Análise ambiental e do padrão espacial em áreas de expansão urbana de Limeira-SP**. 2001. 171 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

SCHERER, S.R.; HOCHHEIM, N. O cadastro de áreas verdes públicas de Blumenau. In: COBRAC 98 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1998, Florianópolis. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac98/025/025.HTM>>. Acesso em: 02/08/2004.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. **Informação dos Municípios Paulistas**. 2006. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 03 jul. 2006.

SOUZA, M.L. Instrumentos de regularização fundiária. In: \_\_\_\_\_ **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 293-298.

SULSOFT. **Guia do Envi em português**. Brasil, 2004. 200 p. Disponível em <<http://www.envi.com.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2006.

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.

VILLAÇA, F. Espaço intra-urbano: esse desconhecido. In: \_\_\_\_\_. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2001. p. 17-48.