



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM
GEOGRAFIA**

Marcos Paulo Almeida Fornazieiro

QUALIDADE AMBIENTAL URBANA:
proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

MARCOS PAULO ALMEIDA FORNAZIEIRO

**QUALIDADE AMBIENTAL URBANA:
proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador(a): Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro - SP
2020

F727q	<p>Fornazieiro, Marcos Paulo Almeida</p> <p>Qualidade Ambiental Urbana : proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP / Marcos Paulo Almeida Fornazieiro. -- Rio Claro, 2020</p> <p>178 p. : il., tabs., fotos, mapas</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro</p> <p>Orientadora: Andréia Medinilha Panher</p> <p>1. Geografia. 2. Geoprocessamento. 3. Qualidade Ambiental Urbana. 4. Geodesign. 5. Meio Ambiente Urbano. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MARCOS PAULO ALMEIDA FORNAZIEIRO

QUALIDADE AMBIENTAL URBANA:
proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof^ª Dr^ª Andréia Medinilha Pancher – UNESP/RC (orientadora)

Prof^ª Dr^ª Ana Clara Mourão Moura – UFMG

Prof^ª Dr^ª Maria Isabel Castreghini de Freitas – UNESP/RC

Conceito: Aprovado

Rio Claro/SP, 30 de Novembro de 2020

AGRADECIMENTOS

De início, agradeço grandemente a Deus e ao Universo que conspiraram para que eu pudesse ter chegado ao final desse longo caminho, ajudando-me a superar os obstáculos e a somar forças para seguir sempre em frente.

Agradeço a minha família, especialmente minha eterna mãe, que foi minha principal incentivadora nos estudos, minha base e meu espelho. Também ao meu pai e minha irmã por ficarem ao meu lado.

Agradeço meus amigos da vida e da universidade que me alegraram com sorrisos, com a presença e com coragem de atingir esse objetivo. Um especial agradecimento ao Guilherme, Mariane, Eveline, Maria Cecília, Filipe, Renata e Vitória.

Também agradeço a minha querida orientadora e amiga Andréia Medinilha Pancher por todo o carinho e dedicação com os quais tem lidado comigo desde a graduação.

Devo um agradecimento especial também a Prof^ª Dr^ª Ana Clara Mourão Moura pelas sugestões e ajuda que me ofereceu durante a qualificação e a defesa e, principalmente, durante a realização do *Workshop* de *Geodesign*. Nesse sentido, agradeço ao Dr. Hrishikesh Ballal por ter sido tão prestativo e generoso na cessão da plataforma *GeodesignHub*, a qual foi fundamental para o desenvolvimento do *Geodesign* e as etapas propositivas desta pesquisa.

Um obrigado também a Prof^ª Dr^ª Maria Isabel Castreghini de Freitas pelas considerações e sugestões apresentadas durante a defesa e a Prof^ª Dr^ª Andrea Aparecida Zacharias pelas palavras apresentadas na qualificação.

Agradeço ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa.

Por fim, um muito obrigado a Unesp, campus de Rio Claro, ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) e ao Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental por todo suporte oferecido para a realização deste trabalho.

A questão não é mais saber se a geografia é a ciência do meio ambiente, mas de considerar a dimensão geográfica do meio ambiente (*Georges Bertrand*)

RESUMO

A qualidade ambiental urbana é um indicador importante de sustentabilidade das cidades, relacionando-se diretamente com as condições de bem estar e sadia qualidade de vida da população. Diante disso, o objetivo fundamental desta pesquisa foi gerar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) para Rio Claro-SP, a partir da síntese dos seguintes indicadores ambientais: cobertura vegetal, uso do solo urbano, poluição ambiental, vulnerabilidade a alagamento e inundação e temperatura de superfície, os quais foram selecionados após ampla pesquisa bibliográfica e caracterização detalhada da área de estudo. Os referidos indicadores foram gerados e organizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo posteriormente integrados por meio da análise de pesos de evidências para a qual se adotou o método Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*). Como resultado, foi gerada a Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro, cujo IQUAU variou entre 1,32 e 4,95. Ainda, foi estimada a variação do IQUAU entre os bairros e as quadras urbanas, sobretudo devido as diferenças entre os tipos de uso do solo e os índices de cobertura vegetal, a qual foi demonstrada pela Análise dos Componentes Principais (PCA – *Principal Components Analysis*). Os resultados alcançados revelam a potencialidade das ferramentas de geoprocessamento para a integração e síntese de dados geoespaciais, permitindo-se obter produtos de grande aplicabilidade para a tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano e ambiental das cidades. De modo propositivo, foi realizado também um *Workshop de Geodesign*, com o objetivo de refletir sobre alternativas na perspectiva de projetos e políticas que podem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental urbana em Rio Claro, baseando-se num processo co-participativo. Diante do exposto, espera-se que os resultados desta pesquisa possam servir de subsídios ao adequado uso e ocupação do solo urbano, visando a melhoria da qualidade ambiental urbana de Rio Claro/SP. Além disso, espera-se também que a metodologia adotada nessa pesquisa possa ser reproduzida para outras realidades urbanas similares, com as devidas adequações para cada área de análise.

Palavras-chave: Qualidade Ambiental Urbana, Análise Multicritério, SIG, Geodesign.

ABSTRACT

Urban environmental quality is an important indicator of sustainability in cities, directly related to the conditions of well-being and healthy quality of life of the population. Therefore, the fundamental objective of this research was to generate an Urban Environmental Quality Index (UEQI) for Rio Claro-SP, based on the synthesis of the following environmental indicators: vegetation cover, urban land use, environmental pollution, vulnerability to flooding and flooding and surface temperature, which were selected after extensive bibliographic research and detailed characterization of the study area. These indicators were generated and organized in a Geographic Information System (GIS) environment, being subsequently integrated through the analysis of evidence weights for which the Analytical Hierarchy Process (AHP) method was adopted. As a result, the Synthesis Letter for Urban Environmental Quality of Rio Claro was generated, whose IQUAU ranged between 1.32 and 4.95. One can also observe the variation of the IQUAU between the neighborhoods and the urban blocks, mainly due to the differences between the types of land use and the vegetation cover indices, which was demonstrated by the Principal Components Analysis (PCA - Principal Components Analysis). The results achieved reveal the potential of geoprocessing tools for the integration and synthesis of geospatial data, obtaining products of great applicability for decision making within the scope of urban and environmental planning of cities. As a purposeful research, a Geodesign Worskshop was held which sought to think of alternatives in the form of policies and projects that would contribute to the improvement of urban environmental quality in Rio Claro, based on a co-participatory process. As such, it's hoped that the results of this research may serve as subsidies for the appropriate use and occupation of urban soil, aiming at improving the urban environmental quality of Rio Claro / SP. In addition, it is also expected that the methodology adopted in this research can be reproduced for other similar urban realities, with the appropriate adjustments for each area of analysis.

Keywords: Urban Environmental Quality, Multi-criteria Analysis, GIS, Geodesign.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 - Estrutura do Geossistema, segundo Viktor Sotchava	12
Figura 2 - Componentes integrantes do Geossistema, por George Bertrand.....	12
Figura 3 – Esquema do Ambiente Urbano	23
Figura 4 – S.A.U. – Sistema Ambiental Urbano (Simplificado).....	25
Figura 5 - Fatores de influência e o homem como agente na determinação da qualidade ambiental urbana.....	26
Figura 6 – <i>Framework</i> de Geodesign proposto por Steinitz.....	37
Figura 7 – Mapa de localização do município de Rio Claro/SP.....	41
Figura 8 – Mapa das Unidades Morfológicas de Rio Claro	43
Figura 9 – Perfil Topográfico-Geológico de Rio Claro (Horto Florestal – Campo do Coxo).....	44
Figura 10 – Mapa Pedológico de Rio Claro/SP.....	46
Figura 11 – Mapa Hipsométrico do município de Rio Claro/SP.....	53
Figura 12 – Mapa Hipsométrico da mancha urbana de Rio Claro/SP.....	54
Figura 13 – Evolução do espaço urbano de Rio Claro em 1827, 1900, 1945 e 1990.....	56
Figura 14 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro entre 1962 e 2006.....	57
Figura 15 – Modelo Conceitual da Qualidade Ambiental Urbana para abordagem do tema.....	66
Figura 16 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados.....	70
Figura 17 – Histograma dos Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) dos bairros	86
Figura 18 – Histograma dos Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) das quadras	86
Figura 19 – Sistemas adotados para o desenvolvimento do <i>workshop</i>	88
Figura 20 – Matriz de Impacto adotada.....	98
Figura 21 - Fluxo metodológico seguido para a realização do workshop de Geodesign	99
Figura 22 – Histograma da distribuição dos pixels da CSQAU	100
Figura 23 – Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro/SP.....	102
Figura 24 – Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) por bairros de Rio Claro/SP .	104
Figura 25– Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) por quadras de Rio Claro/SP .	115
Figura 26 – Porcentagem das quadras por classe de IQUAU	116
Figura 27 – Gráfico da PCA para os IQUAU das quadras urbanas	118
Figura 28 – Mapa de Uso do Solo Urbano de Rio Claro/SP	119
Figura 29 – Distribuição dos principais tipos de uso do solo urbano de Rio Claro/SP.....	120
Figura 30 – Mapa de Áreas Verdes na área urbana de Rio Claro/SP.....	122
Figura 31 – Mapa do IQUAU em função do Uso do Solo Urbano de Rio Claro/SP	124
Figura 32 – Mapa do Índice de Cobertura Vegetal na área urbana de Rio Claro/SP	126
Figura 33 – Mapa da Cobertura Arboreo-arbustiva na área urbana de Rio Claro/SP	127
Figura 34 – Mapa da Cobertura vegetal das APPs urbanas.....	129
Figura 35 – Mapa do IQUAU em função da concentração da poluição ambiental em Rio Claro/SP...	131
Figura 36 – Mapa da Distribuição das fontes de Poluição Ambiental em Rio Claro/SP	134
Figura 37 – Mapa do IQUAU para a vulnerabilidade ao alagamento em Rio Claro/SP.....	137
Figura 38 – Mapa do IQUAU para a vulnerabilidade à inundação em Rio Claro/SP	138
Figura 39 – Mapa do IQUAU em função da Temperatura de Superfície observada em Rio Claro/SP .	140
Figura 40 – Mapa Distribuição da cobertura arbóreo-arbustiva e dos índices de temperatura muito baixo, alto e muito alto	142
Figura 41 – <i>Design</i> 1 apresentado pelo grupo do eixo ambiental	145

Figura 42 – <i>Design 1</i> apresentado pelo grupo do eixo econômico.....	146
Figura 43 – <i>Design 1</i> apresentado pelo grupo do eixo social.....	147
Figura 44 – <i>Design 2</i> apresentado pelo grupo do eixo ambiental	149
Figura 45 – <i>Design 2</i> apresentado pelo grupo do eixo socioeconômico	150
Figura 46 – Diagrama de frequência entre projetos e políticas entre os grupos ambiental e socioeconômico.....	152
Figura 47 – <i>Design</i> apresentado ao final do <i>Workshop de Geodesign (Modelo de Decisão)</i>	154
Figura 48 – Comparativo entre os projetos pensados durante o <i>Workshop de Geodesign</i> e o mapeamento do IQAU.....	158
Figura 49 – Dificuldades apresentadas pelos participantes durante o <i>workshop</i>	159

Tabelas

Tabela 1– Níveis de hemerobia segundo Blume e Sukopp (1976).....	15
Tabela 2 – Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana adotados por pesquisadores.....	31
Tabela 3 – Escala de importância de Saaty	39
Tabela 4 – Médias mensais de Precipitação e Temperatura (1936 e 2018) - Rio Claro/SP	45
Tabela 5 – Tipos e características do solo na Região de Rio Claro.....	47
Tabela 6 – Evolução da População total e urbana do município de Rio Claro	49
Tabela 7 – Estatísticas socioeconômicas do município de Rio Claro/SP.....	50
Tabela 8 – Indicadores da Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro	64
Tabela 9 – Segmentação para a classe vegetação arbóreo-arbustiva - método de crescimento de regiões, SIG SPRING.....	72
Tabela 10 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função do índice de cobertura vegetal urbana.....	73
Tabela 11 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função da Densidade de Kernel da poluição ambiental	75
Tabela 12 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função da vulnerabilidade a alagamento	76
Tabela 13 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função da vulnerabilidade à inundação	76
Tabela 14 – Classes, subclasses e critérios utilizados para o mapeamento de uso do solo urbano.....	77
Tabela 15 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função das subclasses de uso do solo urbano.....	79
Tabela 16 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) em função das faixas de temperatura de superfície, em graus Celsius.....	81
Tabela 17 – Escala fundamental de Saaty (1977)	82
Tabela 18 – Modelo da Matriz de comparação pareada entre os indicadores ambientais adotado pelos especialistas.....	83
Tabela 19 – Peso de influência dos indicadores ambientais atribuído pelos especialistas.....	84
Tabela 20 - - Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) dos bairros	86
Tabela 21 – Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) das quadras.	87
Tabela 22 – Quantidade de bairros por classe de Qualidade Ambiental Urbana	103
Tabela 23 – Relação de Bairros e respectivos IQAU e indicadores ambientais.....	105
Tabela 24 – Indicador ambiental por variância da PCA.....	117
Tabela 25 – Ramo e quantidade de indústrias potencialmente poluidoras - área urbana de Rio Claro/SP	132

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	5
3.1. Um olhar geográfico da interface sociedade-natureza	6
3.2. Qualidade Ambiental Urbana: revisão de conceitos.....	20
3.3. Indicadores ambientais: representação e síntese	33
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
5. INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL URBANA	63
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
6.1. Procedimentos Metodológicos	68
6.1.1. Cobertura vegetal urbana.....	71
6.1.2. Poluição Ambiental	74
6.1.3. Áreas vulneráveis à inundação e alagamento	76
6.1.4. Uso do Solo Urbano	77
6.1.5. Temperatura de Superfície	80
6.2. Síntese dos indicadores e Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU).	81
6.3. Workshop de Geodesign	87
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	100
7.1. Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana	100
7.2. Futuro alternativo: Workshop de Geodesign para melhoria da qualidade ambiental urbana em Rio Claro	143
8. RECOMENDAÇÕES	160
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	163
REFERÊNCIAS	164
APÊNDICE	175

1. INTRODUÇÃO

No âmbito urbano, a natureza é alvo de discussões desde o Renascimento, quando teóricos da época elencaram padrões ideais para as cidades, onde os elementos naturais eram indispensáveis para qualificar e valorizar o urbano (MARCONDES, 1999).

A partir da segunda metade do século XX, o rápido e dinâmico crescimento urbano, em especial nos países em desenvolvimento, produziram cidades com um grau cada vez mais elevado de artificialização dos ecossistemas. Isso porque as cidades surgiram como modelo de civilidade e como resultado da artificialização do modo de vida humano, chegando a praticamente desvincular o homem de seu relacionamento com a natureza. (FORATTINI, 1991; LEFF, 2001).

Hoje, a população urbana corresponde a mais da metade da população mundial, chegando a 84% da população brasileira, segundo dados do censo demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2010). Em 2020, a estimativa é que 90% da população brasileira resida nas cidades (ONU-HABITAT, 2020).

Como consequência, a predominância do modo de vida urbano e industrial motivou importantes debates acerca de saúde pública e qualidade de vida nas cidades. Forattini (1991) demonstrou que as acentuadas modificações que recaem sobre a paisagem, a comunidade, o estado psicológico e fisiológico dos habitantes, devido à manipulação do ambiente pelo desenvolvimento urbano, resultam em fatores culturais, econômicos e políticos, os quais determinam isolada ou coletivamente a qualidade de vida da população urbana.

Cabe enfatizar que a preocupação com a qualidade de vida, embora expressa como algo coletivo na maior parte das vezes, é na realidade alvo de contradições inerentes ao próprio processo de organização do espaço urbano.

O modo como espaço nas cidades é organizado e as desigualdades, distribuídas, é resultado de processos históricos e sociais diversos. Para Acselrad, Mello e Bezerra (2009), não existem condições naturais ou determinação geográfica que justifique essa organização, mas processos sociais e políticos que reservam maiores problemas ambientais à população mais carente, bem como acesso limitado aos recursos naturais, o que impacta diretamente a percepção de bem-estar dessa população.

A expansão das cidades ocorre por demanda de áreas e restrições políticas que direcionam o uso da terra sem respeitar, necessariamente, princípios de racionalidade

ambiental. Exemplo disso é a ocupação desordenada de ambientes frágeis, como áreas de grande declividade ou alagadiças, expondo certas populações a situações vulneráveis (NUNES, 2015; RECH, 2014).

Gonçalves (2006) reitera a condição de desigualdade entre os homens e critica a posição simplista e despolitizada de quem coloca o homem como “destruidor da natureza”, uma vez que não há como falar em um mesmo grau de responsabilidade mediante os problemas gerados. O que existe é uma divisão territorial do trabalho em que a distribuição espacial da concentração dos proveitos combina com a organização espacial da socialização dos rejeitos.

O homem, então, não é mais compreendido, pura e simplesmente, pela sua ação antrópica sem identidade, mas sim por suas dinâmicas diferenciadas que constroem paisagens específicas, frutos da manifestação de sua territorialização (FREITAS, 2007).

Assim, afirma-se que a qualidade ambiental urbana revela injustiças ambientais da cidade, visto que os aspectos naturais e artificiais são distribuídos de forma desigual, reservando às populações mais carentes as piores condições ambientais.

Evidencia-se, portanto, que apesar de ser um conceito de difícil definição pelos inúmeros valores subjetivos, perceptivos e culturais associados, a qualidade ambiental urbana é um instrumento capaz de apontar aspectos minimamente indispensáveis à vivência mais sadia dos cidadãos e revelar onde e para quem há qualidade, contribuindo para a promoção da justiça ambiental.

Esses aspectos do ambiente são então percebidos nas paisagens pelas comunidades e pelo pesquisador e atestam estado de equilíbrio ou desequilíbrio ecológico (EMÍDIO e COIMBRA, 2017). Nesse sentido, a ecologia e o planejamento da paisagem torna-se um referencial teórico para as pesquisas de qualidade ambiental, adotando uma visão sistêmica e complexa dos aspectos que compõem a paisagem da cidade. Segundo Pelegrino (2000), o planejamento ecológico da paisagem oferece instrumentos que podem levar a uma concepção próxima daquilo que seria integração plena entre sociedade e natureza, de forma que ambas prosperem em longo prazo.

Nesse viés, a Geotecnologia tem evoluído como ferramenta mais eficiente para a integração de aspectos humanos e naturais dos ambientes terrestres. Para Zev Naveh (1995) o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto são “as mais importantes ferramentas holísticas para a análise, planejamento e gestão da paisagem” (BASTIAN e STEINHARDT, 2002, p. 25 apud LANG e BLASCHKE, 2009, p. 41).

O SIG passou a ser primordial nas análises complexas pela sua capacidade de manipulação de grande número de informações, as quais podem ser combinadas e processadas pelo usuário para se obter dados novos, extraídos através de gráficos, tabelas e, principalmente, mapas (LEITE e ROSA, 2006).

Esses recursos geotecnológicos têm evoluído constantemente e estão cada vez mais incorporados nos processos de análise e planejamento dos territórios. Além disso, servem de ferramenta para a tomada de decisões que demandam um olhar integrado dos aspectos naturais e sociais, que quando pensados de forma propositiva e democrática conciliam-se com os objetivos do *Geodesign*. Este entendido aqui como um procedimento metodológico capaz de pensar com e para o território (Steinitz, 2016), conciliando ideias para se alcançar o planejamento integrado e democrático de uma paisagem.

Diante dessas possibilidades, os estudos de qualidade ambiental urbana tendem a ficar mais completos e sua representação gráfica mais fidedigna com a realidade. Vale mencionar também o advento dos *softwares open sources* e a disponibilização de dados geoespaciais em nuvem que têm facilitado o acesso a uma série de dados e informações ambientais, sociais e econômicas fundamentais para mensurar padrões de qualidade.

Diante do exposto, a questão central dessa pesquisa foi identificar e integrar os indicadores mais apropriados para mensurar a qualidade ambiental urbana de Rio Claro/SP, de modo a gerar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) capaz de auxiliar a prefeitura municipal nas ações estratégicas e tomada de decisões com vistas a melhorar as condições do ambiente urbano e, conseqüentemente, a qualidade de vida urbana. Complementarmente, este trabalho pretendeu pensar soluções práticas para a melhoria da qualidade ambiental urbana, apoiando-se nos fundamentos do *Geodesign* para se chegar a uma construção coletiva viável de um novo cenário para o ambiente urbano de Rio Claro.

2. OBJETIVOS

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

2.1. Objetivo geral

O objetivo fundamental desta pesquisa foi elaborar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) para a cidade de Rio Claro/SP, a partir da análise e síntese dos indicadores ambientais relativos a cobertura vegetal, uso do solo urbano, poluição ambiental, vulnerabilidade a alagamento e inundação e temperatura de superfície, com apoio nas geotecnologias, além de propor soluções que possam representar a melhoria da qualidade ambiental daquela cidade.

2.2. *Objetivos específicos*

- ✓ Selecionar, definir e avaliar os indicadores ambientais que melhor representem a qualidade ambiental da área urbana de Rio Claro/SP;
- ✓ Elaborar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) para a área de estudo, a partir da síntese dos indicadores;
- ✓ Avaliar a espacialização dos indicadores e identificar as desigualdades e injustiças ambientais;
- ✓ Propor medidas que subsidiem ações de planejamento e gestão urbana, visando contribuir para a melhoria da qualidade ambiental urbana.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O referencial teórico-metodológico desta pesquisa abordou a evolução histórica entre natureza e sociedade para compreender as causas e consequências da ruptura entre o natural e o social, bem como estudar esse processo nas correntes teóricas da Geografia, tendo em vista que essa ciência tem papel fundamental para um entendimento integrado do ambiente.

Destacou-se o papel desempenhado pela abordagem sistêmica na compreensão da interação entre os fatores físicos e bióticos, por sua vez, influenciados pelos processos antrópicos da sociedade. Nesse viés, o Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.) de Mendonça (2004) foi empregado como categoria principal de análise da qualidade ambiental urbana.

No que se refere ao conceito de qualidade ambiental urbana, o mesmo foi oportunamente discutido com base em bibliografias nacionais e internacionais, empíricas e teóricas, a fim de se chegar a uma definição apropriada ao objetivo central do trabalho.

Vale destacar ainda que as Geotecnologias foram abordadas como recursos valiosos para as etapas e procedimentos metodológicos da pesquisa, auxiliando na construção do banco de dados geográficos, integração e síntese de indicadores, bem como na espacialização e análise dos fenômenos relacionados à qualidade ambiental urbana.

3.1. Um olhar geográfico da interface sociedade-natureza

Na temática ambiental, está consolidada a necessidade de estudar o meio ambiente como fruto da relação entre natureza e sociedade, no entanto, ainda é bastante controversa a posição do fator humano nos processos naturais e vice-versa. É recorrente renegar o social ao natural ou ignorar a determinação da natureza na sociedade. Diante disso, discute-se a seguir a evolução histórica da interface sociedade-natureza, apostando na Geografia como disciplina capaz de trazer soluções práticas para a compreensão da problemática ambiental, sobretudo num contexto de ambientes cada vez mais artificiais e menos naturais.

O homem se situa entre o natural e o artificial, ora considerado como ser biológico ora como ser cultural, que cria e recria seu próprio espaço, apesar dos processos naturais. A partir daí, surge, portanto, a relação sociedade – natureza, discutida, sobretudo pela geografia, a qual tenta unir conhecimentos historicamente fragmentados para compreender a complexidade da vida.

Para Bertrand e Bertrand (2007), o elemento ambiental surgiu da humanização e da socialização. Primeiramente cosmológico e religioso, a ciência e a técnica o dividiram em frações do conhecimento para, assim, compreendê-lo e dominá-lo, perdendo, por consequência, a visão total e interacional entre os diferentes campos do saber.

Os autores (op. cit.) ainda destacam que, no início, houve uma concepção naturalista do meio ambiente. Seu objeto passou das plantas e animais para a biocenose e, por fim, para uma concepção ecologicamente mais elaborada, tendo sido em parte inspirada pelo conceito de ecossistema. Até esse momento, porém, o homem era visto como um simples perturbador do clímax. As combinações da dimensão social e a exploração da interface sociedade – natureza foi, então, decisiva para romper aquela visão limitada do homem.

A visão dicotômica entre natureza e sociedade marca o desenvolvimento da ciência ocidental moderna, mas nem sempre foi realidade ao longo da construção do conhecimento. Para Moraes (1999), o conceito de natureza está relacionado ao estágio de

desenvolvimento científico-tecnológico da sociedade, visto que na ideia contemporânea de natureza, ora essa é externa, ora interna ao homem.

Natureza já foi equivalente à *physis* grega, como um princípio que ligava e organizava todas as coisas, sendo, inclusive, os deuses partes constituintes dela. Com o desenvolvimento da filosofia, Platão e Aristóteles comandaram uma linha de pensamento que privilegiava os homens e as ideias em detrimento dos demais componentes da natureza, culminando na separação espírito – matéria e homem – natureza pela influência judaico-cristã. Mais tarde, o mercantilismo e o iluminismo reforçaram ainda mais essa oposição, sistematizada através da perspectiva geométrica e matemática de Descartes. Foi, entretanto, na revolução industrial e, por conseguinte, com a imposição do capitalismo imperante que a natureza se transformou em objeto, portanto recurso a ser dominado e manipulado por meio do conhecimento científico especializado em física, química, biologia e engenharia, enquanto o homem passou a ser estudo para as ciências que lhe compreende em separado, como a economia, a sociologia e a antropologia (GONÇALVES, 1989; MORAIS, 1999; KESSELRING, 2000).

A especialização do conhecimento, embora tenha se mostrado benéfica em virtude dos avanços técnicos e científicos em seus campos disciplinares, não tem contribuído para a compreensão das questões ambientais. Neste sentido, Nucci (2007) destaca que:

A visão de relações, necessária para um possível entendimento da complexidade do mundo, dificilmente pode ser desenvolvida em uma civilização que dá maior importância para a separação em detrimento da ligação, e para a análise em detrimento da síntese. O pensamento que fragmenta é valorizado no lugar daquele que une e pensa as relações entre as partes (NUCCI, 2007, p. 19).

Morin e Lisboa (2007) também alertam para o fato da hiperespecialização dilacerar e fragmentar o tecido complexo das realidades, fazendo crer que o corte arbitrário realizado no real se traduzisse no próprio real. Isso gera o que eles determinam de inteligência cega, a qual destrói os conjuntos e as totalidades, isolando todos os objetos de seu meio ambiente.

Diante disso, a Geografia deve resgatar seu potencial de estabelecer relações e oferecer um novo olhar para a compreensão do meio ambiente. Segundo Bertrand e Bertrand (2007), o desafio imposto ao geógrafo é justamente “territorializar” o meio ambiente e assim superar a análise setorializada.

O tom de desafio sobre o papel do geógrafo é bastante pertinente se considerada a compartimentação que a própria Geografia vivencia ainda hoje ao se dividir em Física e Humana, separação esta que remete a sua história epistemológica.

No final do século XIX, a Geografia se desenvolvia enquanto ciência e já estava pautada em duas vertentes, isto é, no estudo da diferenciação espacial da superfície terrestre e na relação homem-meio (CAPEL, 1981).

Sob a ótica positivista, imperou uma ciência de síntese pautada na dependência de princípios e leis universais. Nessa época, a corrente Determinista de Alexander Von Humboldt e Karl Ritter ganhou maior notoriedade. Em contraposição, o Possibilismo tentava aproximar Geografia e História através de nomes como Friedrich Ratzel e Paul Vidal de La Blache.

Tanto o Determinismo quanto o Possibilismo pautaram-se no princípio baconiano de conhecimento da natureza e no seu domínio pelo homem, dominando uma definição da natureza e meio ambiente ainda bastante naturalista e utilitarista, que se sobressai ainda nos dias atuais (BISPO, 2012).

Os anos 1930-1940 são regulados pelas crises que estimulam as ciências a oferecerem respostas para reformularem seus métodos de trabalho. Logo, observa-se um retorno ao racionalismo expresso pela probabilidade, neopositivismo e as ciências matemáticas se constituem no novo paradigma metodológico (BISPO, 2012).

Nesse contexto, surgiu o movimento de renovação da ciência geográfica, que resultou na denominada Geografia Quantitativa ou Teorética, a qual se vinculou ao uso da estatística, análise fatorial, modelos e diagramas para dar maior abstração ao conhecimento geográfico. Nesse momento também foi dado enfoque ao planejamento e à organização do espaço, sobretudo na Geografia Física (ANDRADE, 2004; MENDES, 2010).

No entanto, a ideia sistematizada de mundo das coisas, enraizada na ciência pelo positivismo, acabou uniformizando a diversidade do mundo e suprimindo o problema da dicotomia homem – natureza, bem como eliminou a questão filosófica da relação sujeito – objeto (MORAIS, 1999). Por isso, a corrente de pensamento com abordagem crítica pautou os aspectos geográficos na dialética e no materialismo histórico, passando a entender o homem não mais como um ser passivo, mas como atuante sobre o meio, produzindo seu espaço (SOUZA e MARIANO, 2008).

O materialismo histórico, incorporado na Geografia pela corrente crítica, passou a entender a natureza em dois momentos históricos, conforme destaca Caseti (1991 apud

BISPO, 2012). No primeiro, a natureza incorpora o homem e este a utiliza como valor de uso, ao passo que no segundo a natureza é caracterizada pelo valor de troca. Desse modo, segundo Bispo (2012), Marx concebe a natureza como produto social, em que a relação homem-meio é medida pelo trabalho.

Assim, constata-se que nos seus cerca de 150 anos de evolução científica, a Geografia se subdividiu e se fechou em campos disciplinares que, sob uma velha lógica positivista, adota correntes filosóficas e métodos específicos, incapazes de dialogar entre si. Para Amorim (2012), nenhuma dessas correntes do pensamento geográfico, no entanto, ofereceu um corpo teórico-conceitual para a análise geográfica da temática ambiental, justamente porque o ambiente é resultado da relação dialética e holística entre os aspectos abióticos, bióticos e socioeconômicos, não cabendo, portanto, um único olhar e um único método.

Sob essa perspectiva, Mendonça (2001) argumentou que:

A abordagem da problemática ambiental, para ser levada a cabo com profundidade e na dimensão da interação sociedade-natureza, rompe assim com um dos clássicos postulados da ciência moderna, qual seja, aquele que estabelece a escolha de apenas um método para a elaboração do conhecimento científico. Tal abordagem demanda tanto a aplicação de métodos já experimentados no campo de várias ciências particulares como a formulação de novos. Mas esta característica não é uma peculiaridade somente da abordagem ambiental, ela reflete a identidade própria da geografia em muitas de suas experiências (MENDONÇA, 2011, p. 125).

Desse modo, a perspectiva ambiental abriu novos horizontes à Geografia, abusando de sua dimensão espacial para lhe atribuir novos métodos de abordagem, bem como ensaiar modos de inserir o social na compreensão dos problemas ambientais, resultado da própria evolução do conceito de meio ambiente.

A conceituação de meio ambiente de Troppmair (1992, p. 1) demonstra a ruptura com a concepção puramente naturalista ao incorporar os aspectos noóticos, sendo, portanto, o meio ambiente “um complexo de elementos abióticos, bióticos e noóticos que interagem entre si com reflexos recíprocos afetando de forma direta todos os seres vivos, inclusive o homem” (TROPPMAIR, 1992, p. 1).

A noção de meio ambiente viu-se ampliada também na doutrina jurídica brasileira. Conforme destacou Sirvinskas (2018), embora a Política Nacional de Meio Ambiente (art. 3, I, da Lei nº 6.938/81) tenha definido meio ambiente como “o conjunto de

condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981), a doutrina, ciente das limitações desse conceito, ampliou-o para abranger as esferas cultural, artificial e do trabalho. Diante disso, a interpretação de “meio ambiente ecologicamente equilibrado” deve conciliar desenvolvimento (art. 170, VI, da Constituição Federal) e meio ambiente (art. 225, caput, da Constituição Federal), compatibilizando-os de forma a considerar as suas inter-relações particulares a cada contexto sociocultural, político, econômico e ecológico, dentro de uma dimensão tempo/espaço no processo contínuo de planejamento.

Mesmo diante de sua evolução conceitual, a concepção naturalista de meio ambiente ainda persiste, o que faz parecer um desafio para a nova geração de cientistas e ambientalistas incorporarem na abordagem ambiental a perspectiva humana (social, econômica, política e cultural), enxergando o homem não como um fator, mas como elemento constituinte do ambiente (MENDONÇA, 2001).

Diante dessa colocação, ainda segundo Mendonça (2001), é preciso destacar os inúmeros esforços produzidos pelos geógrafos físicos na tentativa de compreender e inserir o social em interação com a natureza das paisagens e nos problemas ambientais, o que não se verifica em relação aos geógrafos humanos na apreensão da natureza no estudo da sociedade.

Assim, as teorias desenvolvidas pela Geografia Física em meados do século XX estavam empenhadas em contribuir para uma compreensão total e integrada dos fatos geográficos, influenciadas pela Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwing von Bertalanffy (1973) (RODRIGUES, 2001).

A Teoria Geral dos Sistemas surge como uma disciplina lógico-matemática da totalidade, com princípios válidos para os sistemas em geral e aplicáveis às várias ciências empíricas. Logo, a necessidade de integração das ciências passou a ser essencial, o que requer não apenas especialistas, mas equipes multidisciplinares (VON BERTALANFFY, 1973).

De acordo com Von Bertalanffy (1973), o problema fundamental dos sistemas são as limitações dos procedimentos analíticos na ciência, o que significa estudar uma entidade resolvendo em partes, com possível reconstituição a partir da reunião destas partes. Porém esse processo não é possível para entidades denominadas sistemas, que possuem partes em interação. Um sistema é definido pela existência de fortes interações ou de interações não triviais, portanto, não lineares. Assim, a teoria dos sistemas visa

solucionar problemas que, comparados aos problemas analíticos, são de natureza mais geral.

A noção de sistema pode ser traduzida pela revisão efetuada por Haigh em 1985, citado por Christofolletti (1999), na qual o sistema é visto como uma totalidade, criado pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes e cujas interações estruturais e funcionais criam uma incerteza que não se repete, necessariamente, nas partes componentes quando desagregadas.

Na delimitação e extensão dos sistemas, Christofolletti (1999) enfatizou a necessidade de estabelecer rigorosamente os elementos, atributos (indicadores) e as relações. Segundo o autor, ao delimitar o sistema, estabelece-se uma unidade discreta, cujas fronteiras devem distinguir seus elementos componentes dos elementos de outros sistemas, levando-se em consideração as características morfológicas como o contexto do alinhamento hierárquico nas grandezas espaciais.

A abordagem sistêmica foi apreendida dentro da ciência geográfica, principalmente, por Sotchava (1960), Bertrand (1968) e Tricart (1977), cujos estudos se pautaram na visão integradora do ambiente, entendendo-o como um sistema complexo, cujos componentes físicos, biológicos e antrópicos, que o compõem, estão em profunda interação.

Dentre as contribuições, destaca-se o conceito de Geossistema, introduzido na década de 1960 pioneiramente por Viktor B. Sotchava, da escola russa de geografia. Alguns anos mais tarde, a escola francesa, representada por George Bertrand, divulgou para o Ocidente o conceito de teoria geossistêmica, a qual chegou ao Brasil através de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro em meados da década de 1970 (RODRIGUES, 2001).

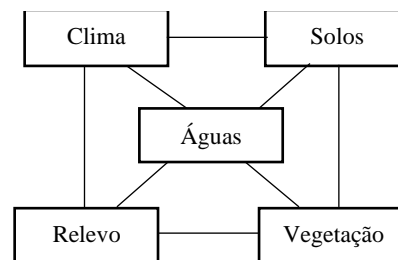
A partir de então, os estudos geossistêmicos ganharam notoriedade não só na Geografia como também nos estudos envolvendo o meio ambiente, pois permitiu dar a este uma visão holística, integrada e sistêmica dos seus constituintes. Vale mencionar que para muitos pesquisadores, a compreensão do espaço geográfico de forma integrada e holística já era apresentada por Alexander Von Humboldt (1769/1859), a qual foi se perdendo na medida em que a Geografia se especializava em subcampos disciplinares e entre física e humana.

A proposta de Sotchava (1962) sobre o geossistema era estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, em substituição aos aspectos da dinâmica biológica

dos ecossistemas, destacando, portanto, a integração dos elementos naturais numa entidade espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O Geossistema é definido por Sotchava (1977) (Figura 1) como sendo um espaço terrestre de todas as dimensões, em que os componentes individuais da natureza estão em relação sistêmica e, com uma dada integridade, interatuam com a esfera cósmica e com a sociedade humana.

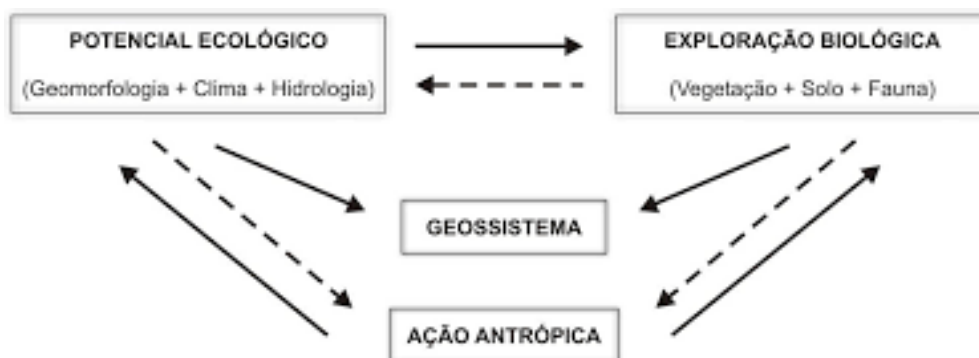
Figura 1 - Estrutura do Geossistema, segundo Viktor Sotchava



Fonte: Adaptado de Christofolletti, p. 41, 1999.

Tomando por base a realidade francesa, George Bertrand incorpora à estrutura de Sotchava a ação antrópica no entendimento do Geossistema. Logo, para Bertrand (2007), o Geossistema é resultado da combinação do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica (Figura 2).

Figura 2 - Componentes integrantes do Geossistema, por George Bertrand



Fonte: Bertrand e Bertrand, p. 18, 2007.

Além disso, Bertrand também evidenciou a necessidade de incorporar os elementos da sociedade, da história, da economia para estudar o meio ambiente, isto é,

analisar o meio ambiente em épocas passadas e, em especial, o que passa na história recente, tomando a dimensão cultural do meio ambiente (TROPPMAIR, 2004).

Embora os estudos iniciais de Sotchava e Bertrand sobre Geossistema se diferiam em termos escalares, Bertrand avançou em sua definição inicial, que limitava o Geossistema a algumas dezenas ou centenas de km², para entendê-lo como um modelo conceitual, como propôs inicialmente a teoria original soviética. Dessa maneira, algumas confusões conceituais foram abolidas, tanto que George Bertrand, sob essa nova concepção, reformulou seu modelo para Geossistema-Território-Paisagem (GTP), respectivamente associado às noções de *source*, *resource* e *resourcement* (CAVALCANTI e CORRÊA, 2016).

O novo paradigma denominado GTP proposto por Bertrand e Bertrand (2007) consiste em entender o meio ambiente geográfico através de três conceitos espaço-temporais, interdependentes e complementares, que são:

- 1- *Geossistema: entrada naturalista*
- 2- *Território: entrada socioeconômica*
- 3- *Paisagem: entrada sociocultural*

Para Troppmair (2004), embora os geógrafos tenham utilizado o termo Geossistema com conotações e escalas bastante diferentes, a restrição de espaços para sua definição não encontra amparo na Geografia russa e alemã. Geossistema seria, portanto, “uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturais, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica” (TROPPMAIR, 2004, p. 8-9). O autor acrescenta a esta definição o conceito de paisagem, a qual se constitui na “fisionomia do próprio Geossistema”.

Desse modo, o surgimento do conceito de geossistema ofereceu uma nova concepção à paisagem, propondo unir a dimensão espacial e funcional através da abordagem sistêmica.

A noção de paisagem foi concebida, então, como um sistema integrado, no qual cada componente isolado possui propriedades integradoras que somente se desenvolvem quando se estuda a paisagem como um sistema total (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

Nesse sentido, Bertrand e Bertrand (2007) entendem que a paisagem

[...] não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. [...] não se trata somente da paisagem ‘natural’, mas da paisagem total, integrando todas as implicações da ação antrópica (BERTRAND e BERTRAND, 2007, p. 7-8).

Assim, por mais que o natural tenha invadido, por muito tempo, o social, conforme enfatizou Bertrand e Bertrand (2007), hoje, percebe-se uma inversão, isto é, uma predominância humana diante da natureza e, com isso, o surgimento de paisagens cada vez mais modificadas e artificializadas, portanto menos “naturais”.

A interação entre natureza e sociedade tem se tornado um dos principais processos de desenvolvimento da geosfera, de forma que “os seres humanos e a natureza unem-se como um todo integral no trabalho e na organização social” (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 155).

Dessa interação, surgem as organizações espaciais, traduzidas por sistema espacial de alta complexidade e que se constitui no objeto da Geografia. Sob a perspectiva sistêmica, o sistema ambiental físico (ou geossistema) e o sistema socioeconômico são partes integrantes, num nível hierárquico inferior, desse sistema espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para compreender a interação Natureza e Sociedade na formação das organizações espaciais (ou sistemas ambientais complexos) é necessário aceitar a posição dúbia e contraditória que o ser humano ocupa na natureza. Ele é uma das espécies biológicas integrantes da natureza e, devido a sua capacidade de organização social e de trabalho, o ser humano modifica e transforma a natureza, produzindo seu próprio espaço, materializado na paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1999; RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

A paisagem, por mais transformada que seja, continua parte da natureza e, portanto, continua subordinada às leis naturais. O homem somente utiliza as leis naturais para atingir seus objetivos, modificando, de forma espontânea ou consciente, a direção e a velocidade da evolução paisagística (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

Nessa perspectiva, o homem não cria uma nova paisagem natural, mas introduz novos elementos que se instalam sobre um fundo natural predominante. Assim, quando se modifica a estrutura e cria-se um novo invariante, ocorre a transformação

antropogênica da paisagem, tendo como resultado uma paisagem antrópica (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

De acordo com Rodrigues, Silva e Cavalcanti (2007), as paisagens antropogênicas contemplam o sistema natural produtivo com elementos naturais modificados e os sistemas tecnogênicos ou paisagens antrópicas.

A estrutura dessas paisagens é, então, constituída e modificada pelas atividades humanas, sendo o uso do solo a forma de expressão espacial da influência humana sobre a paisagem, ou ainda, uma área de integração entre os sistemas naturais e socioeconômicos (MESSERLI e MERSSERLI, 1979 apud LANG e BLASCHKE, 2009).

A intensidade do uso se traduz pelo grau de hemerobia, o qual visa classificar os níveis de alterações na estrutura e funcionamento da paisagem pela ação humana. Devem-se distinguir aí os fatores antropogênicos, que estão relacionados aos efeitos indiretos da atividade humana, como plantações de cana-de-açúcar, onde ocorrem elementos e relações primogênicas da paisagem original, e os fatores antrópicos, os quais estão vinculados à formação direta de objetos e neofomas criadas pelo homem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

Originalmente, os níveis de hemerobia foram aplicados para observação de comunidades de plantas, mas Lang e Blaschke (2009) apresentaram a definição desenvolvida por Blume e Sukopp (1976), na qual estão relacionados todos os efeitos que ocorrem quando há interferências do homem. A Tabela 1 resume os níveis de hemerobia segundo estes autores.

Tabela 1– Níveis de hemerobia segundo Blume e Sukopp (1976)

Nível de hemerobia	Categoria de influência	Influência cultural..
Não hemeróbico	Acentuadamente natural	...inexistente; vegetação original ou natural.
Oligo-hemeróbico		...fraca; características originais da vegetação ainda ocorrem nitidamente.
Meso-hemeróbico	Acentuadamente cultural	...fraca ou periódica.
β-eu-hemeróbico		...mantém-se forte; solo e água (regime hídrico) foram totalmente alterados pelo homem.
Poli-hemeróbico	Totalmente alterado	...manifesta na aniquilação de locais em curto prazo e em tempos não periódicos.
Meta-hemeróbico		...fortemente unidirecional, de modo que seres vivos são eliminados.

Fonte: Blume e Sukopp (1976) apud Lang e Blaschke (2009).

Belem e Nucci (2011), tecendo algumas considerações sobre a classificação das paisagens em graus de hemerobia, ressaltam a possibilidade de utilização desta ferramenta para avaliar os tipos e intensidades de alteração antropogênica da paisagem. Segundo os autores, a proposta de classificação de Sukopp é pertinente a escalas maiores e também para paisagens urbanizadas, no entanto, a classificação em “graus de naturalidade” e a classificação das paisagens em “natural” e “cultural” são um tanto impraticáveis, tendo em vista que é certa a influência humana sobre todas as paisagens da Terra, de forma direta ou indireta. Portanto, não há que se falar em paisagens naturais, mas sim da presença da natureza nas paisagens culturais e da cultura nas paisagens naturais.

Na paisagem antrópica, o homem modifica a natureza à medida que introduz elementos novos, geralmente prejudiciais a ela. No entanto, esses elementos estão subordinados à ação dos processos naturais (intemperismo, erosão, etc.) e são incapazes de existir sem o apoio e sustentação humana. Logo, sem manutenção humana a paisagem antrópica tende a retornar ao seu estado original, mesmo que em condições distintas. Assim, a cultura e os animais domésticos desaparecem ou se tornam selvagens, os desmatamentos convertem-se em bosques e os edifícios destroem-se. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007).

Mesmo numa paisagem antrópica como a paisagem urbana, os aspectos abióticos e bióticos precisam ser considerados, visto que os mesmos possuem papel ativo no funcionamento da paisagem. Assim, o relevo, a vegetação, a hidrografia e o clima em comunhão com os artefatos humanos constituem a estrutura da paisagem urbana e as inter-relações ditam seu funcionamento, podendo atestar estados de equilíbrio ou degradação ambiental.

A realidade das cidades brasileiras demonstra que, por maior que seja o nível hemeróbico, a artificialização da paisagem não é suficiente para barrar as leis naturais. A justificativa está nos inúmeros casos de enchentes, deslizamentos, contaminação e poluição que atingem os ambientes urbanos.

Além disso, mesmo em ambientes urbanos ainda é possível encontrar paisagens pouco alteradas ou que a modificação tenha sido orientada no sentido de restabelecer certas funções naturais, como a recuperação de matas ciliares ou de áreas degradadas. Assim, segundo Belém e Nucci (2011), citando Bebê et al. (1997) e Berlim (2003), é preciso valorizar os estudos das paisagens urbanizadas em escalas mais detalhadas de forma que biótopos urbanos, por exemplo, sejam delimitados e possibilidades de

desenvolvimento de fauna e flora sejam encontradas mesmo em áreas fortemente urbanizadas.

Diante dessa realidade, Lombardo (1995) cobrava a necessidade de desenvolvimento de novas metodologias que adentrassem o ambiente urbano, de modo a compreender e relacionar os múltiplos fatores constituintes da paisagem urbana. No que se refere aos trabalhos realizados pela Geografia, a autora enfatiza que há uma barreira entre análises que ora privilegiam o social e relegam ao espaço físico o papel de apenas categoria, ora destacam o físico em detrimento da dimensão social dos fenômenos. Logo, “é preciso buscar o equilíbrio nesta problemática, pois o espaço, objeto de estudo da ciência geográfica, comporta-se numa inter-relação entre a Natureza e a Sociedade” (LOMBARDO, 1995, p 46).

Nas considerações de Cavalheiro (1991) os pesquisadores das ciências naturais têm aversão às cidades, talvez porque nelas a natureza é menos aparente e o fato de que o meio urbano é visto como nocivo à vida. Porém, esquece-se de que a paisagem urbana é, antes de tudo, uma paisagem alterada, portanto, derivada da natural.

A possibilidade de reverter essa leitura equivocada e ambígua da paisagem urbana está pautada numa nova perspectiva de planejamento. Para Pellegrino (2000), a cidade deve ser compreendida como parte indivisível de uma constelação de paisagens conectadas, as quais precisam ser planejadas e protegidas em seu conjunto.

Percebe-se nos estudos de planejamento uma tendência em enfatizar a oposição existente entre os fatores físico-naturais e os socioeconômicos do ambiente urbano em detrimento do estabelecimento das inter-relações. A falta de equipes multidisciplinares (muitas vezes centrada exclusivamente em arquitetos e engenheiros) articuladas na construção de um projeto mais abrangente em termos de planejamento urbano ajuda a compreender essa problemática.

O solo urbano torna-se alvo de disputas individuais, que em oposição aos interesses coletivos, ditam a forma como a natureza urbana se organiza e se transforma, resultando, na maior parte das vezes, numa paisagem urbana biologicamente estéril e esteticamente deprimente. Por isso, é preciso compreender os processos naturais no contexto urbano, assim como suas relações com o planejamento e desenho das cidades, de modo que a paisagem urbana seja reconhecida pelos planejadores, políticos e população como um espaço “natural” de interesse coletivo, visto e sentido em todos os ambientes (LOMBARDO, 1995).

De forma prática, é necessário pensar a arborização, microclima urbano e saúde pública como temas interdependentes, assim como os usos da terra e as características pedológicas e geológicas do sítio urbano.

Nesse viés integrador, situa-se o Planejamento da Paisagem que, apoiado nos embasamentos da Ecologia da Paisagem, é capaz de oferecer uma forte orientação ecológica contribuindo para a preservação da natureza e compatibilização do uso do solo (NUCCI, 2008).

Sucintamente, pode-se definir o Planejamento da Paisagem como:

[...] uma contribuição ecológica e de *design* para o planejamento do espaço, onde se procura uma regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, salvaguardando a capacidade dos ecossistemas e o potencial recreativo da paisagem, retirando-se o máximo proveito do que a vegetação pode oferecer para a melhoria da qualidade ambiental (NUCCI, 1996, p. 2).

Os trabalhos de Nucci (1996, 2001, 2007, 2008) trouxeram grandes contribuições da ecologia e planejamento da paisagem para o contexto urbano, cuja finalidade estava pautada sempre na qualidade ambiental urbana. De acordo com Nucci (2008), o Planejamento da Paisagem já era uma ferramenta executiva na Alemanha desde 1976, embora já se fizesse presente na Itália desde 1939 com o plano paisagístico. Os objetivos desse planejamento estavam pautados em:

- ✓ Salvar a diversidade animal e vegetal e suas biocenoses por meio do desenvolvimento de uma rede interligada de áreas protegidas, renaturalização de cursos d'água, revegetação, reflorestamento, etc. Nesse item a Cartografia de Biótopos é a parte mais importante nesta tarefa de proteção de espécies e biótopos;
- ✓ Salvar as paisagens, seus elementos e os espaços livres em áreas urbanas para fornecer a oportunidade de contato contemplativo e recreativo na natureza em contraste com as atividades recreativas comerciais. As áreas precisam ser designadas e protegidas do impacto visual, dos ruídos e da poluição;
- ✓ Salvar o solo, a água e o clima por meio da regulamentação de seus usos e regeneração dos recursos; controle do escoamento superficial, da permeabilidade dos solos, dos aquíferos e da poluição utilizando a vegetação como forma de controle (NUCCI, 2008, p. 9).

Pellegrino (2000, p. 172, 173, 174) acrescenta ainda alguns componentes de máxima prioridade para o planejamento da paisagem em função dos benefícios ecológicos que produzem:

- ✓ Manutenção de grandes manchas de vegetação: uma paisagem “ótima” supostamente possui grandes manchas, suplementadas por pequenas manchas distribuídas pela matriz;
- ✓ Corredores suficientemente largos de vegetação ao longo dos principais cursos d’água: a vegetação ao longo de um rio atende a quatro importantes funções ecológicas: (a) minimização das enchentes a jusante através da fricção, efeito esponja e altas taxas de evapotranspiração; (b) controle do assoreamento por reter sedimentos; (c) fonte de matéria orgânica para peixes e demais organismos fluviais; (d) habitats para muitas espécies significativas.
- ✓ Manutenção de conectividade entre grandes manchas para o movimento de espécies-chave: corredores verdes junto às áreas urbanas também desempenham função recreacional e estética;
- ✓ Manutenção de trechos naturais heterogêneos no meio das áreas construídas: essa heterogeneidade de situações deve incluir espécies e habitats dispersos por toda a matriz. Enquanto grandes áreas protegem muitas espécies e situações significativas, outras espécies e situações dependem do manejo do uso do solo nas imediações (PELLEGRINO, 2000, p. 172-174).

O Planejamento da Paisagem torna-se, portanto, complementar ao planejamento urbano quando considera os indicadores ambientais para a tomada de decisões, de forma a contribuir para uma melhor qualidade ambiental e, conseqüentemente, qualidade de vida (UGEDA JÚNIOR, 2014).

Agrega-se ainda o conceito de *Geodesign*, o qual pode oferecer uma alternativa democrática ao planejamento tradicional, incorporando diferentes visões ao processo de construção coletiva dos ambientes que se planeja e se projeta.

As definições mais clássicas para *Geodesign* podem ser encontradas nos trabalhos de Flaxman (2010); Ervin (2011); Steinitz (2012) e Miller (2010).

Nas palavras de Aguiar et al. (2017, p. 1012) o *Geodesign* “é um conjunto de conceitos e métodos, derivados tanto da geografia como de outras geociências, com uma visão para usar o conhecimento geográfico a fim de projetar de modo ativo e consciente e inteligente”.

Embora possa parecer um conceito novo, a origem do *Geodesign* pode ser atribuída ao arquiteto Frank Lloyd Wright, segundo Miller (2010), mas Steinitz (2016) esclarece que a origem do termo não é tão clara, sendo Kunzmann (1993) quem utilizou a palavra pela primeira vez em seu artigo intitulado “*Geodesign: Chance oder Gefahr?*”.

Vale enfatizar que o processo de planejar deve considerar, antes de tudo, que o ser humano necessita de qualidade ambiental para sobreviver: ar, água, matéria-prima, contato com a natureza, etc. A superação dos limites do meio físico torna mais altos os

riscos à vida e os processos naturais são determinantes para a sobrevivência humana. Portanto, qualquer alteração desses processos pode comprometer gravemente a satisfação das necessidades e o fornecimento dos serviços básicos à saúde humana e ambiental (BELEM e NUCCI, 2011; BELEM, 2012).

No entanto, o rápido crescimento e adensamento urbano verificados nas últimas décadas tornaram a qualidade do ambiente urbano, na maior parte das cidades, algo intolerável, expondo populações inteiras a condições insustentáveis de vida, seja pela falta de saneamento básico ou por desastres ambientais, como enchentes e deslizamentos de terra. Diante disso, é fundamental propor novas formas de planejamento e gestão para as cidades, de forma a alcançar o melhor estado possível de qualidade ambiental, uma vez que esta influi na qualidade de vida dos cidadãos.

3.2. *Qualidade Ambiental Urbana: revisão de conceitos*

A partir da década de 1950, estudos que visavam mensurar a qualidade ambiental e a qualidade de vida começaram a ser registrados, ainda pautados em abordagens mais quantitativas, resumidas em tabelas, quadros e formulários. Mais tarde, em meados da década de 1960 e 1970, surge uma preocupação em dar uma perspectiva mais experiencial e qualitativa aos trabalhos dessa natureza, cujo marco foi à publicação do *Expert Panel on Project 13: Perception of Environmental Quality/Final Report*, MAB Report Series/UNESCO, em Paris, em 1973. Nessa obra foram analisados: a importância dos estudos e do conceito de qualidade ambiental; as proposições de diretrizes metodológicas e abordagens, bem como estudos dirigidos a áreas ou situações específicas, como riscos ambientais, ambientes urbanos, dentre outros (GUIMARÃES, 2005).

A discussão a respeito da qualidade ambiental urbana entra em pauta diante dos reflexos das condições de vida urbana que se tornaram predominantes e ao mesmo tempo palco de cenários de miséria, exclusão social, poluição, degradação ambiental e vulnerabilidade, expressando o caos da relação homem – natureza.

Segundo Oliveira (1983), existe uma relação direta entre o crescimento acentuado da população urbana e as condições de qualidade ambiental e, conseqüentemente, de vida. A ênfase é atribuída mais à quantidade dos bens e serviços do que à qualidade, refletindo um rebaixamento dos níveis de qualidade que são dificilmente suportados.

As cidades são o resultado máximo da organização espacial, da antropogênese e da artificialização da paisagem. Por isso, a forma como os artefatos humanos se inter-

relacionam, no tempo e no espaço, com os elementos bióticos e abióticos determina um ambiente com maior ou menor condição de sobrevivência. O termo sobrevivência, juntamente com a concepção ampla que se tem hoje de meio ambiente, é que embasa o conceito de qualidade ambiental.

O meio ambiente ou ambiente, é tudo o que rodeia o homem, enquanto indivíduo ou grupo. Provém da palavra francesa “*environnement*” e significa tudo que envolve, somando elementos naturais e artificiais onde a vida humana acontece. Desse modo, esse conceito estaria ligado à própria vida, visto que todo organismo vivo precisa de um meio nutridor, que no caso do ser humano, além do meio físico, necessita também de um ambiente humano e social apropriado (OLIVEIRA, 1983).

Essa interpretação provém de Tuan (1978), que também compreende a vida como dependente do meio nutridor, regido pelas condições físicas, químicas e biológicas, bem como do ambiente humano e social.

Por sua vez, segundo Troppmair (1992), esse meio nutridor ou meio ambiente “de acordo com as propriedades de seus elementos determina uma qualidade ambiental que pode ser benéfica ou maléfica para a vida humana” (TROPpMAIR, 1992, p. 1). Portanto, é certo que o conceito de qualidade ambiental urbana se liga ao de qualidade de vida urbana à medida que esse remete à capacidade e às condições do meio urbano em satisfazer as necessidades de seus cidadãos.

Jesus e Braga (2005) citados por Benini e De Godoy Rosin (2017) entendem haver uma interação e equilíbrio entre vida e meio ambiente que varia em escala, tempo e lugar, estabelecendo uma ligação direta entre qualidade ambiental e qualidade de vida.

De acordo com Martinelli (2004), a qualidade de vida, é um conceito mais amplo do que qualidade ambiental, sendo que a variável ambiental é uma parte integrante de seu amplo arcabouço.

Na concepção de Mozetto (2000), a qualidade de vida expressa a qualidade ambiental pertinente ao fator ambiental homem. Dessa forma, ela estabelece:

[...] os requisitos e as condições mínimas que um ecossistema deve oferecer, de natureza física, química, biológica, social, econômica, tecnológica e política, de modo que, na sociedade de que participa, possa realizar as relações ambientais que lhes são inerentes, com vistas a sua manutenção, evolução e superação (MOZETTO, 2000, p. 24).

Para o *Environmental Terminology and Discovery Service*, da *European Environment Agency* (EEA), qualidade ambiental pode ser entendida como:

[...] propriedades e características do ambiente, globais ou locais, que impactam os seres humanos e os outros organismos. Qualidade Ambiental é um termo geral que pode se referir a: características variadas como pureza ou poluição da água e do ar, ruído, acesso a espaços livres públicos e aspectos visuais provocados pelas construções, bem como os efeitos potenciais destas características na saúde física e mental (causadas pelas atividades humanas)¹ (EEA, 2019).

De maneira mais específica, Kiemstedt et al. (1998) apud Estevêz e Nucci (2015) considera a qualidade ambiental urbana um conceito ligado às condições biofísicas da cidade, porém trata-se de um conceito mais amplo, abarcando as várias dimensões do ambiente urbano.

Entende-se o ambiente urbano a partir da síntese das dimensões físicas (naturais e construídas) do espaço urbano, dimensões de ambiência e possibilidades de convivência e de conflito (SOJA, 1997).

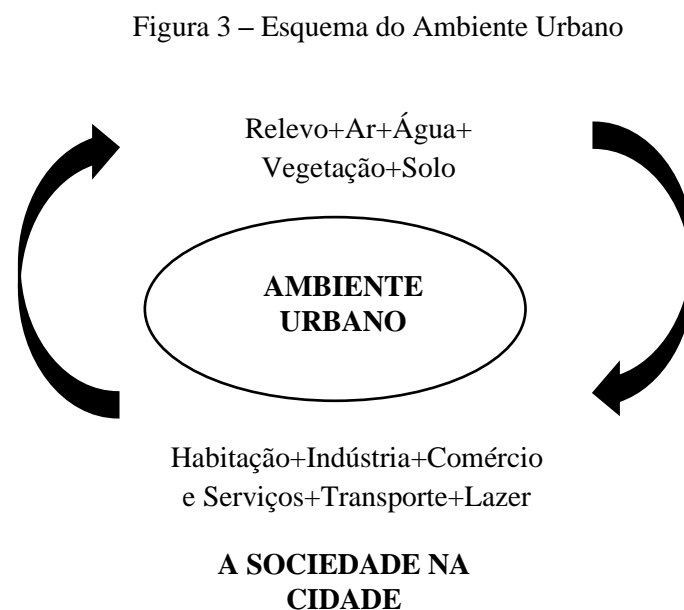
Mendonça (2004) resgatou a concepção de ambiente urbano apresentado em 1997, pelo PNUD/UNOPS (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento/Oficina de Serviços para Projetos das Nações Unidas) dentro de uma abordagem sistêmica. Logo, o ambiente urbano é entendido por um processo de “intercâmbio entre a base natural de uma cidade, a respectiva sociedade ali existente e a infraestrutura construída. Dessa forma, o ambiente urbano é o resultado de diversos processos e interações entre três instâncias ou subsistemas: o humano ou social, o natural e o construído” (MENDONÇA, 2004, p. 195)².

O subsistema natural engloba os elementos físicos da natureza, o humano ou social abarca os indivíduos e seus diferentes níveis de organização, assim como suas múltiplas formas de interação. O subsistema construído, por sua vez, é formado pelas formas e estruturas do espaço, que são resultado da dinâmica social sobre o território urbano. Nos processos de interação existentes intervêm fatores de origem tanto interna quanto externa ao ambiente – do tipo histórico, econômico, político, social, natural, ecológico e cultural (PNUD/UNOPS, 1997 apud MENDONÇA, 2004).

Medonça (2004) interagindo e detalhando as propostas de Monteiro (1976) e PNUD/UNPOS (1997) para o Sistema Clima Urbano e Sistema Ecológico Urbano,

respectivamente, propôs uma compreensão da cidade em sua totalidade por meio de uma abordagem sistêmica, a qual denominou Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.) (Figura 3), sendo constituído pelos Subsistemas Natural e Construído, ambos formando o *input* do S.A.U.

Como atributos, o Subsistema Social dá dinâmica ao sistema através das ações humanas, sem, contudo, ignorar a dinâmica da natureza, a qual suplanta os controles exercidos pela sociedade quando se manifesta em episódios extremos e impactantes (MENDONÇA, 2004).



Fonte: Mendonça, 2004, p. 199.

Da interação entre esses três subsistemas surgem os problemas socioambientais urbanos como *output* do S.A.U., devendo ser trabalhados na perspectiva do planejamento e gestão socioambiental urbana. O S.A.U. é, portanto, um sistema complexo e aberto, podendo subdividir-se em um número considerável de subsistemas, mas que, de modo mais geral, pode ser esquematizado conforme disposto a seguir (MENDONÇA, 2004):

1 – Input do S.A.U.: fluxo de matéria e energia, tanto de ordem natural quanto derivado dos processos sociais. É composto, portanto, dos subsistemas Natureza e Sociedade, os quais são subdivididos em vários subsistemas:

- ✓ Subsistemas (N): Relevo, Ar, Água, Vegetação e Solos.
- ✓ Subsistemas (S): Habitação, Indústria, Comércio e Serviços, Transporte e Lazer.

2 – Atributos do S.A.U.: composto pelo subsistema Social, o qual imprime a dinâmica e movimento do sistema em comunhão com as manifestações abruptas, episódicas e impactantes da natureza:

- ✓ Dinâmica da Natureza
- ✓ Dinâmica da Sociedade

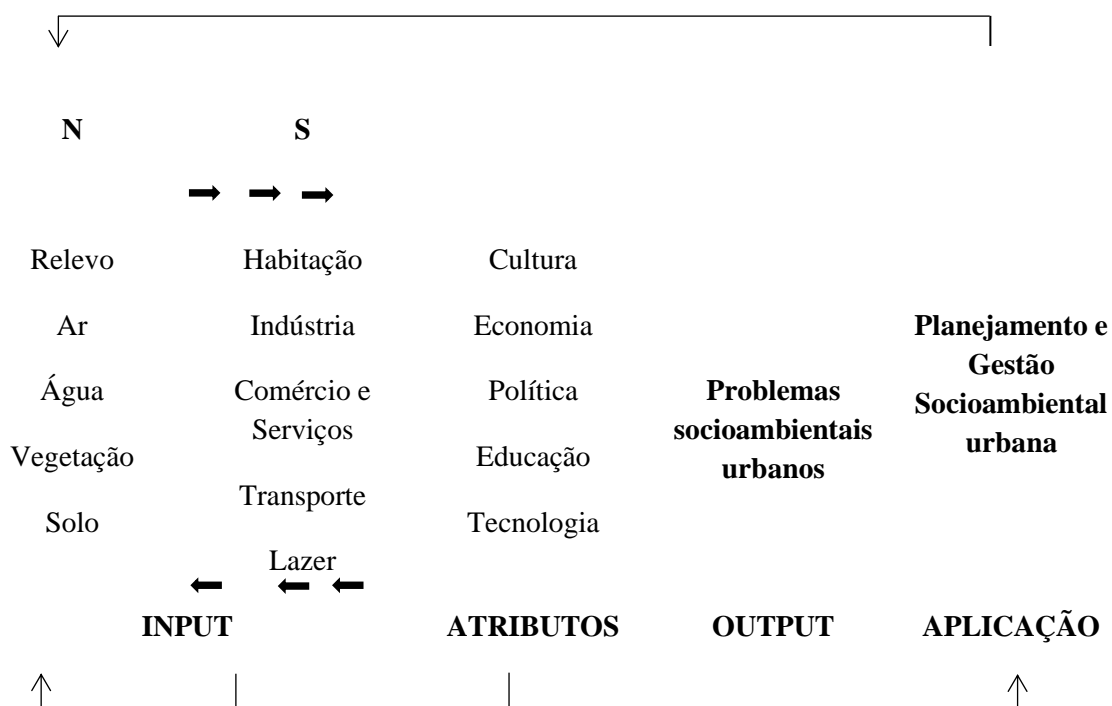
3 – Output do S.A.U.: resultam os vários problemas socioambientais urbanos provenientes da interação entre os vários subsistemas e subsistemas do S.A.U., e que demandam atenção especial da população, governantes, sociedade organizada e instituições. Mendonça (2004) destaca os seguintes problemas:

- ✓ Degradação/poluição do relevo, ar, água, solo e vegetação;
- ✓ Resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Inundações, deslizamentos/solifluxão, erosão;
- ✓ Ocupações irregulares, invasões, favelamentos;
- ✓ Fome, miséria, doenças transmissíveis, parasitárias, neoplasias.

4 – Aplicações – Planejamento e gestão socioambiental urbana.

Através de uma perspectiva sistêmica da cidade, considera-se que nelas interagem fluxos de matéria e energia, de origem natural e/ou social, os quais dinamizam as formas com que se manifestam os elementos da natureza e da sociedade, dando origem à materialidade urbana. A dinâmica dos processos naturais é mais acelerada no ambiente urbano, sendo que a dinâmica do relevo, do clima, da água, da vegetação e dos solos passa a ter um caráter novo, ditado pelas ações humanas, ou melhor, da cultura, da economia e da política (Figura 4). Em todas as cidades os problemas ambientais são resultado desta complexa interação, porém, eles tornam-se ainda mais graves e catastróficos nas cidades dos países não desenvolvidos (MENDONÇA, 2004).

Figura 4 – S.A.U. – Sistema Ambiental Urbano (Simplificado)



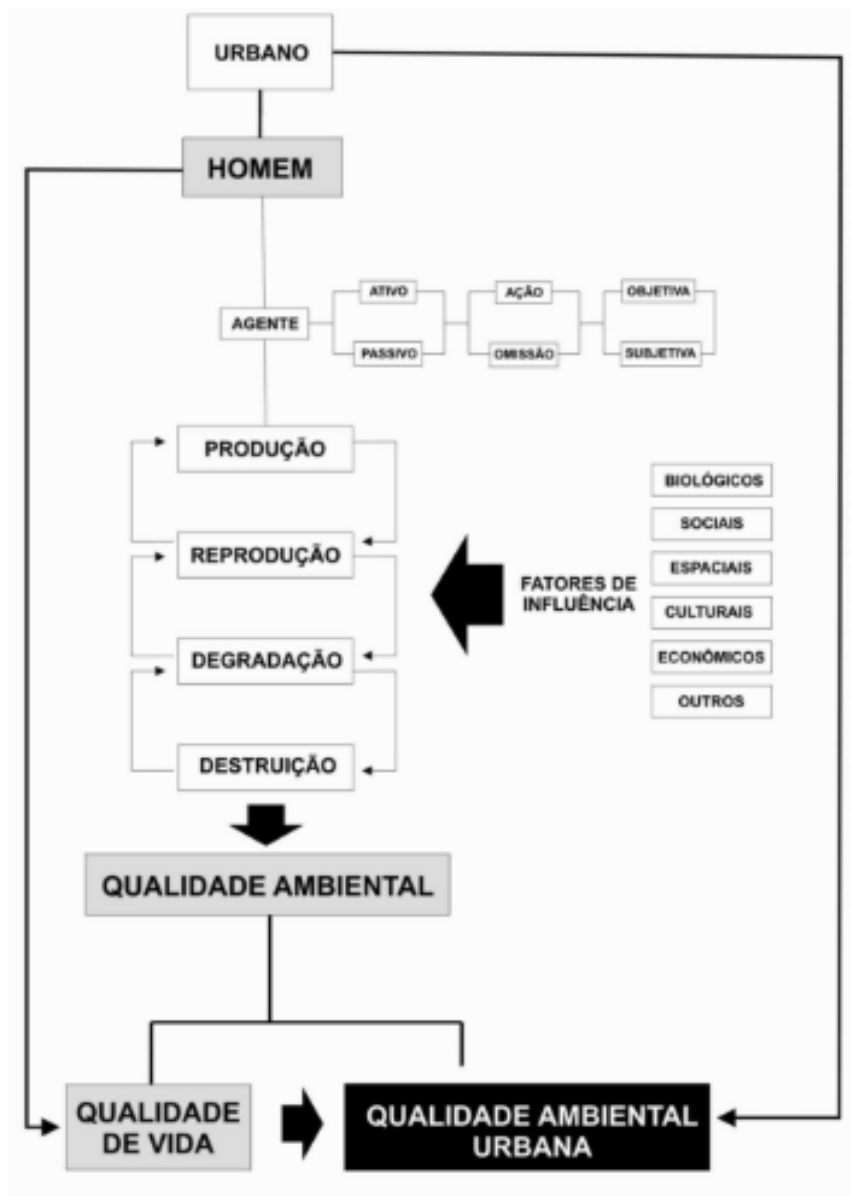
Fonte: Mendonça, 2004, p. 201.

A solução dos problemas socioambientais urbanos, segundo Mendonça (2004), deve passar pelo entendimento do S.A.U., o que implicará diretamente na qualidade de vida da população, promovendo uma alteração no input, atributos e output do sistema por intermédio de mecanismos de *feedback*.

Pode-se afirmar que a proposta de S.A.U. oferece ao ambiente urbano uma perspectiva de interação entre a Sociedade e a Natureza, permitindo um tratamento integrado, holístico e conjuntivo de suas problemáticas. Nesse sentido, o ambiente urbano é o resultado mais aparente da relação sociedade-natureza e constitui-se de aspectos naturais e sociais, os quais são essenciais para a sobrevivência humana.

Então, a qualidade do ambiente urbano é influenciada por fatores biológicos, sociais, espaciais, culturais e econômicos, em que o homem é ora agente passivo ora ativo, na ação ou na omissão, com objetividade ou subjetividade, na produção, reprodução, degradação e destruição desse ambiente no qual está inserido (BENINI; DE GODOY ROSIN, 2017). Essa interpretação foi resumida pelos autores na figura 5.

Figura 5 - Fatores de influência e o homem como agente na determinação da qualidade ambiental urbana



Fonte: Benini e De Godoy Rosin, 2017, p. 34.

Por esse motivo, o conceito de qualidade ambiental é profundo, abrangendo atributos de natureza quanti-qualitativa, tendo em vista que compreende a integralidade do conceito de meio ambiente, em suas dimensões tangíveis ou não, envolvendo todos os processos e condições que propiciam a vida (GUIMARÃES, 2005).

Sem qualidade ambiental não há qualidade de vida. Hoje, a conjuntura ambiental tem demonstrado que a qualidade ambiental vem se deteriorando a cada dia ao longo dos anos, sem que ninguém nem mesmo perceba. Acrescenta-se ainda que pode ocorrer uma situação de boa qualidade ambiental, mas por problemas de acesso e inclusão não se atinge a qualidade de vida individual e coletiva. No entanto, o contrário também é possível, isto é, se as condições ambientais forem deterioradas a partir da poluição e

contaminação, por exemplo, é impossível conseguir qualidade de vida, mesmo que não se perceba essas situações ou aliene-se em relação a elas (GUIMARÃES, 2005).

Por isso, é de fundamental importância que os setores público e privado, governo e cidadãos assumam responsabilidade pela qualidade ambiental para que todos possam ter acesso a um ambiente com qualidade mínima para o seu bem-estar. Se o cidadão participa efetivamente do processo de decisão para introduzir, renovar e modificar a área onde mora, trabalha ou se diverte torna-se muito mais fácil e eficaz a ação das autoridades (OLIVEIRA, 1983).

Oliveira (1983) acredita que a tomada de consciência é o aspecto mais importante para a qualidade ambiental, porque:

[...] somente quando tivermos uma opinião pública formada sobre os padrões de qualidade, os critérios a serem adotados para determinar essa qualidade, a tomada de consciência de que a qualidade ambiental deve ser acessível a todos, é que a questão ambiental poderá ser devidamente equacionada e solucionada (OLIVEIRA, 1983, p. 6-7).

O surgimento dos movimentos por justiça ambiental na década de 1980 foi essencial para essa tomada de consciência e para trazer ao topo do debate demandas das populações mais carentes por qualidade ambiental e de vida (ACSELRAD; MELLO E BEZERRA, 2009).

Num primeiro momento, falar em estado “ótimo” de qualidade ambiental pode parecer privilégio, porém, trata-se de questão de sobrevivência, um direito. Nas cidades, onde impera a desigualdade social também predomina a injustiça ambiental. Nesse sentido, Guimarães (2005) pontuou que “ao pensarmos em qualidade ambiental e qualidade de vida devemos pensar em atitudes e condutas de comprometimento e de respeito à ética e a justiça ecológica” (GUIMARÃES, 2005, p. 21).

Porém, o fato é que os índices de qualidade ambiental e de vida não são espacialmente igualitários no ambiente urbano, haja vista que os problemas ambientais ligados à degradação, à poluição, à contaminação, à infraestrutura deficitária, à deficitária arborização, à carência de áreas verdes e de lazer são mais facilmente encontrados, com raras exceções, em porções periféricas da cidade, onde reside a população de baixo poder aquisitivo.

Essas condições engajaram movimentos populares de base preocupados com a questão ambiental e articulados com as lutas por justiça social, os quais se originaram durante os anos 1980 nos EUA. A noção de justiça ambiental levantada pelo movimento

implicava no “[...] direito ao meio ambiente seguro, sadio e produtivo para todos” (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2009, p.16).

Como resultado, os movimentos estimularam pesquisas multidisciplinares na área da desigualdade ambiental no país norte-americano, dentre as quais se destaca a de Robert D. Bullard, realizada em 1987 a pedido da Comissão de Justiça Racial da *United Church of Christ*, que revelou o peso da composição racial de uma população na distribuição dos riscos ambientais provenientes da disposição de rejeitos perigosos de origem comercial (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2009).

Em 1991, 600 delegados presentes na I Cúpula Nacional de Lideranças Ambientais de Povos de Cor aprovaram os 17 Princípios da Justiça Ambiental, constituindo uma agenda nacional para reconduzir a política ambiental dos EUA de modo a aliá-la à pauta das minorias, das comunidades ameríndias, latinas e afro-americanas (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2009).

Embora mais antiga, a problemática da justiça ambiental começou a tomar forma no Brasil apenas em 1998, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a qual sediou uma rodada de discussões de cunho ambiental frente às lutas sociais que foram trazidas por pesquisadores de universidades americanas.

No que diz respeito à legislação, a Constituição Federal brasileira de 1988, no artigo 225, já previa a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Em 2001, a Lei Federal nº 10.257, do Estatuto da Cidade, reforçou esse posicionamento. Essa lei garantiu a concepção de cidades ecologicamente mais democráticas e estabeleceu diretrizes de políticas urbanas e ordenação territorial que controlassem o uso da terra, a fim de se evitar poluição e degradação ambiental.

Vale mencionar que em 2019 o governo federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, elegeu a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana como atividade estratégica de gestão, visando melhorar os indicadores nas cidades brasileiras. Para isso, foram estabelecidas linhas de ação que definem metas iniciais para questões relacionadas a lixo no mar, resíduos sólidos, áreas verdes urbanas, qualidade do ar, saneamento e qualidade das águas e áreas contaminadas. Com esse programa, o governo pretende orientar políticas públicas urgentes, mais efetivas e eficientes, que proporcionem maior integração entre os diferentes níveis de tomada de decisão (MMA, 2020).

Desse modo, é bastante evidente a importância de estudos que discutam a qualidade ambiental das cidades, pois há que se estabelecer uma nova lógica de produção e ordenamento do espaço urbano, garantindo às populações igualdade social e ambiental.

Para esse objetivo, o planejamento urbano é essencial, pois pretende dotar as cidades de melhor qualidade de vida e os indicadores de qualidade ambiental urbana podem tornar-se instrumentos importantes na orientação de políticas públicas mais eficientes para o planejamento (LIMA; AMORIM, 2009).

A espacialização da qualidade ambiental foi inicialmente estudada por Monteiro (1987), no entanto faltavam-lhes padrões e propostas teórico-metodológicas mais consistentes acerca do tema para que a proposta tivesse êxito.

Em 1998, Nucci sugere uma metodologia para avaliação da qualidade ambiental urbana, adotando como base geral o Planejamento da Paisagem, o qual visa oferecer uma contribuição ecológica e de *design* para o planejamento do espaço, buscando a regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, com ênfase na contribuição da vegetação para a melhoria da qualidade ambiental.

No caso, a proposta de Nucci (1998) buscou avaliar o maior número possível de atributos para compor a carta de Qualidade Ambiental para o Distrito de Santa Cecília, na cidade de São Paulo.

Rodrigues (1997) também contribuiu para subsidiar trabalhos no campo da avaliação da qualidade ambiental através da adoção de três perspectivas antagônicas, mas talvez complementares. Segundo a perspectiva geocológica, a definição da qualidade ambiental estaria baseada exclusivamente nos atributos básicos da geografia física e geomorfologia para caracterização do sítio urbano original da cidade. Outra perspectiva seria aquela pautada na qualificação e valoração do meio ambiente segundo possibilidades de exploração econômica e funcional, sendo esta uma visão mais utilitarista dada pelos órgãos da administração pública para manter certas funcionalidades urbanas. Por fim, a última perspectiva, considerada mais “democrática”, estaria empenhada em categorias sociológicas (classes sociais), nas noções de vida cotidiana e de qualidade de vida.

Desde então, pesquisas importantes têm sido realizadas no Brasil referentes à qualidade ambiental urbana, algumas discutindo o conceito ou a diferenciação entre qualidade ambiental e termos próximos e relacionados como o de qualidade de vida. Nessa perspectiva, podem-se citar os trabalhos de Hoonn (1995), Vargas (1999), Mazetto (2000) e Gomes e Soares (2004).

Outras pesquisas têm enfatizado questões metodológicas de mensuração da qualidade ambiental urbana, embora nenhuma tenha conseguido se consolidar tanto quanto a proposta de Nucci (1998). Nas últimas décadas, os trabalhos têm se apoiado nas

Geotecnologias a fim de melhorar a integração dos indicadores ambientais, dando enfoque ao planejamento do uso do solo urbano e à gestão urbana, como é o caso das pesquisas desenvolvidas por Camargo (2007), Dias; Gomes e Alkmim (2011), Minaki e Amorim (2012) e Biziak (2017).

Vale destacar que as referidas pesquisas adotaram indicadores ambientais variados, a depender das características consideradas relevantes para suas respectivas áreas de estudo, tendo a arborização como indicador indispensável. (Tabela 2).

Tabela 2 – Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana adotados por pesquisadores

Autor	Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana
Nucci (1998)	Uso do solo, Usos Potencialmente Poluidores, Pontos de Enchentes, Apinhamento Humano, Verticalidade (edificações acima de 6 pavimentos), Desertos Florísticos e Déficit de Espaços Livres Públicos.
Camargo (2007)	Arborização, Desconforto térmico, Presença de áreas de risco, Densidade de construções e Áreas de exclusão social.
Dias; Gomes e Alkmim (2011)	Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Limpeza pública urbana, Pavimentação das ruas e Cobertura vegetal.
Minaki e Amorim (2012)	Uso inadequado do solo, Atividades potencialmente poluidoras, Enchentes, Áreas de ocorrência de temperaturas elevadas, Insuficiência de cobertura vegetal arbórea, Alta densidade de edificações, Espaços livres de edificação sem cobertura vegetal.
Biziak (2017)	Abastecimento de água, Eletricidade, Esgotamento sanitário, Coleta de Lixo, Densidade populacional, Patrimônios urbanos, Pontos de inundação, Denúncias e reclamações, Densidade de cobertura vegetal, Densidade de áreas verdes, Rendimento.

Fonte: Organizado pelo Autor, 2019

Poucas pesquisas, no entanto, têm se dedicado a analisar a distribuição da qualidade ambiental pelas regiões socioeconômicas das cidades. A pesquisa mais relevante foi desenvolvida por Morato; Kawakubo e Luchiari (2005), a qual analisou a desigualdade ambiental na subprefeitura de Campo Limpo, São Paulo, a partir de dados estatísticos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e de sensoriamento remoto, contemplando dados como: abastecimento de água, destino de água servida e lixo, ocorrência de domicílios improvisados e presença de cobertura vegetal.

No âmbito internacional as pesquisas sobre a temática são mais frequentemente desenvolvidas em universidades americanas, chinesas e canadenses, sendo comum a colaboração entre pesquisadores chineses e americanos, cujos estudos são amparados por técnicas estatísticas, de GIS e de Sensoriamento Remoto. Vale destacar ainda que o periódico *Landscape and Urban Planning* tem trabalhos relevantes dedicados a questões

envolvendo qualidade ambiental e qualidade de vida, bem como proposições teóricas de sustentabilidade urbana.

Um estudo temporal sobre a mudança da qualidade ambiental urbana de Indianapolis, EUA, entre os anos de 1990 e 2000 foi realizado por Liang e Weng (2010). Na pesquisa, foram considerados indicadores extraídos de dados de sensoriamento remoto e censos tais como: uso e cobertura da terra, temperatura da superfície da terra, Índice de Vegetação de Diferença Normalizado (NDVI), densidade populacional, características da casa, renda e escolaridade da população. Esses dados foram então correlacionados através da Análise de Componentes Principais (PCA).

Liu *et al* (2017) avaliaram os índices de Qualidade Ambiental Urbana (UEQ) na cidade montanhosa de Chongqing, China, na qual foram medidas as dimensões do ambiente físico, do ambiente construído e dos riscos naturais. A cidade foi classificada em cinco aglomerados de UEQ, apresentando índices mais baixos nas áreas de montanhas e cordilheiras, margens de rios, pequenas colinas e riachos. Os resultados revelaram ainda, pela análise de *cluster*, uma alta correlação entre a poluição, o uso industrial e a densidade de construções.

A pesquisa de Faisal e Shaker (2017) avaliou a Qualidade Ambiental Urbana (UEQ) de duas cidades canadenses: Toronto e Ottawa, utilizando indicadores genéricos que representam as condições físicas e socioeconômicas do ambiente urbano e construído, extraídos de bases de sensoriamento remoto, censo demográfico e dados geoespaciais. Para alcançar os objetivos propostos foram empregadas técnicas de GIS, Análise de Componentes Principais (PCA) e Regressão Linear Geograficamente Ponderada (GWR). Os autores concluíram que o GWR apresentou melhor precisão e acurácia como modelo espacial, comparado às técnicas de sobreposição de GIS e da PCA.

Na América Latina destacam-se estudos realizados na Argentina e na Colômbia por Celemín e Velázquez (2015) e Rodríguez; Jaramillo e Capote (2010), respectivamente.

Celemín e Velázquez (2015) aplicaram um Índice de Qualidade Ambiental (ICA) para as províncias do nordeste da Argentina, adotando 23 variáveis agrupadas em três grandes dimensões, as quais foram denominadas pelos autores de: recursos recreativos de base natural; recursos socialmente construídos; e, problemas ambientais. Essas dimensões receberam pesos de influência, chegando-se a um ICA a partir da combinação ponderada delas. Na sequência, utilizou-se o *software* ArcGIS para espacialização do índice.

A pesquisa de Rodríguez; Jaramillo e Capote (2010), por sua vez, baseou-se em dados do satélite Landast ETM+ da cidade de Cali, Colômbia, para estimar um Índice de Qualidade Ambiental (ICA) em nível de bairro. Para tal, foram obtidos 5 indicadores ambientais: Temperatura de Superfície (TS), Índice de Vegetação de Diferença Normalizado (NDVI), Índice de Umidade nas Folhas (LWCI), Índice de Diferença Normalizada de Solos (NSI) e Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Os dados de sensoriamento remoto foram processados no programa PCI Geomática e, posteriormente exportados para o software SPSS, no qual foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA), indicando alta correlação entre os indicadores e diferenças estatísticas significativas de ICA, sendo os maiores valores de ICA associados aos bairros com menor área construída.

3.3. *Indicadores ambientais: representação e síntese*

A partir das reflexões até aqui apresentadas, compreende-se que a qualidade ambiental urbana é um conceito amplo, controverso e subjetivo, uma vez que engloba fatores de ordem quanti-qualitativas, provenientes da relação sociedade-natureza expressa no ambiente urbano.

Conforme argumentou Oliveira (1983), definir qualidade ambiental envolve subjetivismos inerentes ao ato de qualificar, pois depende de posições filosóficas, ideológicas e políticas dos indivíduos ou grupos. Logo, não há como conceituar qualidade sem tender a uma ou outra direção.

Neste trabalho entendeu-se por qualidade ambiental urbana o conjunto de elementos físico-naturais e socialmente construídos que integram, numa relação sistêmica e dialética, o Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.), conferindo ao cidadão melhores possibilidades de sobrevivência e bem-estar. Esse conceito é resultado de uma profunda reflexão baseada no referencial teórico deste trabalho.

Além das questões relativas ao conceito, o problema metodológico da qualidade ambiental urbana também envolve a seleção crítica dos indicadores ambientais da área de estudo e posterior espacialização e representação cartográfica dos mesmos, finalizando com uma cartografia de síntese.

As pesquisas relativas à qualidade ambiental demonstram que o principal desafio está na seleção dos indicadores a serem considerados. De acordo com Mello (2009), a mensuração da qualidade ambiental pode ser obtida a partir de aspectos objetivos e

subjetivos. Por esse motivo, as pesquisas envolvendo qualidade ambiental tornam-se singulares, já que os aspectos podem ser dos mais variados, a depender das especificidades locais ou objetivo final da pesquisa.

Segundo Lima e Amorim (2009), por meio da escolha e espacialização dos indicadores é que se tem um conjunto de dados referentes à área de estudo para posterior cruzamento e elaboração de um diagnóstico ambiental especializado.

Os estudos de qualidade ambiental devem entender a importância da escolha dos seus indicadores para contribuir para a gestão e o planejamento das cidades, considerando, portanto, dimensões que delimitem as causas dos principais problemas das cidades (MARTINELLI, 2004).

Na definição dos indicadores é necessário observar quais são as reais necessidades da área de estudo, bem como as interferências ambientais para a região. Sendo assim, alguns estudos e levantamentos são importantes na avaliação da qualidade ambiental urbana, tais como: informações gerais sobre os aspectos naturais e sociais (caracterização física e resgate histórico); identificação dos problemas ambientais da cidade, histórico do processo de urbanização, identificação das transformações da paisagem e o uso e parcelamento do uso, além dos processos naturais e sociais atuais. Desse modo, os indicadores são capazes de demonstrar a real situação da qualidade do ambiente urbano quando se faz uma escolha adequada dos mesmos, dentro de uma metodologia de análise que considere os múltiplos indicadores e a relação entre eles (LIMA; AMORIM, 2009).

Para isso, a análise sistêmica tem sido utilizada como a abordagem mais adequada para o entendimento da variedade de indicadores atuantes no S.A.U. e determinantes para a qualidade ambiental desses sistemas.

De acordo com Martinelli e Pedrotti (2001), não se pode mais conceber as representações sobre a realidade espacial humana de forma analítica e fragmentada, sendo necessária uma cartografia de reintegração, de reconstrução do todo, como uma cartografia ambiental de síntese.

Monteiro (1982; 1987) apud Martinelli (1994) defendeu uma percepção globalizante do ambiente por meio da integração, em que as relações entre a natureza e a sociedade sejam consideradas como elementos integrantes de um sistema. Essa integração passa pela compreensão da qualidade ambiental, resultando no “Mapa da Qualidade Ambiental”, de natureza cartográfica complexa.

Na visão de Martinelli (1994), o mapa final de Qualidade Ambiental resulta de uma modelagem sistêmica, realizada por meio de etapas analíticas que convergem para

representações gráficas essenciais, como o mapa dos geossistemas, o conjunto de transectos geoecológicos e a tabela de correlações, cruzando unidades espaciais com atributos ambientais. O mapa oferece, assim, um diagnóstico dinâmico do espaço e apresenta sugestões para o planejamento ambiental-territorial.

Para a elaboração da Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana do Distrito de Santa Cecília/São Paulo, Nucci (2001) propõe a espacialização do maior número possível de indicadores ambientais cartografáveis da área de estudo e que sejam potencialmente diminuidores da qualidade ambiental. Para tal, é necessário adotar critérios e parâmetros de avaliação para posterior cruzamento e análise sistêmica das cartas temáticas constituintes da carta de qualidade ambiental.

Desde então, diversas metodologias vem sendo desenvolvidas para se mensurar a qualidade do ambiente urbano, contribuindo para a elaboração de propostas de políticas públicas engajadas com a melhoria da qualidade de vida das cidades (DEUS; FONSECA; SOUSA, 2013).

Essas metodologias, por sua vez, têm sido cada vez mais aperfeiçoadas por meio dos avanços das Geotecnologias. De acordo com Rosa (2005), as geotecnologias abarcam um conjunto de tecnologias que amparam a coleta, processamento, análise e oferta da informação com referência geográfica. Dentre as Geotecnologias usuais, destacam-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Vale salientar, que atualmente existe o Global Navigation Satellite System (GNSS) e o sistema GPS é um dos componentes dessa constelação de satélites de posicionamento.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) está ligado ao tratamento computacional de dados geográficos, recuperando informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas principalmente pela sua localização espacial. Assim, o administrador (planejador, engenheiro) tem uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, no qual todas as informações ficam ao seu alcance, inter-relacionadas pela característica fundamentalmente comum, isto é, a localização geográfica (DAVIS; CÂMARA, 2001).

Hoje, o SIG se faz presente em inúmeros estudos geográficos de correlação, tendo em vista as possibilidades de se combinar dados de diferentes fontes, bem como espacializar essas informações em um mapa. Assim, o SIG é um instrumento primordial para análises complexas envolvendo uma grande gama de informações, podendo ser

combinadas e processadas pelo usuário para a obtenção de dados novos, extraídos através de gráficos, tabelas e, principalmente, de mapas (LEITE; ROSA, 2006).

Davis e Câmara (2001) evidenciam que o SIG apresenta uma ampla gama de aplicações como agricultura, cartografia e cadastro urbano, sendo possível utilizá-lo como ferramenta para produção de mapas, para análise espacial de fenômenos e também como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

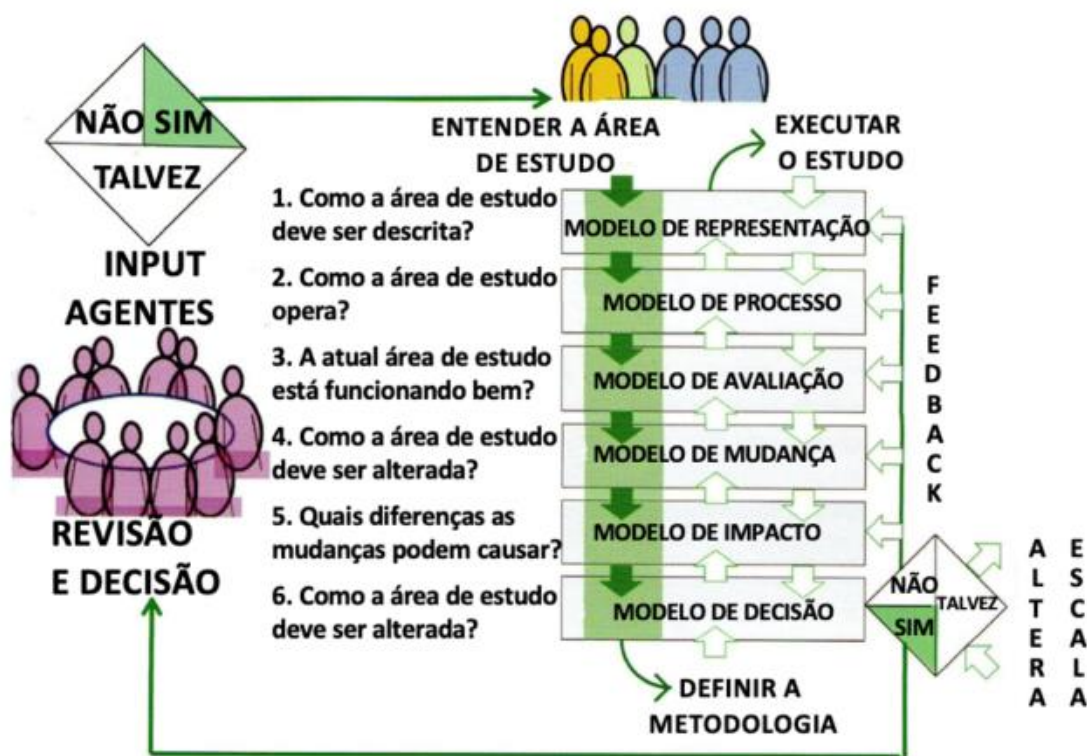
No âmbito do planejamento, o SIG se destaca pela capacidade de apresentar dados em diferentes níveis de detalhe, de modo holístico ou como resultado analítico, com o uso de diversos dados ambientais, os quais são processados utilizando-se análises espaciais, sistema de listagens, matrizes e modelos. Para isso, os dados são organizados em níveis de apresentação (ou *layers*), de forma que de uma passagem de nível para outro uma infinidade de combinações de dados e comparações entre diferentes ações sejam possíveis (SANTOS; CARVALHAIS; PIRES, 1997).

Ainda no viés do planejamento, o conceito de *Geodesign* é mais uma possibilidade de uso dos SIG para a tomada de decisões, rompendo, porém, com os paradigmas tradicionais ao conectar planejadores e cidadãos através da geoinformação.

Para se colocar em prática o *Geodesign*, Steinitz (2016) propôs um *framework* (estrutura metodológica) composto por 6 etapas, as quais são concebidas em um *workshop*, envolvendo o corpo técnico e os grupos de interesse (cidadãos, servidores, professores, estudantes etc.). Primeiramente, 3 etapas devem acontecer previamente ao *workshop*, cujo propósito é entender e caracterizar a área de estudo, bem como analisar como os processos funcionam nesse ambiente. Desse modo, são denominadas Modelo de Representação, de Processos e de Avaliação (MOURA, 2019).

As outras 3 etapas, por sua vez, acontecem durante o *workshop* e envolvem a participação ativa de todos os interessados. Já reconhecida então a área de estudo, os participantes propõem ideias políticas e projetos a partir de geometrias georreferenciadas desenhadas em uma plataforma digital: trata-se do Modelo de Mudança. Cada uma das ideias é avaliada posteriormente por meio do Modelo de Impacto, que visa observar conformidades ou não conformidades diante das necessidades da área. Por fim, no Modelo de Decisão é criado um *design* (projeto) final, construído coletivamente, em que são eliminados os conflitos, gerando consensos. As referidas etapas estão resumidas na Figura 6.

Figura 6 – Framework de Geodesign proposto por Steinitz.



Fonte: Steinitz (2016).

A maior parte dos projetos em SIG visa à combinação de dados espaciais para se gerar informações estratégicas para a tomada de decisões (CÂMARA, et al., 2001). Atualmente, a integração desses dados tem sido cada vez mais facilitada pela análise multicritério. Segundo Moura (2007), a análise multicritério é um procedimento metodológico que se baseia na atribuição de grau de pertinência a cada mapeamento das variáveis (representado por planos de informação) e a seus componentes de legenda para a construção do resultado final.

Para a integração dos dados, as análises podem adotar o modelo booleano ou o *fuzzy* (CÂMARA et al., 2001). Enquanto na álgebra booleana cada tema é representado em um plano de informação e combinado segundo uma sequência lógica, estabelecendo, assim, fronteiras rígidas, a lógica *fuzzy* não trabalha com fronteiras (transações) abruptas, mas sob uma transição entre pertinência e não pertinência, gradualmente (CEREDA JUNIOR; RÖHM; LOLLO, 2009).

Como no modelo booleano, o modelo *fuzzy* também possui operadores para a síntese da informação geográfica, que ocorre através da definição de sequência lógica realizada por algoritmos *fuzzy*, tais como: mínimo, máximo, média, ponderado (com o

uso do Processo Analítico Hierárquico) e gama (CEREDA JUNIOR; RÖHM; LOLLO, 2009).

A primeira etapa num processo de análise multicritério é compor uma base de dados cartográficos em forma de planos de informação, preferencialmente em formato matricial, que otimizará e facilitará a representação inicial e o cruzamento dos dados (MOURA, 2007).

Durante a conversão dos dados em formato matricial, é importante definir a resolução dos planos de informação (unidade territorial de integração das análises), que no caso se dá a partir da escolha do tamanho do *pixel*, que deverá ser o mesmo para todos os planos de informação. A partir daí, são atribuídos pesos a cada plano de informação e notas a cada componente de legenda, combinando as variáveis por álgebra de matrizes através de uma média ponderada (MOURA, 2009).

De acordo com Moura (2009), a média ponderada cria uma condição classificatória, ordinal, cuja ponderação deve ser realizada por *knowledge driven evaluation* (conhecedores dos fenômenos e das variáveis) ou por *data-driven evaluation* (conhecimento prévio de situações semelhantes).

A ponderação dos pesos e notas pode-se valer de métodos diferentes, sendo o Método Delphi e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) os mais utilizados.

O método Delphi baseia-se na escolha de especialistas que conhecem o fenômeno e as realidades locais para que hierarquizem as variáveis em ordem de importância, estudando, *a posteriori*, as médias e o predomínio das indicações. Numa segunda rodada, os especialistas recebem, então, o resultado da consulta, podendo ele rever ou manter sua posição inicial. Em alguns casos, podem ser empregadas até três rodadas (MOURA, 2009).

Já o método AHP foi desenvolvido por Saaty em 1978, cujo procedimento consiste em realizar comparações pareadas entre dois elementos a partir da consulta de especialistas. Com isso, o grupo de todos os julgamentos de elementos pode ser representado por uma matriz quadrada, na qual os elementos são comparados entre si. Para amparar as comparações, é recomendado o uso da escala de Saaty, na qual são atribuídos níveis entre 1 e 9, conforme o grau de importância de um elemento em relação ao outro. (Tabela 3).

Tabela 3 – Escala de importância de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Descrição
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem com igual relevância
3	Importância moderada	Um elemento é levemente mais importante que outro.
5	Importância forte ou essencial	Um elemento é fortemente mais importante em relação a outro.
7	Importância muito forte	Um elemento é muito fortemente favorecido em relação a outro; sua dominação de importância pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece um elemento em relação a outro com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando há dificuldade na escolha entre dois níveis de importância adjacentes.

Fonte: Saaty (1991).

Conforme evidenciou-se nos parágrafos anteriores, os recursos tecnológicos em constante evolução no âmbito do geoprocessamento vêm propiciando estudos cada vez mais acurados em relação à realidade do mundo real, permitindo análises e modelagens espaciais mais complexas. Somam-se ainda o advento dos *softwares open sources* e a disponibilização de dados espaciais oficiais em nuvem, que oferecem oportunidade para que um número maior de usuários e programadores explorem as funcionalidades dos sistemas, operadores e algoritmos, contribuindo para a popularização do geoprocessamento e novos avanços tecnológicos no setor.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

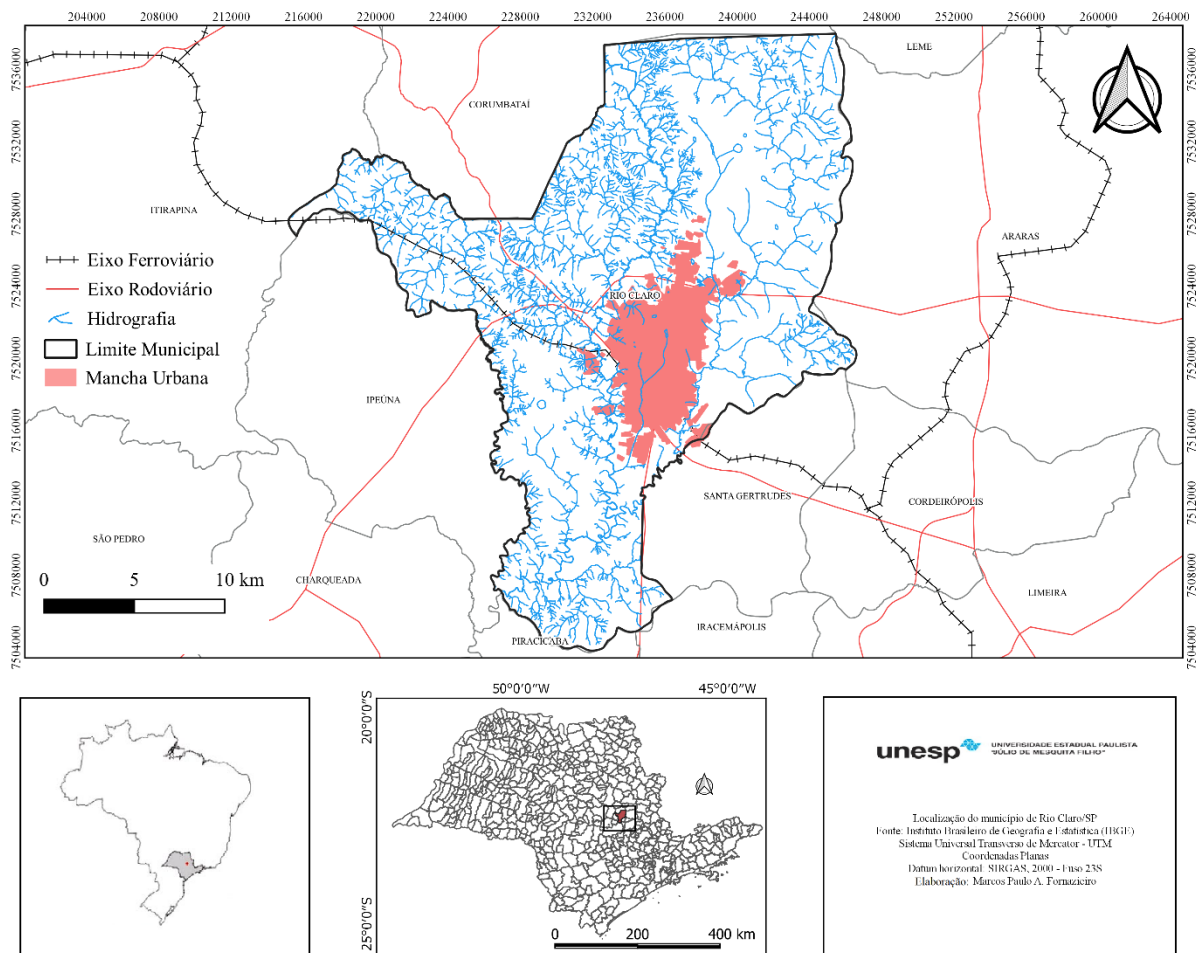
No decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa, ficou evidente que o problema metodológico da qualidade ambiental urbana perpassa pelas questões relativas ao conceito, escolha dos indicadores ambientais e pelos procedimentos de integração e síntese desses indicadores.

O conhecimento aprimorado das características do ambiente urbano da área de estudo é fundamental para romper parte desse problema, sobretudo no que se refere à definição dos indicadores ambientais mais relevantes para o objetivo fundamental da pesquisa.

Desse modo, foi realizado um diagnóstico das características físico-naturais e socioeconômicas de Rio Claro/SP, a fim de subsidiar a escolha dos indicadores mais relevantes para a qualidade ambiental urbana. A partir dessa caracterização, buscou-se entender a forma de organização do espaço urbano, considerando que este é resultado da interação entre os diferentes elementos do ambiente urbano, num determinado contexto histórico.

Assim, o recorte de estudo abarcou a área urbana do município de Rio Claro, localizado no interior do estado de São Paulo, entre as latitudes 22°24'S e 22°33'S e longitude 47°25'O e 47°35'O, compreendendo uma área territorial de 498,42 km². (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de localização do município de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

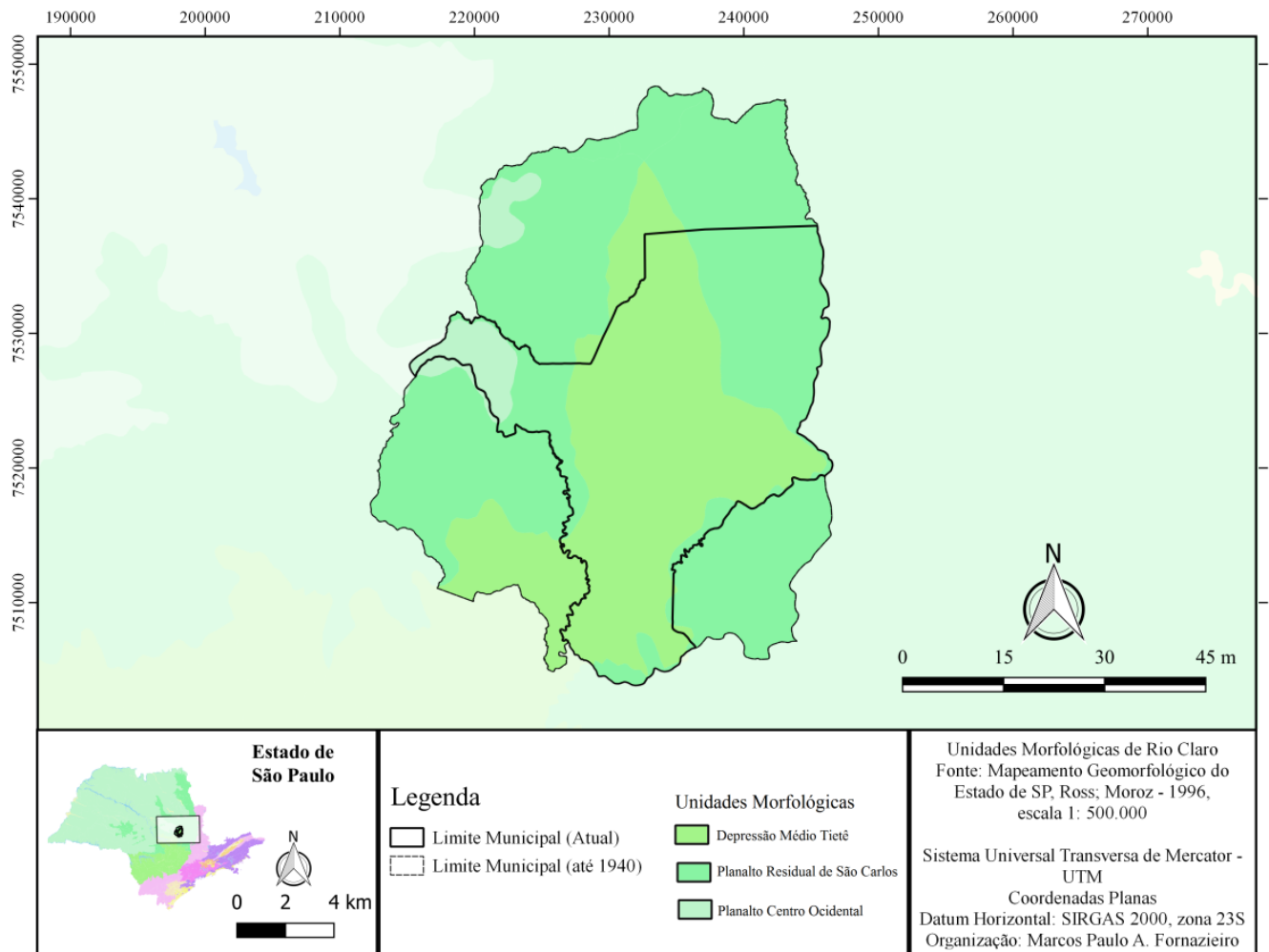
A origem de Rio Claro remete ao estabelecimento das primeiras casas às margens do córrego da Servidão em 1825, as quais surgiram como ponto de pouso, antes que as tropas que partiam da vila de São Paulo avançassem o Morro Azul (escarpas basálticas) rumo aos sertões de Araraquara e de lá em direção a Minas Gerais e Goiás. Fundada em 10 de junho de 1827, São João Batista de Rio Claro (antigo nome) prosperou em função da sua posição geográfica e das características do meio físico, permitindo o franco desenvolvimento da agricultura, principalmente de cana-de-açúcar, milho, algodão e arroz. Com isso, novos colonos chegavam constantemente e em 1835 já existiam oito quarteirões que se estendiam ao longo da atual avenida Um (PENTEADO, 1978; TROPMAIR, 2008).

Entre 1836 e 1870, o cultivo de café partiu do Vale do Paraíba e expandiu-se para o oeste paulista, alcançando as terras do atual município de Rio Claro, o qual, graças a sua posição geográfica privilegiada, tornou-se a cidade da fronteira da primeira fase de expansão oeste cafeeira (TROPMAIR, 2008). Dalí, o café avançou sobre os solos mais férteis do Planalto Ocidental Paulista (AB’SÁBER, 1956).

Como pode ser observado no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo elaborado por Ross e Moroz (1996), o município de Rio Claro situa-se na borda nordeste da unidade morfoestrutural da “Bacia Sedimentar do Paraná”, tratando-se de uma complexa fossa tectônica de forma elipsoidal constituída basicamente por rochas cristalinas pré-cambrianas e preenchida principalmente por sedimentos continentais e alguns marinhos (ROSS; MOROZ, 1996).

Do ponto de vista morfoescultural, o município encontra-se na Depressão Periférica Paulista (zona da Depressão do Médio Tietê), cuja gênese está associada aos processos tectônicos e climáticos que a caracteriza por ser uma área paleozoica deprimida entre as escarpas da zona de cuestas, que delimitam a borda oriental dos derrames basálticos (Planalto Centro Ocidental) e o Planalto Atlântico (PENTEADO, 1976; ROSS; MOROZ, 1996). A Figura 8 representa as unidades morfológicas encontradas no município de Rio Claro, de acordo com a classificação sugerida por Ross e Moroz (1996).

Figura 8 – Mapa das Unidades Morfológicas de Rio Claro

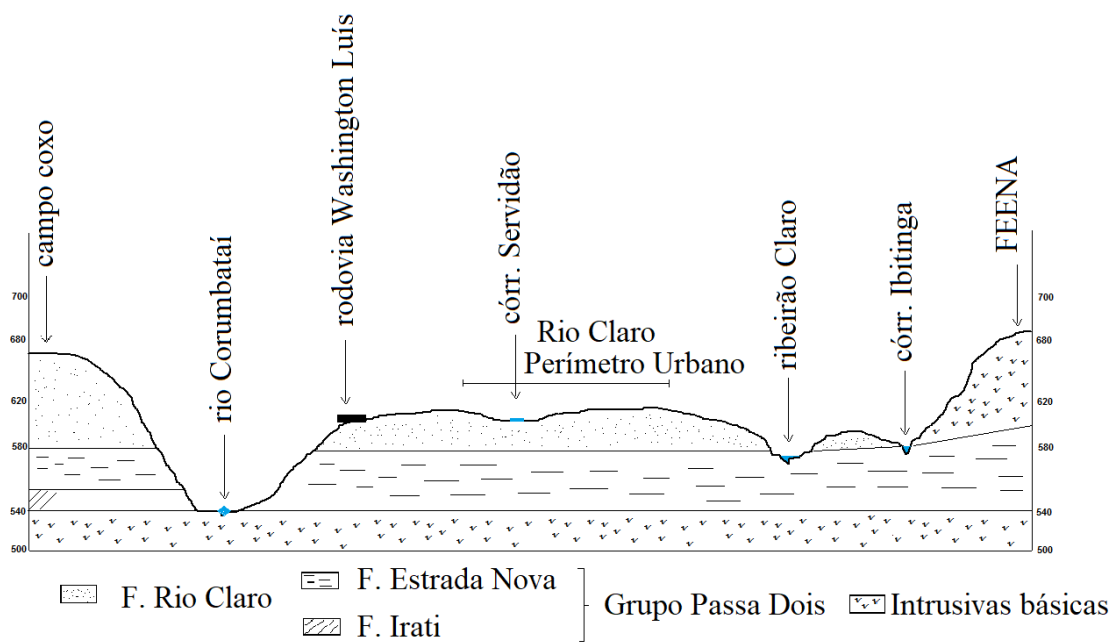


Elaboração: Fornazieiro (2019).

O embasamento geológico se constitui, em sua maior parte, por rochas sedimentares da Formação Corumbataí e Formação Rio Claro, ocorrendo também rochas intrusivas básicas (ZAINÉ; PERINOTTO, 1996).

A morfologia apresenta-se em forma de amplitude de horizontes e suavidade de formas, com topografia pouco acidentada e colinas de topo aplainado entre 500 e 700 metros, levemente convexas, divisores de vales largos, rematados em fundo chato de planícies aluviais e com rede de drenagem bastante densa (PENTEDO, 1976). A Figura 9 representa a morfologia e o embasamento geológico encontrado na região que abarca desde o Campo do Coxo até o Horto Florestal, perpassando pelo vale do rio Corumbataí, rodovia Washington Luís e perímetro urbano de Rio Claro, rodovia Washington Luís e perímetro urbano de Rio Claro.

Figura 9 – Perfil Topográfico-Geológico de Rio Claro (Horto Florestal – Campo do Coxo)



Fonte: Adaptado de PENTEADO, 1981, p. 26.

De certa forma, as características morfológicas da região de Rio Claro na Depressão Periférica Paulista não colocaram empecilhos à expansão do café, o qual se adaptou bem ao clima regional *Cwa* (na classificação climática de Köppen) e prosperou sob a terra roxa e os arenitos mais férteis, permanecendo neste tipo de clima (*Cwa*) (AB’SABER, 1956).

Rio Claro está justamente sob a influência dessa zona climática, *Cwa*, a qual se configura por ser um clima temperado úmido, com estações bem definidas, isto é, verão quente e úmido e inverno frio e seco, características que podem ser constatadas nos dados de precipitação e temperatura médias mensais registradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias mensais de Precipitação e Temperatura (1936 e 2018) - Rio Claro/SP

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média*	247,38	203,45	149,54	67,46	63,00	40,95	29,50	28,16	64,57	124,60	147,48	212,93
T^a												
Média (°C)	23	22,8	22,6	20,9	18,3	16,5	16,4	17,8	19,5	20,9	21,8	22,5

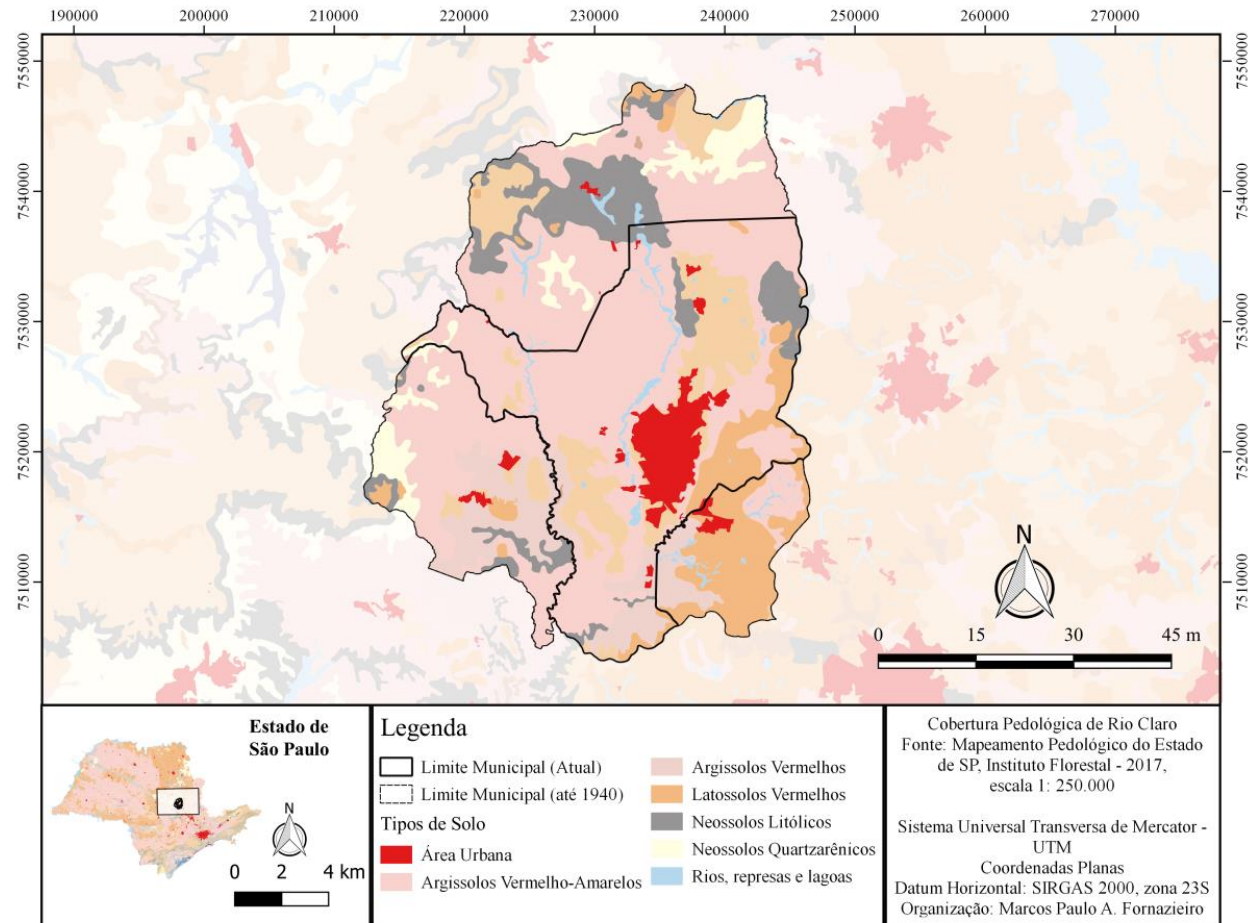
* A unidade de medida, 1mm de chuva, equivale ao volume de 1 litro precipitado sobre uma superfície de 1 m² de área.

Fonte: Banco de Dados Hidrológicos – DAEE. Disponível <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>, acesso em 22/02/2019.

Climate-Data. Disponível <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/rio-claro-10674/>. Acesso em 22/02/2019.

Além do clima, a cobertura pedológica, sobretudo a presença de terra roxa em afloramentos de sills e diques de diabásio, foi outro fator determinante para a consolidação do café na Depressão Periférica Paulista. De acordo com o mapeamento da cobertura pedológica (Figura 10), observa-se na região de Rio Claro, uma variabilidade de tipos de solo, que se diferenciam em termos de granulometria e texturas, mas também em fertilidade e erodibilidade. São eles: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico, Argissolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Eutrófico, Neossolo Quartzarênico Distrófico e Neossolo Litólico Eutrófico e Distrófico (ROSSI, 2017).

Figura 10 – Mapa Pedológico de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2019).

O latossolo vermelho eutrófico é o de maior fertilidade e ocorre em maior proporção na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (Horto Florestal), na zona sudeste de Rio Claro e, também, em área onde hoje se localiza o município de Santa Gertrudes. O argissolo vermelho-amarelo é o de maior ocorrência no município (57%), mas sua fertilidade está relacionada ao nível de saturação por bases (trofismo). Com isso, os solos eutróficos apresentam boa fertilidade, enquanto os distróficos são pobres. Na tabela 5 é possível conferir as características de cada tipo de solo presentes na região de Rio Claro (ROSSI, 2017).

Tabela 5 – Tipos e características do solo na Região de Rio Claro

Tipo de Solo	Textura	Fertilidade	Fragilidade
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Arenoso	Alta	Susceptibilidade à erosão
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Arenoso	Baixa	Susceptibilidade à erosão
Argissolo Vermelho	Argiloso	Variável	Variável
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Arenoso/Argiloso	Baixa	Variável
Latossolo Vermelho Eutrófico	Muito Argiloso	Muito Alta	Susceptibilidade à compactação
Neossolo Quartzarênico Distrófico	Arenoso	Muito Baixa	Susceptibilidade à erosão e lixiviação em áreas declivosas
Neossolo Litólico Eutrófico	Arenoso/Argiloso	Alta	Frágil, sendo recomendável a conservação
Neossolo Litólico Distrófico	Arenoso/Argiloso	Baixa	Frágil, sendo recomendável a conservação

Fonte: ROSSI, 2017; Agência Embrapa de Informações Tecnológicas – Ageitec (Disponível https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/Abertura.html). Acesso em 22/03/2019.

Ab'Saber (1956) destaca que fatos geoeconômicos, como o desenvolvimento da cafeicultura na Bacia Sedimentar do Paraná, dependem de uma ordem de fatores físicos, humanos e econômicos. Estes fatores explicam a prosperidade econômica de Rio Claro em meados de 1830, que se beneficiou de sua posição geográfica na Depressão Periférica Paulista, topografia, cobertura pedológica e das políticas econômicas para se posicionar como um município de fronteira para a expansão oeste do café.

Esse fato econômico impulsionou o crescimento do povoado, elevando sua posição de Freguesia em 1830 à vila em 1845, para Cidade em 1857 e, por fim, para Comarca em 1859. O crescimento urbano durante esse período foi evidente, dando origem a 35 novos quarteirões, os quais se situavam na porção norte do espigão (atuais Av. 2 e

12 e ruas 2 e 8), bem como ao longo das ruas que davam levavam aos municípios de São Carlos e Brotas (TROPMAIR, 2008).

O padrão de construção das primeiras ruas se deu em forma de tabuleiro de xadrez elaborado por Antônio Paes de Barros. As ruas se cruzam em ângulo reto, sendo quase paralelo às direções dos pontos cardeais, apresentando quadras de tamanhos iguais, com braços de 88,80 metros e ruas de 13,31 metros (TROPMAIR, 2008).

Em suma, Rio Claro se desenvolveu, a princípio, em função da cana-de-açúcar e prosperou devido ao café, em comunhão com as atividades pecuárias. Vale destacar que a força de trabalho escrava foi essencial para essas atividades e através das políticas de abolição da escravatura a partir de 1850, passou a contar com o tráfico interprovincial de escravos de regiões decadentes do norte e nordeste. Mais tarde, essa mão de obra foi sendo substituída pela força de trabalho imigrante, principalmente, de alemães e italianos, os quais ocasionaram pequenas mudanças de costumes e estimularam o estabelecimento de pequenas indústrias (COTTAS, 1983; SANTOS, 2002; TROPMAIR, 2008).

Graças ao café, Rio Claro alcançou a posição de terceira cidade economicamente mais importante da província de São Paulo, o que justificou a implementação de grandes feitos no município, como o Gabinete de Leitura (1876), a Philarmônica Rio-Clarense (1879), a Santa Casa de Misericórdia, o novo Cemitério e a Cadeia Pública. No entanto, em 1876, a inauguração da estrada de ferro unindo Rio Claro e Campinas, São Paulo e Santos, constituiu-se o marco mais relevante do século XIX para o município. Em 1885 a chegada da luz elétrica deu novo impulso social e econômico à cidade, tornando-a a segunda do Brasil a ter iluminação elétrica (TROPMAIR, 2008).

Segundo Troppmair (2008), a estrada de ferro não só beneficiou o cultivo de café na região, como também deu novos rumos à urbanização e industrialização do município. Em 1892 foram instaladas as Oficinas Mecânicas da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, que montavam máquinas e vagões importados, contando com cerca de 2.000 empregados. Além disso, dois ramos de indústria se destacaram e se expandiram rapidamente: os de bens de consumo (cervejarias, calçadistas, panificadoras e docerias) e a produção de materiais de construção (cal, telhas e esquadrias).

Sampaio (1987) denominou de fase pioneira o estabelecimento desses empreendimentos industriais em Rio Claro entre os anos de 1873 e 1928. A fase denominada tradicional correspondeu ao período de 1930 a 1970, tendo início com a quebra da Bolsa de Nova York e consequentes mudanças no modelo agrícola exportador, o que impulsionou o desenvolvimento de uma industrialização nacional e local. Rio

Claro, porém, beneficiou-se pouco desse período, apresentando, aliás, um longo período de estagnação econômica e até demográfica, o que, segundo a autora, justifica-se pela pequena capacidade de acumulação de capital no município, a pouca iniciativa da classe empresarial local, o reduzido número de estabelecimentos motrizes que impulsionaram a expansão de outras unidades industriais, a presença das oficinas da Companhia Paulista, que empregou e estabilizou grande número de funcionários, além das precárias condições de abastecimento de água e energia.

A partir de 1970, a industrialização de Rio Claro passou por uma fase mais dinâmica e de consolidação com a criação de um Distrito Industrial no setor norte do perímetro urbano, entre os rios Corumbataí e ribeirão Claro, totalizando 2 milhões de metros quadrados, o que se somou à política de incentivos e isenções fiscais. Beneficiando-se dessa infraestrutura, das facilidades econômicas e também da localização geográfica privilegiada e da facilidade de acesso à capital pelos modais rodoviários e ferroviários, instalaram-se grandes representantes industriais do ramo de materiais plásticos como a Tigre, Ladal e Ancel; de mecânica como a Alfa e John Crane do Brasil; e química como a Uniroyal, Pennwalt, Aldoro, Nheel e Quarex (SAMPAIO, 1987).

Assim como no nível nacional, a industrialização do município impulsionou a urbanização e, conseqüentemente, o setor de serviços e comércio. Na tabela 6 é possível conferir a evolução da população rio-clarense desde sua constituição até 2018.

Tabela 6 – Evolução da População total e urbana do município de Rio Claro

Ano	População Total	Pop. Urbana	Pop. Urbana (%)
1827	800	---	
1871	8.000	---	
1887	12.000	---	
1900	33.171	---	
1920	50.416	---	
1940	47.287	---	
1950	47.073	---	
1960	59.843	---	
1970	77.546	---	
1980	109.821	103.231	94
1991	137.041	131.559	96
2000	167.772	162.738	97
2010	186.253	181.720	97,57

2018	204.797	200.291	97,8
-------------	---------	---------	------

Fonte: Estatísticas Vitais e Informações dos Municípios Paulistas – SEADE (2018); IBGE (2018); TROPMAIR, 2008. Organização: Fornazieiro (2019).

É possível constatar que a população rio-clarense cresceu de maneira acentuada desde sua fundação até meados de 1920 devido à prosperidade econômica da era cafeeira. Entre 1920 e 1960 a economia do município não avançou devido à crise internacional, impactando no baixo crescimento demográfico. Contudo, a partir de 1970 a nova fase de industrialização e abertura econômica brasileira refletiu também em nível local, fazendo com que Rio Claro atraísse um número considerável de indústrias, refletindo num novo dinamismo econômico ao município, o que contribuiu, conseqüentemente, para um incremento populacional, de perfil predominantemente urbano.

Mais recentemente, a população rio-clarense vem apresentando um dinamismo moderado, com taxa geométrica de crescimento anual de 0,8% ao ano (SEADE, 2018). De acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2010), o município de Rio Claro comportava uma população de 186.253 habitantes e a densidade demográfica era de 373,69 hab/km². As projeções para o ano de 2018 indicam uma população de ordem de 204.797 habitantes (IBGE, 2018). O município apresenta população predominantemente urbana, atingindo índices de 97,77% de urbanização (SEADE, 2018). As principais características socioeconômicas do município estão resumidas na tabela 7.

Tabela 7 – Estatísticas socioeconômicas do município de Rio Claro/SP

Ano	Estimativas Populacionais	Densidade Demográfica (hab/km²)	Taxa de Urbanização (%)	PIB per capita (R\$)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)
2010	186.253¹	373,69 ¹	97,77 ²	42.613,74 ¹	0,803 ¹
2018	198.330²	397,92 ²		43.954,78 ²	
2019	206.424³	414,16 ³			

Organização: Fornazieiro (2018)

¹Censo demográfico. Fonte: IBGE, 2010. Disponível <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/rio-claro/panorama>. Acesso em 13/11/2018.

²Informações dos Municípios Paulistas. Fonte: SEADE, 2018. Disponível <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil>. Acesso em 13/11/2018.

³Estimativas – IBGE, 2018. Disponível <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/rio-claro/panorama>. Acesso em 13/11/2018.

Atualmente, a economia de Rio Claro é relativamente diversificada, destacando-se os setores industriais e de serviços. Mais de 40% dos empregos formais estão concentrados no comércio e cerca de 30% na indústria (SEADE, 2018).

Já a produção agrícola é baseada, predominantemente, em grandes latifúndios de cana-de-açúcar, correspondendo a quase 45% da área cultivada. Há destaque também para o reflorestamento de eucaliptos e plantação de laranja, conforme dados do Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo (LUPA), da Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento, realizado entre os anos de 2007 e 2008.

O município também se destaca por fazer parte do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, juntamente com Araras, Cordeirópolis, Ipeúna, Limeira, Piracicaba e Santa Gertrudes, constituindo o maior polo cerâmico de revestimento da América Latina, com um total de 34 empresas de capacidade produtiva de 42,7 milhões de m² de revestimentos cerâmicos, representando 91,3% do total estadual (ASPACER, 2019). A presença de sedimentos lamíticos da Formação Corumbataí, que aflora no vale do rio Corumbataí, oferece a matéria-prima necessária para a fabricação de cerâmicas (ZAINÉ; PERINOTTO, 1996).

Diante do exposto, percebe-se que a organização espacial de Rio Claro, com destaque para o urbano, deu-se em função da interação entre um conjunto de processos socioeconômicos e os condicionantes do meio físico e seus processos naturais, sendo evidenciados na paisagem.

A paisagem natural primitiva de Rio Claro poderia ser descrita pela suavidade do relevo em forma de colinas tabuliformes de vertentes suavemente convexas e patamares de fraca inclinação, recobertos por matas em áreas de terra roxa sobre rochas básicas, e campos e cerrados em regiões mais elevadas de relevo tabular. Contudo, essa paisagem foi totalmente modificada ao longo da história (PENTEADO, 1981).

A paisagem passou por transformações antropogênicas que influenciou na direção e na velocidade da evolução paisagística (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007). De acordo com Penteado (1981), a agroindústria canavieira, implantação industrial e expansão urbana somada à especulação imobiliária foram agentes transformadores da paisagem, os quais modificaram os processos de esculturação do relevo. Com isso, a erosão acelerada passou a ser um aspecto importante da paisagem atual, modificando o perfil das vertentes com rupturas verticais (barrancos abruptos e retilíneos de 5 a 15 metros); aprofundamento de ravinas e aparecimento de voçorocas.

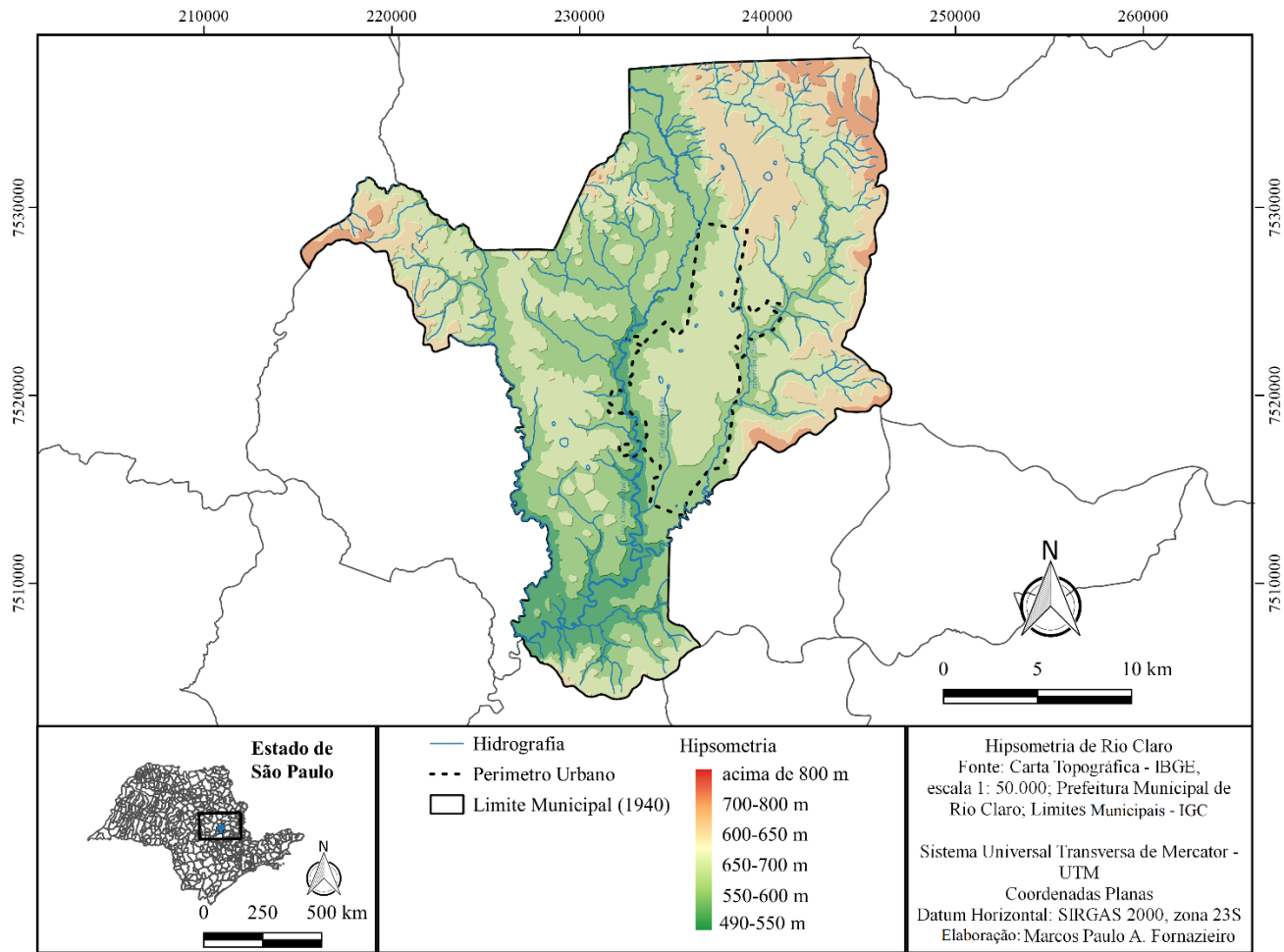
Assim, os processos naturais foram se modificando e se somando à ação humana, sobretudo na cidade, a qual foi, em partes, determinada pelos condicionantes do meio físico. O assentamento urbano ocorreu sobre a superfície plana da porção terminal sul do

interflúvio Corumbataí – ribeirão Claro e, por isso, não houve qualquer obstáculo a sua instalação, o que também favoreceu a edificação em planta tipo tabuleiro de xadrez (PENTEADO, 1981).

Embora praticamente plano, o interflúvio apresenta um desnível de 30 a 40 metros entre o ponto mais elevado e o mais baixo, bastante afastados entre si, predominando, portanto, ondulações suaves e desníveis de pequena amplitude decorrentes de depressões fechadas e das vertentes dos córregos Lavapés e Servidão. Os pequenos córregos são responsáveis pelo entalhamento do interflúvio e devido à natureza litológica dos sedimentos, somada à ação antrópica, há uma tendência ao escoamento linear, gerando o aprofundamento de ravinas e voçorocas, as quais aparecem mais frequentemente nas bordas do interflúvio (PENTEADO, 1981).

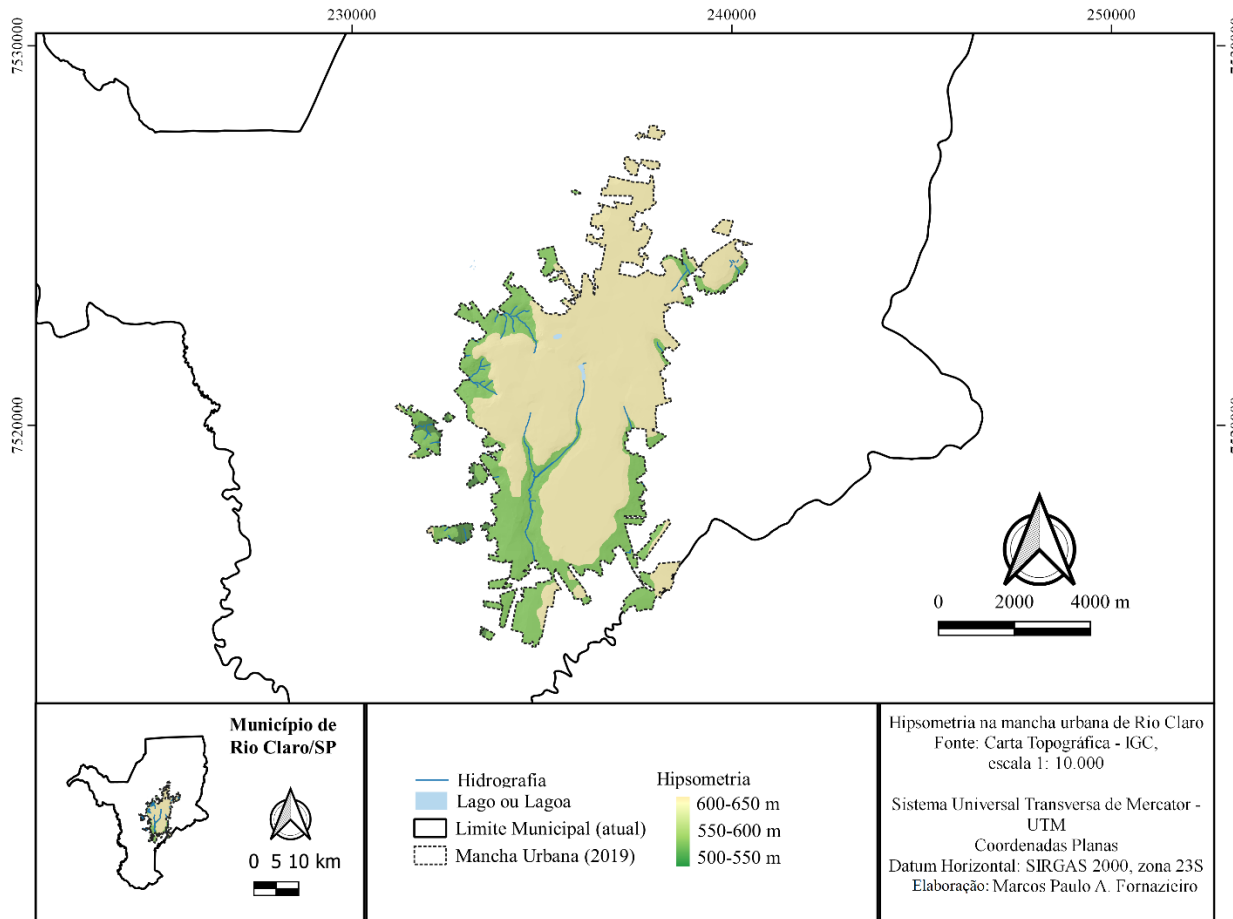
Através do mapeamento hipsométrico (Figura 11) é possível perceber as características morfológicas do município, com destaque para o interflúvio plano Corumbataí – ribeirão Claro, onde se localiza o perímetro urbano, entre a cota 600 e 650 metros. A Figura 12 apresenta a morfologia da mancha urbana em escala de maior detalhe, evidenciando as suaves ondulações e o entalhamento dos córregos no interflúvio.

Figura 11 – Mapa Hipsométrico do município de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2019).

Figura 12 – Mapa Hipsométrico da mancha urbana de Rio Claro/SP

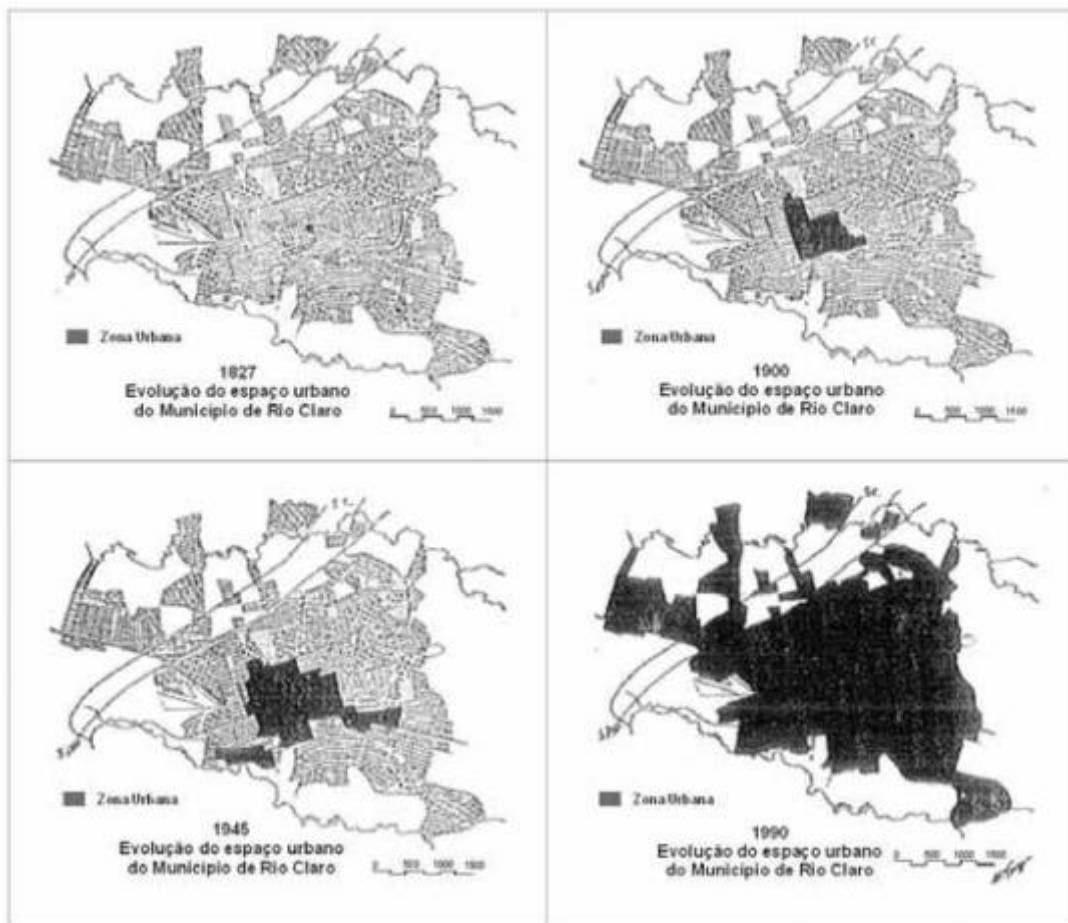


Elaboração: Fornazieiro (2019).

Num primeiro momento, a morfologia foi o fator condicionante à expansão urbana, a qual se concentrou no sentido norte-sul do interflúvio, justamente por se tratar do eixo mais plano do sítio urbano. As várzeas do rio Corumbataí e ribeirão Claro são fatores físicos que, somados a fatores humanos como a implementação da rodovia Washington Luís e da FEENA (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, antigo Horto Florestal), ofereceram resistência ao crescimento urbano no sentido leste-oeste (PENTEADO, 1981).

A ocupação das terras urbanas iniciou-se junto às margens do córrego da Servidão em 1827 e se expandiu pelas cotas mais altas ao redor da Igreja Matriz de São João Batista no período de 1828 a 1835, seguindo posteriormente até as áreas defronte à Estação Ferroviária e ao longo dos trilhos, em direção às oficinas e ao pátio de manobras da FEPASA (Companhia Paulista de Estradas de Ferro S/A). A ocupação “além-trilhos” ocorreu a partir de 1901 com o surgimento dos bairros Cidade Nova, Vila Alemã, Vila Cristina, Vila Paulista, Vila Indaiá, Cidade Jardim e Copacabana (PENTEADO, 1978). A evolução do espaço urbano de Rio Claro pode ser observada na Figura 13.

Figura 13 – Evolução do espaço urbano de Rio Claro em 1827, 1900, 1945 e 1990

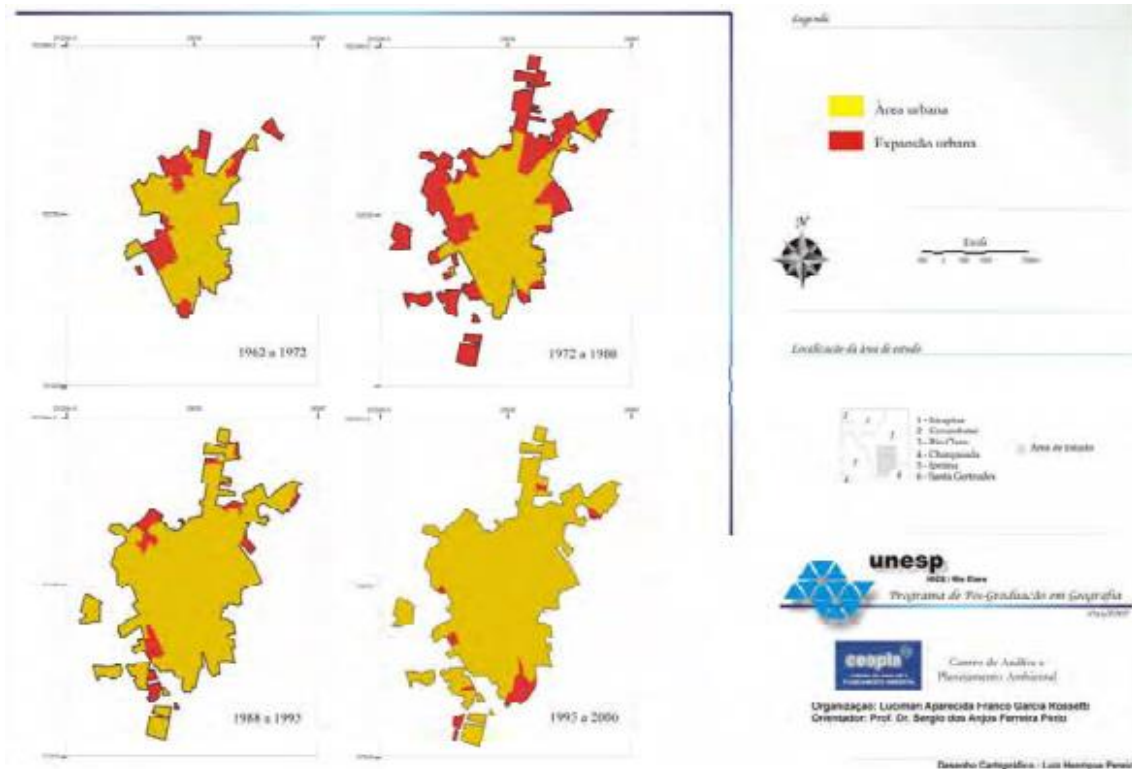


Fonte: Troppmair, 1992, p. 48.

A partir de então, novos loteamentos residenciais foram estabelecidos, impulsionados pela industrialização. Rossetti (2007) analisou a expansão urbana de Rio Claro com base em levantamentos aerofotogramétricos no período de 1962 e 2006 (Figura 14), constatando um significativo aumento do número de loteamentos populares no setor norte e oeste/sudoeste na zona periférica da área urbana, enquanto no setor sul houve predominância de condomínios de classe média. O processo de expansão foi mais significativo entre 1972 e 1988 em decorrência dos novos loteamentos, enquanto nos anos subsequentes predominou o adensamento desses lotes.

Rossetti (2007) enfatizou também o processo de implementação de loteamentos desconectados da mancha urbana, sobretudo aqueles a oeste da rodovia Washington Luís, os quais são fruto da especulação imobiliária. A intenção é que o vazio entre o loteamento e a mancha urbana seja valorizado em razão das infraestruturas demandadas pelos loteamentos afastados, gerando o preenchimento gradativo das áreas disponíveis.

Figura 14 – Evolução da expansão urbana de Rio Claro entre 1962 e 2006.



Fonte: Rossetti, 2007, p. 76

Como pode ser verificado na Figura 11, as barreiras físicas, como as várzeas do rio Corumbataí e ribeirão Claro, foram bastante atuantes na expansão urbana de Rio Claro. No entanto, a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade foi mais efetiva enquanto obstáculo, impondo total restrição à ocupação no sentido leste da mancha urbana. Com isso, predominou uma expansão nos sentidos norte e oeste.

De acordo com Pancher e Freitas (2004), a partir da década de 1980 a expansão urbana de Rio Claro se dirigiu às áreas de várzeas do rio Corumbataí, resultando na degradação das matas ciliares. A autora constatou que 5 bairros se situam junto ao rio Corumbataí, sendo eles o Jardim Boa Vista, Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Nova Rio Claro e Jardim das Palmeiras. Além deles, os Jardins Maria Cristina e Nova Veneza indicam tendência de se expandirem rumo às áreas de várzea.

Em especial no Jardim Nova Rio Claro a transposição das barreiras físicas foi além do rio e cruzou também a ferrovia e a rodovia Washington Luís.

Com o crescimento urbano e as políticas de planejamento pouco valorizadas e implementadas pelas gestões públicas e privadas, é evidente o surgimento de problemas

ambientais urbanos, sobretudo em áreas menos adequadas à ocupação. Dentre esses problemas, os alagamentos são um dos mais marcantes na área de estudo. Penteadó (1981), por exemplo, já alertava em relação ao deficitário escoamento das águas pluviais de Rio Claro. Segundo a autora, apesar de o relevo plano favorecer o assentamento e expansão da cidade, por outro lado, prejudica a capacidade de escoamento natural, o que somado a um deficitário escoamento subterrâneo através de bueiros, resulta em inúmeras ruas alagadas nos dias de chuvas mais intensas.

Outro aspecto se refere à expansão da mancha urbana em direção às áreas menos favoráveis à urbanização, que partiu das altitudes mais elevadas da morfologia de superfície sub-tabular em direção às áreas de fundo de vale, onde há naturalmente susceptibilidade à inundação, bem como em direção às bordas dissecadas do interflúvio, marcadas por anfiteatros bem desenvolvidos em virtude dos inúmeros afluentes do rio Corumbataí e ribeirão Claro, ocasionando processos erosivos acelerados em forma de ravinas e voçorocas (CUNHA; MORUZZI; BRAGA, 2009).

Em relação à dinâmica hídrica urbana, Cunha; Moruzzi e Braga (2009) também destacaram a canalização de córregos afluentes do ribeirão Claro, como o Lavapés sob a Avenida Ulisses Guimarães, e afluentes do rio Corumbataí, no caso do córrego da Servidão sob a Avenida Visconde do Rio Claro. Essas avenidas já são historicamente reconhecidas como áreas de inundação e passaram por várias obras de micro e macrodrenagem urbana no intuito de minimizar os efeitos das chuvas.

Segundo Tavares e Silva (2008), o modelo de urbanização que se apresenta hoje é marcado pela ocupação de planícies de inundação e impermeabilização de vertentes, tornando o uso do solo urbano uma verdadeira afronta contra a natureza, provocando impactos catastróficos até mesmo em cidades de topografia relativamente plana.

Em Rio Claro a impermeabilização com consecutiva diminuição da cobertura vegetal foi constatada por Rossetti (2007) entre os anos de 1962 e 2006, a qual verificou um decréscimo de 37,4% da cobertura vegetal intraurbana. O resultado disso é a alteração no balanço de radiação no interior da cidade, ocasionando no aumento da temperatura ambiente. Em áreas onde predominam o asfalto e o concreto há uma maior absorção da energia solar, produzindo ilhas de calor e criando condições de movimento de ar ascendente que pode levar a precipitações mais intensas (TUCCI, BERTONI, 2003).

A falta de infraestrutura adequada é mais um dos problemas enfrentados pela maior parte dos municípios brasileiros que se urbanizaram rapidamente. Em Rio Claro, segundo dados do IBGE (2010), apenas 27,8% dos domicílios urbanos em vias públicas

apresentavam urbanização adequada, isto é, com presença de bueiros, calçada, pavimentação e meio-fio.

Apesar disso, o município vem melhorando o atendimento de esgotamento sanitário e coleta de lixo, atingindo índices de 98,6% e 97,6%, respectivamente (IBGE, 2010). A cidade conta ainda com tratamento de 92% de todo o esgoto coletado. No entanto, ainda há muito que se fazer em termos saneamento básico, uma vez que a população urbana e o consumo tendem a aumentar com o crescimento da cidade (BRK Ambiental Rio Claro S/A).

Em média, cerca de 5.900 toneladas de resíduos sólidos entram no aterro municipal. Desse total, 3.904 toneladas são resíduos domiciliares, que podem chegar a 5.637 toneladas por mês em 2034, quando se espera que a coleta seletiva atenda 100% dos bairros (RIO CLARO, 2014).

Embora praticamente toda a cidade seja contemplada pela coleta de lixo, o descarte irregular é bastante frequente na área urbana, sobretudo em terrenos abandonados e junto às Áreas de Preservação Permanente de rios e córregos. De acordo com um levantamento realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Rio Claro, há na cidade cerca de 180 pontos de descarte irregulares de resíduos, apesar de haver seis Ecopontos (G1, 2018).

Vale mencionar também que as atividades econômicas desenvolvidas na cidade são responsáveis por desencadear poluições ambientais que comprometem a qualidade de vida dos habitantes, destacando-se a poluição do ar é a mais crítica. O município se configura como a terceira pior cidade em termos de qualidade do ar no estado de São Paulo, sobretudo em função da grande quantidade de material particulado (MP₁₀), proveniente de fontes diversas, com destaque para os automóveis, queima de biomassa vegetal e impactos diretos e indiretos decorrentes das atividades cerâmicas (CETESB, 2016, MMA, 2019).

Um estudo realizado por Dourado (2016) aponta concentrações elevadas de Material Particulado Grosso (MP₁₀) na cidade de Rio Claro, atingindo valores mais elevados na estação seca, com uma média de 15,7 $\mu\text{g m}^{-3}$, uma vez que o processo de *washout* (“lavagem da atmosfera”) é menor. Durante a estação chuvosa a média foi de 10,8 $\mu\text{g m}^{-3}$.

A análise química da água pluvial de Rio Claro realizada por Santos e Gastmans (2016) comprova os níveis de poluição do ar decorrentes do uso e ocupação do solo, destacadamente as atividades ligadas à produção cerâmica. Entre fevereiro de 2013 e

fevereiro de 2014, quando foram coletadas amostras da água da chuva, os autores verificaram uma leve acidez, cujo pH médio foi de 5,68. Em relação à composição química, constataram elevados valores de concentração Média Ponderada pelo Volume (MPV) de HCO_3^- , indicando a ocorrência do processo natural de interação entre a água da chuva e o CO_2 atmosférico. A influência das atividades do polo cerâmico de Santa Gertrudes foi evidenciada a partir da presença dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} e K^+ , que são compostos típicos de poeiras do solo regional. As concentrações de F^- e Zn^{2+} na atmosfera são resultado da transformação da argila em revestimentos, pigmentação e tintura de produtos cerâmicos. Já as concentrações de NH_4^+ e NO_3^- identificadas estão relacionadas às emissões industriais e, principalmente, de automóveis.

Oliveira et al. (2016) demonstraram ainda que a presença de poeiras minerais na atmosfera das cidades que compõem o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes originam-se basicamente de quatro fontes principais: fonte litológica, fonte terrígena (estrada), fonte industrial e fonte pedológica, sendo esta última a de maior participação por ocupar a maior área geográfica e é onde se desenvolvem as atividades agrícolas e pecuária.

De modo geral, a maior parte dos problemas ambientais urbanos está relacionada à ineficiente gestão do uso e ocupação do solo. Nesse sentido, o Plano Diretor inaugurou um novo marco legal para o planejamento das cidades. Previsto pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001), o Plano Diretor estabelece princípios e diretrizes para o desenvolvimento e expansão urbana e, portanto, consiste num importante instrumento para melhoria da qualidade do ambiente urbano.

O atual Plano Diretor de Rio Claro foi instituído por meio da Lei Complementar nº 0128 de 07 de dezembro de 2017, substituindo a versão anterior de 2007. Logo nas disposições iniciais é possível conferir o compromisso em se alcançar um ambiente mais saudável e equilibrado para o bem-estar da população:

O Plano Diretor de Desenvolvimento de Rio Claro é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana e rural do Município, orientando o ordenamento físico e territorial do município, promovendo o desenvolvimento sustentável, garantindo a função social da cidade e o bem-estar de seus habitantes (RIO CLARO, Art. 1º, 2017).

Dentre as diretrizes e objetivos gerais sobre o território destacam-se os seguintes incisos dos artigos 5º e 6º, os quais orientam medidas importantes para a melhoria da qualidade ambiental urbana, bem como para a justiça ambiental:

- I- Racionalizar a ocupação do solo urbano e rural, em razão da disponibilidade de infraestrutura e fragilidade dos recursos naturais;
- III- Promover a justa distribuição dos ônus e benefícios do processo de urbanização do território;
- V- Conciliar a manutenção ou melhoria de padrões urbanísticos à função social da cidade, democratizando o território aos diferentes grupos sociais;
- VI- Conter o espraiamento, fragmentação e compartimentação da área urbanizada do Município;
- IX- Preservar, conservar, restaurar, recuperar e proteger os recursos naturais e paisagísticos do Município;
- XIII- Restringir o uso e a ocupação em áreas de risco e de fragilidade ambiental;
- XVI- Viabilizar técnicas e tecnologias que assegurem formas mais sustentáveis de construção de edificações e de parcelamento do solo;
- III- Respeitar as fragilidades ambientais encontradas no território, aplicando restrições ao uso, ocupação e expansão do perímetro urbano;
- IV- Reduzir o espraiamento da mancha urbana por meio do adensamento ordenado das áreas providas de infraestrutura adequada, a melhoria da infraestrutura deficitária nas demais áreas urbanas e vedação de conversão de usos rurais para usos urbanos em áreas que não sejam previstas nesta Lei;
- VIII- Garantir o acesso pleno de seus habitantes à cidade, seus serviços, oferta de emprego e renda, moradia e infraestrutura;
- X- Melhorar a cobertura do saneamento ambiental do Município, em suas diferentes formas;
- XI- Promover a justiça social e combater as desigualdades no espaço intra-urbano e entre áreas urbanas e rurais do Município. (RIO CLARO, Arts. 5º e 6º, 2017).

No que se refere ao meio ambiente, o Plano Diretor traça no artigo 8º as seguintes diretrizes e objetivos que, se viabilizados, podem trazer ganhos ambientais significativos para a área urbana:

- VIII- Adequado tratamento da arborização enquanto elemento integrador na composição da paisagem urbana;
- XI- Controle ambiental de empreendimentos e de atividades potencialmente ou efetivamente poluidoras;
- X- Proteção e recuperação de áreas em processos erosivos, desmatamento ou outra forma de degradação ambiental, assim como aquelas sujeitas a inundações (RIO CLARO, Art. 8º, 2017).

Nos artigos 17 e 18, que tratam da política de saneamento ambiental, também são anunciadas diretrizes e objetivos importantes para a melhoria da qualidade ambiental, com destaque para aquelas que visam mitigar problemas de drenagem urbana:

II- Promoção da universalidade do tratamento de esgoto, inclusive nas áreas ocupadas irregularmente desde que consolidadas e passíveis de regularização;

IV- Melhoria da drenagem da área urbana, recuperando e restaurando a função ambiental dos fundos de vales e cursos d'água inseridos ou adjacentes ao perímetro urbano;

V- Gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos;

I- Controlar o processo de impermeabilização do solo;

II- Melhorar a infraestrutura urbana de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e coleta e disposição de resíduos sólidos, com a meta de universalização de seus serviços;

III- Ajustar a expansão urbana do Município à adequada e prévia implantação de infraestrutura que comporte o processo de urbanização;

IV- Promover intervenções urbanas para melhoria do saneamento ambiental;

V- Utilizar métodos e técnicas de tratamento de água e esgoto que produzam menor impacto ao ambiente, tais como tratamentos biológicos de esgoto ou bacias de evapotranspiração e sistemas de *wetlands* contruídos, especialmente na zona rural (RIO CLARO, Arts. 17 e 18, 2017).

Como medida de ordenamento territorial, o Plano Diretor divide o território municipal em áreas com homogeneidade em relação às características ambientais e o grau de urbanização, definindo macrozonas que ditam a forma de utilização e o planejamento do uso e ocupação do solo. Quanto à macrozona urbana, estão compreendidas as áreas urbanizadas do município e aquelas em vias de urbanização, sendo definidos objetivos que visam prover e compatibilizar a capacidade de infraestrutura e serviços públicos; aproveitar imóveis urbanos ociosos; aprimorar a relação entre a cidade e seus cursos d'água por meio do controle da ocupação e criação de parques lineares; melhorar a ambiência da cidade através de adequações viárias, arborização de vias e implantação de áreas verdes e de lazer; mitigar ou recuperar os danos ambientais e garantir o bem-estar da população urbana com o controle das atividades desenvolvidas nessa macrozona.

De forma mais específica, é definido o zoneamento urbano com o intuito de estabelecer regras de uso e ocupação do solo em áreas localizadas dentro da macrozona urbana e do perímetro de expansão urbana. Desse modo, foram instituídas as seguintes zonas:

- ✓ Zona Residencial (ZR): de uso residencial e de maior restrição urbanística;
- ✓ Zona Predominantemente Residencial (ZPR): predominantemente de uso residencial com maior possibilidade de adensamento, possibilidades de combinação de usos não residenciais de menor incomodidade;

- ✓ Zona de Uso Diversificado (ZUD): possibilidade ampla diversidade de usos, condicionados a baixo e médio potencial de incomodidade;
- ✓ Zona Industrial (ZI): possibilidade de instalação de usos de maior incomodidade e impacto ambiental, com vedação de usos residenciais;
- ✓ Zona de Uso Sustentável (ZUS): restritas a ocupação e parcelamento do solo, objetivando resguardar as funções ambientais.

A partir da revisão bibliográfica e da caracterização geral de Rio Claro/SP, bem como do seu processo de urbanização, problemas ambientais urbanos e perspectivas futuras para o desenvolvimento da cidade, foi possível reconhecer indicadores que representam mais precisamente a qualidade desse ambiente urbano. Pela proposta de Nucci (2001), é recomendável cartografar o maior número possível de atributos ambientais, no entanto, mais importante do que isso é levar em conta quais desses atributos são realmente determinantes para uma ou outra área de estudo, uma vez que o Brasil possui uma grande geodiversidade, conforme destacou Troppmair (2004).

5. INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Segundo Silva, Terra e Nascimento (2017) os indicadores “são parâmetros individuais que servem como medida das condições de um determinado fator ambiental (físico, biótico ou socioeconômico)” (SILVA, TERRA, NASCIMENTO, 2017, p. 48).

Devem ser seguidos critérios rigorosos de seleção e observar as reais necessidades da área de estudo. Para Silva, Terra e Nascimento (2017) é recomendável que esses indicadores sejam diretos, apresentem fundamentação técnico-científica, sejam usualmente utilizados pelo meio técnico e evitem ser polêmicos.

Assim sendo, os indicadores selecionados e justificados para este estudo de qualidade ambiental urbana de Rio Claro estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Indicadores da Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro

Indicador	Justificativa
Cobertura vegetal urbana	De acordo com Nucci (1996), é um indicador imprescindível para atestar o estado de qualidade ambiental das cidades e já é consenso entre os pesquisadores do tema. Seus benefícios são amplamente conhecidos e abarcam a redução das ilhas de calor, melhoria do conforto térmico, redução do consumo de energia, retirada de dióxido de carbono (CO ₂) da atmosfera, redução da poluição do ar, redução das enchentes, diminuição dos ruídos, além de oferecer colorido e plasticidade ao meio urbano (LIMA e AMORIM, 2006; GARTLAND, 2010). Em Rio Claro a vegetação intraurbana é bastante rarefeita e escassa, o que é sensivelmente percebido durante os dias de alta temperatura. Rossetti (2007) constatou um decréscimo expressivo de 37,4% da cobertura vegetal intraurbana entre os anos de 1962 e 2006.
Poluição ambiental (ocorrência de indústrias, contaminação, descarte irregular de lixo e postos de combustíveis)	De acordo com o diagnóstico ambiental da área de estudo, considerou-se relevante identificar fontes poluidoras e com potencial poluidor ou de gerar danos graves ao ambiente e aos habitantes. Desse modo, cita-se que as industriais geram resíduos sólidos, líquidos e gasosos que podem levar à contaminação e poluição da água, ar e solo, o que afeta diretamente a saúde da população, sobretudo os mais pobres que passam a residir em bairros operários próximos às fontes de poluição por serem desvalorizados (PEREIRA, 2002; GUIMARÃES, 1995). A industrialização de Rio Claro é bastante significativa, apresentando grandes matrizes industriais com potencial poluidor, com destaque para a atividade cerâmica. A poluição do ar confere à cidade título de destaque no Estado devido às altas concentrações de material particulado grosso (DOURADO, 2016). Já as áreas contaminadas têm capacidade de gerar danos difusos e incalculáveis. Sanches (2001) destaca quatro principais problemas associados às áreas contaminadas: risco à saúde humana e aos ecossistemas, risco à segurança dos indivíduos e das propriedades, redução do valor imobiliário e restrições à ocupação urbana. Além disso, há elevados riscos de contaminação dos recursos hídricos e, portanto, das fontes de mananciais da cidade. A Cetesb mantém um registro atualizado de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, tornando o gerenciamento dessas áreas mais acessível e efetivo. Com relação ao descarte de resíduos, Mucelin e Bellini (2008) citam que o problema gera a contaminação de corpos d'água, assoreamento, alagamentos, proliferação de vetores transmissores de doenças, além de poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente. Na área urbana de Rio Claro esse é um problema ambiental grave e bastante visível, de acordo com as informações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Os postos de combustíveis, por sua vez, são fontes potenciais de gerar danos e acidentes graves, oferecendo contaminação à água superficial, subterrânea, ao solo e ao ar, além do risco iminente de causar incêndios e explosões, sobretudo se considerado que a localização dessa atividade está associada a áreas densamente povoadas (CONAMA, 2000). Em Rio Claro, a Cetesb catalogou 19 pontos de contaminação de BETEX (hidrocarbonetos), provenientes de postos de combustíveis.
Áreas vulneráveis à inundação e alagamento*	Além dos prejuízos materiais e financeiros, Tucci (2007) enfatiza também os impactos devido ao aumento da produção de sedimentos e a degradação da qualidade da água drenada pelos esgotos pluviais e contaminação dos aquíferos. Vale enfatizar também as doenças de veiculação hídrica associadas a inundações, como a leptospirose (TUCCI e SILVEIRA, 2001). Episódios de inundações e alagamentos é um problema frequente em Rio Claro, sobretudo após a expansão urbana em direção aos fundos de vales do rio Corumbataí e de seu afluente, o ribeirão Claro.
Uso do solo urbano	Para Nucci (1996) o uso do solo urbano é a forma mais importante de inferir a qualidade ambiental de um determinado local, tendo em vista que a mesma está diretamente relacionada ao tipo de utilização do solo. Casimiro (2000) salienta que o uso do solo é o ponto de intersecção mais importante entre as atividades humanas e o ambiente, notadamente no nível dos sistemas biogeoquímicos. A forma como o solo é utilizado nas cidades podem gerar uma série de problemas socioambientais e conflitos de vizinhança, contribuindo para a piora ou melhora dos níveis de qualidade ambiental local e regional. O uso do solo de Rio Claro é bastante diversificado, destacando-se o residencial, comercial e industrial, com carência de espaços livres públicos e áreas verdes.
Temperatura de Superfície	A temperatura de superfície está intimamente ligada ao uso do solo e a cobertura vegetal, sendo um instrumento valioso para regular o balanço energético da superfície e para auxiliar a determinar o clima interno das cidades, onde as trocas de energia têm maior impacto sobre o conforto das pessoas, conforme afirmaram Wang; Zhu e Wang (2004). Lombardo (1985) enfatiza que nas áreas urbanas, o grande volume de edificações favorece o acúmulo de calor, produzindo um <i>stress</i> térmico que pode ser bastante persistente em climas tropicais, o que pode gerar um desconforto térmico que ultrapassa os limites de tolerância dos habitantes.

Elaboração: Fornazieiro (2020).

*As inundações referem-se ao transbordamento da calha regular de um curso d'água atingindo a planície de inundação ou área de várzea, enquanto os alagamentos correspondem ao acúmulo momentâneo de água em locais com sistemas de drenagem deficientes (CARVALHO; MACEDO e OGURA, 2007).

6. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa buscou compreender a qualidade ambiental urbana a partir de uma perspectiva sistêmica, na qual se considera a complexidade das interações entre as partes para o entendimento de um sistema hierarquicamente superior.

A abordagem sistêmica provém da Teoria Geral dos Sistemas, resumida pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy em 1973. Com essa teoria o autor apresentou uma visão orgânica aos estudos, confrontando a ideia cartesiana imperante na época, uma vez que os fenômenos se mostravam envoltos em uma rede complexa de interações.

Na geografia, os sistemas podem ser utilizados para compreender as organizações espaciais, sobretudo os geossistemas, bem como o meio ambiente, desde que haja atenção às limitações do método.

Os sistemas ambientais, segundo Christofolletti (1999), são a expressão espacial da superfície terrestre, que funcionam a partir das interações de fluxos de matéria e energia entre seus componentes. Portanto, para a compreensão das questões ambientais é imprescindível conhecer amplamente os aspectos físicos, químicos e biológicos, para pequenas e grandes escalas de grandeza espacial, o que confere uma necessidade de definição do seu sistema de interesse, isto é, estabelecendo seus limites de forma a distinguir o que pertence ou não àquele sistema.

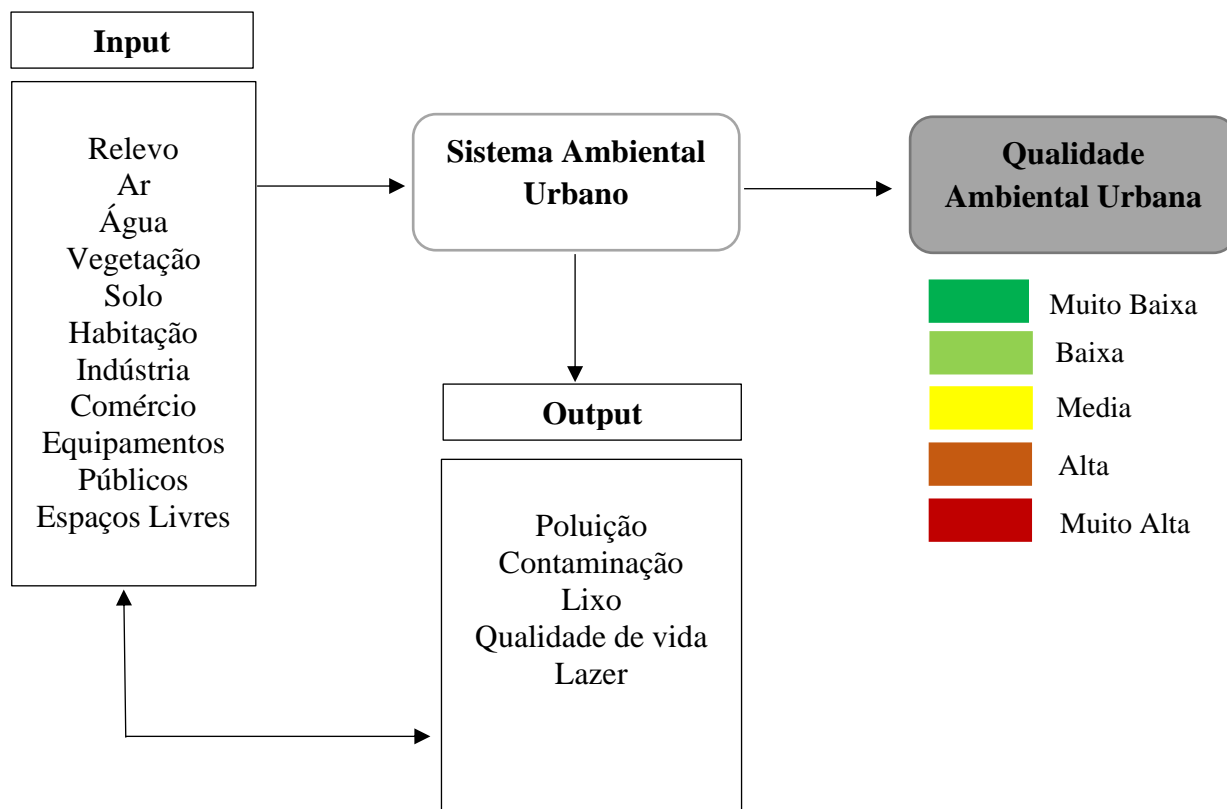
Com base nessas premissas, esta pesquisa limitou-se ao Sistema Ambiental Urbano, em referência à Mendonça (2004), consciente de que esse constitui e é constituído por outros sistemas. A partir das interações entre seus componentes, geram-se problemas ambientais urbanos que atestam seu estado de qualidade ambiental.

Portanto, o ambiente construído pelo homem interage com o ambiente físico-natural do sítio urbano e dessa relação pode-se gerar sistemas ambientais urbanos em estado de equilíbrio ou desequilíbrio, atestados por indicadores de qualidade ambiental urbana, convertidos no objetivo central dessa pesquisa.

Cabe ressaltar também, que esta pesquisa possui caráter exploratório, já que, segundo Gil (2002), esse visa dar maior familiaridade ao problema, tornando-o mais explícito. Os procedimentos aqui adotados caracterizam esse estudo de caso como de natureza quali-quantitativa, pois permite aplicar a uma localidade específica algo mensurável, porém passível de subjetividade à exposição de opiniões e percepções deste pesquisador.

A Figura 15 representa o modelo conceitual adotado neste trabalho para a abordagem do tema.

Figura 15 – Modelo Conceitual da Qualidade Ambiental Urbana para abordagem do tema



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Para atender o objetivo principal dessa pesquisa, referente à análise da Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro, o presente estudo foi desenvolvido utilizando-se documentos cartográficos, produtos sensores, dados alfanuméricos e softwares de georreferenciamento e de SIG, os quais estão discriminados a seguir:

- ✓ Base cartográfica digital do Município de Rio Claro de 2016, em formato *dwg*, na escala 1:2.500, contendo um amplo conjunto de informações vetoriais, das quais foram selecionadas as camadas correspondentes aos bairros, quadras, praças, hidrografia, rodovias, ferrovia e equipamentos de saúde e educação, disponível no site oficial da Prefeitura Municipal de Rio Claro;

- ✓ Ortofoto de 2010/2011, em formato *geotiff*, com 1 metro de resolução espacial, fornecida pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA);
- ✓ Planilha contendo endereço e atividades das indústrias, em formato *xls*, fornecida pela Secretaria da prefeitura municipal de Rio Claro;
- ✓ Relação de áreas contaminadas discriminadas por endereço e coordenada UTM, obtida no site da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em dezembro de 2018;
- ✓ Relação de postos de combustível disponível por endereço, adquirida no site da Agência Nacional do Petróleo (ANP);
- ✓ Arquivos vetoriais e matriciais das áreas de vulnerabilidade à inundação e alagamento, elaborados por Soares (2018);
- ✓ Imagem orbital RGB de 2018 do *Google Satélite* disponível pelo *plugin web* do *Software QGIS*;
- ✓ Banda 10 do sensor TIRS/Landsat-8 de 28 de janeiro de 2019, no formato *tif*, com 30 metros de resolução espacial, adquirida do portal *Earth Explorer* do Serviço Geológico Americano (USGS)
- ✓ Bandas 4 e 8 do sensor MSI/Sentinel 2-A de 02 de outubro de 2019, no formato *tif*, com 10 metros de resolução espacial, obtida do site da Agência Espacial Europeia (ESA);
- ✓ *Software open source* de Sistema de Informação Geográfica SPRING, versão 5.5.6, desenvolvido pelo INPE;
- ✓ *Software open source* de Sistema de Informação Geográfica QGIS, versão 3.14;
- ✓ Programa estatístico PAST, versão 4.02, da Universidade de Oslo;
- ✓ *Software* de métrica de paisagens Fragstats, versão 4.2, desenvolvido pela Universidade de Oregon;
- ✓ Sistema de Navegação por Satélite (GPS – *Global Positioning System*), da empresa Garmin;
- ✓ Plataforma *Geodesign Hub Unip Ltd.*, Dublin, Irlanda.

Através do uso do referido material, foram adotados os seguintes Procedimentos Metodológicos:

6.1. *Procedimentos Metodológicos*

Primeiramente, foi realizada uma ampla revisão da literatura acerca da temática estudada, a qual forneceu o embasamento teórico-metodológico, pautado numa abordagem sistêmica. Concomitantemente, realizou-se uma pesquisa exploratória, a fim de descrever as características físico-naturais e antrópicas e elaborar um diagnóstico da área urbana do município de Rio Claro, o que foi imprescindível para a definição dos indicadores de qualidade ambiental urbana. Vale destacar a contribuição dos estudos de Nucci (1998), que nortearam boa parte dos indicadores. As pesquisas de Camargo (2007), Dias; Gomes e Alkmim (2011), Minaki e Amorim (2012) e Biziak (2017) ofereceram subsídios para reflexão acerca dos indicadores escolhidos, bem como para reforçar a necessidade de conhecimento prévio da área de estudo.

A etapa subsequente foi a coleta e organização do banco de dados geoespaciais (ortofoto, imagem orbital, arquivos vetoriais e matriciais) e alfanuméricos (tabelas) obtidos junto à EMPLASA, à Cetesb, à ANP, à Prefeitura Municipal de Rio Claro, à ESA, à USGS, ao *Google*, bem como do trabalho de Soares (2018).

Os dados geoespaciais foram inseridos e georreferenciados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS versão 3.14, cujo projeto foi referenciado ao Sistema de Projeção Transversa de Mercator (UTM) e ao Datum SIRGAS 2000, Fuso 23S, adotando a Ortofoto de 2010/2011 e resolução espacial de 1 metro cedida pela EMPLASA como base cartográfica de referência. Para a atualização dos cenários, foi utilizada a imagem orbital RGB de 2018 do *Google Satélite*, disponível no SIG QGIS.

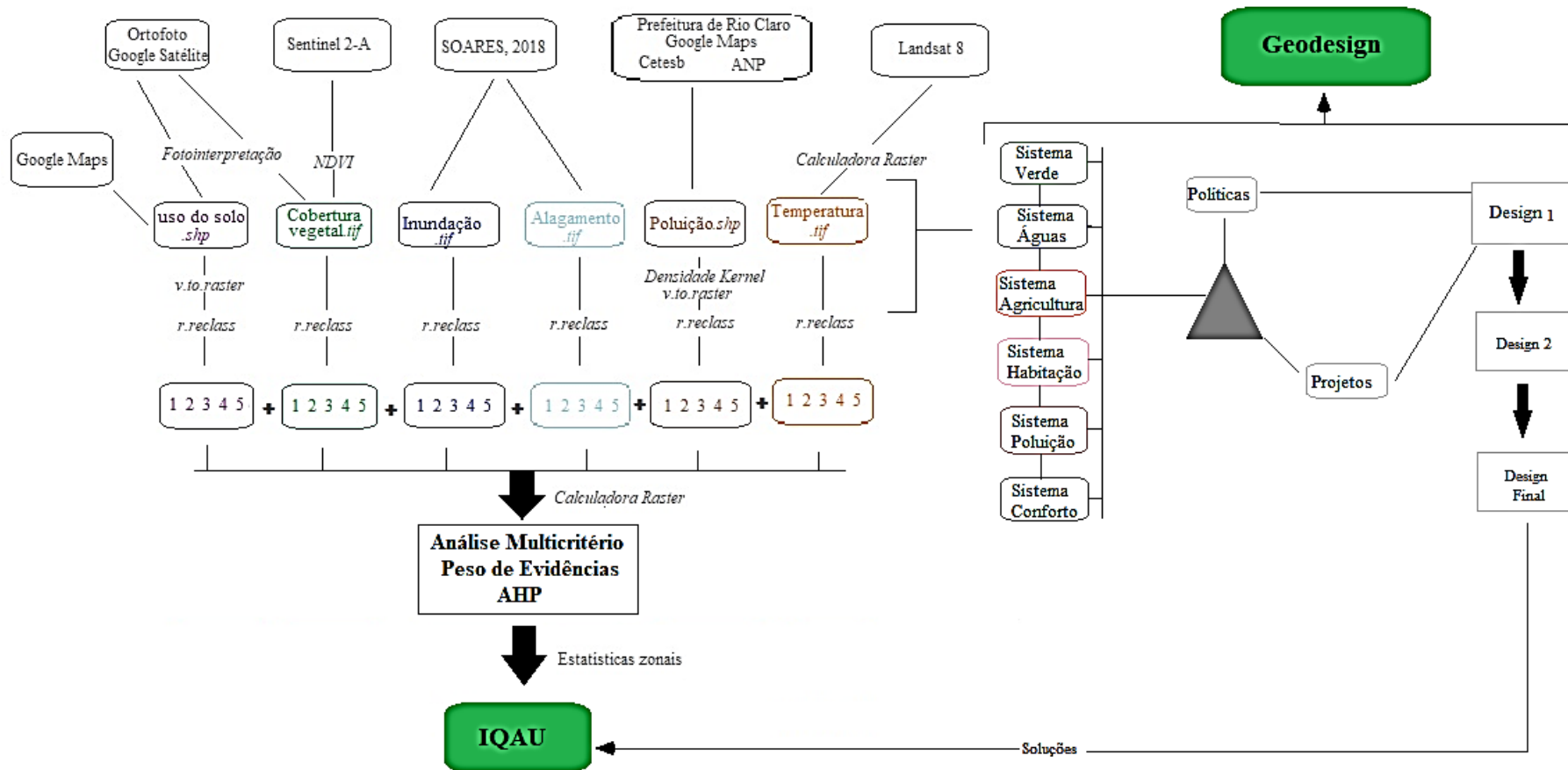
Os dados primários (cobertura vegetal e temperatura de superfície) foram gerados por técnicas semi-automáticas e pela análise espacial da ortofoto e das imagens dos satélites Landsat-8 e Sentinel 2-A, enquanto os dados secundários (poluição ambiental, vulnerabilidade à inundação e alagamento) foram extraídos da Cetesb, ANP, cadastro e site oficial da prefeitura, da base cartográfica municipal, com o apoio das ferramentas *Google Maps* e *Google Street View* e também do trabalho de Soares (2018). O mapa de uso do solo urbano foi elaborado a partir da segmentação, análise e fotointerpretação da ortofoto e *Google Satélite* e mapeamento manual das classes temáticas, com apoio em bases cadastrais como o *Google Maps* e base cartográfica municipal.

Desse modo, a partir dessas bases de dados e procedimentos, foram gerados os seguintes mapeamentos temáticos: cobertura vegetal urbana, poluição ambiental, vulnerabilidade à inundação e alagamento, temperatura de superfície e uso do solo

urbano. Tais mapeamentos representam os indicadores ambientais considerados mais relevantes para qualificar o ambiente urbano de Rio Claro, conforme foram constatados na revisão bibliográfica e através da caracterização ambiental da área de estudo.

Os procedimentos metodológicos adotados para o mapeamento e síntese dos indicadores ambientais encontram-se resumidos no fluxograma da Figura 16.

Figura 16 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Nos itens a seguir estão descritos de forma mais detalhada os procedimentos metodológicos adotados para a produção dos mapeamentos temáticos e elaboração do Índice de Qualidade Ambiental Urbana.

6.1.1. Cobertura vegetal urbana

Para a elaboração do mapa de Cobertura Vegetal Urbana, primeiramente realizou-se a segmentação da ortofoto no *Software* SPRING, com o objetivo de separar as diferentes feições existentes na área urbana, para discriminar as porções de vegetação arbórea e arbustiva e facilitar a edição e a discriminação manual da cobertura vegetal da área urbana de Rio Claro.

A segmentação da imagem é uma etapa preparatória para a etapa de classificação, na qual os *pixels* adjacentes e similares entre si são agrupados através de algoritmos que examinam a textura e a resposta espectral dos *pixels* (ALMEIDA FURTADO; FRANCISCO e ALMEIDA, 2013).

A segmentação da imagem foi realizada aplicando-se alguns testes no algoritmo para se verificar o melhor limiar de similaridade e área. Para isso, estudou-se o comportamento espectral da vegetação a partir da coleta e análise dos níveis de cinza dos *pixels* correspondentes à vegetação em áreas amostradas por toda a mancha urbana. Ao todo, foram coletadas 58 amostras de vegetação arbóreo-arbustiva, cujos níveis de cinza variaram de 11 a 127, resultando num desvio padrão na ordem de 39,12.

Os testes do limiar de similaridade partiram do desvio padrão encontrado entre os níveis de cinza das amostras, uma vez que este valor considera a variação da resposta espectral da vegetação em relação à média, evitando que alvos de interesse sejam perdidos no processo de segmentação.

Segundo Oliveira (2002), deve-se evitar valores de limiares muito baixos, que possam fragmentar excessivamente os polígonos, tornando as regiões visualmente confusas, ou então, valores altos, que acabam agregando segmentos de regiões espectralmente muito distintas, podendo ocorrer perdas de informação. Para tal, o autor recomenda que o tamanho da área deve ser estabelecido levando-se em conta a escala de trabalho que, neste estudo, corresponde a 1:10.000.

Diante disso, gerou-se três produtos segmentados por meio do menu “Imagem” do SPRING, selecionando-se o método de crescimento de regiões, conforme consta na tabela 9.

Tabela 9 – Segmentação para a classe vegetação arbóreo-arbustiva - método de crescimento de regiões, SIG SPRING

Produto	Similaridade	Área
Segmentação 1	30	20
Segmentação 2	35	15
Segmentação 3	40	10

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Após a análise visual dos produtos gerados pela segmentação, constatou-se que os limiares de similaridade 40 e área 10 mostraram-se mais adequados, já que se observou uma menor confusão entre os alvos.

Vale destacar, no entanto, que não foi possível segmentar a imagem sem que houvesse perda ou confusão de informações, uma vez que a resposta espectral dos objetos da imagem pode ser muito parecida, como no caso da vegetação, sombreamentos e corpos d'água em processo avançado de eutrofização.

Por essa razão, foi necessário desprender um considerável tempo de trabalho para a edição dos polígonos segmentados, processo que foi realizado no *Software* QGIS. Em alguns casos, optou-se por poligonalizar alvos de vegetação que foram inadequadamente delimitados pela segmentação.

Posteriormente, os polígonos referentes à cobertura vegetal arbóreo-arbustiva foram selecionados e classificados no mapeamento temático, enquanto os demais polígonos referentes a outros tipos de uso e cobertura foram descartados.

Além do mapeamento manual, a cobertura vegetal urbana também foi caracterizada através do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*). Para isso, foram utilizadas as bandas 4 e 8, correspondentes, respectivamente, à faixa espectral do vermelho e infravermelho próximo do sensor MSI/Sentinel 2-A. Essas imagens são de 02 de outubro de 2019 e adquiridas do catálogo *online* da Agência Espacial Europeia (ESA) no *link*: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>>.

Antes da geração do NDVI propriamente dito, as imagens Sentinel 2-A passaram por um processo automático de correção atmosférica, no qual se usou o método DOS (*Dark Object Subtraction*), disponível no *plugin* SCP Dock (*Semi-Automatic Classification Plugin*) do QGIS. O intuito foi realizar um pré-processamento digital das imagens para minimizar possíveis fatores de interferência presentes na atmosfera sobre

os alvos. Nesse caso, os valores de fator de reflectância aparente são convertidos em valores de reflectância da superfície (NOVO, 2010).

Em seguida foi aplicada a seguinte fórmula pela calculadora *raster* do QGIS para o cálculo do NDVI:

$$\text{NDVI} = (\text{Banda 8} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 8} + \text{Banda 4}) \quad (\text{Equação 1})$$

Nessa operação, a equação 1 foi aplicada *pixel a pixel*, resultando em um NDVI, cujos valores finais variaram entre -0,43 e 0,91. Vale destacar que valores mais próximos de 1 indicam maior vigor vegetativo, enquanto os mais próximos de -1 se referem às áreas sem cobertura vegetal.

A fim de dar maior precisão ao NDVI e garantir a representação das áreas com cobertura vegetal arbóreo-arbustiva, o mapeamento manual da vegetação foi somado ao NDVI. Para isso, os polígonos de vegetação em formato vetorial foram convertidos para o formato matricial, atribuindo valor 1 aos *pixels* correspondentes à vegetação arbóreo-arbustiva e valor -1 para ausência. Dessa forma, por meio da “calculadora raster”, foi possível adicionar o mapeamento manual ao NDVI, o que resultou um novo produto com valores de *pixels* variando entre -1,36 e 1,87.

Em seguida, usou-se o comando “*r.reclass*” do GRASS/QGIS para atribuir os pesos relativos à qualidade ambiental urbana em função da maior ou menor presença de vegetação (Tabela 10).

Tabela 10 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) em função do índice de cobertura vegetal urbana

Índice de Cobertura Vegetal	Limiar	IQUA
-1,36 a -0,79	Sem cobertura	Muito baixo (1)
-0,79 a -0,58	Cobertura herbácea	Baixo (2)
-0,54 a -0,16	Cobertura herbácea-arbustiva	Médio (3)
-0,16 a 1,10	Cobertura arbustiva densa	Alto (4)
1,10 a 1,88	Cobertura arbórea densa	Muito Alto (5)

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Para a definição dos pesos, constatou-se que índices mais próximos de -1,36 indicavam ausência ou incidência insignificante de cobertura vegetal, enquanto valores maiores que 1,44 representavam as áreas com cobertura vegetal mais densa. Dessa forma,

o limiar entre as classes foi estabelecido conforme se verificava correspondência a um maior nível de vegetação.

6.1.2. *Poluição Ambiental*

A poluição ambiental foi caracterizada por um compilado de 308 pontos que apresentam as indústrias potencialmente poluidoras, as indústrias não poluidoras ou com baixo potencial poluidor, os postos de combustível, os pontos contaminados e os pontos de descarte irregular de lixo.

As indústrias com potencial poluidor foram mapeadas com base no cadastro atualizado em 2017, fornecido pela prefeitura municipal de Rio Claro no qual foram confrontados o ramo das atividades industriais com os empreendimentos licenciáveis pela Cetesb em razão do caráter potencialmente poluidor, listados no anexo 5 do Decreto Estadual nº 47.397/2002.

Através do endereço constante no cadastro municipal, as indústrias foram georreferenciadas com base no eixo logradouro do *Google Maps*, integrado ao QGIS, assim como pela análise visual da ortofoto de 2010/2011. Ocasionalmente, a precisão do mapeamento foi conferida pela ferramenta *Street View* do *Google Maps*.

Já as indústrias não poluidoras ou com baixo potencial poluidor foram identificadas no mapeamento do uso do solo urbano, o qual se baseou na fotointerpretação da ortofoto e imagem Google, com apoio nas ferramentas *Maps* e *Street View*. A partir desse processo, 130 indústrias foram identificadas e classificadas.

Com relação aos 48 postos de combustíveis mapeados, vale ressaltar que os mesmos foram extraídos da base da Agência Nacional do Petróleo (ANP), disponível no endereço eletrônico: <<https://postos.anp.gov.br/consulta.asp>>.

As áreas contaminadas correspondem àquelas identificadas e catalogadas pela Cetesb até dezembro de 2018, disponível no endereço eletrônico da companhia por município, endereço e coordenada UTM.

Portanto, foram georreferenciadas 26 áreas contaminadas na área urbana de Rio Claro, utilizando-se a base de eixo logradouro do *Google Maps*, integrada ao QGIS e a ortofoto de 2010/2011. Em alguns casos, foi necessário consultar o *Google Street View* para conferir a precisão do mapeamento.

Do total das áreas mapeadas, seis foram classificadas como de risco confirmado, uma em processo de reutilização, duas estão sob investigação, sete já estão em processo de monitoramento para encerramento, nove em remediação e duas estão reabilitadas.

Já quanto aos pontos de descarte irregular de lixo, os dados foram obtidos do cadastro fornecido pelo Departamento de Resíduos Sólidos, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Rio Claro, os quais foram georreferenciados com base nas coordenadas UTM, integrando-os ao banco de dados da pesquisa.

Ao todo, foram mapeados 15 pontos identificados pela prefeitura como locais corriqueiros de descarte, o que requer ações frequentes e sistemáticas por parte das equipes de limpeza para evitar grandes acúmulos de lixo. Em alguns casos, foi possível constatar e delimitar a extensão dos depósitos irregulares através da ortofoto e imagem orbital.

Através da organização das informações das principais fontes de poluição ambiental presentes na área urbana de Rio Claro, foi criado um arquivo vetorial de geometria pontual para viabilizar a análise espacial por meio da densidade de Kernel ponderada no QGIS, disponibilizada por meio da ferramenta “interpolar”. Definiu-se uma resolução de dez metros para o *raster* de saída e a ponderação do algoritmo levou em consideração o campo “peso” do vetor (arquivo *shape*) “pontos poluidores”, no qual foi atribuído valor 2 para pontos correspondentes às indústrias poluidoras e aos pontos contaminados, e 1 para os demais pontos.

Desse modo, foi gerado o mapa de Kernel ou mapa de Calor, em formato raster, cujo resultado revelou o nível de concentração da poluição ambiental, atribuindo maior importância às indústrias poluidoras e aos pontos contaminados. Como a quantidade de pontos mapeados foi relativamente pequena, os índices de densidade foram baixos, variando de 0 a 41,17.

Do ponto de vista da qualidade ambiental urbana, quanto maior a concentração de fontes poluidoras, menor será a qualidade ambiental. Por isso, foram atribuídos pesos de 1 a 5 para cada classe de concentração de pontos poluidores, seguindo o método de quebras naturais (*Jenks*), o qual busca determinar a variabilidade dos dados, ajustando as classes de acordo com a distribuição dos dados. Posteriormente, foi aplicado o processo de reclassificação do arquivo *raster* com base no Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA), conforme consta na tabela 11.

Tabela 11 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) em função da Densidade de Kernel da poluição ambiental

Densidade de Kernel	IQUA
25,35 – 41,17	Muito baixa (1)
15,34 – 25,35	Baixa (2)

8,23 – 15,34	Média (3)
2,9 – 8,23	Alta (4)
0 – 2,9	Muito Alta (5)

Elaboração: Fornazieiro (2020).

6.1.3. Áreas vulneráveis à inundação e alagamento

As áreas vulneráveis à inundação e alagamento da área urbana de Rio Claro foram extraídas do trabalho cedido por Soares (2018), que empregou o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) proposto por Saaty (1997), para se gerar os zoneamentos de vulnerabilidade com base numa matriz de decisão, que definiu pesos e hierarquia aos atributos: altitude, declividade, geotecnia, uso e ocupação do solo e pontos de alagamento e inundação registrados pela Defesa Civil.

Os referidos mapeamentos foram gerados a partir da ferramenta “*Raster Calculator*” do SIG *ArcGis 10.5*, processando o modelo matemático definido na matriz de decisão e gerando os produtos finais, os quais variaram em graus de muito alta a muito baixa vulnerabilidade.

Considerou-se que quanto maior a vulnerabilidade a alagamento e à inundação, menor será a qualidade ambiental urbana; logo os mapeamentos mencionados foram reclassificados pela operação “*r.reclass*” do GRASS/QGIS, adotando os valores de 1 a 5 para cada classe de vulnerabilidade a alagamento e vulnerabilidade à inundação (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) em função da vulnerabilidade a alagamento

Vulnerabilidade a Alagamento	IQUA
Muito baixa	Muito alto (5)
Baixa	Alto (4)
Média	Médio (3)
Alta	Baixo (2)
Muito alta	Muito baixo (1)

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Tabela 13 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) em função da vulnerabilidade à inundação

Vulnerabilidade à Inundação	IQUA
Muito baixa	Muito alto (5)
Baixo	Alto (4)
Média	Médio (3)
Alta	Baixo (2)
Muito alta	Muito baixo (1)

6.1.4. *Uso do Solo Urbano*

Para o mapeamento do uso do solo urbano foram exportadas da base cartográfica municipal as quadras urbanas em formato *dwg* e convertidas para o formato *shape* no SIG QGIS, onde foram classificadas de acordo com análise visual da ortofoto 2010/2011 e da imagem orbital mais atual (2018) da plataforma *Google* Satélite disponível no QGIS. Como material de referência para a identificação dos usos, foram utilizadas a base cartográfica municipal contendo a localização das praças, parques, instituições de saúde e educação; o mapeamento pontual das indústrias potencialmente poluidoras; o *site* oficial da prefeitura e o *Google Maps*.

O *Google Maps* contribuiu consideravelmente para identificação de vários alvos, como pontos importantes de comércio e indústria; também, serviu para complementar ou até mesmo confrontar as informações da base cartográfica, a qual se mostrou incompleta.

As classes de uso do solo urbano foram definidas refletindo-se nas influências de cada classe para a melhora ou piora da qualidade ambiental urbana, buscando consolidar na literatura as escolhas das nomenclaturas mais apropriadas e populares, objetivando ampliar o canal de comunicação com áreas de interesse, como a de planejamento urbano.

Desse modo, foram definidas 13 classes de uso do solo urbano, sendo que para quase todas as classes optou-se por atribuir maior detalhamento a partir da definição de subclasses. A fotointerpretação visual e mapeamento manual das classes a partir da Ortofoto e da imagem do *Google Satélite* ocorreu por meio da ferramenta de edição do QGIS, fixando a escala 1:1.000 para o processo de vetorização. As classes, subclasses e os critérios utilizados para identificação dos tipos de usos podem ser conferidos na tabela 14.

Tabela 14 – Classes, subclasses e critérios utilizados para o mapeamento de uso do solo urbano

Classe	Subclasses	Critérios e fontes de identificação dos usos
Residencial	Baixo padrão Médio padrão Alto padrão Muito alto padrão	Tamanho médio dos lotes, localização e características regionais do bairro, custo da terra urbana (estimativa realizada através da verificação de valor em <i>sites</i> de imobiliárias), aspectos visuais das construções como telhados, presença de jardins, arborização e espaçamento entre as áreas construídas.
Chácara	Chácara	Tamanho e características rurais dos lotes, com presença de cultivos e estruturas agrícolas, além de arborização mais densa.

Ocupação precária	Ocupação precária	Localização em áreas de restrição à ocupação (próximas a córrego, p. ex.) e características precárias das construções, como telhados e lotes menores que o padrão (<125m ²). Nesses casos, para conferência, fez-se uso também da ferramenta <i>Google Street View</i> .
Comercial	Comercial Posto de Combustível Shopping Center	Fotointerpretação da ortofoto e da imagem orbital em conjunto com o <i>Google Maps</i> , para verificação de centros comerciais próximos às grandes avenidas e outros centros comerciais e aspectos visuais das construções, sobretudo telhados metalizados.
Industrial	Indústria poluidora Indústria não poluidora	Mapeamento pontual das indústrias potencialmente poluidoras, análise visual e localização de grandes estruturas industriais na ortofoto e imagem orbital. Nesse caso, o <i>Google Maps</i> serviu para identificar indústrias não catalogadas como poluidoras, consideradas, portanto, como não poluidoras.
Misto	Residencial e Comercial	Análise do <i>Google Maps</i> para verificação de pontos comerciais de pequeno e médio porte como padarias, bares, restaurantes, empórios, borracharias e oficinas mecânicas no interior de quadras predominantemente residenciais.
Institucional	Equipamentos de saúde, educação, segurança, de governo e religioso Estação Ferroviária Terminal urbano Terminal Interurbano Aeródromo	Identificação de prédios públicos de saúde e educação de acordo com a base cartográfica municipal, fazendo-se necessária a complementação por meio do <i>Google Maps</i> .
Espaço Livre Público	Praça Parque Área de Lazer Acompanhamento e sobras do sistema viário Ferrovia Área de Preservação (antropizada)	Base cartográfica municipal para localização das praças, parques, canteiros centrais e rotatórias. Em alguns casos, foi necessário reavaliar o enquadramento das praças, visto que muitas não possuíam qualificação para tal por se tratarem de canteiros e rotatórias sem estruturas. Para os pontos de lazer e Áreas de Preservação Permanente (APP) foram usados o <i>Google Maps</i> e a hidrografia na escala 1: 10.000, respectivamente.
Espaço Livre Privado	Vazio urbano Jardim Área de Lazer	Lotes desocupados no interior das quadras, áreas de lazer e jardins privados, geralmente dentro de condomínios fechados.
Ecoponto	Ecoponto	Site oficial da prefeitura com a localização dos seis ecopontos existentes na cidade.
Cemitério	Cemitério	Análise visual da ortofoto e imagem orbital em conferência com o site oficial da prefeitura para a localização dos cemitérios público e privado.
Uso restrito	Uso restrito	Áreas envoltórias e rotatórias de rodovias.
Áreas de descarte irregular de lixo	Áreas de descarte irregular de lixo	Cadastro municipal contendo 15 pontos de descarte e análise visual da ortofoto e imagem orbital para delimitação das áreas de descarte.

Elaboração: Fornazieiro (2020).

À cada subclasse de uso do solo urbano foi definido um peso relativo à qualidade ambiental urbana, levando-se em conta a contribuição do tipo de uso para os aspectos ambientais da área. Entendeu-se que as áreas de descarte irregular de lixo, as indústrias poluidoras, os cemitérios e as áreas de ocupação precária são os usos que apresentam a pior qualidade ambiental, ao contrário das áreas residenciais de padrão muito alto, chácaras, usos restritos, praças e parques. Os índices de qualidade ambiental urbana definidos para cada subtipo de uso do solo estão discriminados na Tabela 15.

Tabela 15 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQAU) em função das subclasses de uso do solo urbano

Subclasses	IQAU
Residencial muito alto padrão Chácara Uso restrito Praça Parque	Muito alto (5)
Residencial alto padrão Área de Lazer Equipamentos de saúde, educação, segurança, de governo e religioso Estação Ferroviária Terminal urbano e Interurbano Jardim	Alto (4)
Residencial médio padrão Acompanhamento e sobras do sistema viário Vazio urbano (em áreas residenciais de médio, alto e muito alto padrão) Residencial e Comercial Aeródromo Comercial Shopping Ferrovia	Médio (3)
Residencial baixo padrão Vazio urbano (em áreas residenciais de baixo padrão) Posto de Combustível Indústria não poluidora Ecoponto	Baixo (2)
Ocupação precária Vazio urbano (em áreas residenciais de muito baixo padrão) Áreas de descarte irregular de lixo Indústria poluidora Cemitério	Muito Baixo (1)

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Observa-se, portanto, que os IQAU foram estabelecidos de acordo com as características ambientais e urbanas dos padrões de uso do solo.

6.1.5. Temperatura de Superfície

O mapeamento da Temperatura de Superfície da área urbana de Rio Claro foi gerado a partir da banda 10 do sensor TIRS/Landsat-8, a qual corresponde a faixa espectral do infravermelho termal (10.6 - 11.19 μm), com 30 metros de resolução espacial.

A referida imagem foi disponibilizada gratuitamente pela plataforma EROS (Center for Earth Resources Observation and Science) do Serviço de Pesquisa Geológica dos EUA, através do sítio eletrônico: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Em consulta ao acervo, foi selecionada a cena “LC82200752019028LGN00”, de 28 de janeiro de 2019, com cerca de 0,10% de cobertura de nuvens, em formato Geotiff. Cabe salientar, que para a seleção da imagem, optou-se por uma cena de baixo índice de cobertura de nuvens, recente (resolução temporal) e do período de verão, quando as temperaturas são mais elevadas.

As imagens são disponibilizadas georreferenciadas no Datum WGS84, por isso foi necessário reprojeta-las para o Sistema de Projeção Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S e Datum SIRGAS2000.

Na sequência, foi adotada a metodologia proposta por Coelho e Correia (2013), para a extração das informações de Temperatura de Superfície Celsius do sensor TIRS. Essa metodologia consistiu em aplicar as equações fornecidas pelo Serviço Geológico Americano para a conversão dos níveis de cinza da imagem em radiância e posteriormente para temperatura Kelvin. Desse modo, as equações utilizadas foram:

$$L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + Al \quad (\text{Equação 2 - Nível de cinza para Radiância})$$

* L_{λ} (Radiância Espectral em Watts/($\text{m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$))

* ML (Fator multiplicativo de redimensionamento de banda 10 = 3.3420E-04)

* Q_{cal} (Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10)

* Al (Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (\text{Equação 3 – Radiância em Kelvin})$$

* T (Temperatura efetiva no satélite em Kelvin)

* $K2$ (Constante de Calibração 2 = 1.321.08 K)

* $K1$ (Constante de Calibração 1 = 774.89 K)

* L_{λ} (Radiância Espectral em Watts/($\text{m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$))

Os valores obtidos em Kelvin da equação 3 foram subtraídos pelo valor absoluto 273,15 para se gerar o *raster* de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Para isso foi aplicada a equação 4 por meio da calculadora *raster* do QGIS, resumindo, assim, as equações 2 e 3.

$$TC = (1321.08 / L_{\lambda} (774.89 / (3.3420E-04 * \text{"banda10.tif"} + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

(Equação 4 – Temperatura de Superfície Celsius)

De acordo com Thom (1959) o índice de temperatura efetiva é bastante satisfatório para regiões tropicais e tem sido amplamente utilizado para medição do *stress* térmico humano. De acordo com o referido autor, o conforto térmico para o corpo humano (pessoas adultas vestidas em repouso e com um leve movimento do ar) situa-se entre uma faixa de temperatura que varia de 15°C a 30°C (GOMES; AMORIM, 2003).

Nesse sentido, considerando que o cálculo de temperatura de superfície em Rio Claro variou entre 26°C e 39°C, definiu-se o intervalo entre 26°C e 30°C como sendo a faixa de temperatura mais adequada para o corpo humano e, portanto, a de melhor qualidade ambiental, segundo as considerações de Thom (1959).

Na sequência, o mapa raster de temperatura de superfície foi reclassificado pelo comando “*r.reclass*” do GRASS/QGIS, estipulando faixas de 2°C em 2°C, para as quais definiram-se valores de 1 a 5, correspondentes ao índice de qualidade ambiental urbana (Tabela 16).

Tabela 16 – Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) em função das faixas de temperatura de superfície, em graus Celsius

Temperatura	IQUA
Até 30° C	Muito alto (5)
30°C – 32°C	Alto (4)
32°C – 34°C	Médio (3)
34°C – 36°C	Baixo (2)
Acima de 36°C	Muito baixo (1)

Elaboração: Fornazieiro (2020).

6.2. Síntese dos indicadores e Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA).

Após o mapeamento temático dos indicadores ambientais e posterior reclassificação das legendas em Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA), foi

possível seguir com a etapa de síntese e elaboração da carta final, haja vista que os dados de entrada já se encontravam padronizados em formato matricial e reclassificados em uma escala de 1 a 5, correspondente ao IQAU.

Para o processo de síntese dos mapeamentos, foi adotado o método de análise multicritério por peso de evidências, o qual resulta em um produto cartográfico com um ranqueamento das classes de muito alta a muito baixa. Dentre os métodos disponíveis para a análise multicritério por pesos de evidência, optou-se pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*), pois esse facilita o julgamento dos indicadores através de uma análise aos pares, resultando numa matriz de decisão de fácil interpretação e aplicabilidade. Durante o processo foi possível ouvir a opinião de especialistas de diversas áreas do conhecimento, atribuindo um caráter mais multidisciplinar à pesquisa.

Desse modo, foi aplicada uma pesquisa de opinião em que foram ouvidos especialistas ligados às áreas de geografia, arquitetura, ecologia e engenharia ambiental. Assim, a partir de seus conhecimentos técnicos, cada especialista elaborou uma matriz de decisão nos moldes da apresentada na Tabela 18. O objetivo é que cada especialista atribua uma nota da escala fundamental de Saaty (1977) (Tabela 17) para se definir o grau de importância dos indicadores constantes na coluna sobre os indicadores dispostos na linha e assim se definir a hierarquia e o peso de cada indicador ambiental na construção do Índice de Qualidade Ambiental.

Tabela 17 – Escala fundamental de Saaty (1977)

Nota	Descrição
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante que
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: SOARES, 2018. Adaptado de Saaty (1977).

Tabela 18 – Modelo da Matriz de comparação pareada entre os indicadores ambientais adotado pelos especialistas

	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura
Uso do solo	1					
Cobertura Vegetal		1				
Inundação			1			
Alagamento				1		
Poluição					1	
Temperatura						1
SOMA						

Elaboração: Fornazieiro (2020).

A partir das matrizes de decisão elaboradas por cada profissional, chegou-se aos pesos de influência dos indicadores ambientais, tendo adotado como resultado final a média aritmética entre os pesos atribuídos (Tabela 19).

Tabela 19 – Peso de influência dos indicadores ambientais atribuído pelos especialistas

Indicador	Geógrafo I	Geógrafo II	Geógrafo III	Engenheiro Ambiental	Ecólogo I	Ecólogo II	Arquiteto Urbanista	Média
Cobertura Vegetal	0,35	0,47	0,37	0,03	0,33	0,43	0,47	0,35
Uso do Solo Urbano	0,31	0,30	0,32	0,11	0,28	0,25	0,08	0,24
Inundação	0,15	0,07	0,07	0,24	0,09	0,05	0,13	0,11
Alagamento	0,07	0,04	0,10	0,35	0,09	0,05	0,13	0,12
Poluição Ambiental	0,03	0,03	0,11	0,23	0,16	0,18	0,06	0,11
Temperatura	0,08	0,09	0,02	0,03	0,06	0,03	0,13	0,06

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Assim, em termos de importância os indicadores foram organizados na seguinte ordem hierárquica: cobertura vegetal, uso do solo urbano, vulnerabilidade a alagamento, vulnerabilidade à inundação, poluição ambiental e temperatura de superfície.

Entende-se que a cobertura vegetal costuma ser o indicador mais valorizado pelas pesquisas de qualidade ambiental, devido aos inúmeros serviços ecossistêmicos que oferecem ao ambiente urbano e, conseqüentemente, à saúde da população.

O uso do solo foi considerado o segundo indicador mais importante para a qualidade ambiental, uma vez que a esse tema relaciona-se uma série de elementos que determinam aspectos estruturais (tamanho, qualidade e características das construções) e funcionais (residencial, comercial, industrial, institucional) da paisagem urbana.

Em terceira ordem de importância, definiu-se a vulnerabilidade ao alagamento, vulnerabilidade à inundação e poluição ambiental. Os dois primeiros indicadores estão mais relacionados ao risco associado a episódios hidrológicos extremos, o que pode oferecer estragos e prejuízos materiais e imateriais ao ambiente. Já quanto à poluição ambiental, ponderou-se que embora exista, não houve uma elevada concentração de atividades poluidoras ou áreas poluídas.

Por fim, à temperatura de superfície foi atribuída menor grau de importância, pois não houve grande variabilidade entre as áreas, além de ser um indicador bastante relacionado à presença e ausência de cobertura vegetal.

Após essas considerações e a análise dos resultados, adotaram-se os pesos obtidos pela média aritmética entre os pesos definidos por cada especialista (Tabela 19). Desse modo, na calculadora raster do QGIS, foi aplicada a equação 5, resultando num produto síntese de qualidade ambiental em formato matricial, com 10 metros de resolução espacial, cujos níveis de cinza correspondem aos índices de qualidade ambiental urbana.

$$\text{Síntese} = (\text{Cobertura Vegetal} * 0.35) + (\text{“Uso do Solo Urbano”} * 0.24) + (\text{Vulnerabilidade a Alagamento} * 0.12) + (\text{Vulnerabilidade à Inundação} * 0.11) + (\text{Poluição Ambiental} * 0.11) + (\text{Temperatura de Superfície} * 0.06)$$

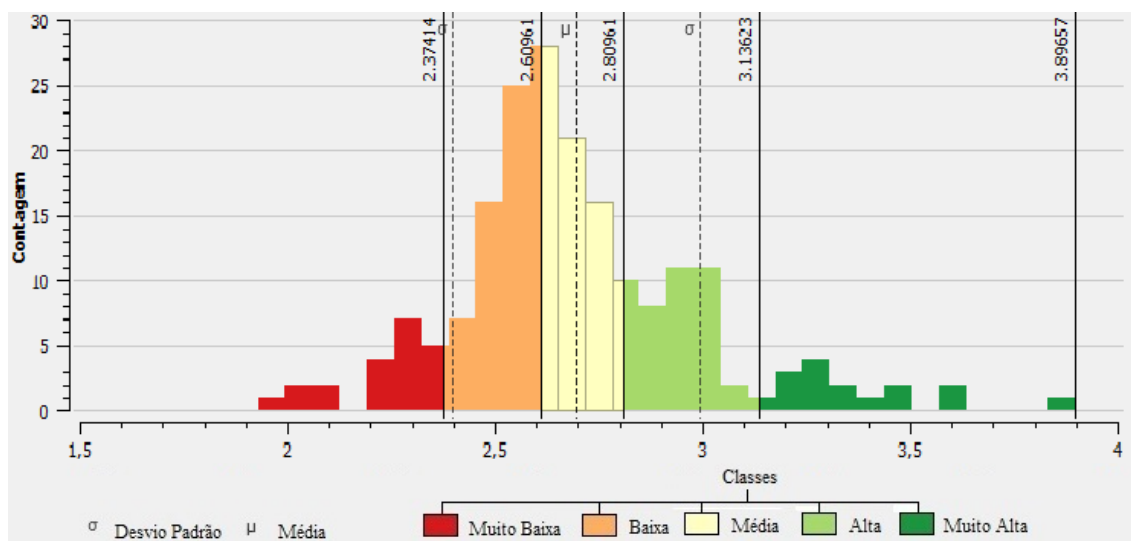
(Equação 5 – Pesos dos fatores para o mapa síntese)

Na sequência, foi aplicado o comando de “estatísticas zonais”, a fim de atribuir o valor médio dos *pixels* à camada vetorial das quadras e dos bairros, de modo a obter um IQAU para o nível das quadras urbanas e também para os bairros.

Para a representação dos dados, os mesmos foram classificados em cinco classes de qualidade ambiental urbana, de muito baixa a muito alta, adotando-se o método de quebras naturais (*jenks*) para se definir o agrupamento das classes com base no IQAU. Após alguns testes, entendeu-se que esse método ofereceu maior representatividade e coerência com os resultados de qualidade ambiental urbana, já que o mesmo consiste em agrupar elementos com menor variância em uma mesma classe ao mesmo tempo em que busca a maior variância entre as classes.

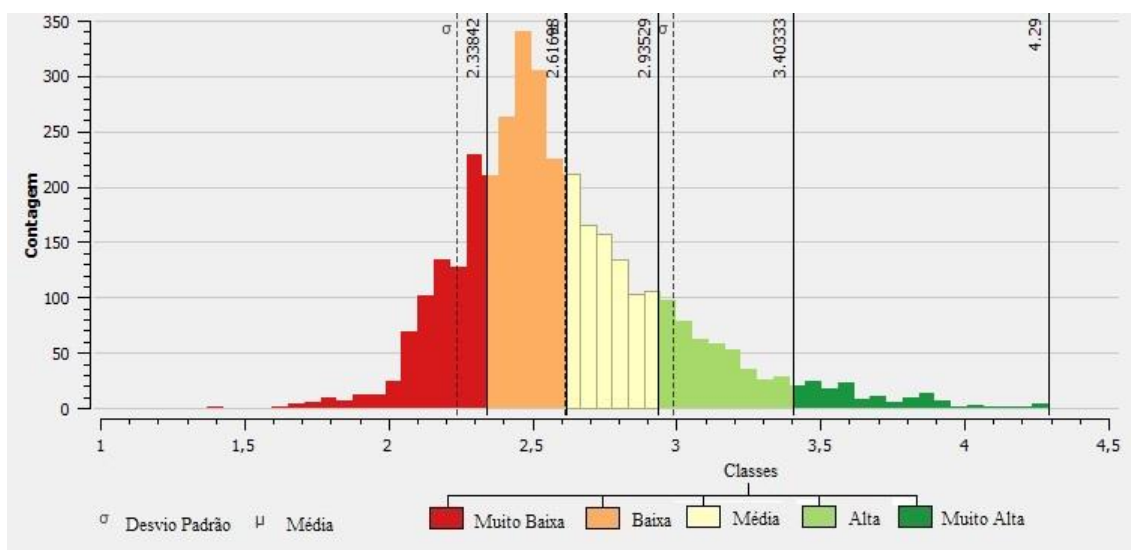
As Figuras 17 e 18 ilustram os histogramas que representam a distribuição dos IQAU por bairros e quadras, respectivamente. Com base primeiro é possível constatar que os índices até 2,37 foram classificados como muito baixo, enquanto índices superiores a 3,14 se enquadraram na classe muito alta, o que é bastante próximo do histograma da Figura 19, sendo 2,34 o limite para índices muito baixos e 3,40 para classes muito altas.

Figura 17 – Histograma dos Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) dos bairros



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Figura 18 – Histograma dos Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) das quadras



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Dessa forma, os IQUA foram agrupados em classes muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, seguindo o método de quebras naturais, como pode ser observado nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) dos bairros

IQUA	Classe
Até 2,37	Muito baixa

2,34 a 2,61	Baixa
2,61 a 2,81	Média
2,81 a 3,14	Alta
Maior que 3,14	Muito Alta

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Tabela 21 – Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) das quadras

IQUA	Classe
Até 2,34	Muito baixa
2,34 a 2,62	Baixa
2,62 a 2,94	Média
2,94 a 3,40	Alta
Maior que 3,40	Muito Alta

Elaboração: Fornazieiro (2020).

No caso das quadras, é preciso ressaltar que buscou-se garantir que todas as áreas com presença de ocupações precárias e de descarte irregular de lixo fossem enquadradas no IQUA muito baixo, tendo em vista o impacto negativo direto no bem-estar e saúde da população acarretado pela presença desses usos.

A análise e discussão dos resultados foram embasadas pela interpretação da distribuição espacial dos IQUA na área urbana de Rio Claro, bem como pela resposta estatística da variância dos indicadores ambientais adotados na pesquisa. Para isso, os resultados tabulares dos IQUA foram interpretados no programa estatístico PAST 4.02, no qual foi empregado o método de Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Component Analysis*).

Já para os cálculos de métricas da cobertura vegetal urbana, foi utilizado o *software* Fragstats, o qual é bastante utilizado para cálculos de métricas espaciais de paisagens fragmentadas. Neste estudo, a imagem raster da cobertura vegetal foi utilizada para o cálculo do Índice de Forma Média (MSI) e Índice de Área Central (CAI), os quais podem indicar o grau de preservação dos fragmentos arbóreos.

6.3. *Workshop de Geodesign*

Utilizando-se dos resultados alcançados no desenvolvimento desta pesquisa foi proposto a realização de um *workshop* de Geodesign, de acordo com a metodologia de Steinitz (2016). O objetivo foi construir coletivamente um *design* capaz de sugerir uma melhor qualidade ambiental urbana para Rio Claro, envolvendo a participação tanto da academia quanto do poder público.

Inicialmente, foram realizados procedimentos preparatórios ao *workshop*, que contou com a participação exclusiva do autor desta pesquisa, da orientadora e também da Professora Doutora Ana Clara Mourão Moura, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), quem ofereceu todo o suporte teórico-metodológico acerca do conceito de *Geodesign*. Dessa forma, o *workshop* foi precedido pelas etapas de Modelo de Representação, Modelo de Processo e Modelo de Avaliação.

Vale destacar que o *workshop* foi desenvolvido utilizando-se a plataforma internacional *Geodesign Hub*, a qual foi desenvolvida por Ballal (2015) e cedida para o uso educacional desta pesquisa.

Com base nos indicadores ambientais da área de estudo, adotou-se 6 sistemas referentes à vegetação, hidrografia, agricultura urbana, temperatura de superfície, habitação e poluição, representados na plataforma *Geodesign Hub* por: VEGE, AGUAS, AGRIU, CTERM, HABIT e POLUI, respectivamente.

Figura 19 – Sistemas adotados para o desenvolvimento do *workshop*



Organização: Fornazieiro (2020).

O sistema VEGE se referiu às áreas verdes e de cobertura vegetal urbana. O AGUAS englobou áreas vulneráveis à inundação e ao alagamento, bem como as áreas não edificantes ao longo dos cursos d'água (considerou-se o limite de 15 metros para cada margem). O sistema AGRIU foi definido a partir de espaços vazios potenciais à agricultura urbana por não serem adequados à urbanização em razão da vulnerabilidade aos eventos hídricos. Já o sistema POLUI tratou das áreas de concentração de fontes de poluição ambiental (indústrias, postos de combustíveis, áreas contaminadas e áreas de descarte irregular de lixo). Os espaços vazios e os padrões de usos residenciais foram

organizados de forma a comporem o sistema HABIT. E, por fim, o sistema CTERM abordou os dados relativos à temperatura de superfície da área urbana.

Cada um desses sistemas foi pensado de modo a conciliar características importantes acerca da qualidade ambiental urbana da área de estudo e, por isso, formaram a base para as principais etapas do *workshop*.

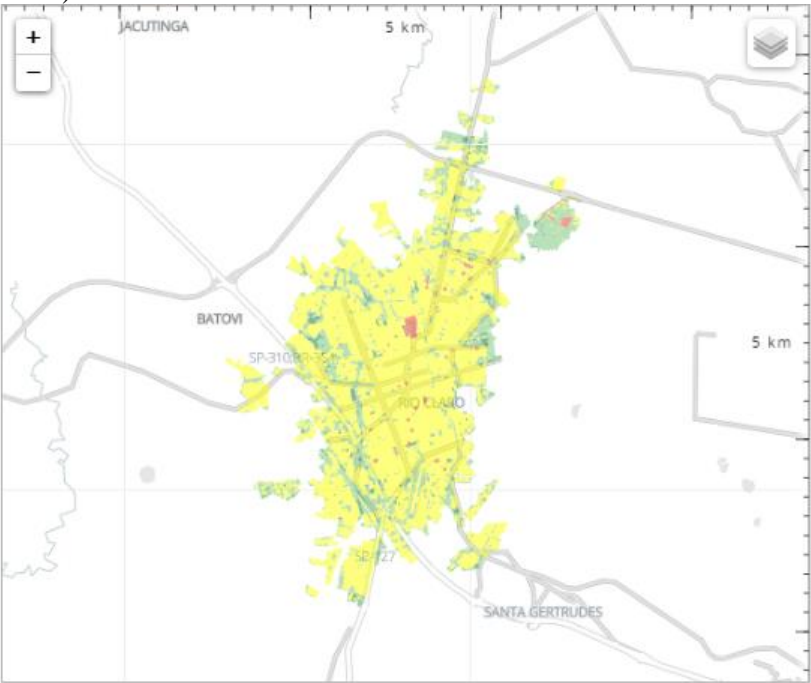
Durante a primeira etapa (Modelo de Representação), todos os dados considerados pertinentes para a caracterização da qualidade ambiental urbana de Rio Claro foram organizados em mapas temáticos no formato GeoPDF. Assim, os participantes puderam constatar como a qualidade ambiental urbana é caracterizada na área urbana de Rio Claro, servindo de subsídio para a elaboração das propostas. Foram disponibilizados mapas referentes a mancha urbana, APP, áreas verdes, cobertura vegetal, uso do solo urbano, fontes de poluição e áreas de alagamento e inundação.

Posteriormente, o Modelo de Processos concentrou-se no mapeamento dos processos ambientais relacionados à qualidade ambiental, buscando compreender como eles se apresentam, principalmente na forma de índices de qualidade, padrões de distribuição e áreas de concentração de fenômenos. Nesse caso, foram avaliados os indicadores de qualidade ambiental referentes a cobertura vegetal, concentração da poluição ambiental, tipologias de uso do solo urbano, vulnerabilidade a alagamento, vulnerabilidade a inundação e classes de temperatura de superfície.

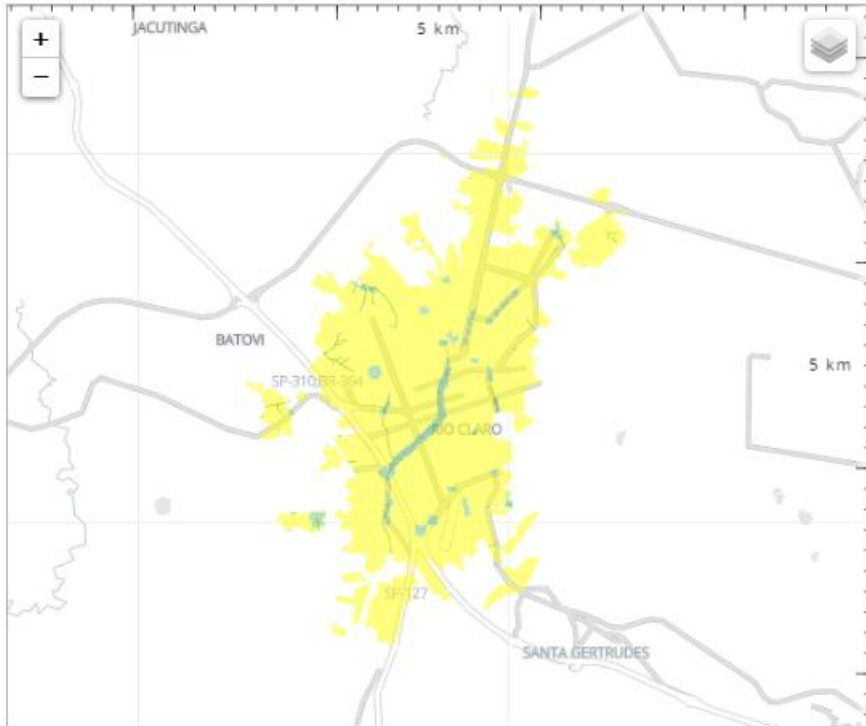
Os dados e informações geográficas coletados e produzidos na pesquisa subsidiaram a produção dos mapas de avaliação (Figura 39), os quais foram referências fundamentais para as tomadas de decisões e percepção dos impactos. Assim, foram julgadas as potencialidades e fragilidades da temática, de forma que foram pensadas as áreas prioritárias ou não prioritárias para a elaboração de propostas de recuperação da qualidade ambiental, as quais deveriam se referir a cada um dos sistemas previamente definidos.

Dessa forma, na etapa de Modelo de Avaliação, como pode ser observado na Tabela 22, os mapas de avaliação para cada sistema foram representados em cinco classes de legenda: alto interesse (verde escuro), médio interesse (verde médio), baixo interesse (verde claro), inapropriado (amarelo) e existente (vermelho), indicado, portanto, áreas mais ou menos apropriadas para implementação de políticas e projetos de melhoria. Os critérios e fontes usadas para a elaboração dos mapas de avaliação podem ser conferidos na Tabela 22.

Tabela 22 - Critérios e legenda utilizada nos mapas de avaliação

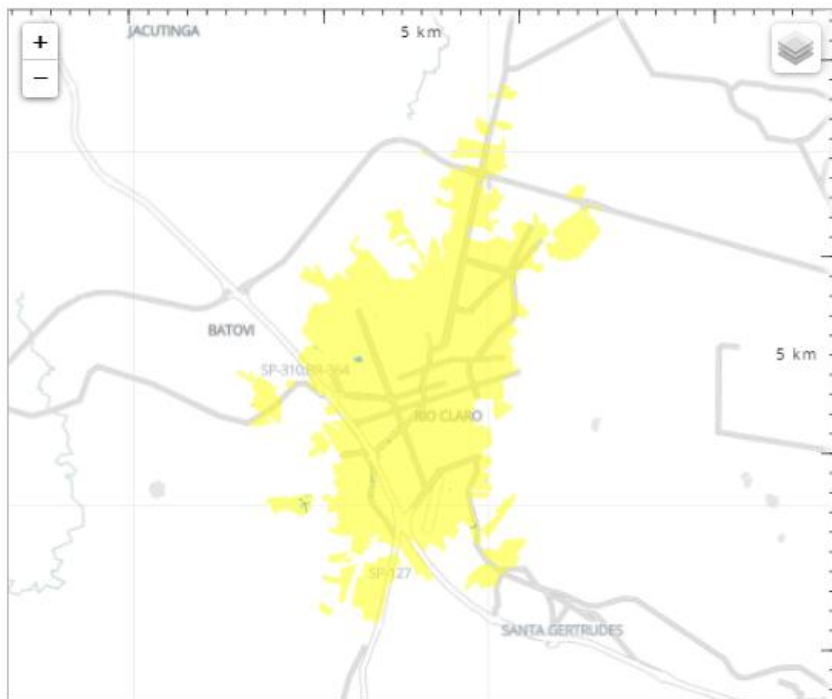
Sistemas – Mapas de Avaliação	Critérios	Legenda	Fonte
<p>1) VEGE</p> 	Alta densidade de cobertura vegetal (vegetação arbórea)	Alto Interesse	Mapeamento da cobertura vegetal arbórea-arbustiva e NDVI.
	Média densidade de cobertura vegetal (vegetação arbustiva)	Médio Interesse	
	Baixa densidade de cobertura vegetal (vegetação rasteira)	Baixo Interesse	
	Área sem cobertura vegetal expressiva	Inapropriado	
	Parques e Praças	Existente	

2) AGUAS



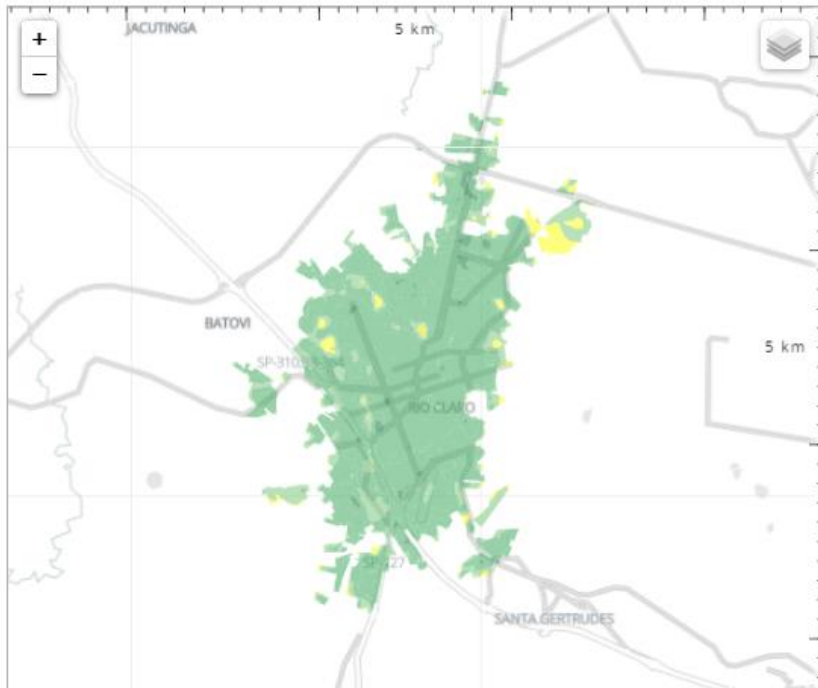
Buffer de 15 metros ao longo dos cursos d'água	Alto Interesse	Mapeamento das áreas vulneráveis a alagamento e inundação
Muito Alta e Alta Vulnerabilidade a alagamento e inundação	Médio Interesse	
Média Vulnerabilidade à alagamento e inundação	Baixo Interesse	
Baixa e Muita Baixa Vulnerabilidade à Alagamento	Inapropriado	
Não há	Existente	

3) AGRIU



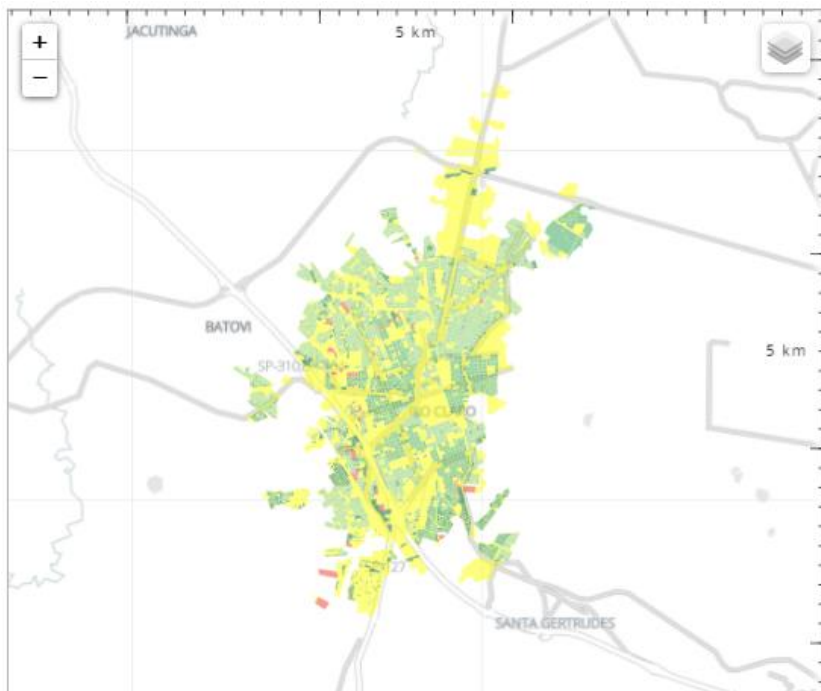
Vazios urbanos em área não edificável e com muito alta e alta vulnerabilidade a alagamento e inundação	Alto Interesse	Mapeamento das áreas vulneráveis a alagamento e inundação; Mapeamento de Uso do Solo Urbano
Vazios urbanos em áreas com média vulnerabilidade a alagamento e inundação	Médio Interesse	
Não há	Baixo Interesse	
Áreas edificadas ou com cobertura vegetal	Inapropriado	
Não há	Existente	

4) CTERM



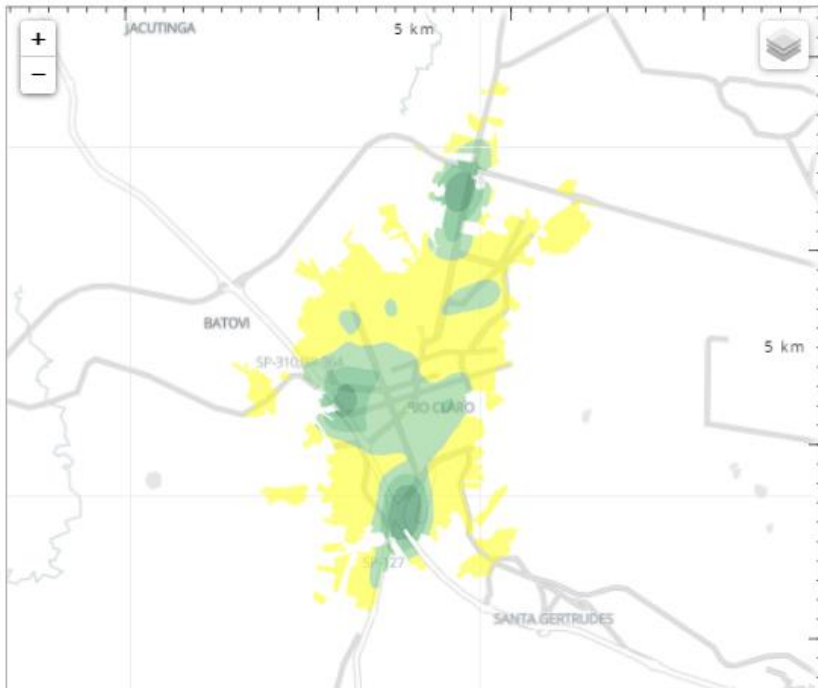
Áreas com Temperatura de Superfície acima de 36°C	Alto Interesse	Mapeamento da Temperatura de Superfície em graus Celsius
Áreas com Temperatura de Superfície entre 34 e 36°C	Médio Interesse	
Áreas com Temperatura de Superfície entre 30 e 34°C	Baixo Interesse	
Áreas com Temperatura de Superfície menor que 30°C	Inapropriado	
Não há	Existente	

5) HABIT



Áreas residências de muito alto e alto padrão não verticalizadas, chácaras e vazios urbanos, em áreas não alagáveis e inundáveis	Alto Interesse	Mapeamento de Uso do Solo Urbano; Mapeamento da vulnerabilidade e a alagamento e inundação.
Áreas residenciais de médio padrão não verticalizadas, em áreas não alagáveis e inundáveis	Médio Interesse	
Áreas residenciais de baixo padrão não verticalizadas, em áreas não alagáveis e inundáveis	Baixo Interesse	
Vazios urbanos em áreas alagáveis e inundáveis, usos institucionais, industriais, comerciais e mistos	Inapropriado	
Áreas verticalizadas	Existente	

6) POLUI



Alta e Muito Alta concentração de fontes poluidoras	Alto Interesse	Mapeamento da Concentração da Poluição Ambiental
Média concentração de fontes poluidoras	Médio Interesse	
Baixa concentração de fontes poluidoras	Baixo Interesse	
Muito Baixa concentração de fontes poluidoras	Inapropriado	
Não há	Existente	

Os respectivos mapas de avaliação serviram de suporte para a tomada de decisão, bem como para mensurar os impactos dos projetos e políticas propostas para a melhoria da qualidade ambiental urbana.

Além dos mapeamentos, a plataforma foi configurada de modo a exibir aos participantes os sistemas escolhidos para se pensarem as propostas de melhoria da qualidade ambiental urbana. Foram definidos ainda os “*targets*” esperados para cada sistema, que corresponderiam às dimensões mínimas dos projetos para se alcançar um estado de melhor qualidade ambiental do que aquela vivida hoje. Os referidos valores foram pensados conforme consta na Tabela 23.

Tabela 23 – Valores de *target* para cada sistema.

Sistema	Valor do Target (em hectares)	Justificativa
VEGE	141	Aumentar em 3 vezes a quantidade atual de áreas verdes
AGUAS	42	Propor melhorias nas áreas mais críticas de alagamento e inundação
AGRIU	5	Implementar 5 ha de agricultura urbana de uma área total disponível de 11 ha
CTERM	75	Propor melhorias nas áreas mais quentes da superfície urbana (acima de 36°C)
HABIT	100	Solucionar o déficit habitacional estimado em 12 mil pessoas e reservar áreas para expansão
POLUI	20	Reduzir em 10% as áreas de maior concentração de fontes poluidoras

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Os limites do projeto (área urbana de Rio Claro), mapas de avaliação por sistemas e os valores dos *targets* alimentaram a plataforma *Geodesign Hub* há uma semana da data de realização do *workshop* para que houvesse tempo hábil para correções ou ajustes necessários. Durante essa semana todos os participantes convidados foram orientados a criarem suas respectivas contas para acesso ao *Hub*.

Após finalizadas as etapas preparativas e a configuração da plataforma *Geodesign Hub*, foram reservados os dias 05 e 06 de agosto de 2020 para a realização das etapas seguintes do *workshop*, as quais envolveram a participação de 11 convidados, representantes das universidades Unesp, Unicamp, Asser, Unicep e FACCAMP e também da prefeitura municipal de Rio Claro e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). O perfil da equipe foi multidisciplinar, especializados nas áreas de arquitetura e urbanismo, geografia, geologia e ecologia.

Por conta da pandemia de coronavírus, os encontros aconteceram de forma virtual através da plataforma *Zoom*. Antes disso, todos os participantes receberam as orientações para ingresso no sistema *Geodesign Hub*, bem como as explicações acerca do objetivo do *workshop* pelo grupo criado no WhatsApp exclusivamente para este fim.

No dia do *workshop*, todos os 11 participantes, a orientadora, este pesquisador e a Prof^a Dr^a Ana Clara Mourão Moura (UFMG) se reuniram às 14h na plataforma *Zoom*, onde se deu, então, as primeiras orientações para a concretização do *workshop*.

Vale destacar que o período para a realização do *workshop* foi bastante reduzido, sobretudo por conta da indisponibilidade dos servidores públicos municipais em participar do evento.

Num primeiro momento, os participantes aprenderam a desenhar os primeiros diagramas relativos aos projetos e políticas de melhoria da qualidade ambiental urbana no *Hub*, utilizando um projeto alternativo, para apenas posteriormente desenhar os diagramas definitivos no projeto original. Esse procedimento permitiu que os participantes aperfeiçoassem a forma de desenhar seus diagramas sem poluir o projeto original com desenhos incorretos ou incompletos.

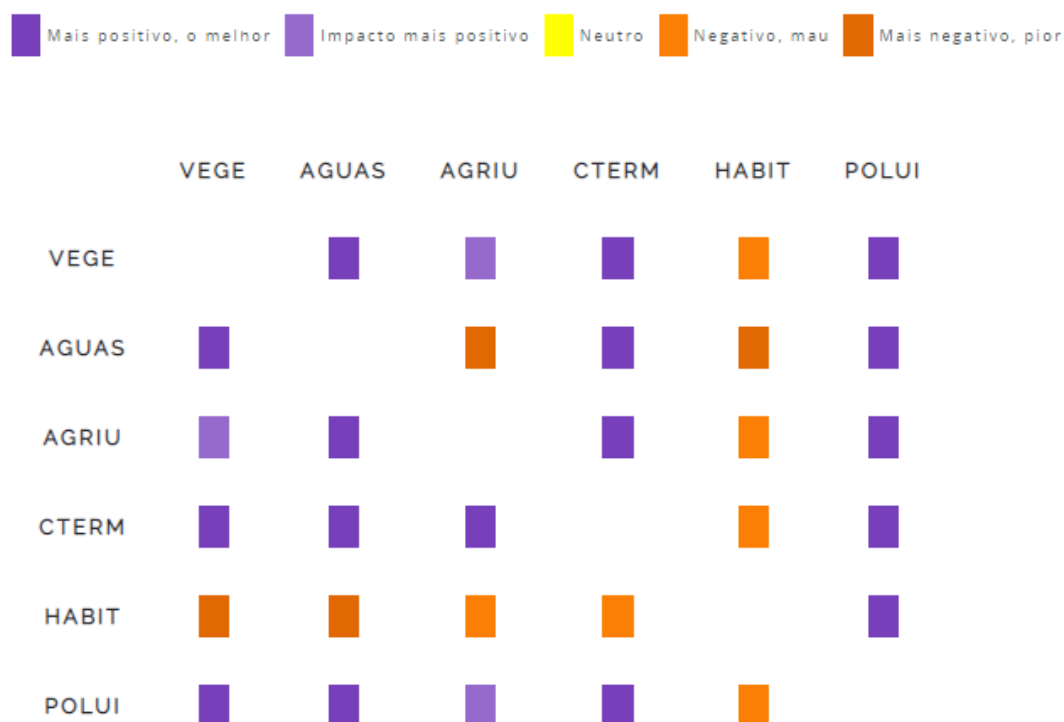
Para a etapa de Modelo de Mudança, os envolvidos foram divididos em 3 grupos: ambiental, social e econômico, que seriam relativos à tripé do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o grupo ambiental daria ênfase à elaboração de diagramas relativos aos sistemas verde e azul, o grupo social aos sistemas agricultura urbana e habitação e o grupo econômico ao conforto térmico e à poluição.

Ao final das propostas desenhadas na plataforma, foram avaliados se as mesmas atingiram ao *target* esperado para cada sistema. Assim, na segunda rodada de discussão cada um dos grupos teria um norte a seguir no que diz respeito à localização, adequação e dimensão dos projetos e políticas.

Ainda nessa segunda rodada, os grupos deveriam avaliar cada uma das propostas desenhadas para cada sistema e escolher aquelas que julgassem mais adequadas, definido seu *design*. Com isso, no final das discussões foram apresentados os *designs* correspondentes aos grupos ambiental, social e econômico. Após isso, foram calculados os impactos dos projetos definidos por cada *design*, considerando à adequação dos mesmos frente aos mapeamentos do Modelo de Avaliação, de forma a conferir se as propostas estavam de acordo com a realidade ambiental de Rio Claro. Essa etapa correspondeu ao Modelo de Impacto.

Para a computação dos impactos, foi definido preliminarmente uma matriz de impactos entre os 6 sistemas no *Hub*, como pode ser verificado na figura 20. Julgou-se que os sistemas VEGE, AGUAS, AGRIU, CTERM e POLUI possuem poucos conflitos entre si, enquanto que o sistema HABIT revelou um potencial mais elevado de gerar conflito com os outros sistemas.

Figura 20 – Matriz de Impacto adotada.



Elaboração: Fornazieiro (2020).

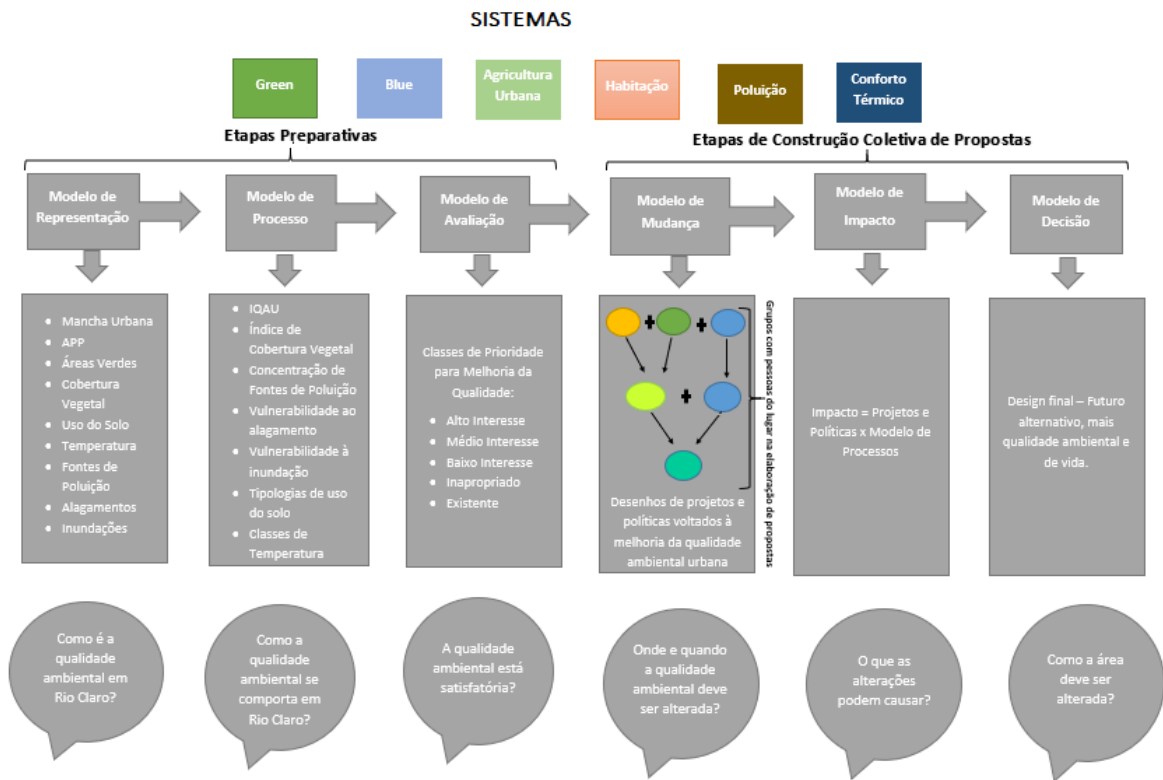
No dia 06 de agosto os participantes retornaram ao *workshop* para serem novamente subdivididos, mas dessa vez em 2 grupos. Para isso, foi avaliado qual proposta de *design* apresentou menos conflitos em termos de escolha de projetos e políticas. Logo, não oferecendo resistências, os grupos social e econômico tornaram-se um único grupo, enquanto o grupo ambiental permaneceu o mesmo. Nesse momento, os dois grupos trabalharam na elaboração de novos projetos e políticas e definiram um novo *design*, buscando atingir os valores estipulados pelo *target* de cada sistema e também mais adequados às áreas de prioridade para melhoria da qualidade ambiental, com base no resultado apresentado pelo Modelo de Impacto.

Por fim, o Modelo de Decisão visou criar um ambiente de conciliação das propostas de projetos e políticas escolhidas pelos dois grupos. Os autores dos projetos e

políticas tinham cerca de 5 minutos para defenderem suas propostas, permitindo que ambos os grupos avaliassem conjuntamente a adequação ou inadequação delas. No final, foi elaborado um último *design*, resultado de um trabalho coletivo e democrático de construção futura alternativa para a melhoria da qualidade ambiental urbana de Rio Claro.

O fluxo metodológico empregado na realização do workshop de *Geodesign* pode ser conferido na Figura 21.

Figura 21 - Fluxo metodológico seguido para a realização do workshop de Geodesign



Elaboração: Fornazieiro (2020).

O fluxograma ilustra a proposta de *framework* de Steinitz (2016) para a realização do *Geodesign*, adaptando-o de acordo com o objetivo pensado para a área de estudo, nesse estudo de caso a qualidade ambiental urbana em Rio Claro. Vale destacar que Steinitz (2016) enfatiza a necessidade de percorrer 3 vezes cada um dos modelos, de forma a adequá-los às necessidades levantadas pelos autores e/ou participantes durante a realização do *workshop*, bem como para se elaborar um *design* final consistente. No entanto, devido ao pouco tempo disponível para a realização do evento e o episódio

pandêmico, optou-se por se realizar as etapas apenas uma única vez, tornando o *workshop* mais conciso.

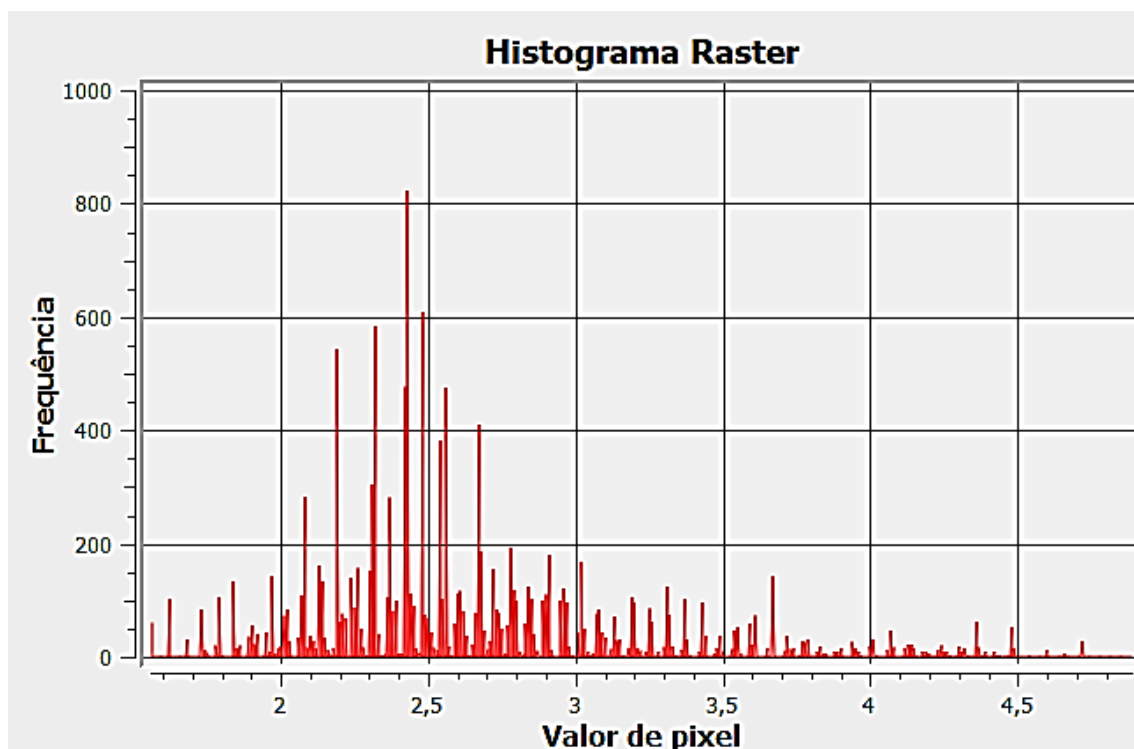
Findo o *workshop*, os participantes responderam a um questionário, cujo objetivo foi coletar opiniões, aprendizados e frustrações com o *Geodesign*.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana

A Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana (CSQAU) em formato matricial, gerada a partir da análise multicritério, determinou os IQAU no nível do *pixel*, que correspondem às dimensões de 10 x 10 metros no terreno. Os níveis de cinza da imagem variaram entre 1,32 e 4,95, o que revela uma grande amplitude (3,63) e, conseqüentemente, ampla variabilidade dos dados. Entretanto, conforme pode ser constatado no histograma representado na Figura 19, há uma significativa concentração dos *pixels* no intervalo entre 1,32 e 2,50 (pelo histograma, percebe-se que a maior concentração é entre 2 e 2,7), com pequena representação na faixa acima de 3,70.

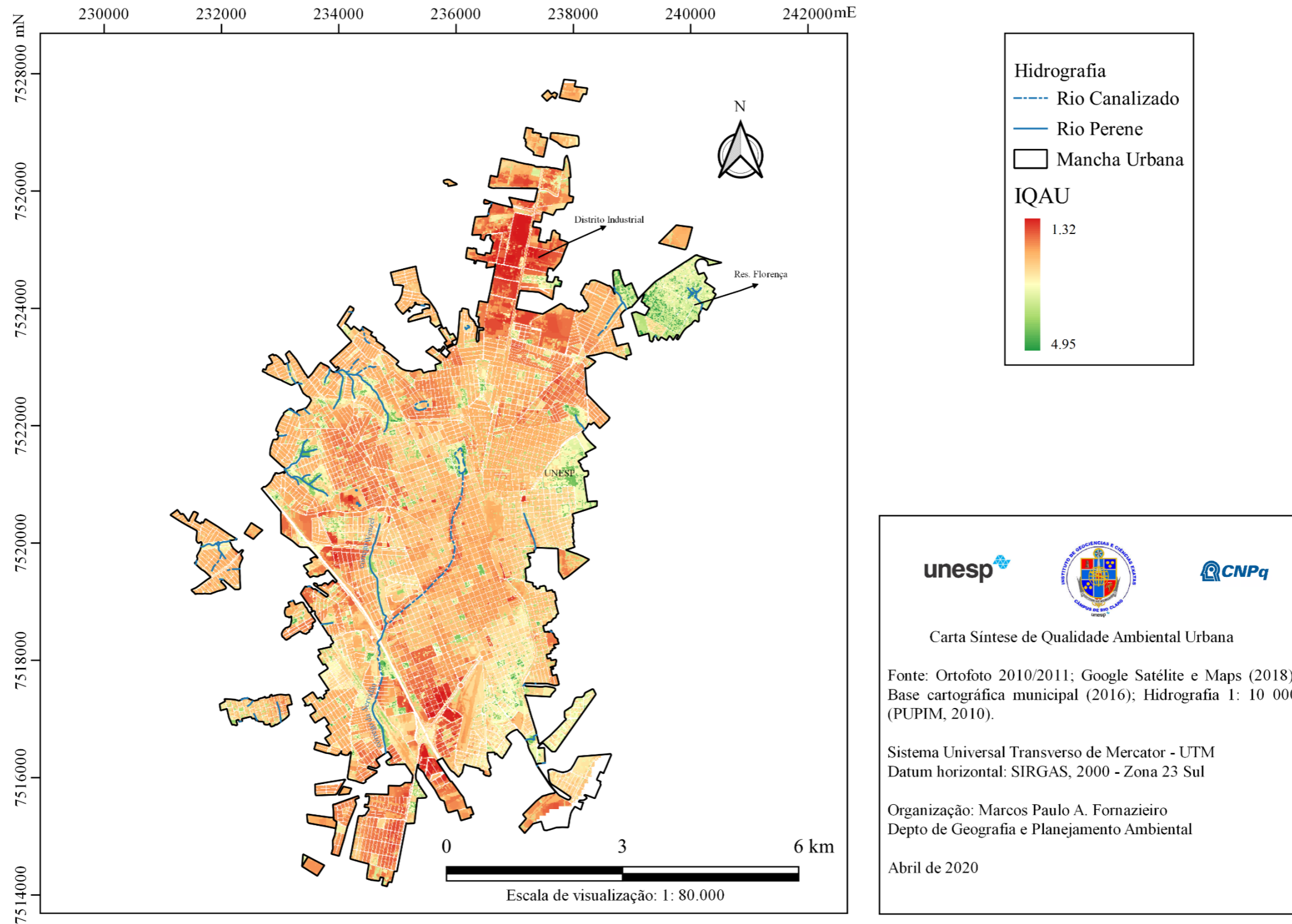
Figura 22 – Histograma da distribuição dos pixels da CSQAU



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Assim, aproximadamente 53% dos *pixels* apresentam índices inferiores a 2,50 e apenas 4% deles correspondem a índices maiores que 4,00. Isso significa que na área de estudo há um predomínio absoluto de índices baixos de qualidade ambiental urbana, os quais se concentram especialmente ao norte da mancha urbana, onde se situa o distrito industrial, seguida pelo setor Sul e, em pequena proporção, a oeste da cidade. Por outro lado, as áreas com índices mais elevados, são encontradas predominantemente na região nordeste e, de modo mais discreto, na porção sudeste, onde se concentram condomínios residenciais de alto padrão, além também na área da UNESP e entorno próximo (Figura 20).

Figura 23 – Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Quando os índices da CSQAU foram espacializados para as unidades territoriais dos bairros, constatou-se uma significativa redução da amplitude (1,97), variando de 1,93 a 3,90, isso porque os índices passaram a ser calculados em função da média dos IQAU pela área dos bairros. O índice médio verificado foi de 2,66 e o desvio padrão foi bastante baixo, 0,37, o que indica que, de modo geral, os índices não se distanciam muito da média observada.

Porém, quando adotado o método de quebras naturais (*jenks*) para classificação dos IQAU entre muito baixo e muito alto, os bairros se apresentaram de forma bastante desigual, conforme pode ser observado na tabela 22.

Tabela 24 – Quantidade de bairros por classe de Qualidade Ambiental Urbana

Classe	Quantidade de Bairro	%
Muito Baixa	24	13
Baixa	52	27
Média	66	34
Alta	35	18
Muito Alta	15	8

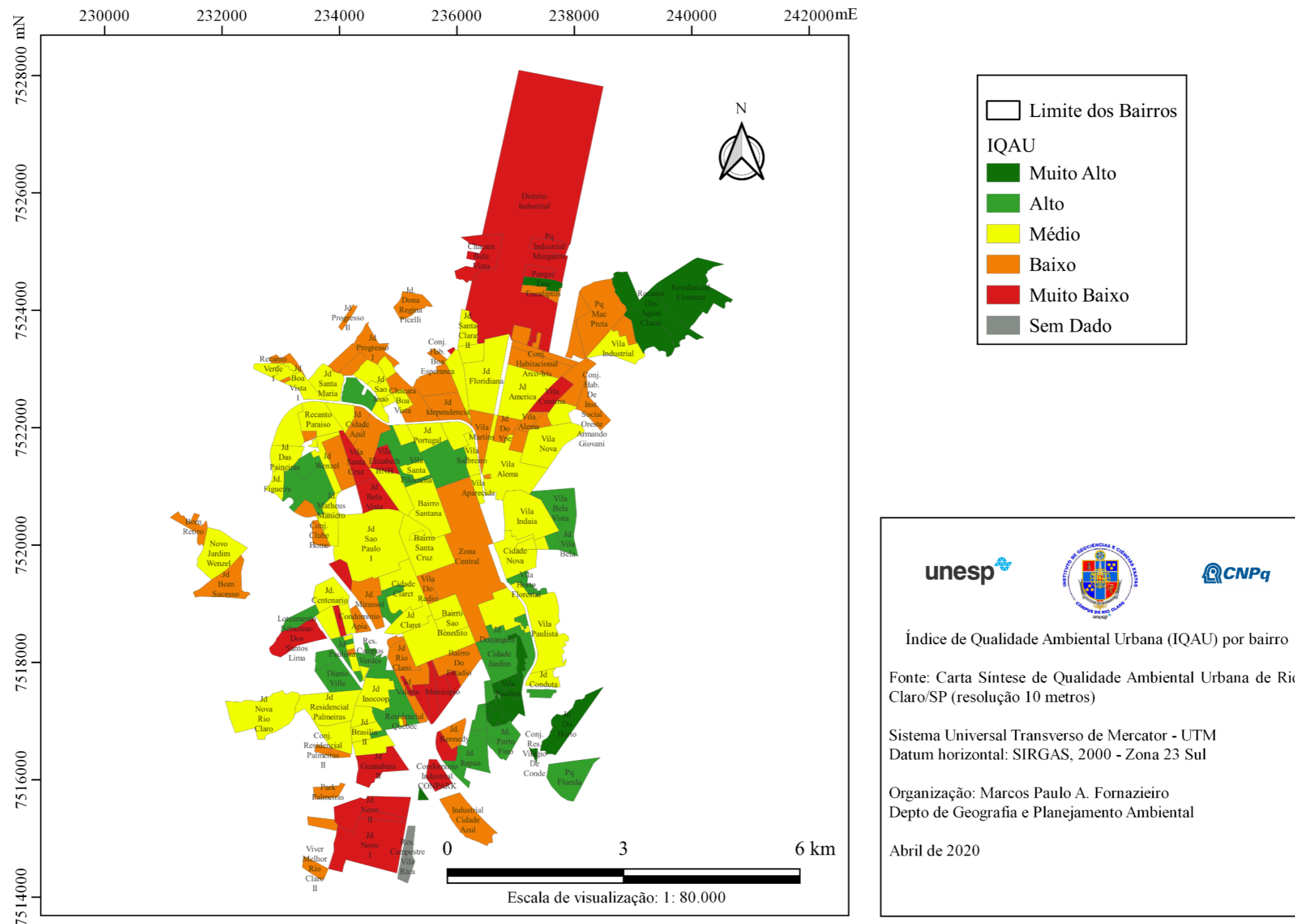
Elaboração: Fornazieiro (2020).

Com base nos dados da tabela 22, observa-se que uma parte expressiva dos bairros (34%) possui índices intermediários de qualidade ambiental urbana (entre 2,56 e 2,80). Contudo, ainda assim 13% apresentam IQAU muito baixo (1,93 a 2,34), estando associados aos bairros industriais e alguns bairros residenciais de baixo padrão, com lotes muito parcelados e índices de cobertura vegetal muito baixos.

Por outro lado, apenas 8% dos bairros possuem IQAU mais elevados (acima de 3,14) e relacionam-se a condomínios residenciais de alto padrão, sobretudo aqueles situados na região nordeste e sudeste da mancha urbana. No entanto, vale mencionar que nenhum bairro atingiu índice superior a 4.0.

A Figura 21 representa a distribuição dos bairros segundo as classes de qualidade ambiental urbana, que associada aos dados da Tabela 23 permite verificar a situação de cada bairro por IQAU, bem como os índices calculados para cada indicador ambiental.

Figura 24 – Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) por bairros de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Tabela 25 – Relação de Bairros e respectivos IQAU e indicadores ambientais

Bairro	Classe	IQAU	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Uso do Solo
Res. Campestre Vila Rica	Sem Dado	0,00	0,00	4,00	3,88	3,80	3,60	0,00
Condomínio Industrial CONPARK	Muito Baixo	1,93	1,35	4,00	3,03	1,50	2,09	1,45
Jd. Quitandinha	Muito Baixo	1,96	1,21	4,00	2,71	1,72	1,84	1,98
Município	Muito Baixo	2,00	1,48	4,00	2,66	1,66	1,98	1,85
Industrial Expresso	Muito Baixo	2,04	1,30	4,00	3,00	2,17	2,88	1,57
Jd. do Trevo	Muito Baixo	2,09	1,39	4,00	2,94	1,92	2,10	2,01
Chácara Bela Vista	Muito Baixo	2,10	1,62	4,32	4,21	2,47	3,98	1,07
Parque Industrial Margarete	Muito Baixo	2,21	1,47	4,16	3,72	2,37	3,55	1,47
Distrito Industrial	Muito Baixo	2,23	1,62	4,31	3,85	3,49	3,58	1,39
Jd. Anhanguera	Muito Baixo	2,23	1,62	4,00	3,00	1,00	2,48	2,57
Jd. Novo II	Muito Baixo	2,25	1,30	4,08	3,97	4,33	3,15	1,07
Residencial Vila Rosa	Muito Baixo	2,26	1,51	4,11	4,04	3,97	2,95	1,08
Loteamento Sebastião dos Santos Lima	Muito Baixo	2,27	1,17	4,09	4,21	4,79	4,34	1,05
Vila Santa Cruz	Muito Baixo	2,29	1,27	4,00	3,03	3,43	2,00	2,20
Jd. São Paulo II	Muito Baixo	2,29	1,54	4,00	3,76	1,00	2,84	2,37
Bairro Olímpico	Muito Baixo	2,29	1,21	4,00	3,00	2,36	1,96	2,93
Condomínio Vila Vitta	Muito Baixo	2,30	1,07	4,00	3,04	4,00	2,77	2,10
Jd. Bela Vista	Muito Baixo	2,30	1,30	4,00	2,86	3,08	2,25	2,42
Jd. Valeria	Muito Baixo	2,30	1,38	4,00	3,48	3,29	2,37	2,02
Cond. Hab. Res. dos Bosques	Muito Baixo	2,30	1,15	4,02	4,03	2,89	2,76	2,04
Jd. Novo I	Muito Baixo	2,30	1,31	4,09	3,93	4,27	2,99	1,34
Vila Cristina	Muito Baixo	2,31	1,41	4,00	2,35	3,06	2,11	2,58

Parque das Árvores	Muito Baixo	2,32	1,18	4,00	3,00	3,94	2,95	2,00
Vila Elizabeth BNH	Muito Baixo	2,34	1,21	4,00	3,00	4,00	2,00	2,30
Jd. Guanabara II	Muito Baixo	2,34	1,40	4,09	4,11	3,99	3,15	1,39
Parque Universitário	Baixo	2,35	1,29	4,00	3,22	3,63	2,15	2,26
Residencial Primavera	Baixo	2,36	1,29	4,00	3,00	4,00	2,44	2,03
Vila do Rádio	Baixo	2,36	1,12	2,94	3,93	3,00	2,07	2,98
Park Palmeiras	Baixo	2,36	1,25	4,03	4,15	5,00	3,66	1,00
Industrial Cidade Azul	Baixo	2,37	1,21	4,09	3,89	4,40	3,54	2,17
Residencial Vila Verde	Baixo	2,37	1,21	4,17	3,47	4,55	2,72	2,24
Conj. Habitacional Arco-Íris	Baixo	2,38	1,28	4,00	2,96	3,96	1,82	2,45
Vila São Miguel	Baixo	2,38	1,34	4,02	3,31	3,67	2,18	2,25
Vila Alemã	Baixo	2,40	1,35	4,00	2,46	3,01	2,00	3,03
Jd. Chervezon	Baixo	2,40	1,31	4,00	3,17	3,88	2,25	2,33
Viver Melhor Rio Claro I	Baixo	2,40	1,12	4,00	4,74	5,00	3,65	1,00
Jd. Kennedy	Baixo	2,40	1,65	4,00	3,13	1,00	2,91	2,93
Cidade Azul II	Baixo	2,41	1,25	4,17	3,41	3,21	4,11	2,40
Jd Cidade Azul	Baixo	2,41	1,36	4,01	3,37	3,74	1,93	2,36
Conj. Hab. de Interesse Social Oreste Armando Giovani	Baixo	2,41	1,16	4,10	3,84	4,13	2,56	2,07
Conj. Hab. RC4	Baixo	2,43	1,31	4,00	3,80	3,13	2,79	2,28
Viver Melhor Rio Claro II	Baixo	2,43	1,17	4,00	4,13	5,00	3,54	1,39
Parque das Indústrias	Baixo	2,43	1,29	4,00	3,07	4,57	1,97	2,30
Jd. Village	Baixo	2,44	1,30	4,00	3,00	3,81	1,96	2,68
Vila São Jose	Baixo	2,44	1,34	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Zona Central	Baixo	2,46	1,21	3,53	3,36	3,24	2,15	3,12
Jd. Olinda	Baixo	2,46	1,46	4,02	3,16	3,75	2,17	2,41
Tingu Desmembrado	Baixo	2,46	1,14	4,00	3,00	3,92	2,00	2,98
Cond. Alto do Bosque	Baixo	2,47	1,08	4,08	4,08	4,30	2,90	2,10

Chácara Luza	Baixo	2,47	1,56	4,00	3,01	2,83	2,40	2,75
Conj. Residencial Palmeiras I	Baixo	2,48	1,08	4,00	3,90	5,00	2,83	2,05
Recanto Verde II	Baixo	2,49	1,20	4,00	4,00	5,00	2,98	2,00
Jd. do Ypê	Baixo	2,49	1,40	4,00	2,78	3,15	1,99	3,16
Jd. Progresso I	Baixo	2,51	1,10	4,00	4,02	5,00	2,57	2,11
Condomínio Vila Alemã	Baixo	2,51	1,15	4,00	3,00	4,00	2,00	3,00
Bairro do Estádio	Baixo	2,51	1,32	4,00	2,97	3,04	1,95	3,37
Jd. Shangrilá	Baixo	2,51	1,54	3,71	4,00	3,00	2,44	2,52
Condomínio Ápia	Baixo	2,51	1,40	4,00	3,62	2,72	2,13	3,00
Jd. Rio Claro	Baixo	2,52	1,47	4,00	3,52	3,79	2,30	2,42
Vila Martins	Baixo	2,52	1,28	4,00	2,85	4,00	2,02	3,00
Jd. Boa Vista II	Baixo	2,52	1,06	4,00	4,02	5,00	3,70	1,99
Conj. Clube Home	Baixo	2,52	1,05	4,00	3,02	2,30	2,23	4,00
Chácara Rupiara	Baixo	2,52	1,12	4,02	4,25	5,00	4,32	2,02
Jd. Parque Residencial	Baixo	2,52	1,53	4,00	3,00	3,00	1,81	3,03
Jd. Independência	Baixo	2,52	1,42	4,00	2,92	4,24	2,12	2,67
Parque Mãe Preta	Baixo	2,52	1,30	3,84	3,78	4,92	2,50	2,12
Jd. Mirassol	Baixo	2,53	1,46	4,02	3,80	2,12	2,34	2,98
Bom retiro	Baixo	2,53	1,09	4,03	4,14	5,00	3,22	2,00
Conj. Hab. Boa Esperança	Baixo	2,53	1,41	4,04	4,02	4,01	3,22	2,05
Jd. Dona Regina Picelli	Baixo	2,54	1,15	4,00	4,20	4,98	3,46	2,00
Cond. Res. Colorado	Baixo	2,54	1,14	4,00	3,61	4,19	2,00	3,00
Residencial Quebec	Baixo	2,54	1,26	4,00	3,38	2,96	3,63	3,00
Residencial das Flores	Baixo	2,54	1,11	3,70	4,04	5,00	2,54	2,30
Jd. Bom Sucesso	Baixo	2,55	1,22	4,01	4,21	5,00	3,18	2,03
Conj. Hab. de Interesse Social São José	Baixo	2,55	1,27	3,82	4,01	5,00	2,27	2,18
Jd. Progresso II	Baixo	2,55	1,06	4,00	4,00	5,00	4,09	2,00

Conj. Residencial Palmeiras II	Baixo	2,56	1,08	4,00	4,05	5,00	3,30	2,18
Jd. América	Médio	2,57	1,40	4,00	2,83	3,58	2,07	3,18
Bairro da Saúde	Médio	2,57	1,34	4,00	3,07	3,23	2,37	3,31
Jd. Primavera	Médio	2,57	1,27	4,01	2,82	4,00	2,13	3,22
Jd. Esmeralda	Médio	2,57	1,26	4,02	4,09	5,00	2,59	2,21
Jd. Araucária	Médio	2,58	1,33	4,09	4,00	4,00	2,60	2,33
Jd. Bandeirantes	Médio	2,58	1,62	4,07	3,61	3,08	2,24	2,66
Jd. Inocoop	Médio	2,58	1,41	3,33	3,97	4,17	2,50	2,55
Jd. Hipódromo	Médio	2,58	1,46	4,00	2,75	4,74	2,17	2,66
Jd. Santa Clara	Médio	2,59	1,33	4,00	2,95	4,00	2,09	3,13
Jd. Brasília I	Médio	2,59	1,24	4,05	4,01	4,92	2,06	2,32
Jd. Centenário	Médio	2,60	1,64	4,00	4,02	1,83	3,13	2,91
Vila Santa Terezinha	Médio	2,60	1,60	4,00	3,00	3,31	2,21	3,08
Condomínio Petit Village	Médio	2,60	1,08	4,00	3,47	4,54	2,38	3,00
Bairro da Consolação	Médio	2,60	1,50	4,00	3,05	3,22	2,31	3,30
Bairro Santa Cruz	Médio	2,60	1,19	3,92	3,26	3,00	2,02	3,77
Vila Nova	Médio	2,60	1,26	4,01	3,23	4,40	2,06	3,00
Cond. Res. Califórnia	Médio	2,61	1,02	4,00	3,73	4,01	2,04	3,30
Jd. Claret	Médio	2,61	1,20	3,33	3,82	3,00	2,06	3,74
Recanto Verde I	Médio	2,61	1,30	4,11	4,14	5,00	3,77	2,02
Jd. Figueira	Médio	2,61	1,31	4,00	4,07	4,91	3,58	2,02
Chácara Boa Vista	Médio	2,62	1,48	4,00	3,62	4,00	2,41	2,60
Vila Alemã	Médio	2,62	1,39	4,00	2,80	4,27	2,14	3,11
Vila Santa Filomena	Médio	2,62	1,15	4,00	3,00	4,00	2,10	3,54
Novo Jardim Wenzel	Médio	2,63	1,23	3,73	4,05	4,90	3,07	2,29
Bairro Boa Morte	Médio	2,63	1,30	4,00	3,04	3,00	2,00	3,84
Jd. Wenzel	Médio	2,63	1,49	4,06	3,79	3,90	2,88	2,44

Jd. Residencial Palmeiras	Médio	2,63	1,34	4,05	4,12	5,00	2,78	2,26
Jd. Conduta	Médio	2,64	1,29	3,20	3,90	4,70	2,52	2,99
Vila Ribeiro	Médio	2,64	1,20	4,00	3,00	3,00	2,00	3,94
Bairro Santana	Médio	2,64	1,27	3,98	3,18	3,07	2,04	3,79
Cond. Res. Jardim Paulista	Médio	2,64	1,16	4,00	3,91	4,00	3,00	3,00
Jd. Matheus Maniero	Médio	2,64	1,53	4,08	3,64	3,00	3,22	2,70
Jd. Santa Maria	Médio	2,65	1,41	3,61	4,00	5,00	2,63	2,32
Jd. São Caetano	Médio	2,66	1,64	4,01	4,11	4,00	2,92	2,31
Parque São Jorge	Médio	2,66	1,43	3,91	4,02	5,00	2,41	2,27
Jd. Portugal	Médio	2,66	1,35	4,00	3,35	3,75	2,32	3,26
Jd. São Paulo I	Médio	2,66	1,62	3,94	3,34	2,09	2,58	3,56
Vila Industrial	Médio	2,67	1,52	4,16	4,21	4,86	3,51	2,02
Jd. Santa Clara II	Médio	2,67	1,42	4,02	3,31	3,71	3,27	3,00
Res. Benjamin de Castro	Médio	2,67	1,55	4,03	4,20	3,25	3,16	2,54
Jd. Panorama	Médio	2,68	1,42	4,00	4,01	5,00	2,87	2,31
Jd. Floridiana	Médio	2,69	1,47	4,00	2,99	4,24	2,31	3,18
Vila Saibreiro	Médio	2,69	1,60	4,06	2,80	4,00	2,46	3,10
Jd. Guanabara I	Médio	2,69	1,68	4,00	3,91	4,04	2,45	2,35
Bairro São Benedito	Médio	2,70	1,39	4,00	3,00	3,00	2,00	3,93
Condomínio Vista Alegre	Médio	2,70	1,44	4,00	3,73	4,00	2,67	3,08
Jd. das Paineiras	Médio	2,71	1,48	4,02	4,16	5,00	2,85	2,16
Cidade Claret	Médio	2,72	1,35	3,55	3,66	3,00	2,00	3,98
Residencial Vila Verde II	Médio	2,72	1,26	4,23	4,21	3,00	3,98	3,00
Jd. Boa Vista I	Médio	2,72	1,51	4,00	4,07	5,00	2,90	2,21
Vila Paulista	Médio	2,73	1,55	4,06	4,03	3,94	3,03	2,82
Vila Aparecida	Médio	2,73	1,28	4,00	3,30	4,00	2,09	3,62
Jd. Alfredo Karan	Médio	2,73	1,30	4,03	3,25	3,75	2,53	3,59

Vila Anhanguera	Médio	2,73	1,86	4,00	3,88	2,66	2,99	2,78
Jd. Brasília II	Médio	2,74	1,59	4,05	3,81	4,44	2,17	2,69
Granja Regina	Médio	2,74	2,00	4,00	3,00	2,30	3,29	3,09
Jd. São João	Médio	2,74	1,56	4,10	4,11	4,28	2,67	2,51
Cidade Nova	Médio	2,76	1,50	4,03	3,55	2,89	2,42	3,86
Vila Maria Amélia	Médio	2,76	1,61	3,57	3,97	3,00	2,15	3,59
Jd. Ipanema	Médio	2,77	1,45	4,00	4,00	5,00	2,50	2,60
Vila Indaiá	Médio	2,77	1,35	3,94	3,23	3,82	2,03	3,86
Conj. Res. Recanto Paraíso	Médio	2,78	1,24	4,08	4,08	4,00	3,92	3,00
Jd. Nossa Senhora da Saúde I	Médio	2,79	1,27	3,48	4,03	3,78	2,79	3,75
Recanto Paraíso	Médio	2,80	1,62	4,06	3,87	4,32	3,07	2,68
Jd. Azul	Médio	2,80	1,80	4,19	4,19	4,00	3,19	2,33
Jd. Nova Rio Claro	Médio	2,80	1,95	3,33	4,25	5,00	4,37	1,96
Jd. Nossa Senhora da Saúde II	Alto	2,82	1,30	4,03	3,36	4,00	2,54	3,85
Jd. Itapuã	Alto	2,83	1,39	4,06	3,60	2,50	2,81	4,34
Res. Campos Verdes	Alto	2,83	1,15	3,96	4,00	4,00	2,38	3,97
Condomínio Veredas	Alto	2,83	1,16	4,00	4,00	4,00	2,18	4,00
Jd. Alto do Santana	Alto	2,85	1,54	4,00	3,09	3,94	2,37	3,83
Cond. Res. Base Estaca	Alto	2,86	1,14	4,00	3,62	4,00	2,95	3,97
Residencial dos Bosques de Rio Claro	Alto	2,87	1,56	3,87	4,39	4,71	3,45	2,55
Cond. Chácara Claret	Alto	2,89	1,09	4,00	3,53	3,00	2,95	4,77
Jd. Donangela	Alto	2,90	1,32	4,00	3,00	3,50	2,17	4,74
Cond. Res. Manacás	Alto	2,90	1,07	4,00	3,33	3,47	2,13	5,00
Parque Flórida	Alto	2,91	1,26	4,09	3,98	4,61	3,52	3,66
Chácara Luza	Alto	2,91	2,01	3,87	3,97	3,60	3,35	2,85
Cidade Claret II	Alto	2,91	2,06	3,34	4,05	2,96	3,01	3,10
Condomínio Cidade Jardim	Alto	2,92	1,18	4,00	1,17	5,00	3,00	5,00

Cidade Jardim	Alto	2,92	1,30	4,00	3,00	3,92	2,35	4,57
Conj. Res. Vista Verde	Alto	2,93	1,98	4,00	3,70	4,41	3,01	3,10
Jd. Paulista	Alto	2,93	1,50	4,13	4,13	4,73	2,93	3,06
Jd. Leblon	Alto	2,93	1,38	4,00	3,91	4,56	2,23	3,63
Conj. Res. Portal do Sol	Alto	2,93	2,10	4,18	4,31	4,00	2,80	2,30
Jd. Vila Bela	Alto	2,95	1,58	4,09	3,43	4,25	3,14	3,91
Jd. Paulista II	Alto	2,95	1,86	4,07	4,14	4,84	3,43	2,38
Vila Horto Florestal	Alto	2,98	1,84	4,05	3,89	3,36	2,78	3,73
Jd. Marta Cristina	Alto	2,99	1,92	4,02	4,14	3,89	3,56	3,13
Vila Bela Vista	Alto	2,99	1,53	4,01	3,02	4,87	2,42	4,04
Diário Ville	Alto	3,01	1,53	4,06	4,56	5,00	3,17	2,99
Vila Operária	Alto	3,02	1,81	3,97	3,16	4,00	3,02	3,94
Jd. Res. Santa Eliza	Alto	3,02	2,03	4,13	4,32	4,10	3,70	2,58
Vila Santo Antônio	Alto	3,03	1,23	4,00	3,65	4,03	2,34	4,78
Vila do Horto	Alto	3,03	1,47	3,90	4,06	5,00	3,67	3,37
Conj. Res. São Marino	Alto	3,03	1,79	4,00	3,62	4,00	2,72	3,66
Jd. Porto Fino	Alto	3,03	1,28	4,00	4,02	4,90	3,08	3,93
Cond. Jardim Di Scarpa	Alto	3,04	1,55	4,00	3,07	3,15	2,95	4,85
Jd. Nova Veneza	Alto	3,09	2,38	4,16	4,25	5,00	4,23	2,38
Conj. Res. Portal Copacabana	Alto	3,10	1,15	4,00	3,72	4,00	3,00	4,96
Condomínio Jd. Di Scarpa	Alto	3,14	1,72	4,00	2,30	4,21	3,00	4,87
Anexo Cidade Jardim	Muito Alto	3,18	1,61	4,00	3,41	4,10	2,45	4,87
Cond. Res. Villagio Gávea	Muito Alto	3,22	1,67	4,00	3,00	4,05	3,00	4,96
Jd. do Horto	Muito Alto	3,22	1,50	4,14	4,22	5,00	4,27	4,07
Cond. Res. Villagio Urca	Muito Alto	3,27	1,59	4,00	2,86	4,91	3,00	4,93
Vila Paulina	Muito Alto	3,28	1,42	4,00	3,75	4,98	2,54	4,92
Cond. Res. Villa Imperial	Muito Alto	3,29	1,70	4,00	2,46	5,00	3,00	5,00

Cond. Res. Ville di Scarpa	Muito Alto	3,30	1,75	4,00	3,49	4,78	3,00	4,66
Cond. Villagio Ipanema	Muito Alto	3,31	1,30	4,00	4,00	5,00	3,00	4,98
Jd. Res. Copacabana	Muito Alto	3,33	1,82	4,08	3,57	4,97	3,12	4,49
Parque dos Eucaliptos	Muito Alto	3,41	2,38	4,09	3,33	3,03	4,01	5,00
Conj. Res. Villagio de Conde	Muito Alto	3,44	1,22	4,00	4,85	5,00	4,11	5,00
Cond. Res. Jd. Europa	Muito Alto	3,44	2,64	4,00	3,07	2,41	4,00	4,92
Residencial Florença	Muito Alto	3,57	2,15	4,11	3,76	5,00	4,29	4,81
Sítio Santa Eliza	Muito Alto	3,59	2,29	4,21	4,42	5,00	4,99	3,94
Recanto das Águas Claras	Muito Alto	3,90	2,82	3,78	4,02	5,00	4,94	4,92

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Pode-se perceber que o Condomínio Industrial Conpark, no extremo sul da área urbana, possui o menor IQAU (1,93), explicado por se tratar de um bairro totalmente industrializado e, portanto, com alta concentração de atividades poluidoras, além da baixa cobertura vegetal. O Jardim Quitandinha, no centro-sul da mancha urbana, apresenta o segundo pior IQAU (1,98), o qual juntamente com os bairros do entorno Município, Olímpico, Jardim do Trevo e Jardim Valéria, ocupam uma área de concentração industrial que resulta em IQAU muito baixos, determinados pela intensa poluição ambiental, uso do solo industrial e uso misto, bem como carência de cobertura vegetal.

A alta concentração de atividades industriais no extremo norte da mancha urbana também explica os IQAU muito baixos, abrangendo o Distrito Industrial e os bairros contíguos Parque Industrial Margarete, Industrial Expresso e Chácara Bela Vista.

Ainda na região sul, os bairros Jardim Novo I, Jardim Novo II, Residencial Vila Rosa e Jardim Guanabara II os IQAU também são igualmente baixos, embora os indicadores de vulnerabilidade a alagamento, inundação e poluição ambiental sejam satisfatórios, nesses bairros predominam-se usos residenciais de muito baixo padrão, com elevado parcelamento do solo, ausência de áreas de lazer e escassez de cobertura vegetal. Esses mesmos fatores explicam os IQAU muito baixos no caso dos bairros Jardim Bela Vista, Vila Santa Cruz e Vila Elizabeth BNH na região centro-oeste, além da Vila Cristina na região centro-leste.

Os bairros com IQAU baixos estão esparsos pela mancha urbana, com leve concentração nas regiões noroeste e nordeste, onde há residências de baixo padrão e pouca cobertura vegetal e também na zona central, caracterizada pela presença de estabelecimentos comerciais, alta densidade de construções e baixo índice de cobertura vegetal (1,20). Nessa classe de IQAU, também se destacam bairros populosos como o Jardim Chervezon, Parque das Indústrias, Jardim Independência, Jardim Bom Sucesso e Jardim Progresso I.

Uma parte expressiva dos bairros de Rio Claro (34%) se enquadra no nível médio de qualidade ambiental urbana e estão situados no entorno da zona central e também na área periférica na porção leste. Nesses locais, predominam residências de baixo e médio padrão, com índices de cobertura vegetal mais baixo nos bairros mais centrais e índices mais elevados nos bairros periféricos, sobretudo onde há grandes vazios urbanos.

Vale destacar que nos bairros mais periféricos, onde os índices de cobertura vegetal são maiores, essa característica favorável é explicada pela presença de fragmentos arbóreos e arbustivos em grandes espaços vazios do bairro, geralmente entre loteamentos,

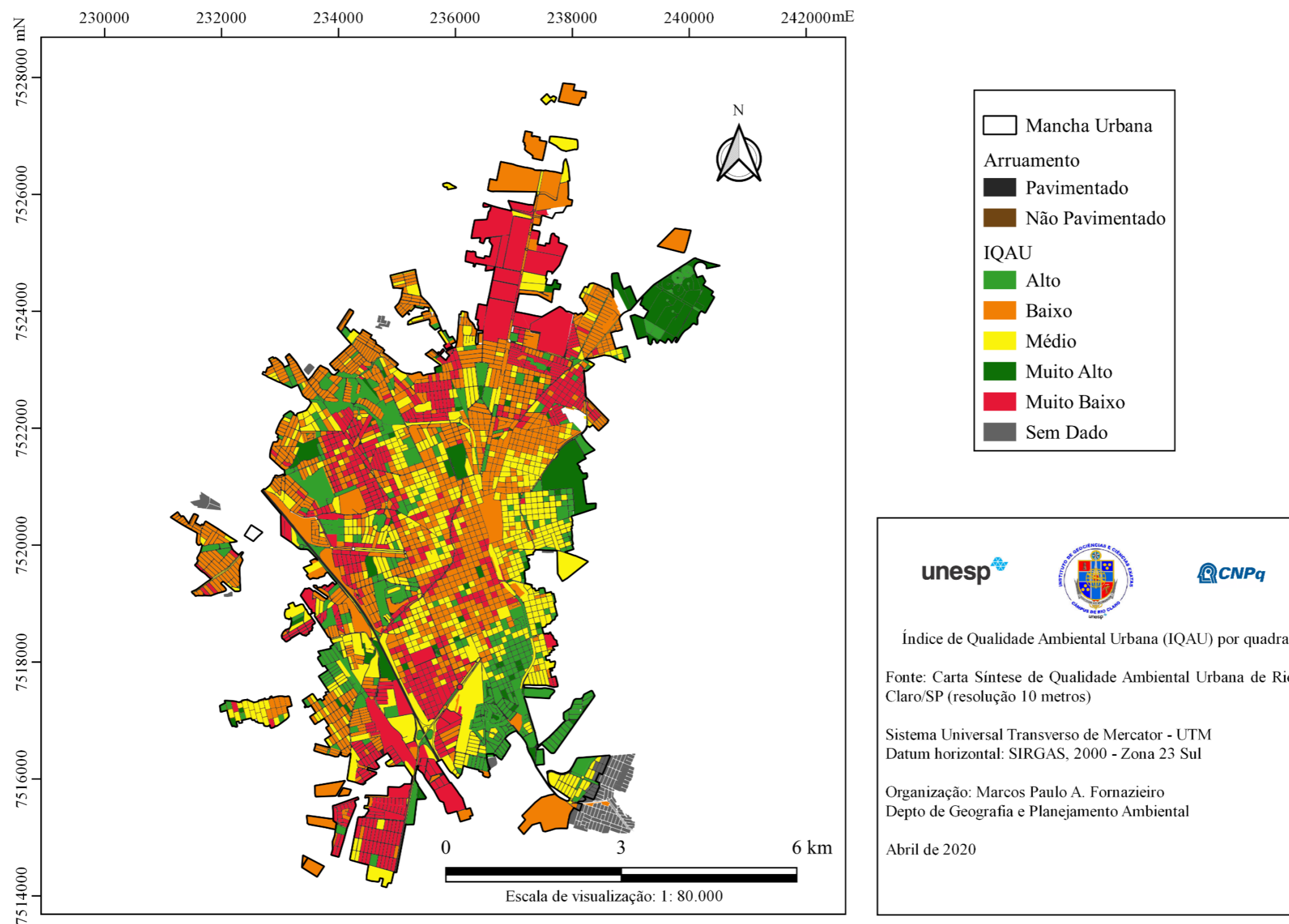
o que não ocorre nos bairros mais centrais. Entretanto, a arborização das vias públicas ainda é bastante ausente, como é o caso do Novo Jardim Wenzel, Jardim Nova Rio Claro e Jardim Residencial Palmeiras.

O conjunto de condomínios residenciais de alto padrão localizado na região sudeste da mancha urbana, juntamente com alguns bairros de chácara ou com grandes vazios urbanos cobertos por fragmentos arbóreos, responde pelo IQAU alto identificado na área urbana de Rio Claro.

Já os bairros com IQAU muito altos são restritos a poucos bairros residenciais de muito alto padrão e com expressivo índice de cobertura vegetal, sobretudo na região nordeste, onde se encontra o Bairro Recanto das Águas Claras, o qual possui o maior IQAU (3,90) e também o maior índice de cobertura vegetal (2,82).

Após essa análise por bairro, foi realizada uma análise mais detalhada em nível de quadras (Figura 22). Esse refinamento permitiu verificar a presença de disparidades internas expressivas nos bairros, com áreas heterogêneas e com IQAU bastante desiguais, especialmente em bairros mais periféricos.

Figura 25– Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) por quadras de Rio Claro/SP

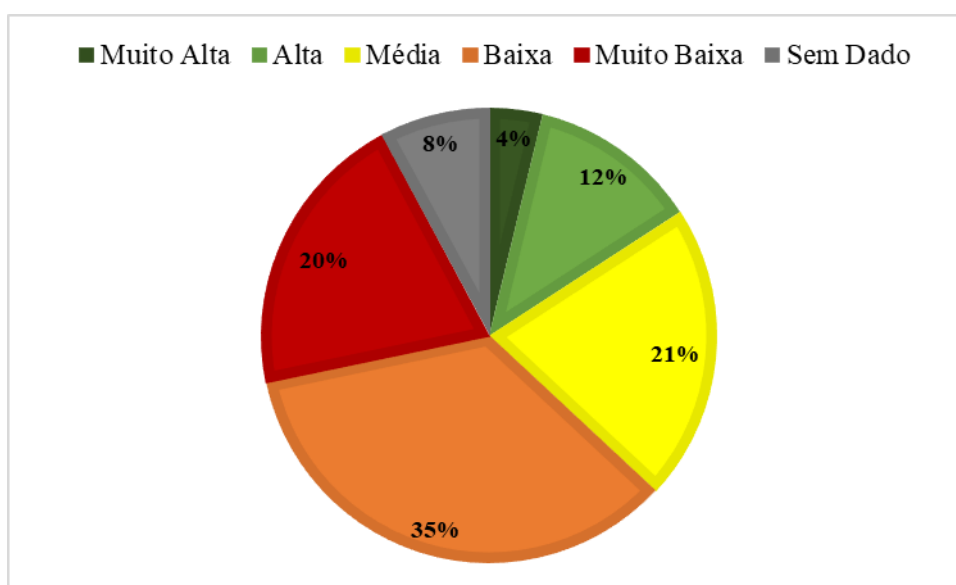


Elaboração: Fornazieiro (2020).

O IQAU médio das quadras foi de 2,61 e desvio padrão de 0,38, enquanto a amplitude foi igual a 2,93, resultado que reforça a ideia de grande desigualdade entre as quadras.

A partir da classificação dos IQAU das quadras segundo o método *jenks*, calculou-se que 20% das quadras estão situadas na classe muito baixa de qualidade ambiental, enquanto apenas 4% apresentam IQAU muito alto. O gráfico da Figura 23 sintetiza a porcentagem das quadras por classe de qualidade ambiental.

Figura 26 – Porcentagem das quadras por classe de IQAU



Elaboração: Fornazieiro (2020).

A maioria das quadras (55%) foi classificada como baixa e muito baixa qualidade ambiental, sendo a classe “baixa” a mais representativa na área de estudo (35%).

Os bairros com IQAU muito baixo e muito alto apresentaram maior homogeneidade interna, isto é, com pouca variação do IQAU entre as quadras urbanas que compõem os respectivos bairros. A maior variabilidade ocorreu nos bairros com IQAU baixo e médio, nos quais podem ser encontradas quadras com IQAU desde muito baixo a muito alto, como, por exemplo, no Jardim Nova Rio Claro (IQAU médio), onde ocorre vazios urbanos cobertos por vegetação, ausência de atividades poluidoras e áreas residenciais com diferentes intensidades de parcelamento do solo, além de ocupações precárias. Nesse bairro também se constatou que todas as quadras são desprovidas de pavimentação, gerando-se problemas de mobilidade e poeira; em contrapartida há melhor

permeabilidade do solo e temperatura de superfície, o que do ponto de vista da qualidade ambiental, são fatores positivos.

O bairro Jardim Residencial Santa Eliza (IQUAU alto) também apresentou grande desigualdade interna no nível das quadras, as quais estão majoritariamente em classes de qualidade ambiental baixa e muito baixa, com exceção de um extenso espaço livre com densa cobertura vegetal em Área de Preservação Permanente (APP), com IQUAU muito alto, contribuindo para que, na média, o bairro se mantivesse na categoria alta de qualidade ambiental.

Conforme foi relatado, as quadras urbanas apresentaram grande variação dos IQUAU na área de estudo e pelo cálculo da PCA (Análise de Componentes Principais) pôde-se perceber que os indicadores uso do solo urbano e cobertura vegetal responderam por 51,4% e 31,2% dessa variação, respectivamente (Tabela 24)

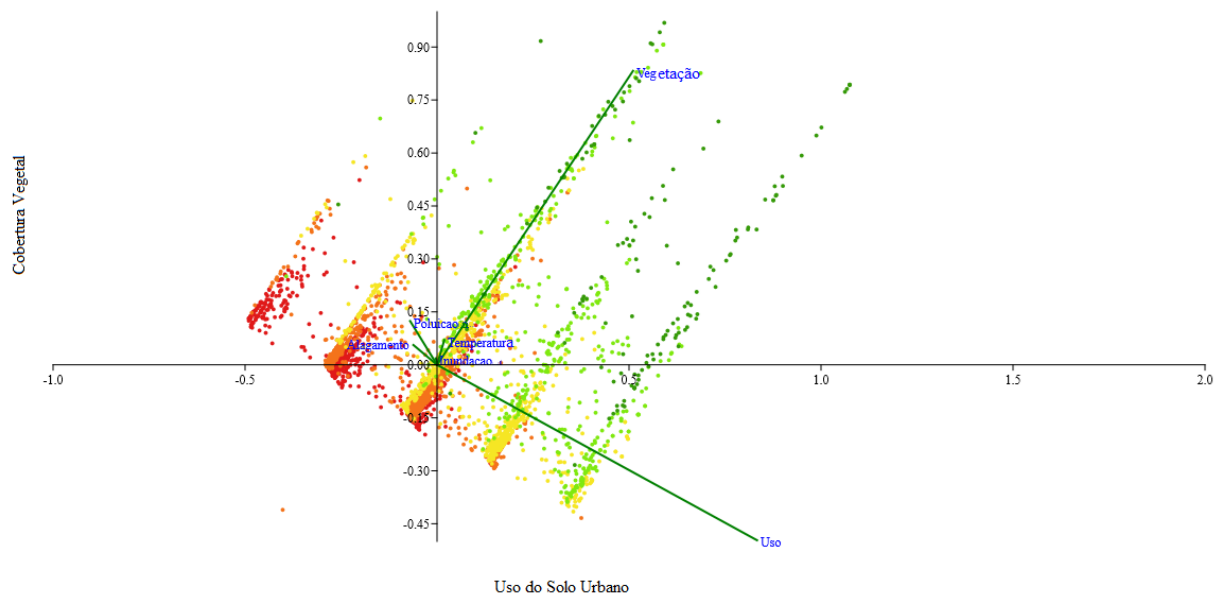
Tabela 26 – Indicador ambiental por variância da PCA

Componente Principal	Variância
Uso do Solo Urbano	51,4%
Cobertura Vegetal	31,2%
Poluição Ambiental	10,1%
Vulnerabilidade a alagamento	4,0%
Vulnerabilidade à inundação	2,5%
Temperatura	0,8%

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Os outros indicadores ambientais, por outro lado, não apresentaram grande importância na explicação da variância, sendo a temperatura o indicador menos influente. O gráfico da Figura 24 ilustra o comportamento dos IQUAU verificados nas quadras urbanas em função dos indicadores ambientais estudados.

Figura 27 – Gráfico da PCA para os IQAU das quadras urbanas



Elaboração: Fornazieiro (2020).

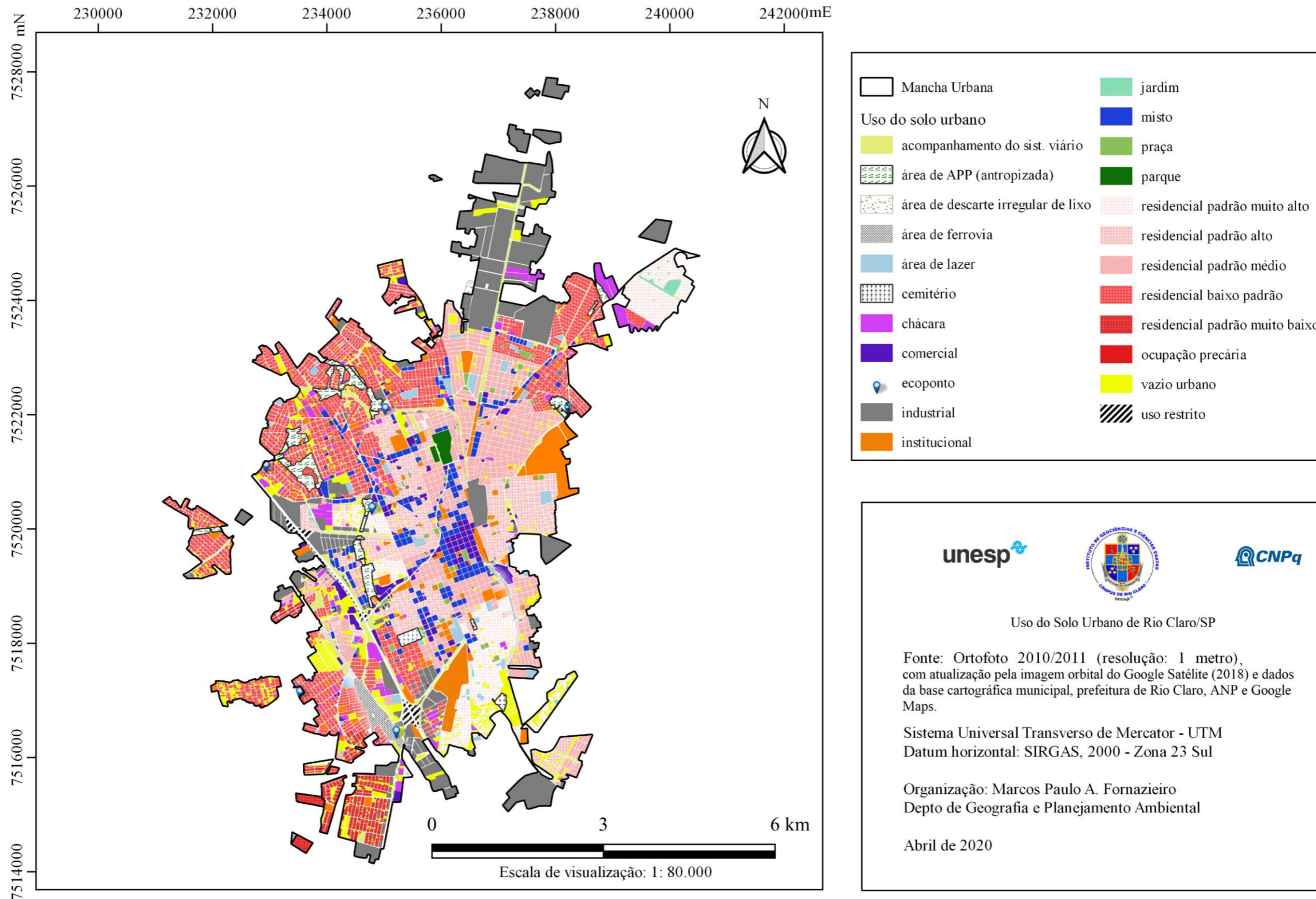
De acordo com o gráfico (Figura 24), pode-se afirmar que as quadras com IQAU alto e médio estão associadas a altos índices de uso do solo urbano (acima de 4 – residencial alto e muito alto padrão, espaços livres públicos e institucionais, por exemplo) e associados a índices mais elevados de cobertura vegetal. Já IQAU muito alto são explicados mais efetivamente pelos altos índices de cobertura vegetal.

Os IQAU baixo e muito baixo estão relacionados com índices baixos de uso do solo (abaixo de 2 – como residencial baixo e muito baixo padrão, ocupação precária, áreas industriais e áreas de descarte de lixo) e baixa cobertura vegetal, embora em boa parte dos casos o indicador uso do solo urbano foi mais determinante que a cobertura vegetal.

Conforme esperado, a temperatura mostrou-se correlacionada com a cobertura vegetal e os indicadores poluição ambiental e vulnerabilidade a alagamento não apresentaram grande influência para o IQAU final no nível das quadras, ou seja, mesmo em áreas com bons índices desses indicadores, o IQAU se manteve baixo em razão dos baixos índices de uso do solo e cobertura vegetal.

Como foi evidenciado, o tipo de uso do solo urbano predominante nas quadras foi o indicador de maior variância, fator que é explicado pela grande diversidade de usos, como pode ser visualizado no mapa da Figura 25.

Figura 28 – Mapa de Uso do Solo Urbano de Rio Claro/SP



unesp



CNPq

Uso do Solo Urbano de Rio Claro/SP

Fonte: Ortofoto 2010/2011 (resolução: 1 metro), com atualização pela imagem orbital do Google Satélite (2018) e dados da base cartográfica municipal, prefeitura de Rio Claro, ANP e Google Maps.

Sistema Universal Transverso de Mercator - UTM
Datum horizontal: SIRGAS, 2000 - Zona 23 Sul

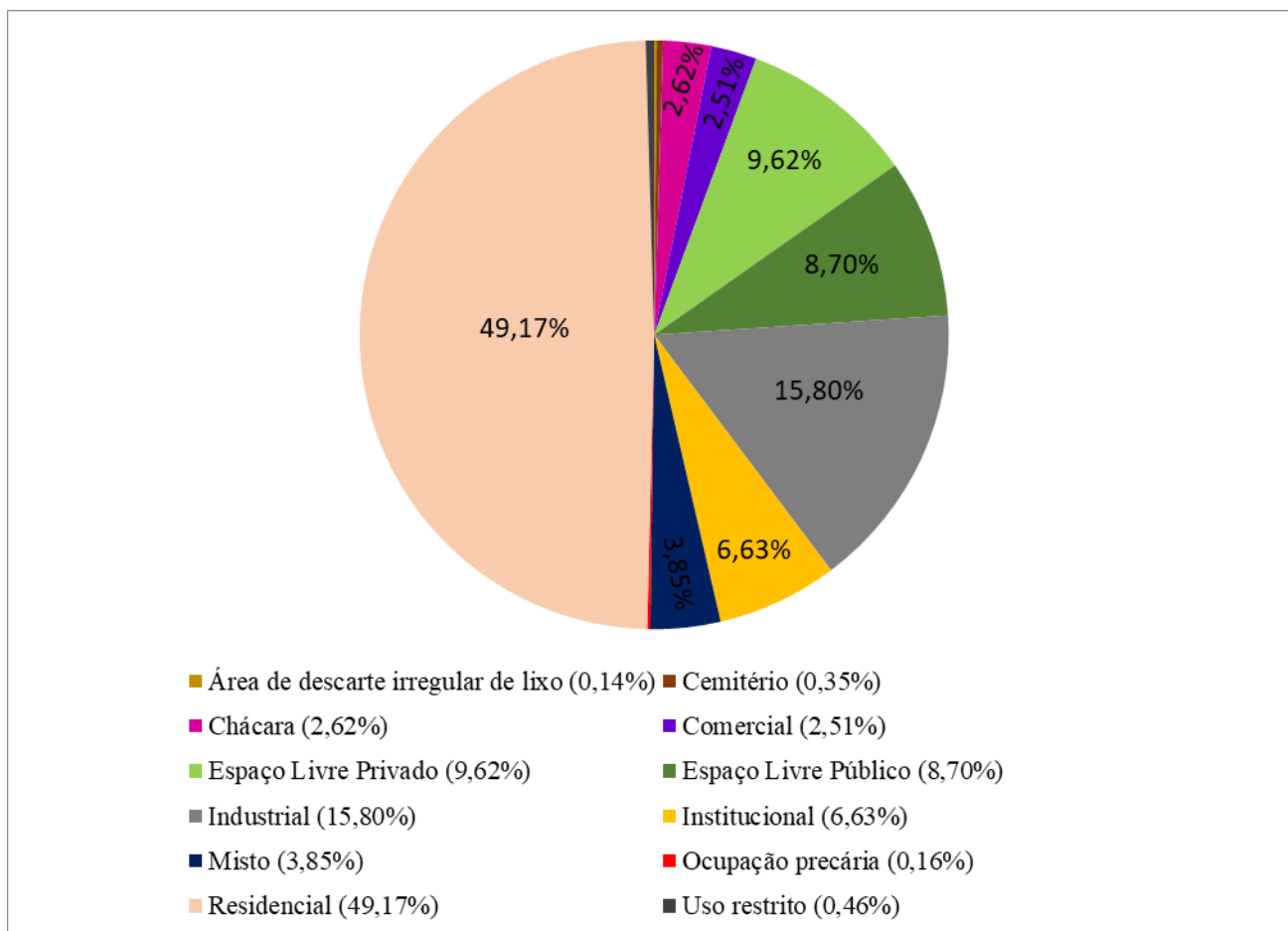
Organização: Marcos Paulo A. Fornazieiro
Depto de Geografia e Planejamento Ambiental

Abril de 2020

Elaboração: Fornazieiro (2020).

O uso do solo urbano de Rio Claro (Figura 25) é predominantemente residencial, ocupando cerca de 49% da área urbana, seguido pelo uso industrial que responde por quase 16% (Figura 26).

Figura 29 – Distribuição dos principais tipos de uso do solo urbano de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Conforme demonstrado no gráfico da Figura 25, o Espaço Livre Privado (Elpr) e o Espaço Livre Público (Elpub) também possuem participação significativa no uso do solo urbano, correspondendo a 9,62% e 8,70% da mancha urbana, respectivamente. A significância dos Elpr se deve, principalmente, a grande quantidade de vazios urbanos, que abarcam uma área total de 3,2 km², ou seja, 8,45% da mancha urbana, estando esses espaços mais concentrados nas bordas da área urbana, junto aos bairros residenciais mais recentes.

Os Elpub, por outro lado, determinam as áreas de domínio público de diversos tipos como praças, parques, áreas de lazer, Áreas de Preservação Permanente (APP) e

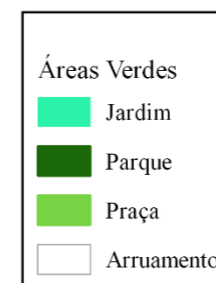
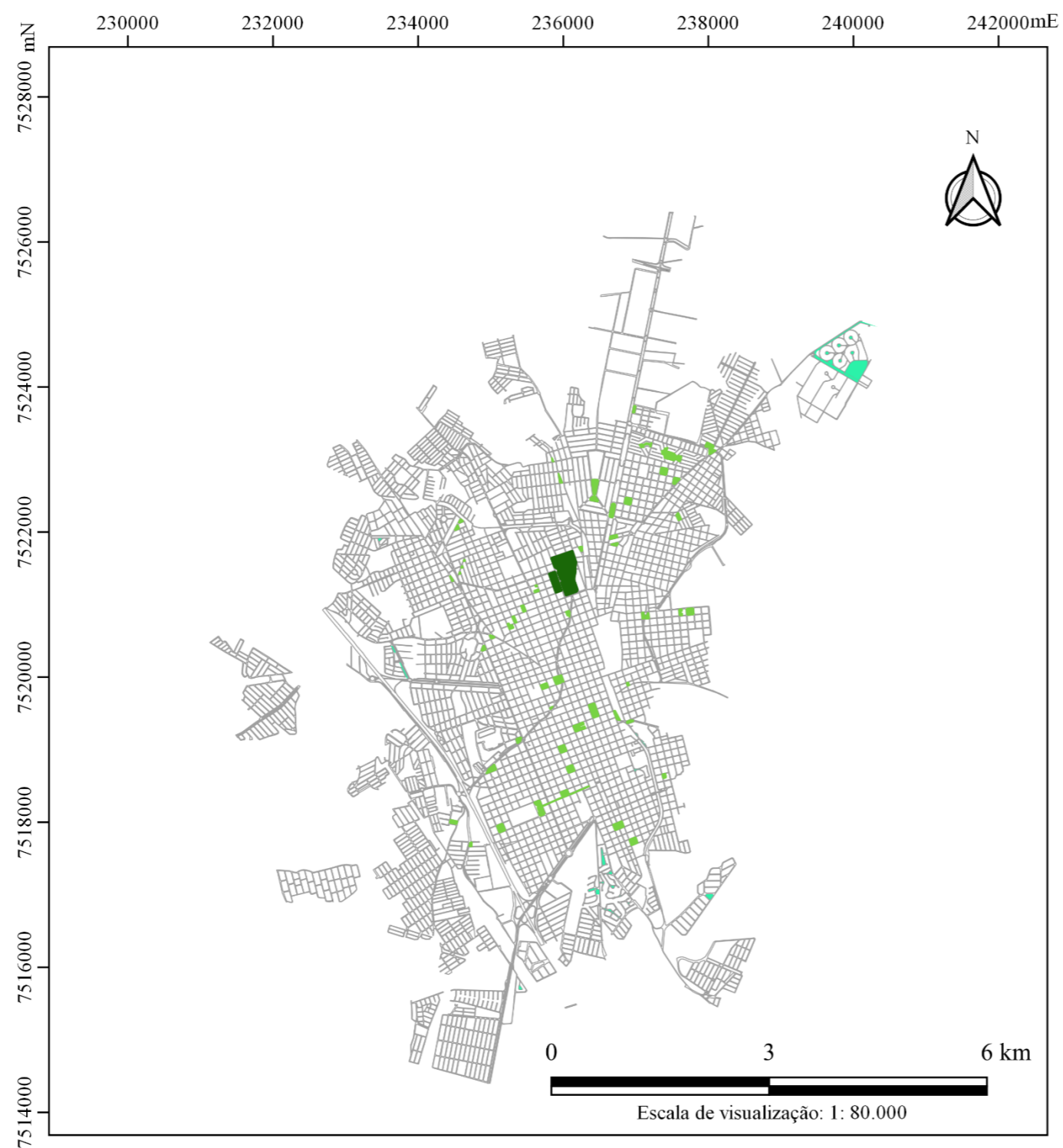
acompanhamento e sobras dos sistemas viários, além de vazios urbanos em terrenos públicos.

Somando as áreas ocupadas por praças, parques e jardins, Rio Claro dispõe de apenas 0,6 km² de área verde, o que corresponde a um índice de 1,57% ou 2,69 m²/habitante, índice bem abaixo dos 15 m²/habitante recomendado pela SBAU (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1996). Entretanto, esse índice pode ser ainda mais preocupante se excluídos os jardins privados, reduzindo-o para 1,69 m²/habitante. Além disso, dentre as áreas de praças, 62% são cobertas por vegetação arbórea ou arbustiva, sendo esse o tipo de uso com maior ocorrência de vegetação.

Percebe-se que os índices de cobertura vegetal não são necessariamente menores nos bairros residenciais de baixo e muito baixo padrão, pois nesses locais a quantidade de vazios urbanos é mais elevada, além de estarem localizados na borda da mancha urbana, onde a frequência de fragmentos florestais é mais comum. Entretanto, o mesmo não ocorre com as áreas verdes.

Do ponto de vista espacial, as áreas verdes estão situadas predominantemente na área central e seu entorno imediato (Figura 27), sendo praticamente inexistentes nas áreas mais periféricas da área urbana, sobretudo na região sul e oeste, onde se encontram bairros mais populares como o Jardim Novo I e II, Jardim Nova Rio Claro e Novo Jardim Wenzel. Logo, a carência de vegetação é ainda mais agravada nesses locais, tendo em vista que, geralmente, as áreas verdes são responsáveis por oferecer um contato mais qualificado da vegetação. Do contrário, os fragmentos florestais se restringem à sensação de abandono e insegurança para os habitantes que residem próximos a essas áreas.

Figura 30 – Mapa de Áreas Verdes na área urbana de Rio Claro/SP



Áreas Verdes em Rio Claro/SP

Fonte: Mapeamento do Uso do Solo Urbano

Sistema Universal Transverso de Mercator - UTM
Datum horizontal: SIRGAS, 2000 - Zona 23 Sul

Organização: Marcos Paulo A. Fornazieiro
Depto de Geografia e Planejamento Ambiental

Abril de 2020

Elaboração: Fornazieiro (2020).

Também é nas regiões sul e oeste que normalmente se verifica uso residencial de baixo e muito baixo padrão. Esses dois tipos, inclusive, representam quase metade (46%) das áreas residenciais de Rio Claro, enquanto que as de alto e muito alto padrão estão mais concentradas na região sudeste e nordeste e correspondem a 17% e 13% dos usos residenciais, respectivamente. Já as áreas de médio padrão estão situadas, em sua maioria, na porção central e centro-leste, sendo responsáveis por 24% da área ocupada pelo uso residencial.

Vale destacar a presença de ocupações precárias, que apesar de pouco significativa (0,16%), englobam grandes problemas ambientais, sociais e urbanos como falta de regularização fundiária, infraestrutura precária, exclusão social e vulnerabilidade social e ambiental. Essas áreas estão situadas predominantemente nos bairros mais afastados e desconectados da mancha urbana, como Jardim Novo II, Jardim Nova Rio Claro e Novo Jardim Wenzel.

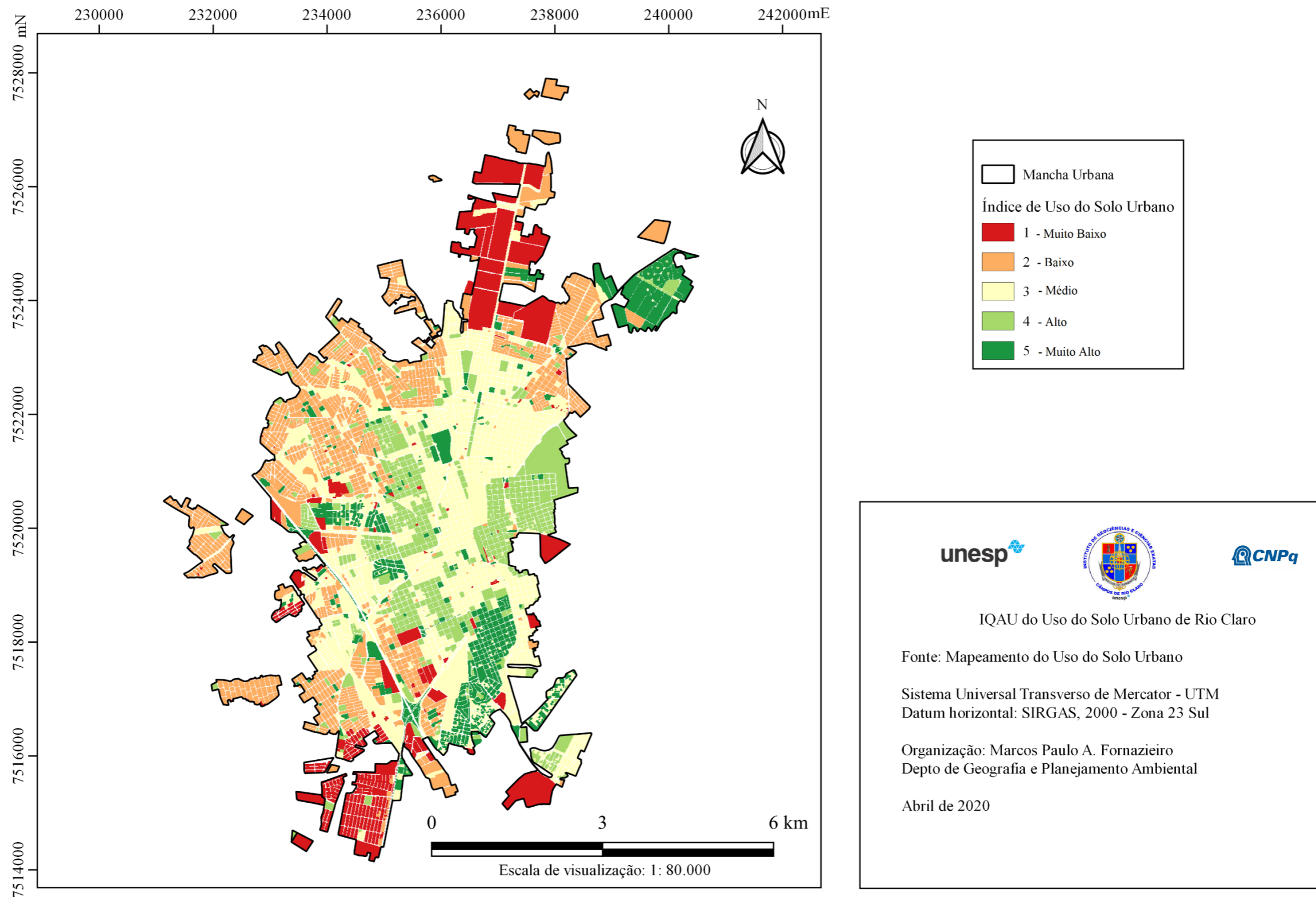
Já as áreas industriais ocupam regiões logísticas da cidade, como o distrito industrial e ao longo da rodovia Washington Luís e das avenidas Presidente Kennedy e Tancredo Neves.

As áreas comerciais, por sua vez, estão na região central e na Avenida Visconde do Rio Claro, uma vez que os bairros mais periféricos possuem baixa diversificação de usos, sendo mais frequente a ocorrência de usos mistos, quando numa mesma quadra se verifica usos residencial e comercial.

Essa configuração espacial do uso do solo urbano de Rio Claro respondeu, em grande parte dos casos, pelos baixos índices de qualidade ambiental urbana, verificados nas quadras urbanas, sobretudo nas regiões sul e leste, onde foram identificadas características como ausência de áreas verdes, usos residenciais de padrão mais baixo e ocupações precárias. Na região norte e áreas da região sul e sudoeste, mais precisamente próximas às avenidas Castelo Branco e Presidente Kennedy, o uso é predominantemente industrial, o qual contribui para os menores IQAU.

Diante disso, quando considerado o tipo de uso do solo urbano, os IQAU tendem a ser maiores em quadras residenciais de padrão alto e muito alto, com ausência de atividades poluidoras e maior quantidade e distribuição mais igualitária de áreas verdes, enquanto áreas residenciais de padrões mais baixos diminuem drasticamente os IQAU, os quais tendem a ser reduzidos ainda mais em quadras ocupadas por indústrias e ocupações precárias (Figura 28).

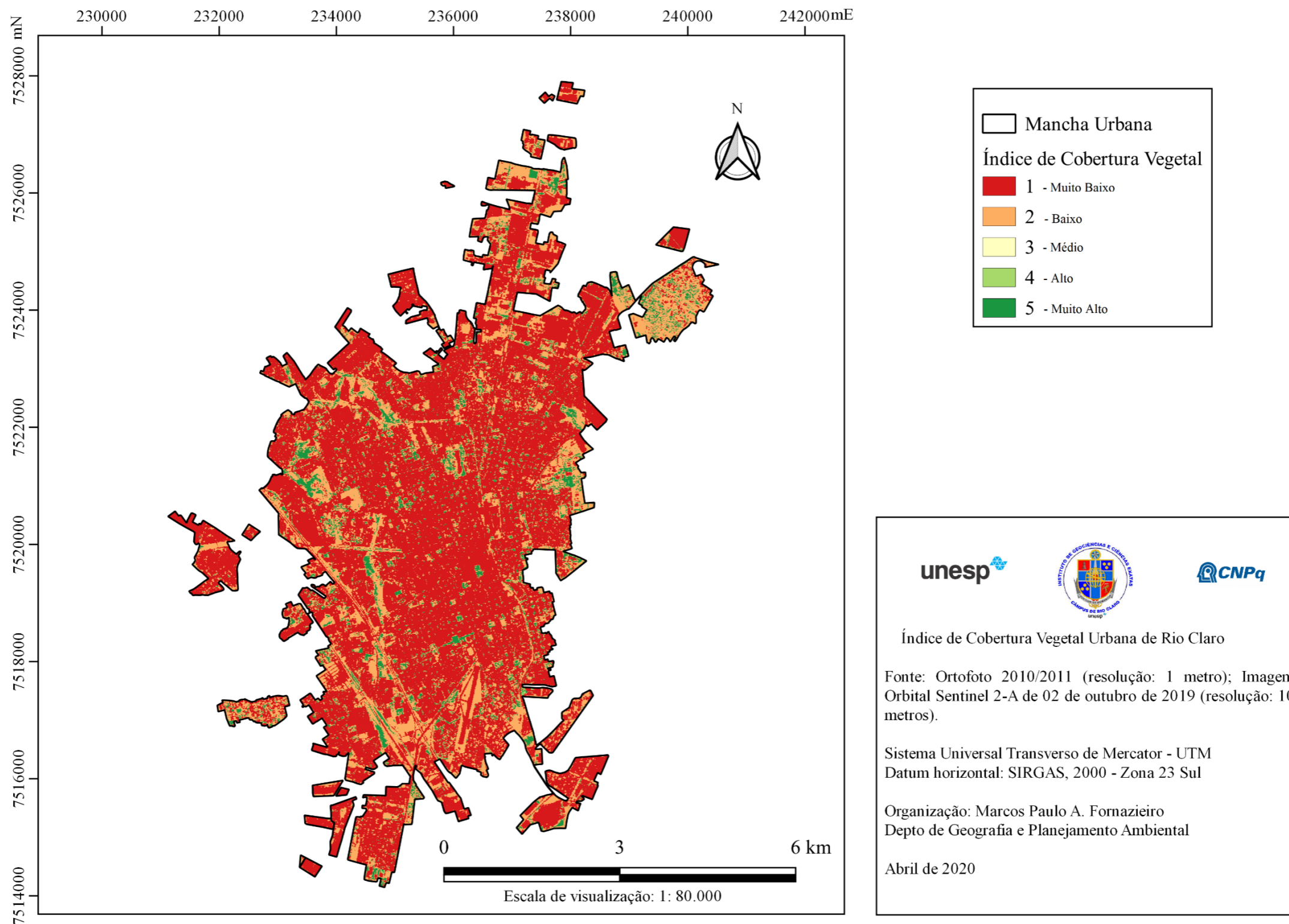
Figura 31 – Mapa do IQAU em função do Uso do Solo Urbano de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

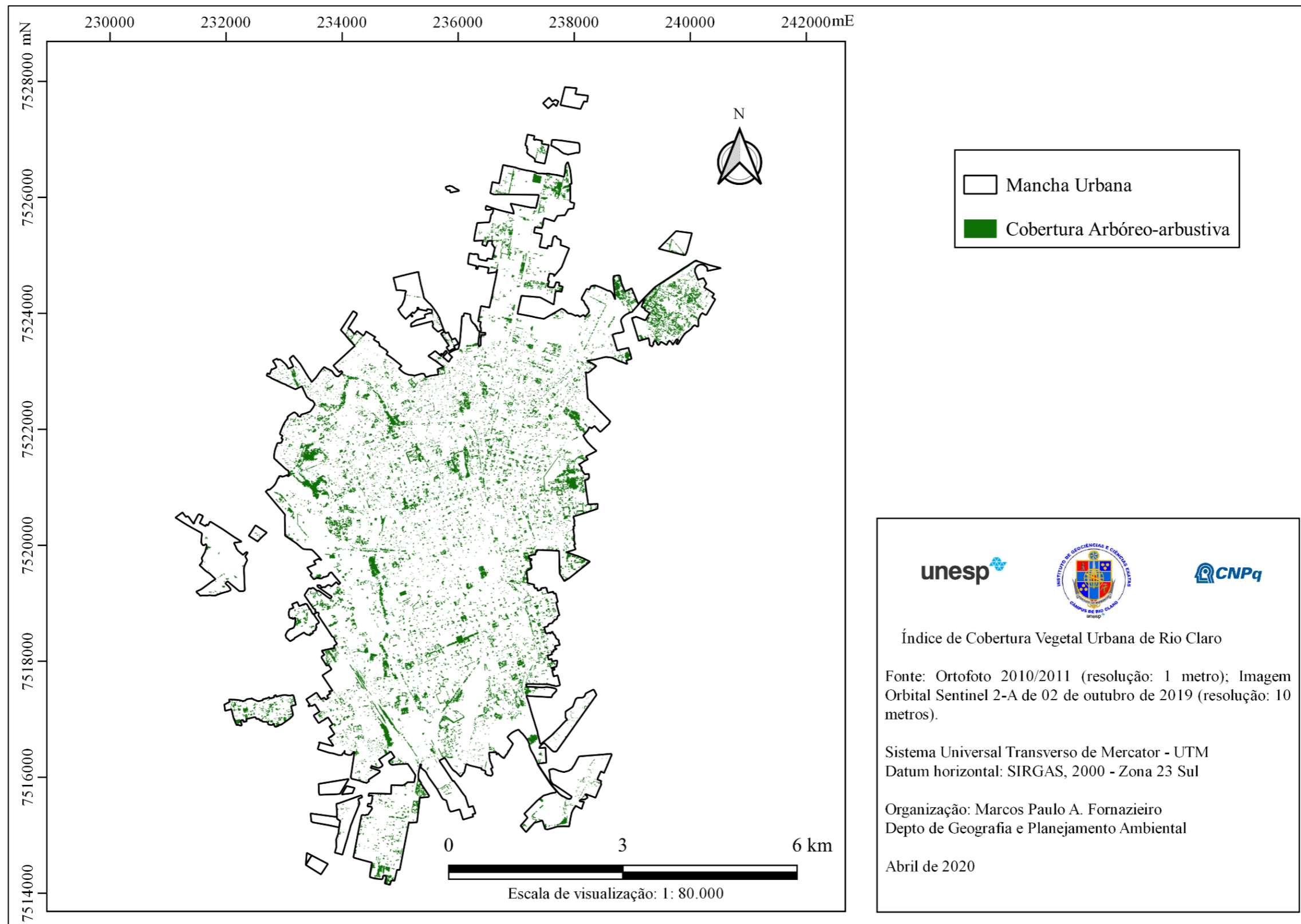
Assim como o índice de uso do solo urbano, o índice de cobertura vegetal também mostrou grande influência sobre os IQAU observados no nível das quadras. Embora tenha se constatado uma variação moderada dos índices de vegetação na área urbana, na média, as quadras urbanas de Rio Claro apresentaram índice insatisfatório de cobertura vegetal, de 1,4 numa escala de 1 a 5, praticamente o mesmo índice observado nos bairros, que foi de 1,5. O mapa da Figura 29 revela a distribuição do índice de cobertura vegetal na mancha urbana, enquanto a Figura 30 demonstra o mapa da cobertura arbóreo-arbustiva mapeada.

Figura 32 – Mapa do Índice de Cobertura Vegetal na área urbana de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Figura 33 – Mapa da Cobertura Arbóreo-arbustiva na área urbana de Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

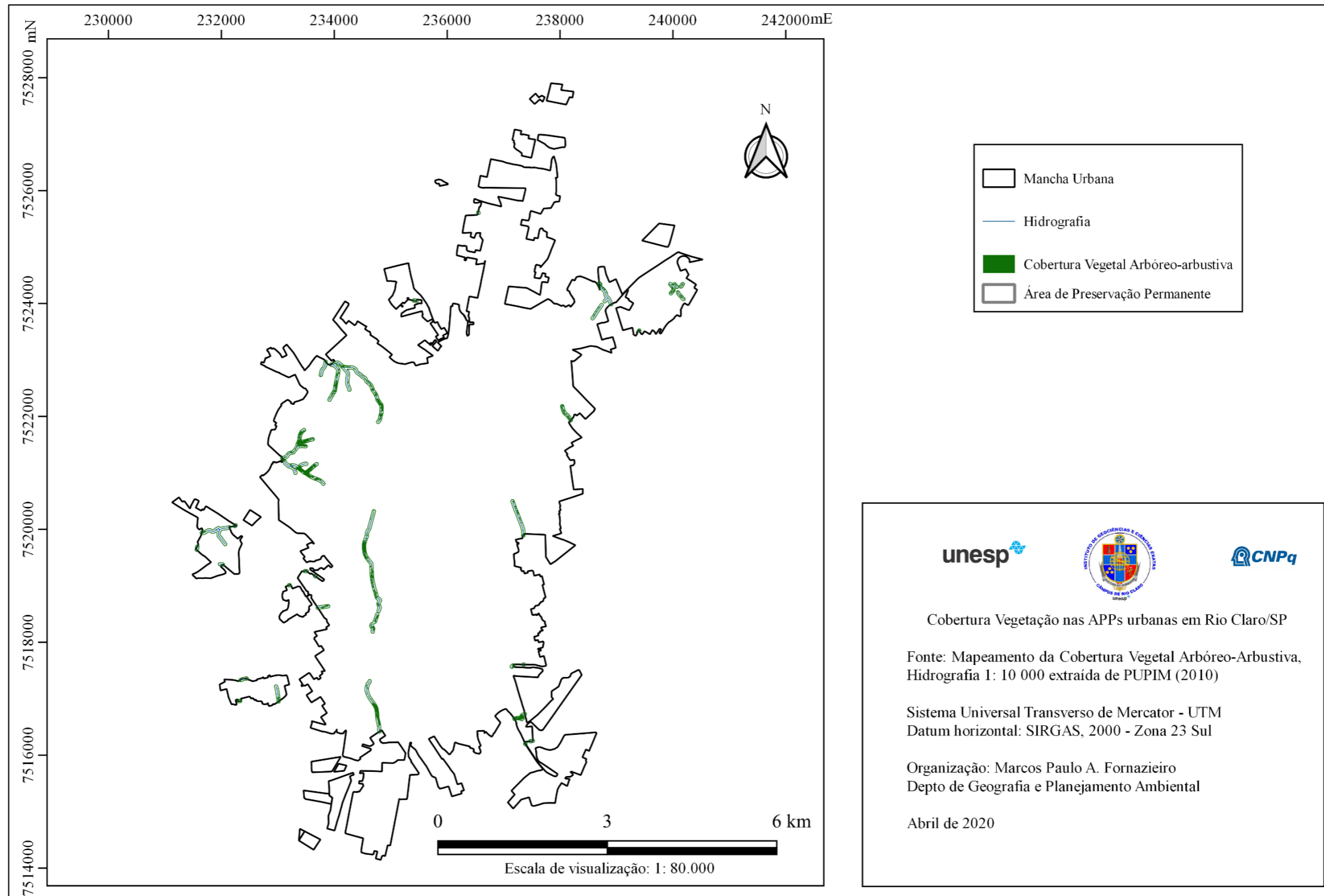
Pelo mapa do Índice de Cobertura Vegetal (Figura 29), calcula-se que 68% da mancha urbana apresentou índice igual a 1, o que significa que a maior parte da área é desprovida de qualquer tipo de vegetação. Cerca de 25% apresenta índice 2, representado por cobertura vegetal rasteira, como campos e gramados. Apenas 7% da mancha urbana possui cobertura vegetal adensada, com índice entre 4 e 5.

O mapeamento manual da cobertura arboreo-arbustiva (Figura 30) revelou que apenas 3,08 km² da mancha urbana é coberta por vegetação arbórea e/ou arbustiva, o que confere um Índice de Cobertura Vegetal Urbana (ICVU) muito baixo, de 7%. Segundo Oke (1973 apud LOMBARDO, 1985), o ideal seria que esse índice fosse próximo a 30%, mantendo assim os serviços ecossistêmicos e o conforto térmico, sendo 5% o limite mínimo para que as áreas urbanas não sejam consideradas verdadeiros desertos florísticos.

Além disso, a distribuição da cobertura vegetal é igualmente insatisfatória. Especialmente, a presença de fragmentos de vegetação mais densos é bastante concentrada, com predomínio no entorno da borda leste da mancha urbana, em razão da presença da Unidade de Conservação da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade.

De maneira descontínua, há presença de grandes manchas de vegetação também ao longo das margens dos cursos d'água, como do rio Corumbataí, na região sul da mancha urbana. Apesar disso, as Áreas de Preservação Permanente (APP) dos cursos d'água na área urbana estão pouco preservadas e pouco mais da metade (53%) encontram-se cobertas por vegetação (Figura 31).

Figura 34 – Mapa da Cobertura vegetal das APPs urbanas



Elaboração: Fornazieiro (2020).

As manchas menores de vegetação concentram-se no interior dos vazios urbanos e nos espaços livres públicos, dentre esses nas sobras dos sistemas viários, praças e parques.

A vegetação é escassa e rarefeita nos logradouros públicos, tendo distribuição desigual pelo espaço urbano. Os condomínios fechados apresentam maior cobertura vegetal, enquanto nos bairros mais adensados e parcelados a presença da vegetação é quase nula.

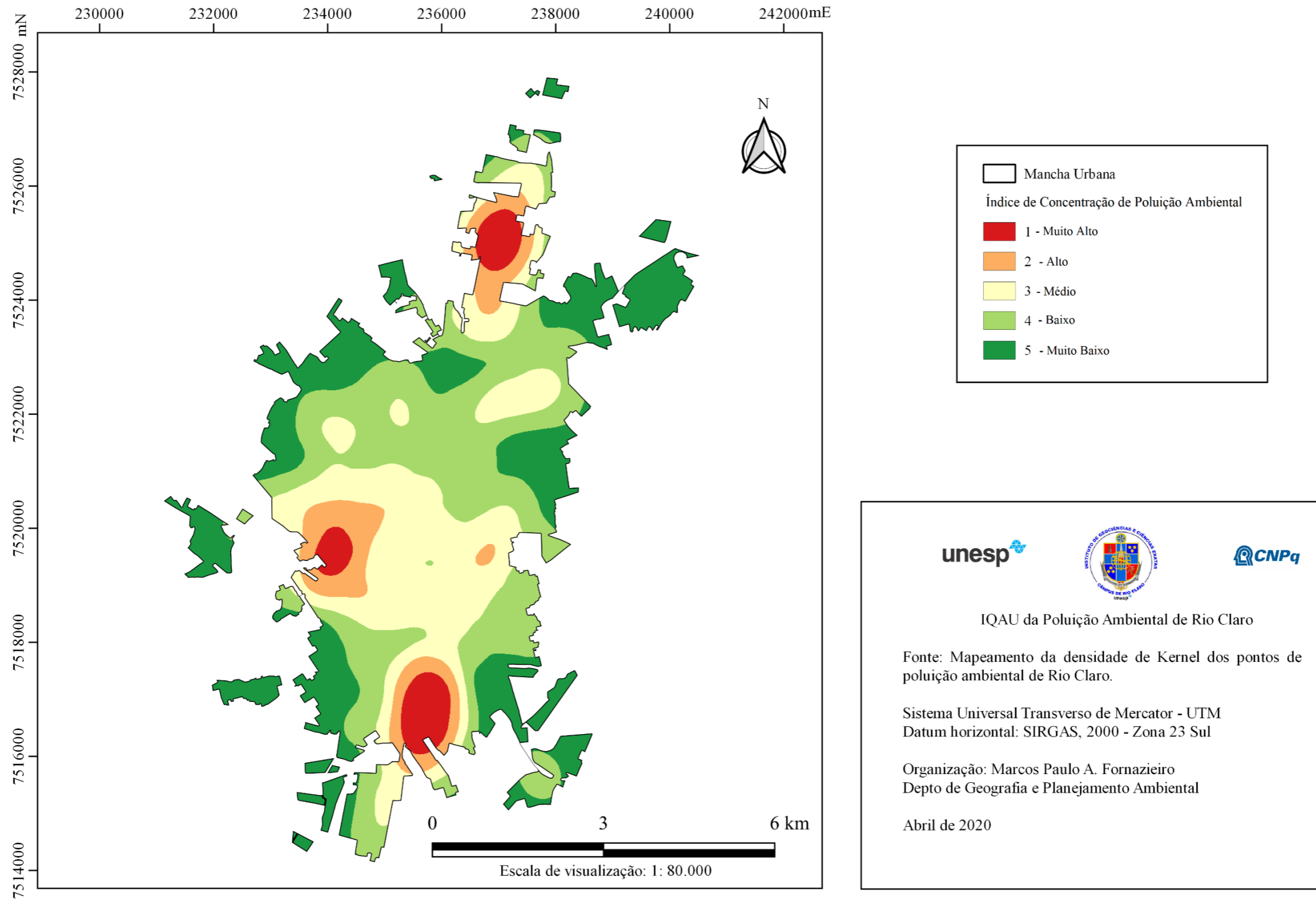
A deficiência de vegetação ao longo dos logradouros públicos pôde ser constatada pelo fato de que foram mapeados 12.371 polígonos relativos à vegetação arbóreo-arbustiva, no entanto a medida de proximidade entre esses polígonos foi de apenas 25,6 metros, revelando que após um exemplar de vegetação é necessário percorrer, em média, 25 metros até se encontrar outro.

Além disso, verificou-se que o Índice de Forma Médio (*Mean Shape Index* - MSI) da vegetação foi de 1,59, o que sugere que as manchas de vegetação possuem formas geométricas pouco complexas, indicando estarem sob forte influência antrópica e, portanto, pouco preservadas, assim como o Índice de Área Central (*Core Area Index* – CAI) correspondente, que atingiu apenas 0,01. Em outras palavras, isso significa que apenas 1% das áreas dos fragmentos de vegetação apresenta-se mais conservada e capaz de abrigar a fauna urbana.

Um terceiro indicador de relativa influência sobre o IQAU, responsável por explicar 10,1% da variação desse índice na área urbana, é a poluição ambiental, representada pela concentração espacial de atividades industriais, postos de combustíveis, áreas contaminadas e áreas de descarte irregular de lixo. A maior concentração de pontos de poluição ambiental (25,35 a 41,17) localiza-se na região norte e sudoeste, onde se situam o Distrito Industrial e as avenidas Castelo Branco e Presidente Kennedy, regiões com expressiva quantidade de indústrias. Com exceção dessas áreas específicas de concentração industrial, mais da metade da área urbana (71%) possui baixa ou nenhuma concentração de atividade poluidora, o que lhe confere IQAU aceitáveis na maioria dos casos.

A Figura 32 demonstra a espacialização do IQAU em função da concentração da poluição ambiental em Rio Claro. Destaca-se a maior representação de áreas com as cores verdes, cujos IQAU são mais elevados (entre 4 e 5).

Figura 35 – Mapa do IQAU em função da concentração da poluição ambiental em Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

A atividade industrial é a que produz a maior carga poluidora e, por isso, está sujeita ao licenciamento ambiental, bem como às demais normas nacionais, estaduais e municipais de proteção ao meio ambiente. Dentre elas, enfatiza-se o Decreto Estadual nº 47.397/2002, o qual estipulou diretrizes para o licenciamento ambiental no estado de São Paulo, listando atividades poluidoras sujeitas ao licenciamento, além de critérios e prazos a serem cumpridos para as licenças: prévia, de instalação e de operação.

Ademais, o Decreto Estadual nº 52.469/2007 visou impor controle mais efetivo sobre a poluição atmosférica e com isso mapeou regiões e sub-regiões do estado em vias de saturação por gases e partículas poluidoras, adotando medidas mais rígidas para prevenir e corrigir níveis que ultrapassam os limites mínimos de qualidade do ar.

Em Rio Claro, foram identificadas pelo cadastro da prefeitura municipal, 82 indústrias, cujas atividades estão sujeitas ao licenciamento ambiental. Boa parte delas é do ramo de plástico, químico, farmacêutico e de fabricação de máquinas e equipamentos, com concentração mais elevada na região do Distrito Industrial e ao longo da avenida Presidente Kennedy, conforme informações resumidas na Tabela 25.

Tabela 27 – Ramo e quantidade de indústrias potencialmente poluidoras - área urbana de Rio Claro/SP

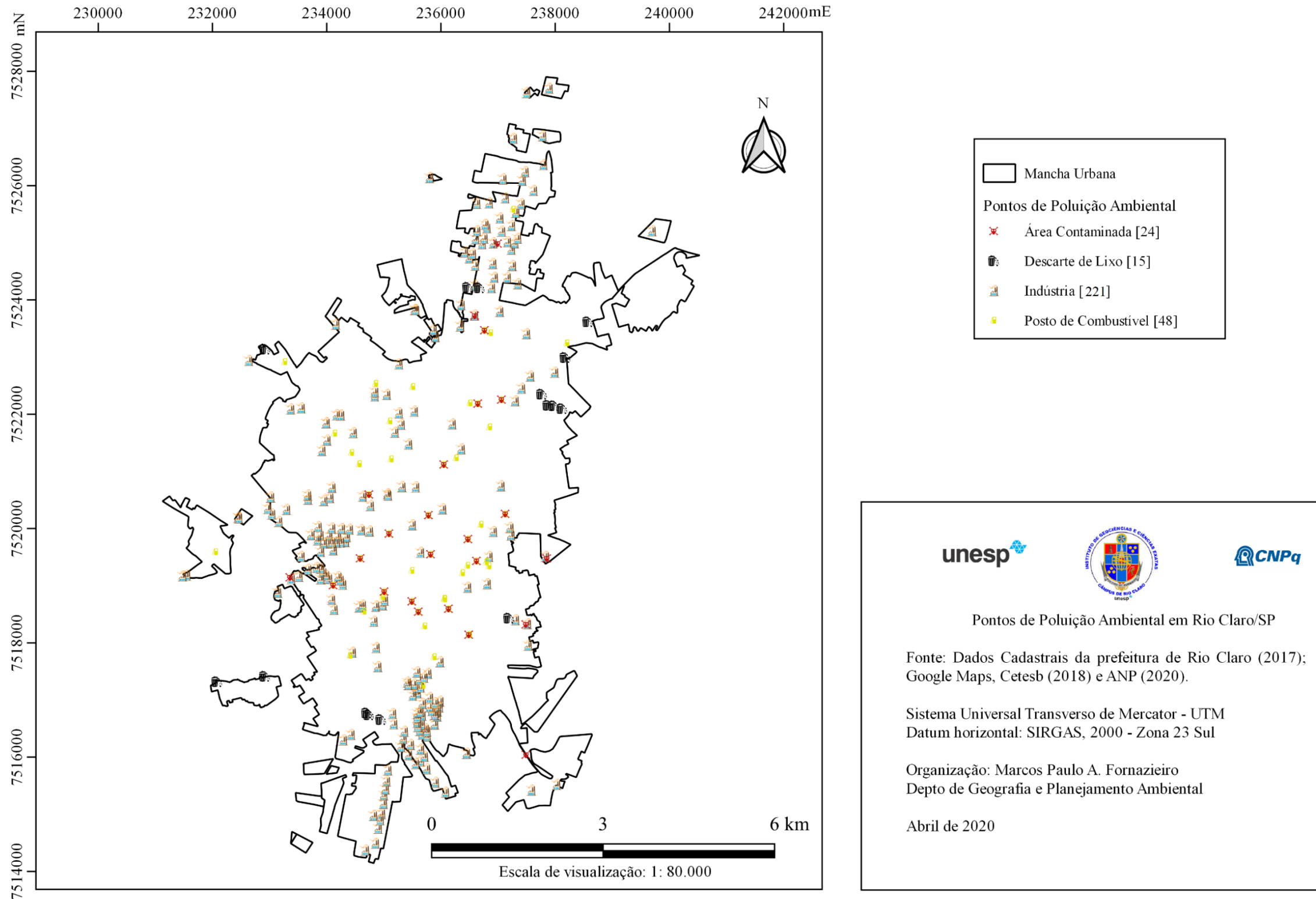
Ramo industrial	Quantidade de indústrias
Fabricação de produtos de plástico	11
Fabricação de máquinas e equipamentos de uso específico	8
Fabricação de produtos e preparados químicos diversos	8
Fabricação de produtos farmacêuticos	8
Fabricação de produtos cerâmicos	5
Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica	4
Fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado - exclusive móveis	4
Fabricação de tecidos e artigos de malha	4
Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais	4
Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral	3
Fabricação de produtos alimentícios de origem animal	3
Fabricação de produtos petroquímicos básicos	2
Fabricação de produtos siderúrgicos	2
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza e artigos de perfumaria	2
Fabricação de bebidas	2
Impressão e serviços conexos para terceiros	2
Aparelhamento de pedras e fabricação de cal e de outros produtos de minerais não metálicos	1
Fabricação de aparelhos, instrumentos e materiais óticos, fotográficos e cinematográficos	1

Fabricação de artigos de mobiliário	1
Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários - inclusive peças e acessórios	1
Fabricação de embalagens metálicas	1
Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	1
Fabricação de outros produtos alimentícios	1
Fabricação de papel, papelão liso, cartolina e cartão	1
Fabricação de resinas e elastômeros	1
Fabricação de vidro e produtos de vidro	1
Metalurgia de metais não-ferrosos	1
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	1
Moagem, fabricação de produtos amiláceos e de rações balanceadas para animais	1

Fonte: Prefeitura de Rio Claro (2017). Organizado: Fornazieiro (2020).

Além dessas indústrias constantes no cadastro municipal, foram mapeadas outras 139 indústrias na mancha urbana através da fotointerpretação da ortofoto e imagem orbital do *Google* Satélite, das informações disponíveis no *Google Maps* e também através do *Google Street View*. As indústrias e demais fontes poluidoras estão distribuídas pela área urbana conforme ilustra o mapa da Figura 33.

Figura 36 – Mapa da Distribuição das fontes de Poluição Ambiental em Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

É possível perceber por meio do mapa da Figura 33 que enquanto as indústrias encontram-se mais concentradas em algumas regiões da cidade, outras fontes de poluição como áreas contaminadas e postos de combustíveis estão mais esparsos pela área urbana. As indústrias se situam mais próximas de atividades de grande risco de contaminação, como é o caso das indústrias químicas e dos postos de combustíveis.

De um total de 26, Rio Claro conta com 24 áreas contaminadas dentro da área urbana, sendo que seis estão classificadas como de risco confirmado, uma em processo de reutilização, duas estão sob investigação, sete já estão em processo de monitoramento para encerramento, nove em remediação e duas estão reabilitadas.

A principal fonte de contaminação são os postos de combustíveis, abrangendo 19 áreas contaminadas. As indústrias e os resíduos respondem por quatro e três áreas contaminadas, respectivamente.

Diante desse quadro, os postos de combustíveis apresentam grande risco de contaminação do solo e subsolo principalmente por BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) e HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), que são compostos bastante tóxicos para o ser humano.

Como em qualquer outra cidade com grande número de automóveis, foi identificado um número considerável de postos de combustível pela cidade: cerca de 48 postos de combustíveis ativos, dos quais, boa parte, está distribuída ao longo das vias de maior circulação de veículos, como as ruas centrais, avenida Visconde do Rio Claro, Avenida Brasil, Rua 14 e Avenida 29. Apesar disso, é possível afirmar que a legislação ambiental mais recente é muito mais restritiva para este tipo de atividade, reduzindo, assim, os riscos de contaminações. Desde 2001 passou a vigorar no estado de São Paulo a resolução SMA nº 5/2001, que em atendimento à resolução CONAMA 273/2000, estabelecendo procedimentos e normas técnicas para o licenciamento ambiental de postos revendedores de combustíveis e atividades correlatas.

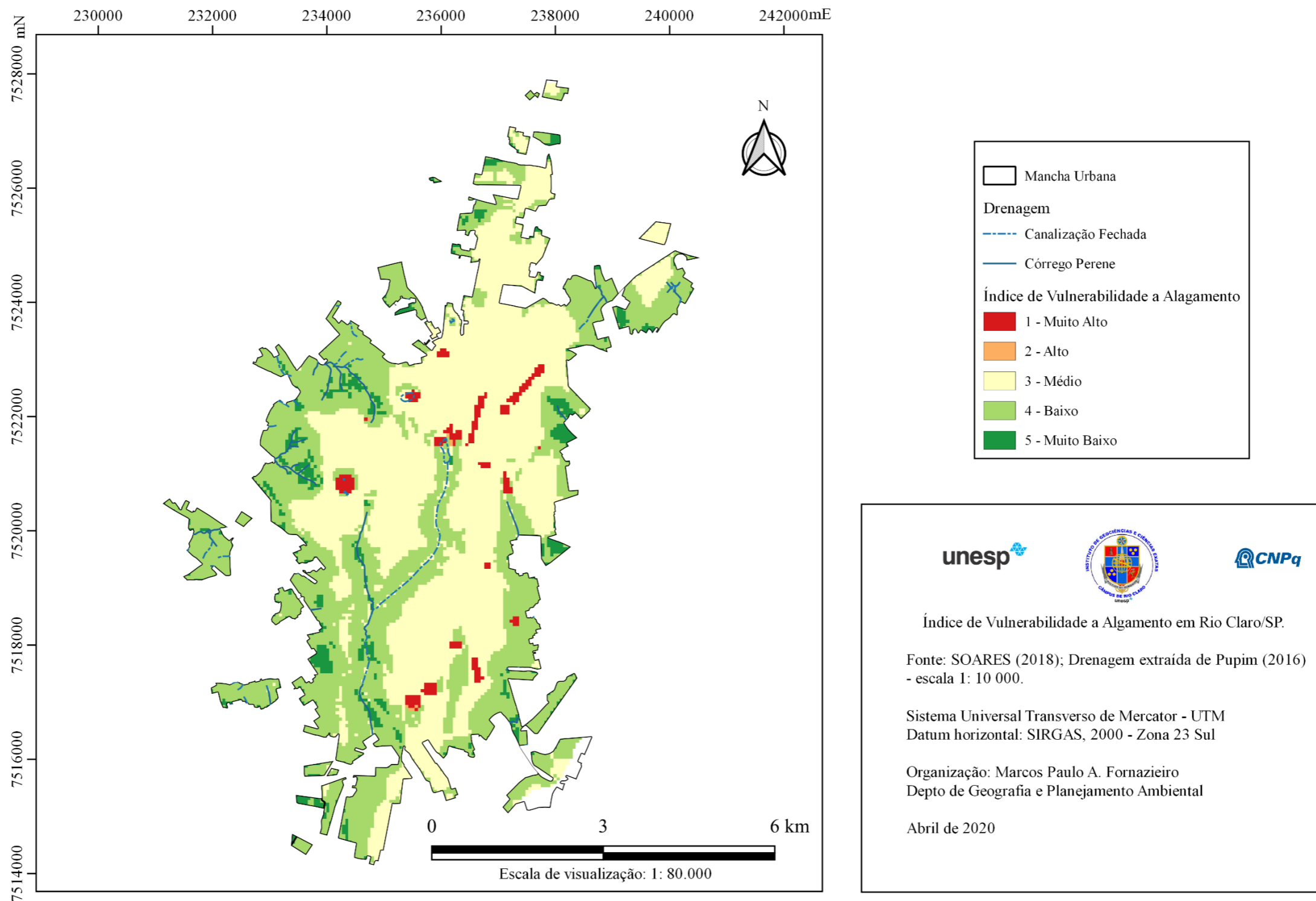
Outra fonte de poluição ambiental em Rio Claro são as áreas de descarte irregular de resíduos, as quais desprendem grandes operações urbanas para limpeza constante destas áreas. Ao todo, são 15 pontos de descarte corriqueiro de lixo, que ocorrem em áreas afastadas do centro e ao longo de terrenos públicos e privados sem ocupação e, em alguns casos, próximos às APPs, como a do afluente do ribeirão Claro, na região do Bairro São Miguel.

No que se refere aos indicadores relativos à vulnerabilidade a alagamento e vulnerabilidade à inundação, a realidade observada em Rio Claro é de situações mais

críticas de inundação em locais de alta impermeabilidade em regiões de fundo de vale, enquanto as áreas sujeitas a alagamento estão associadas ao sistema de drenagem insuficiente, com baixa capacidade de escoamento superficial e alta impermeabilização do solo.

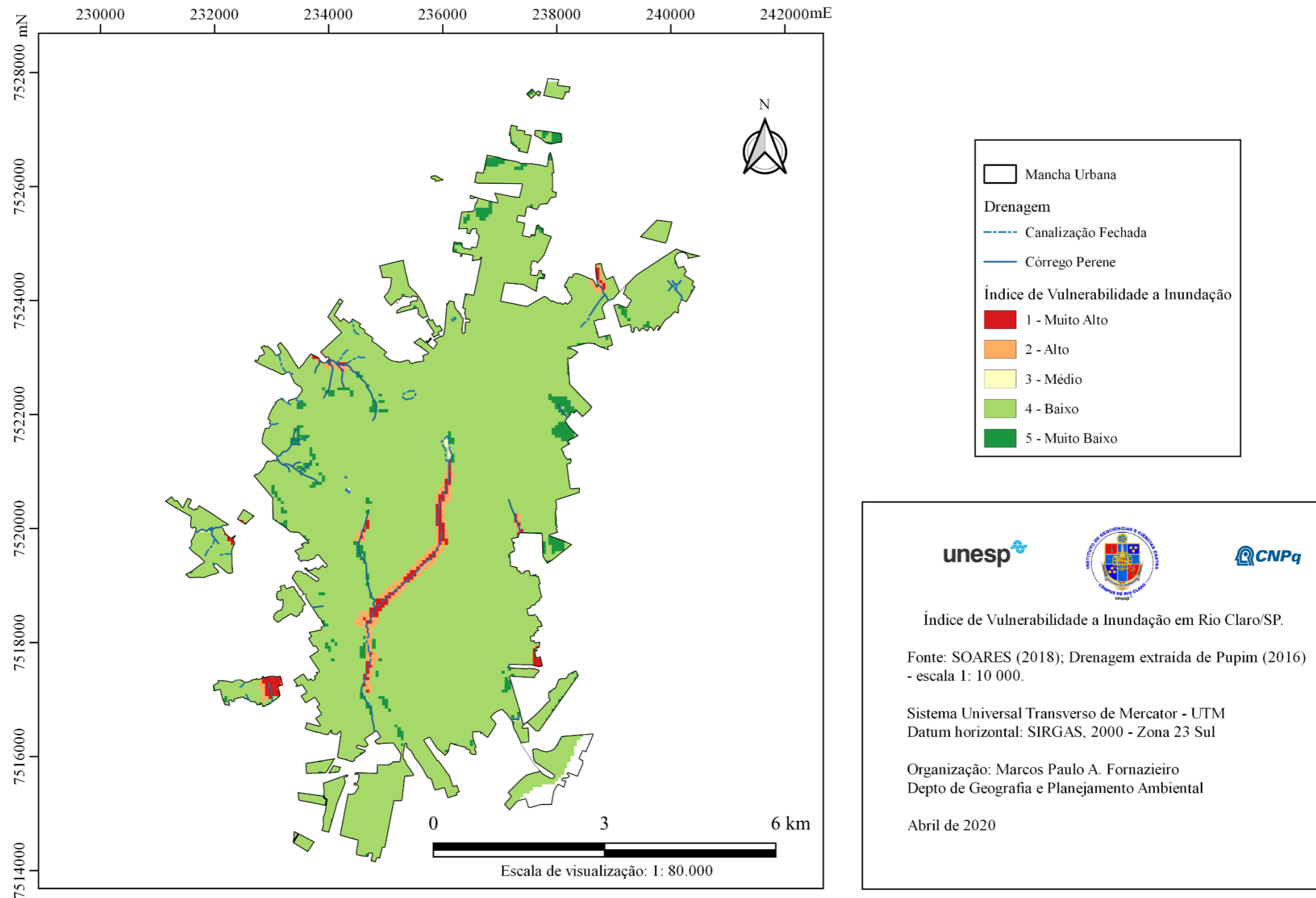
Na cidade, verifica-se maior ocorrência do índice médio (3) de qualidade ambiental para o indicador vulnerabilidade ao alagamento (Figura 34). Já quando considerado o indicador vulnerabilidade à inundação, o predomínio é do índice alto (4) de qualidade ambiental, como mostra o mapa da Figura 35.

Figura 37 – Mapa do IQAU para a vulnerabilidade ao alagamento em Rio Claro/SP



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Figura 38 – Mapa do IQAU para a vulnerabilidade à inundação em Rio Claro/SP



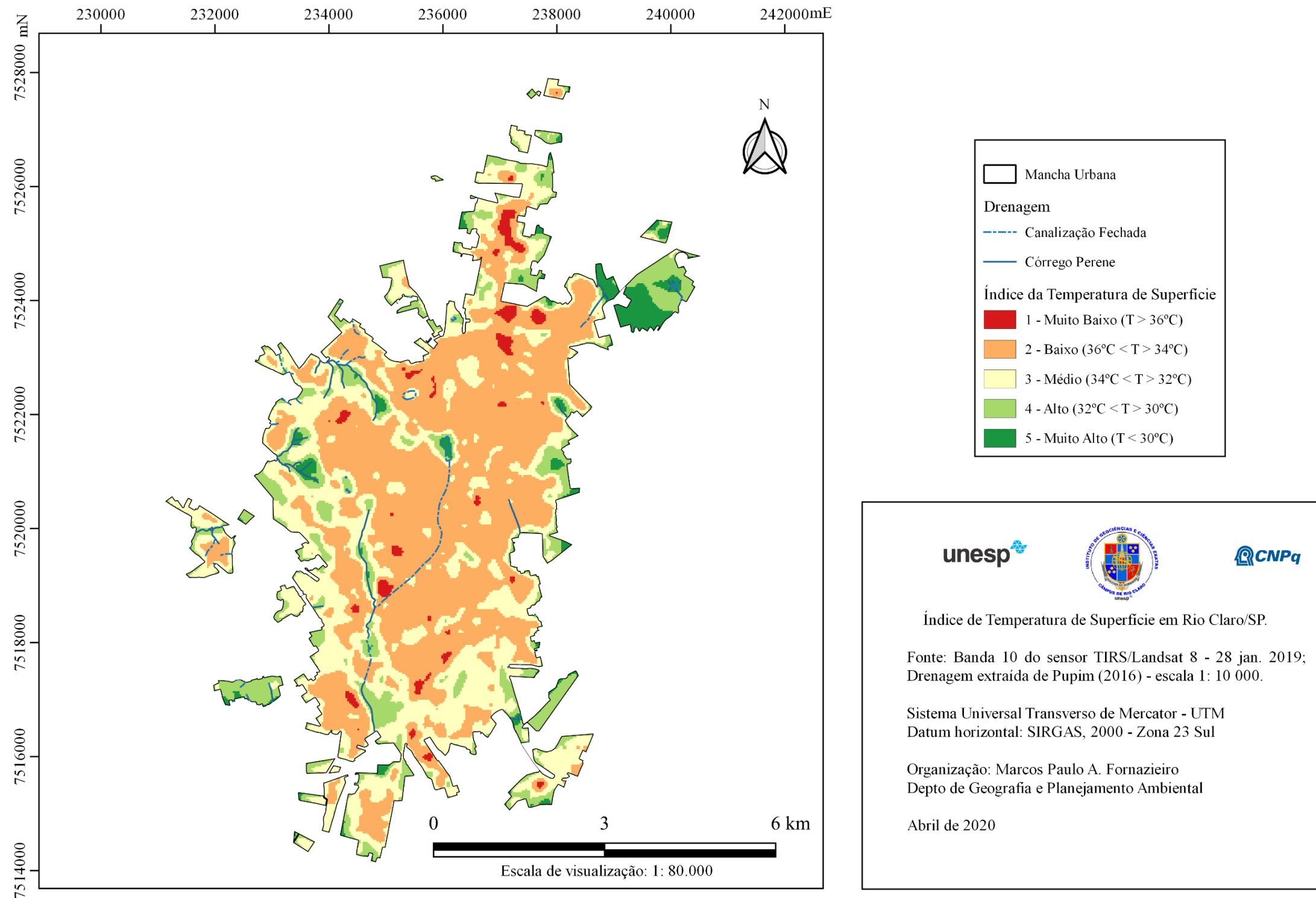
Elabora o: Fornazieiro (2020).

Com base na figura 34 verifica-se que as áreas mais sujeitas a episódios de alagamentos encontram-se nas regiões noroeste e sul, onde predominam, segundo Soares (2018), baixas declividades (até 2%) e altos índices de impermeabilização do solo. Nessas regiões o escoamento pluvial é muito lento e favorece o acúmulo de água pela insuficiência do sistema de drenagem. Destacam-se áreas críticas na Avenida Felício Castelano (Vila Cristina), Avenida Brasil, ao redor do Parque Lago Azul e da lagoa Seca Chervezon, além de pontos do Jardim Bela Vista, Jardim Olinda e Jardim Hipódromo, na região noroeste. Já ao sul, são as áreas próximas ao aeroporto que revelam maior vulnerabilidade, como pontos nos bairros da Vila Paulina, Bairro do Estádio e Avenida Presidente Kennedy.

De acordo com a figura 35, as áreas mais críticas a inundações situam-se ao longo da Avenida Tancredo Neves e Visconde do Rio Claro, onde houve canalização fechada do córrego da Servidão, assim como em trechos do córrego Wenzel e também nas áreas de várzea do rio Corumbataí no Jardim Nova Rio Claro. Esses locais refletem a intensa ocupação dos fundos de vale e impermeabilização crescente do solo, revelando a superação dos eventos naturais frente às obras de engenharia de canalizações e tamponamentos de cursos d'água e nascentes.

Por fim, explicando apenas 0,8% da variância do IQAU das quadras urbanas, o indicador temperatura de superfície revelou, conseqüentemente, pouca discrepância na área de estudo, com predomínio de índices baixos e médios (2 e 3) de qualidade ambiental, o que indica que mais de 80% da área urbana encontra-se entre 32°C e 36°C de temperatura de superfície e apenas 3,69% da área possui temperatura inferior a 30°C, com índice igual a 5. Isso indica que uma parcela muito restrita da população vive em condições de maior conforto térmico. A figura 36 revela o mapeamento do IQAU em função das faixas de temperatura observadas na área urbana.

Figura 39 – Mapa do IQAU em função da Temperatura de Superfície observada em Rio Claro/SP



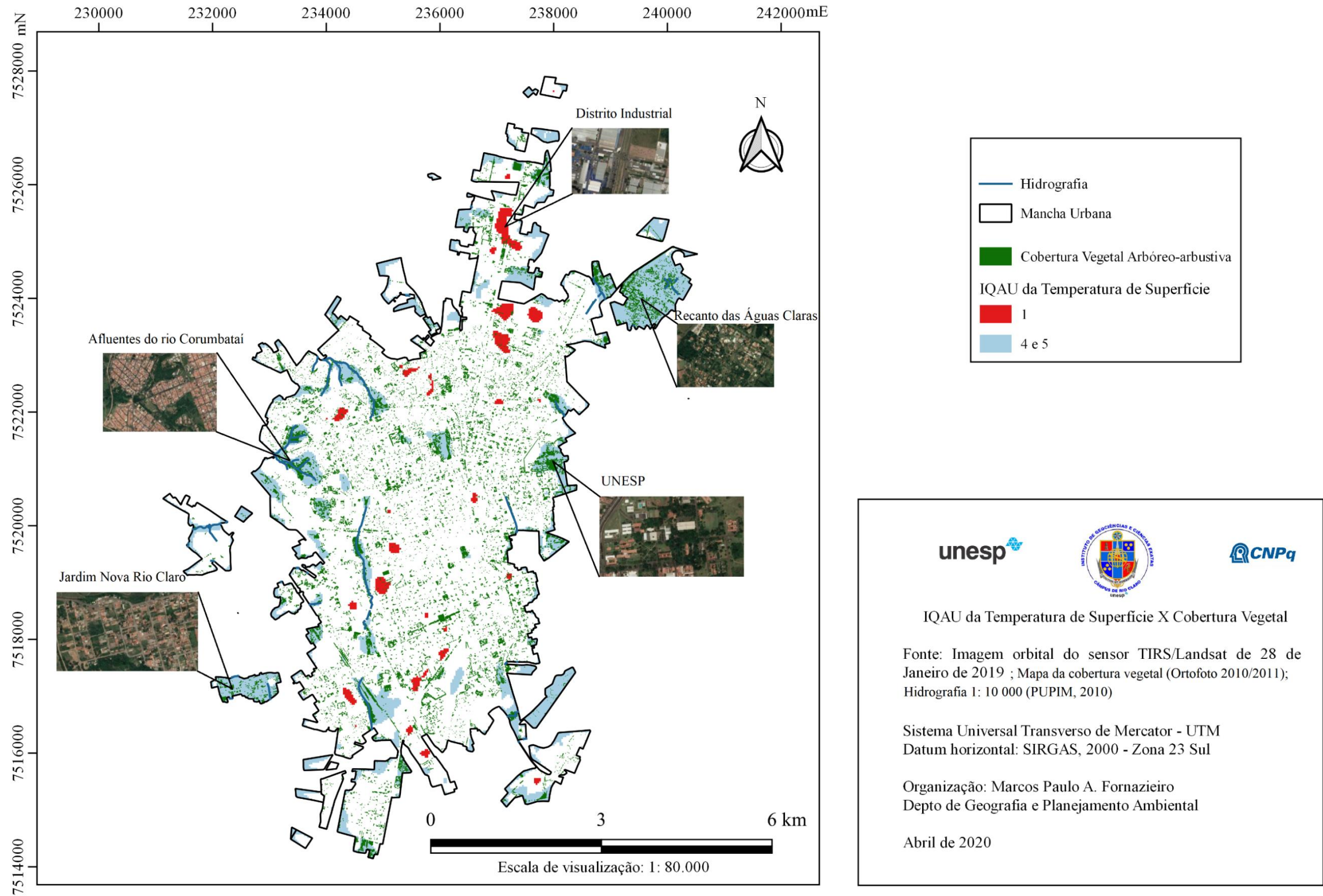
Elaboração: Fornazieiro (2020).

O mapa da Figura 36 demonstra a correlação existente entre os índices de cobertura vegetal e a temperatura de superfície. Nessa relação, constata-se que as temperaturas mais amenas são encontradas em locais com o maior número e tamanho de fragmentos florestais, como na região da UNESP, do Lago Azul e ao longo das áreas de mata ciliar dos córregos Wenzel e da servidão, bem como nos afluentes do rio Corumbataí, na região noroeste da mancha urbana.

Percebe-se ainda que o bairro Recanto das Águas Claras, na região nordeste da cidade, onde há o maior índice de cobertura vegetal (2,82), também apresenta um dos melhores índices de temperatura de superfície (índice 5 – temperatura inferior a 30°C). O bairro Jardim Nova Rio Claro também apresentou bons índices de temperatura, apesar do modesto índice de cobertura vegetal (1,95). Esse resultado positivo, pode ser explicado porque esse bairro possui muitos vazios urbanos e ausência de pavimentação, além de estar situado próximo à área de várzea do rio Corumbataí, fatores que contribuem para o rebaixamento da temperatura de superfície.

Por outro lado, boa parte da área urbana de Rio Claro apresentou IQAU baixos para a temperatura de superfície, reflexo direto da inexpressiva presença de vegetação nos logradouros públicos, sobretudo de porte arbóreo, a qual minimiza o superaquecimento de superfícies asfálticas e de concreto. Vale mencionar ainda, que pontos mais quentes podem ser visualizados juntos aos telhados metálicos de grandes galpões industriais na região do Distrito Industrial e zona sul (Figura 37).

Figura 40 – Mapa Distribuição da cobertura arbóreo-arbustiva e dos índices de temperatura muito baixo, alto e muito alto



Elaboração: Fornazieiro (2020).

Diante dos resultados até aqui expostos, a qualidade ambiental urbana na cidade de Rio Claro mostrou-se mais associada aos tipos de uso do solo urbano e aos índices de cobertura vegetal. Além disso, os indicadores de poluição ambiental, vulnerabilidade à inundação e alagamento e também da temperatura de superfície mostraram-se importantes para a avaliação da qualidade ambiental em algumas regiões da área de estudo.

Os IQAU puderam ser espacializados através da Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana, que sobreposta aos limites territoriais dos bairros e das quadras urbanas, revelou grandes disparidades espaciais.

De modo geral, as áreas mais nobres apresentaram índices mais elevados de qualidade ambiental urbana, embora foram identificadas algumas exceções. Pode-se mencionar, por exemplo, bairros populares como o Jardim Nova Rio Claro, Novo Jardim Wenzel e Inocoop com IQAU semelhantes aos dos bairros Jardim Floridiana e Jardim América, bairros com população de mais alta renda. Isso porque o primeiro conjunto de bairros possui índices melhores de cobertura vegetal, poluição ambiental e vulnerabilidade a alagamento quando comparados com bairros mais centrais como o Jardim Floridiana e Jardim América, que já se encontram quase que totalmente ocupados, impermeabilizados e apresentam certa poluição e problemas de alagamento.

Por esse motivo, este estudo demonstrou a necessidade de se estudar de forma mais aprofundada as características ambientais locais, em razão de suas diversidades, o que pôde ser constatado através de análises espaciais mais detalhadas, na escala da quadra urbana.

7.2. Futuro alternativo: Workshop de Geodesign para melhoria da qualidade ambiental urbana em Rio Claro

Conforme apresentado nesta pesquisa, o meio urbano de Rio Claro tem sofrido, historicamente, profundas e dinâmicas alterações, as quais impactam diretamente na qualidade ambiental e de vida da cidade.

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, os indicadores ambientais levantados mostraram-se satisfatoriamente adequados para atestar o estado atual da qualidade ambiental urbana de Rio Claro. Logo, é certo que alterações substanciais desses indicadores podem refletir em significativa melhora na qualidade do meio urbano.

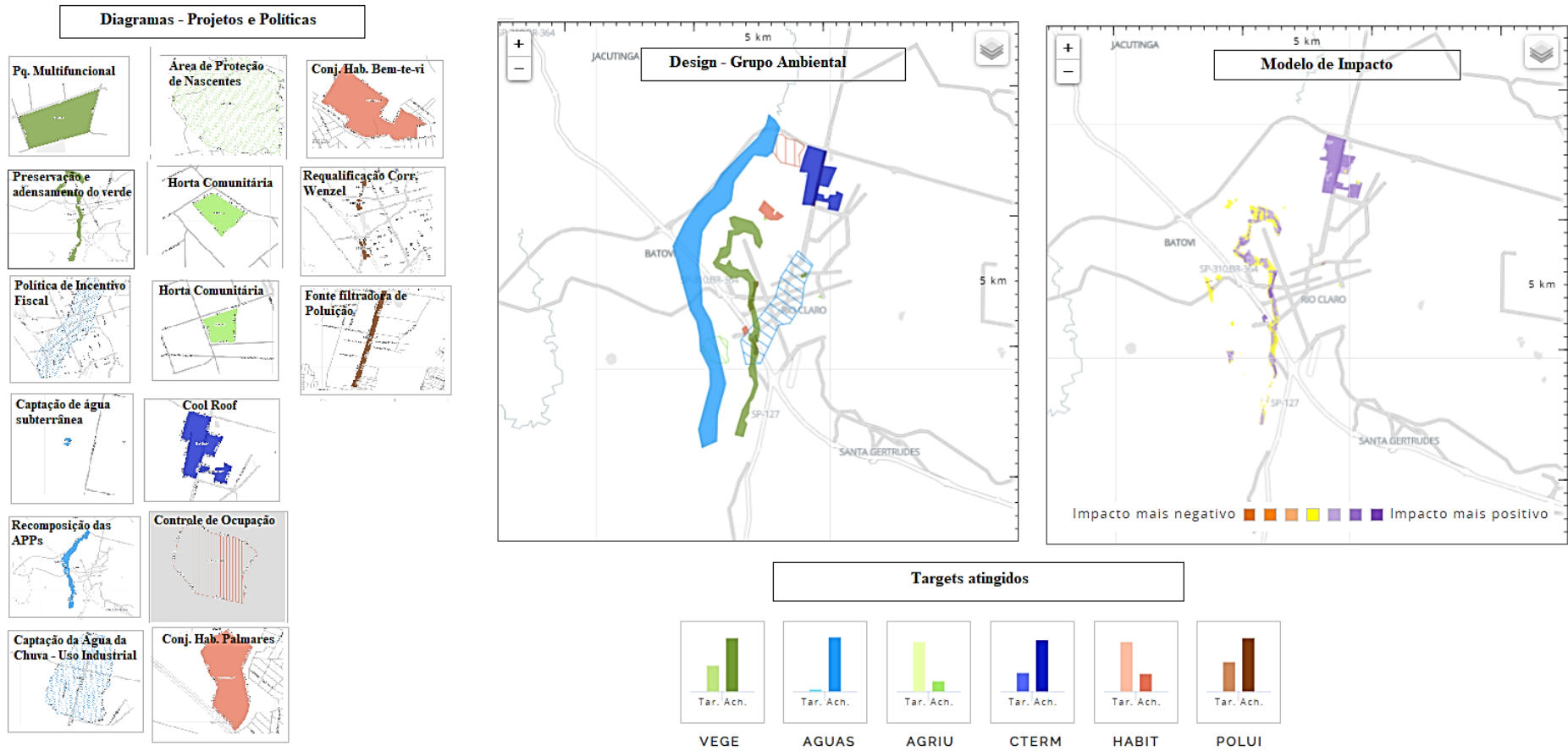
Diante do exposto, o *workshop* de *Geodesign* teve por objetivo a construção coletiva de projetos e políticas voltadas para a melhoria da qualidade ambiental urbana em Rio Claro, ouvindo diferentes especialistas do meio acadêmico e do poder público, sendo em sua maioria residentes do lugar.

Os indicadores ambientais da área de estudo mapeados e avaliados por esta pesquisa serviram de base para a escolha dos 6 sistemas (VEGE, AGUAS, AGRIU, CTERM, HABIT e POLUI), os quais foram base para a realização do *workshop* de *Geodesign*. Esses indicadores subsidiaram ainda os mapas de avaliação que alimentaram a plataforma *Geodesign Hub*, tornando-se referências fundamentais para as tomadas de decisões dos participantes.

Durante os dois dias de realização do *workshop* os participantes se empenharam para elaborar propostas de melhoria da qualidade ambiental dentro do pequeno período de tempo disponível. Pode-se perceber que boa parte deles tiveram dificuldades para entender o funcionamento da plataforma *Hub*, o que acabou impactando no baixo número de projetos e políticas apresentadas para a elaboração do primeiro *design*.

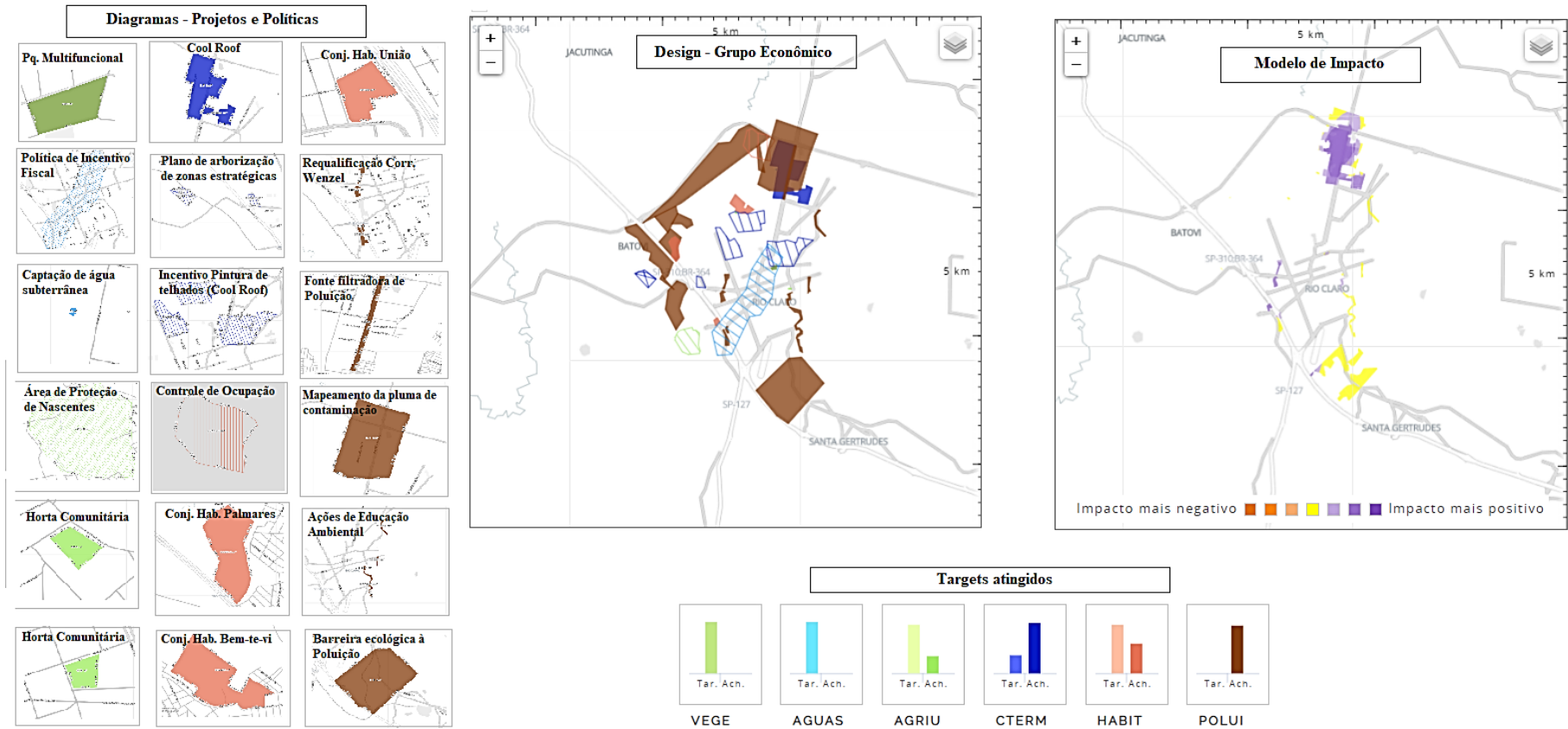
Muitos diagramas não apresentaram geometrias válidas e acabaram não sendo salvos pelo sistema. Por essa razão, foi necessário reforçar a metodologia para se criar adequadamente os desenhos dentro do projeto. Após essa revisão, os grupos dos eixos ambiental, social e econômico passaram a adequar os diagramas, permitindo, assim, a finalização dos primeiros *designs* (Figuras 41, 42 e 43).

Figura 41 – Design 1 apresentado pelo grupo do eixo ambiental



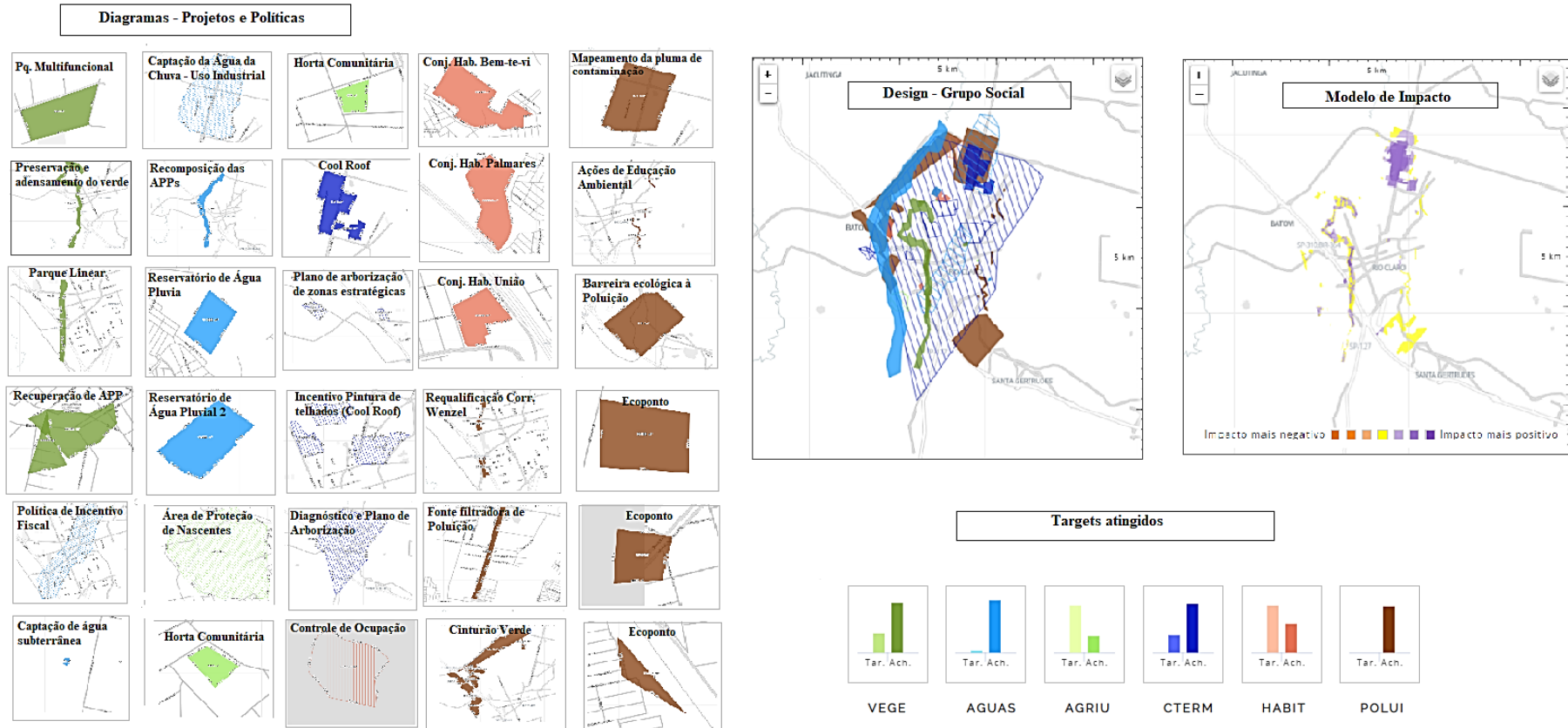
Organização: Fornazieiro (2020).

Figura 42 – Design 1 apresentado pelo grupo do eixo econômico



Organização: Fornazieiro (2020).

Figura 43 – Design 1 apresentado pelo grupo do eixo social



Organização: Fornazheiro (2020).

O *design* apresentado pelo grupo ambiental mostrou-se alinhado com a preservação dos recursos florestais e hídricos, bem como o combate à poluição. Os projetos e políticas escolhidos superaram os valores de *target* (área esperada de projetos em hectares) para os sistemas VEGE, AGUAS, CTERM e POLUI, porém não foram tão satisfatórios quanto às propostas na área de habitação e agricultura urbana. Destacaram-se grandes projetos de aumento da cobertura vegetal, recomposição de APPs e parques urbanos.

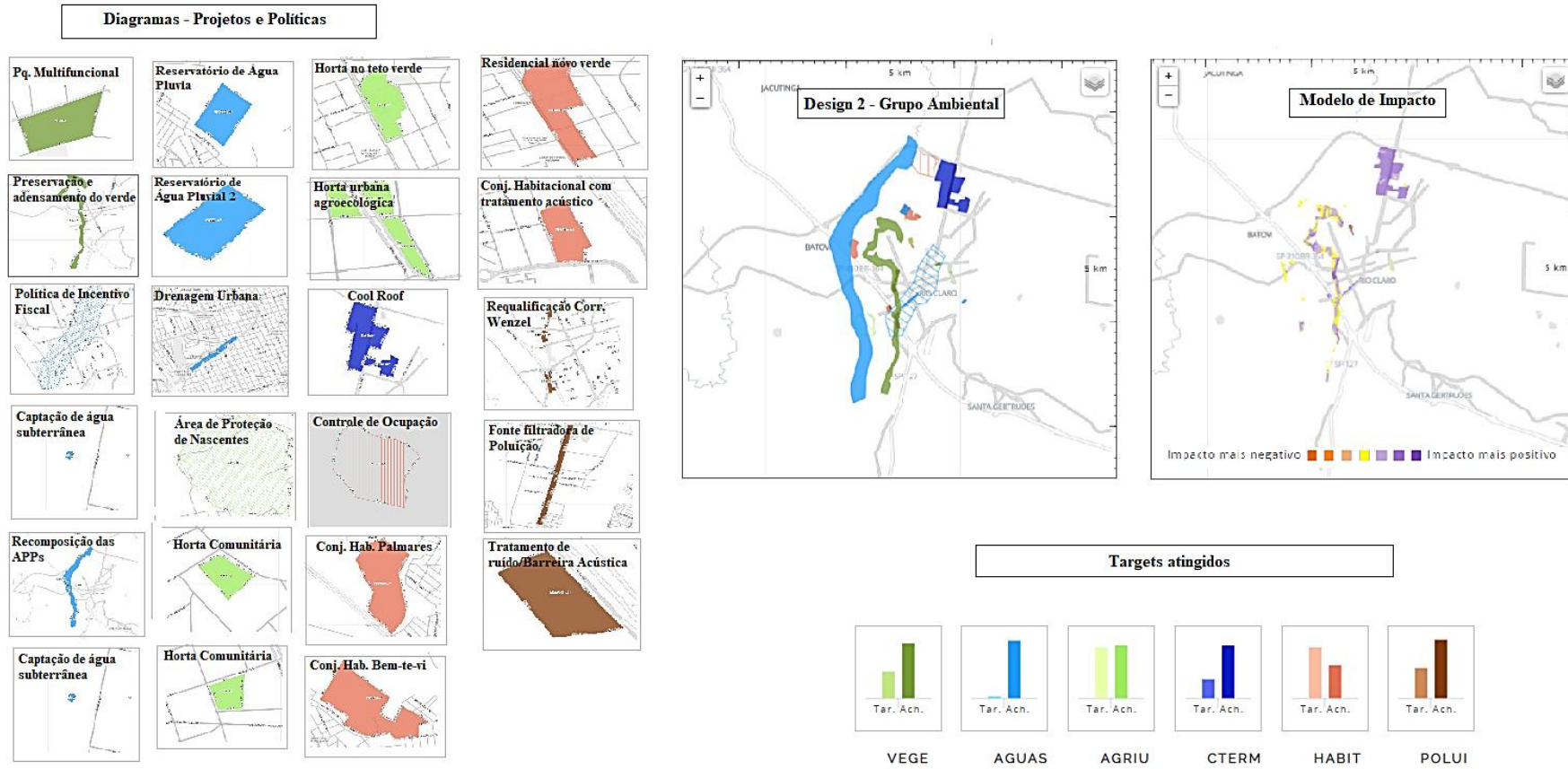
Já o grupo econômico considerou poucas propostas ligadas aos sistemas VEGE e AGUAS, priorizando projetos na área de habitação, poluição e conforto térmico, embora ainda não tenham superado o *target* proposto para o sistema HABIT.

O grupo social, por sua vez, foi o mais generalista deles, distribuindo uniformemente os projetos entres os sistemas. Foram 30 diagramas selecionados, o dobro dos diagramas indicados no grupo ambiental. Dessa forma, o grupo superou de modo destacado os valores de *targets* esperados, exceto para o target AGRIU e HABIT.

De modo geral, os três grupos apresentaram projetos com impactos predominantemente positivos em relação aos mapas de avaliação, o que significa que nenhum projeto escolhido gerou impacto negativo em outro sistema ou foi posicionado em áreas não adequadas de acordo com os critérios do modelo de avaliação. O que ocorreu foram evidências de áreas com impacto neutro, isto porque determinados projetos, sobretudo os relacionados ao sistema VEGE e AGUAS, abarcaram grandes áreas, onde a disponibilidade de recursos naturais podem não estar presentes.

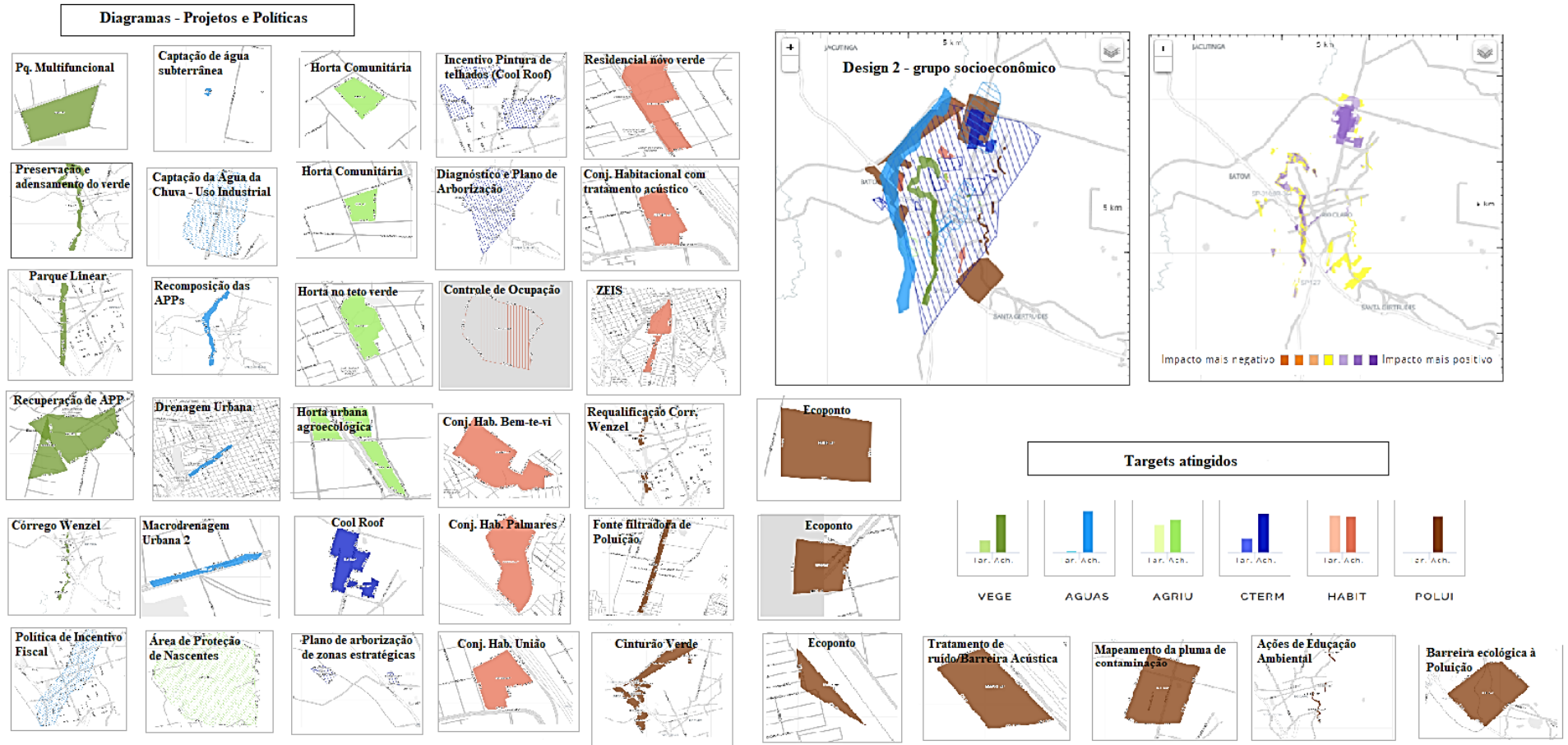
Diante dos *designs* apresentados, verificou-se que o grupo social foi o mais abrangente na escolha dos projetos e políticas e, provavelmente, o menos resistente à novas propostas. Por essa razão, os grupos social e econômico compuseram um novo grupo para a elaboração de um segundo *design*, enquanto o grupo ambiental permaneceu trabalhando sozinho, aperfeiçoando seu primeiro *design*. Os grupos aproveitaram também para desenharem novas propostas. Ao final, foram gerados dois novos *designs*, como pode ser observado nas Figuras 44 e 45.

Figura 44 – Design 2 apresentado pelo grupo do eixo ambiental



Organização: Fornazieiro (2020).

Figura 45 – Design 2 apresentado pelo grupo do eixo socioeconômico



Organização: Fornazieiro (2020).

No segundo design os dois grupos ampliaram o número de projetos e políticas selecionados e também incluíram novas propostas.

O grupo ambiental permaneceu com os diagramas escolhidos no primeiro *design*, no entanto aumentou consideravelmente as propostas de agricultura urbana e habitação e combate à poluição. Também, incluiu novos diagramas no sistema AGUAS, o qual já havia atingindo o target proposto já no primeiro *design*. O grupo avaliou as propostas de projetos de macrodrenagem urbana, as quais são pertinentes ao modelo de avaliação que sugere a solução dos problemas de alagamento e inundação evidenciados na área urbana.

Com isso, o grupo ambiental que já havia atingido os *targets* propostos para os sistemas VEGE, AGUAS, CTERM e POLUI, superaram também o valor para o sistema AGRIU, só não atendendo ainda o *target* para o sistema HABIT.

O grupo socioeconômico precisou conciliar as primeiras propostas do grupo social e econômico e ainda estudar os novos projetos e políticas incluídas nos sistemas. Pelo *design* apresentado pôde-se perceber que o grupo social convenceu o grupo econômico a ampliar os projetos em todos os sistemas, mas vale destacar que os sistemas VEGE e AGUAS foram os mais beneficiados. O resultado foi a escolha de 37 diagramas, o que fez o grupo atingir e superar os *targets* esperados em todos os sistemas, exceto para o sistema HABIT, embora faltasse apenas 5 hectares para cumpri-lo também.

Mais uma vez os projetos de ambos os *designs* não apresentaram conflitos negativos quando cruzados com o modelo de avaliação. Boa parte deles impactaram positivamente à área de estudo e, em alguns casos, o impacto foi neutro.

Para a elaboração do *design* final foi necessário que o grupo socioeconômico e ambiental se reunisse para uma tomada de decisão. Nesse processo, todos os participantes debateram cada projeto e política que divergia de um ou outro grupo, decidindo pela continuidade ou não da proposta. Os autores dos projetos ou políticas que tiveram suas propostas apoiadas por apenas um dos grupos apresentaram argumentos para manutenção das propostas no *design* final.

Nesse momento, verificou-se que seria necessário um tempo maior para a rodada de discussão final, permitindo que as ideias fossem amadurecidas e as propostas mais consolidadas.

Os sistemas CTERM e POLUI foram os que tiveram maior divergência de propostas entre os dois grupos e por isso demandou maior tempo para conciliação, enquanto que no sistema AGRIU apenas um projeto mostrou-se divergente. A frequência dos projetos e políticas selecionados pelos grupos pode ser verificada na Figura 46.

Figura 46 – Diagrama de frequência entre projetos e políticas entre os grupos ambiental e socioeconômico

	VEGE	AGUA	AGRI	CTER	HABI	POLU
1	2	2	2	2	1	2
2	1	2	1	1	2	2
3	2	1	2	1	2	1
4	1	2	2	1		
5	1	1	2		2	
6		1	2		1	1
7		2			2	1
8		1			1	1
9					2	1
10						1
11						1
12						1
13						1
14						2

1 Projeto ou Política presente em apenas um grupo
2 Projeto ou Política presente em ambos os grupos

Organização: Fornazieiro (2020).

As propostas para o sistema VEGE tiveram rápida negociação, pois o motivo do conflito se deu apenas por sobreposição dos projetos. O grupo ambiental argumentou que o projeto 2 (Parque Linear) já estava contemplado num projeto maior definido no diagrama 3 (Preservação e adensamento do verde), assim como os projetos 4 e 5 (Recuperação de APP e Córrego Wenzel).

Os projetos 5, 6 e 8 (Reservatório de água 1, Reservatório de água 2 e Macrodrenagem Urbana), bem como a política 3 referente à captação de água da chuva para uso industrial foram negociadas e permaneceram no *design* final. Entendeu-se que seriam propostas adequadas e que trariam amplos benefícios ao ambiente urbano.

O único conflito existente para o sistema AGRIU foi prontamente solucionado, pois o projeto 2 propôs uma agrofloresta em uma área contaminada, o que, segundo o grupo ambiental inviabilizaria o projeto.

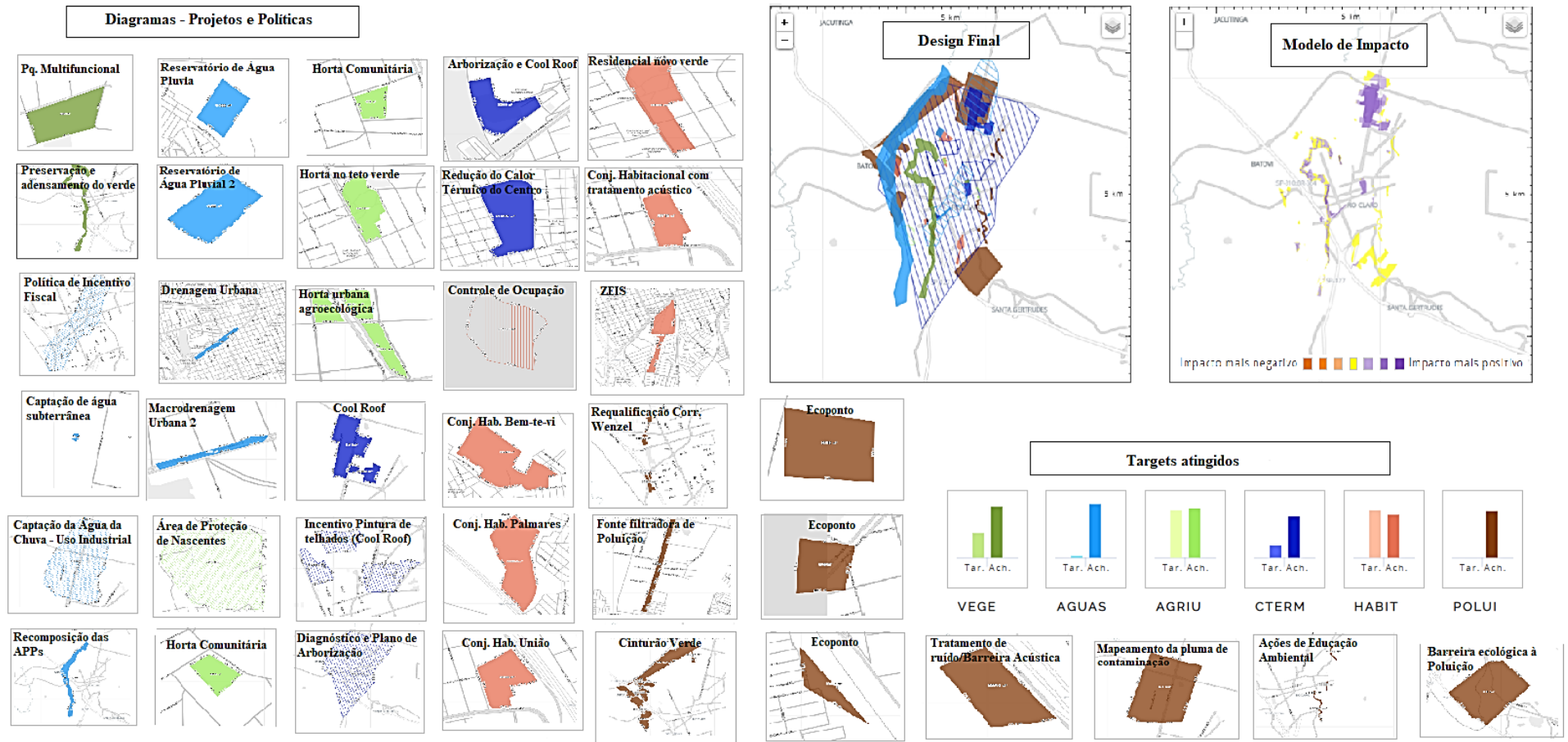
Apenas o projeto 1 (Cool Roof) foi consenso no sistema CTERM, mas o tempo de negociação foi um pouco mais alongado em relação aos outros sistemas. A política 2 (Plano de arborização de zonas estratégicas) acabou sendo abandonada porque os participantes entenderam que a mesma já estaria contemplada em uma política maior, no caso, relativa a um plano de diagnóstico e arborização futura da área urbana (política 4). Já o projeto 3 (Cool Roof) ficou condicionado a uma mudança técnica. Um dos participantes argumentou que a instalação de um *Cool Roof* em telhados residenciais traria um custo muito elevado sem perspectivas de financiamentos. Então, o mais adequado foi alterar para uma proposta de tintura mais econômica com vistas a amenizar a absorção do calor. Os participantes ainda sugeriram a inclusão de dois projetos no *design* final e que não foram contemplados por nenhum dos grupos. Trata-se do projeto 6 e 7 referentes a *Cool Roof* e Arborização e Redução da ilha de calor do centro.

Para o sistema HABIT precisou ser negociado o projeto 8 de proposta de ZEIS (Zona Especiais de Interesse Social) em área do atual aeroporto. Segundo os autores da proposta há estudos avançados na prefeitura para desativação do atual aeroporto e construção de um novo em área próxima à rodovia Fausto Santo Mauro, que liga Rio Claro à Piracicaba. Diante disso, o grupo ambiental aprovou a continuidade do projeto sob argumentos de condicioná-lo à mudança de uso. Já o projeto 6 foi desconsiderado por estar em área já sugerida pelo projeto 9. O projeto 1 também foi excluído por não ter apresentado diagrama válido.

Embora o sistema POLUI tenha apresentado mais desacordos, os participantes optaram por seguir com todos os projetos propostos. Alguns participantes questionaram a efetividade dos ecopontos para solucionar o problema de descarte irregular de lixo, pois a cidade já dispõe de 6 ecopontos. No entanto, os grupos decidiram mantê-los. Mais uma vez a falta de tempo disponível pode ter prejudicado a conciliação neste aspecto.

Depois de todas as discussões e consensos relatados, os participantes chegaram a um modelo de decisão representado por um *design* final, ilustrado na Figura 47.

Figura 47 – Design apresentado ao final do Workshop de Geodesign (Modelo de Decisão)



Organização: Fornazieiro (2020).

Ao todo, o design final contemplou 37 diagramas, divididos em 31 projetos e 6 políticas. As propostas nas áreas de poluição, recursos hídricos e habitação prevaleceram em quantidade, respondendo por 27%, 21% e 19% respectivamente do total de projetos e políticas.

Em termos de área, os projetos voltados à solução dos problemas de poluição somaram 1.640 hectares, muito superior aos 20 hectares propostos pelo valor de *target*. O sistema AGUAS também acumulou áreas expressivas de projetos, somando 934 hectares. Já os sistemas VEGE, CTERM e AGRIU apresentaram 287 hectares, 230 hectares e 5,22 hectares de área de projetos, respectivamente. Todos os valores superaram os valores de *targets* esperados para aqueles sistemas.

O sistema HABIT foi o único que não atingiu o *target* estipulado, de 100 hectares, embora tenha atendido bem as expectativas, acumulando 91 hectares de área de projetos.

Assim, a proposta construída por esta experiência de *Geodesign* poderá representar um impacto positivo na qualidade ambiental urbana de Rio Claro, de acordo com o cruzamento dos projetos e dos mapas de avaliação. Isso significa uma melhoria acentuada da qualidade ambiental urbana e, conseqüentemente, da qualidade de vida dos cidadãos rio-clarenses.

É importante mencionar que havia uma expectativa de que os participantes privilegiassem projetos ligados ao sistema VEGE em razão da baixa cobertura vegetal e de áreas verdes existentes na área urbana de Rio Claro, fatores que determinaram fortemente os baixos de IQAU. Porém, isso não foi observado durante o workshop, pois foram propostos apenas dois parques urbanos (linear e multifuncional).

Apesar disso, a preservação e aumento da cobertura vegetal ficou bastante em evidência não só no sistema VEGE, mas também nos sistemas AGUAS, CTERM e POLUI. Os projetos e políticas priorizaram a preservação do verde existente através de recomposição de APPs e ampliação da cobertura vegetal intra-urbana.

Embora tenham sido criadas expectativas, não houveram também projetos ou políticas significativas para solucionar os problemas de alagamento e inundação na área urbana. O projeto de Drenagem Urbana não foi situado na área mais vulnerável aos episódios de alagamento e inundação mapeado. Já o projeto de Macrodrenagem Urbana foi melhor posicionado e, portanto, traria impacto mais positivo para o problema.

Por não ter atendido o *target* do sistema HABIT, os participantes relataram a falta de vazios urbanos para a proposição de novas áreas residenciais, contudo se observou que não houveram propostas de adensamento urbano ou verticalização de áreas.

Quando observado o impacto que os projetos e as políticas propostas teriam na qualidade ambiental urbana de Rio Claro, a partir da comparação destes com o mapeamento do IQAU (Figura 48), percebeu-se que as soluções pensadas para o controle ou combate à poluição e a melhoria do conforto térmico seriam as que trariam respostas mais efetivas, visto que as mesmas foram pensadas e situadas em áreas críticas a estes indicadores e, por isso, com baixa qualidade ambiental.

A região do Distrito Industrial foi a mais contemplada com projetos voltados ao combate à poluição e ao desconforto térmico, sendo previstas ações como mapeamento da pluma de contaminação do lençol freático, instalação de uma fonte filtradora de poluição e emprego de técnica de *Cool Roof* sobre os telhados metálicos. Desse modo, a qualidade ambiental teria melhora significativa nesta região da cidade, esta que é, inclusive, uma das regiões com pior qualidade ambiental urbana.

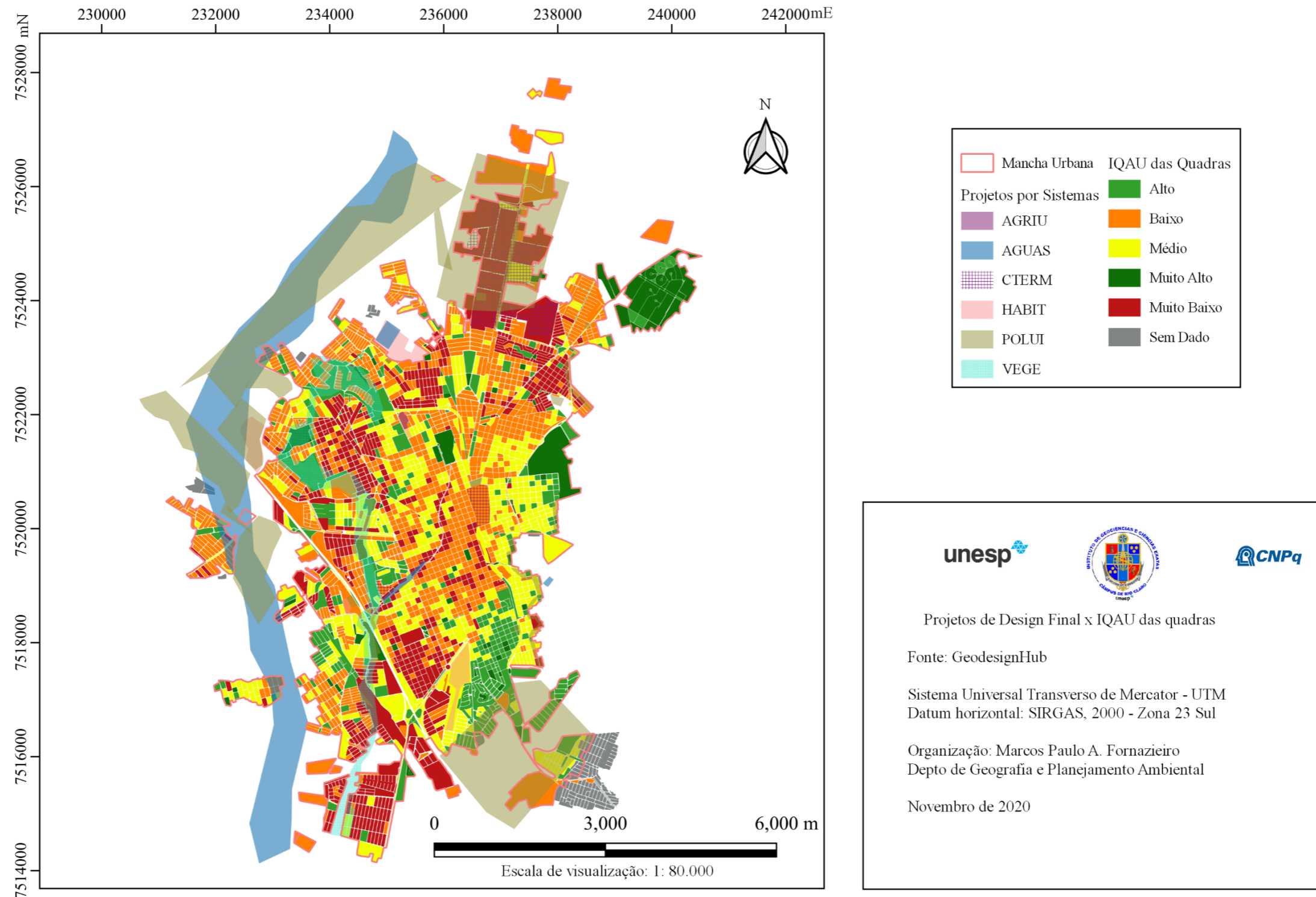
Já as soluções pensadas para os sistemas VEGE e AGUAS foram as mais ambiciosas por envolverem grandes áreas de recomposição de APPs no rio Corumbataí, em área de expansão urbana, além da requalificação do córrego Wenzel na área urbana já consolidada. Espera-se, portanto, que estas ações elevem a qualidade ambiental da cidade como um todo, devido aos inúmeros benefícios ecológicos advindos com uma maior proteção dos rios municipais, além do aumento da cobertura vegetal na borda da mancha urbana.

Embora esses projetos visem ampliar a cobertura vegetal, aumentando a qualidade ambiental, este impacto seria, porém, menos significativo caso a vegetação fosse elevada em áreas com índices mais baixos de arborização, como na região dos bairros Jardim Novo, Arco-Íris, Mãe Preta e Centro. Nesse sentido, a política visando a implementação de um Plano de Arborização Urbana traria maiores ganhos de qualidade se fosse efetivamente implementada.

Os projetos de habitação, por sua vez, mesmo que não contribuam diretamente com a melhoria da qualidade ambiental, foram situados em áreas bastante adequadas para instalação de empreendimentos, aproveitando espaços ociosos no interior da mancha urbana ou adjacências, sem contribuir com o espraiamento urbano ou prejudicar áreas frágeis ambientalmente. Com isso, seria possível atender a demanda por habitação social e reservar áreas para expansão sem prejudicar ainda mais a qualidade ambiental e de vida, seguindo, dessa forma, um planejamento condizente com as condições ambientais da cidade.

No que se refere às soluções pensadas no âmbito da agricultura urbana, pode-se afirmar que praticamente todos os projetos trataram de instalação de hortas agroecológicas, as quais podem elevar a sensação de qualidade ambiental ao passo que podem ampliar a permeabilidade do solo, qualificando espaços ociosos e ainda promovendo uma alimentação mais saudável. Entretanto, as hortas poderiam impactar mais positivamente bairros onde a presença de espaços ociosos seja mais problemática, como é o caso do bairro Nova Rio Claro.

Figura 48 – Comparativo entre os projetos pensados durante o Workshop de Geodesign e o mapeamento do IQAU.



Elaboração: Fornazieiro (2020).

No que se refere à experiência dos participantes com o *workshop*, a mesma pôde ser avaliada com a aplicação de um questionário ao final do evento. Dessa forma, todos os envolvidos puderam expressar ideias, críticas e opiniões acerca das suas experiências com o *Geodesign*, sendo que apenas 1 conhecia o processo de *Geodesign* antes do *workshop*.

Dentre os participantes, 8 (73%) responderam já conhecer as condições ambientais de Rio Claro antes da realização do *workshop*, 2 tiveram dúvida e apenas 1 revelou não esse ter conhecimento. Esse resultado se deve ao fato de que durante os preparativos do *workshop* buscou-se convidar especialistas residentes locais ou com conhecimento sobre a realidade da cidade.

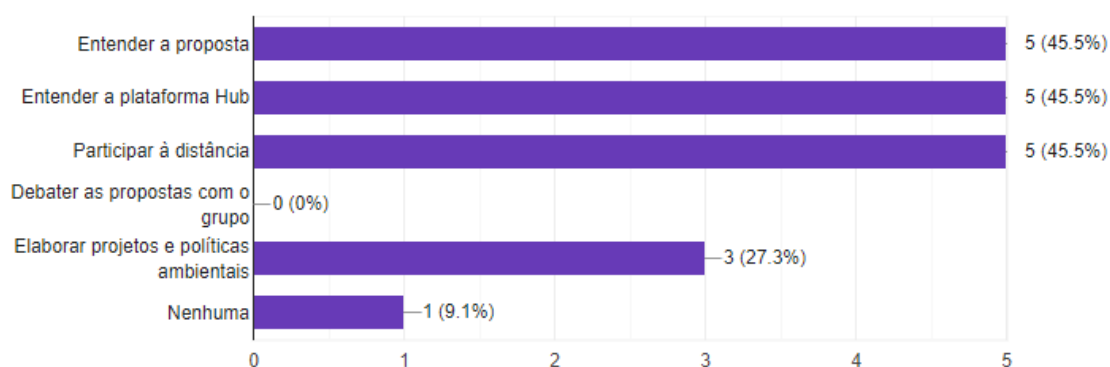
Quase todos (90% ou 10 participantes) relataram que ampliaram seus conhecimentos sobre o *Geodesign* após o *workshop* e 73% responderam ter despertado algum interesse pela qualidade ambiental urbana de Rio Claro.

Ninguém mostrou dificuldades em incorporar a dimensão ambiental nos projetos, sendo que a maioria (82%) respondeu que essa questão foi fácil.

Em relação ao *Geodesign*, os participantes declararam que não foi difícil entender e participar do processo, sendo que 82% e 68% concordaram que foi fácil entender e participar do *Geodesign*, respectivamente. Diante disso, 82% voltaria a participar de um *workshop* de *Geodesign*, 9% não participaria e 9% talvez.

As maiores dificuldades expressas pelos participantes em relação ao *workshop* foram entender a proposta, aprender a usar a plataforma *Hub* e participar à distância (Figura 49).

Figura 49 – Dificuldades apresentadas pelos participantes durante o *workshop*



Organização: Fornazieiro (2020).

Os participantes avaliaram o processo de *Geodesign* como uma metodologia de grande potencialidade para romper com o paradigma atual do planejamento, propondo uma abordagem mais participativa e democrática, além de conectada com as características geográficas do lugar.

Quanto às vulnerabilidades, os participantes relataram o risco da desatualização das informações e o estabelecimento de metas (*targets*) para a construção dos projetos, o que, segundo a opinião dos entrevistados, poderia prejudicar a elaboração de propostas mais criativas. Alguns comentários citaram ainda a falta de informações do relevo (curvas de nível, altimetria, formas de relevo) para a proposição de projetos.

Adicionalmente, algumas pessoas consideraram que o tempo de realização do *workshop* foi bastante reduzido, limitando as discussões e amadurecimento das propostas. Comentaram ainda que seria importante um esclarecimento maior quanto às informações que subsidiaram os mapas de avaliação. Além disso, considerando-se que o idioma da plataforma Hub é o inglês, impôs certa dificuldade.

Em suma, o *Geodesign* proporcionou a construção coletiva de novas e modernas soluções para a melhoria da qualidade ambiental urbana em Rio Claro, oferecendo um futuro mais ecologicamente equilibrado à paisagem urbana e bem-estar aos cidadãos.

As tecnologias de comunicação se revelaram como grandes aliadas na realização do *workshop* e o viabilizaram mesmo diante da pandemia de coronavírus. Não houveram grandes problemas de conexão e, com organização prévia, todos os participantes conseguiram se conectar e debater as propostas.

8. RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados alcançados ao longo da pesquisa, percebe-se a necessidade imediata de aumento da cobertura vegetal na cidade de Rio Claro para se elevar os índices de qualidade ambiental.

Para atingir o índice recomendável de 30% de cobertura vegetal na área urbana, Rio Claro teria mais do que triplicar seus atuais 308,6 hectares de vegetação, meta esta que só poderá ser alcançada com um estímulo intenso e constante para aumentar a arborização nos logradouros públicos da cidade. Esse estímulo, a princípio, de competência do poder público, poderia ser pensado em parceria com a Unesp, que conta com 5 cursos de graduação interessados na temática ambiental.

Recomenda-se investir na capacidade do viveiro municipal em cultivar plantas de maior porte, o que surtiria efeito mais rápido no incremento da vegetação na medida em que as árvores já seriam plantadas com capacidade maior de gerar sombra.

A administração poderia prover a arborização de canteiros, rotatórias e demais tipos de sobras do sistema viário, bem como aumentar a quantidade de árvores nas praças do município. No primeiro caso, são espaços ociosos que contam com apenas 36% de cobertura vegetal, o que poderia facilmente ser aumentado, assim como as praças que têm apenas 60% da área coberta por vegetação. Desse modo, esses espaços teriam capacidade para acomodar aproximadamente 90,7 ha de vegetação, o que poderia elevar o índice de cobertura vegetal para 9,2%.

Além de melhorar a qualidade do ar e proporcionar o embelezamento da paisagem urbana, aumentar a arborização, comprovadamente, ameniza as ilhas de calor ao diminuir a temperatura de superfície, que é outro indicador crítico para a qualidade ambiental urbana em Rio Claro.

Com isso, o município poderia melhorar sua participação no programa “Município VerdeAzul” da Secretaria Estadual de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), visto que Rio Claro se posicionou, em 2019, no 118º posto do ranking paulista no quesito arborização urbana. Com o certificado de município “VerdeAzul”, as prefeituras adquirem preferência na captação de recursos do FECOP (Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição).

É recomendável também que o município prese pelo adequado planejamento do uso do solo urbano, já que o indicador uso do solo explicou a maior variância do IQAU na área de estudo. É imprescindível que a administração municipal coloque em prática as diretrizes definidas no plano diretor, como conter o espraiamento, evitar a expansão urbana em áreas frágeis ambientalmente, impedindo o agravamento dos processos erosivos, alagamentos e inundações, bem como controlar a impermeabilização excessiva do solo, sobretudo nos novos loteamentos, nos quais a definição dos padrões urbanísticos pode ser previamente negociada.

Destaca-se a necessidade de prover de áreas verdes as áreas de expansão urbana, sobretudo as situadas na região oeste da mancha urbana, uma vez que boa parte dos bairros situados nessa região da cidade não apresentou nenhum tipo de área verde (praças e parques, por exemplos).

Existe uma tendência mundial para a adoção de infraestruturas verdes nas cidades, as quais representam ganhos elevados de qualidade ambiental e de vida e, portanto,

podem contribuir para trazer novas ferramentas de gestão e planejamento urbano. Nesse sentido, poderiam ser incentivados pisos porosos em calçamentos, pátios e estacionamentos, muros e telhados verdes e biovaletas, que são valas vegetadas em cotas mais baixas de ruas e avenidas. Citam-se ainda as hortas comunitárias urbanas, já adotadas pelo município em colaboração com escolas públicas – a ideia seria, portanto, ampliar o programa, englobando também as escolas privadas, universidades e demais estabelecimentos de interesse.

Percebeu-se que o parcelamento do solo, muitas vezes, inviabiliza a arborização das calçadas, o que acontece em virtude dos poucos metros de frente dos terrenos em loteamentos com padrão de 125m². Nesses casos, os cinco metros frontais das casas mostraram-se insuficientes para comportar uma árvore. Logo, o aumento dessa dimensão pode ser algo inevitável.

Por fim, não se pode deixar de mencionar a importância da participação e cooperação dos diferentes atores na construção de um ambiente urbano de maior qualidade para todos, de modo que a natureza não seja vista como um empecilho, mas como uma forte aliada para amenizar danos e solucionar problemas. Para isso, há que se trabalhar com a conscientização social e empresarial, pois somente com uma opinião pública formada sobre padrões de qualidade e a noção de que um ambiente com qualidade é um direito de todos é que será possível equacionar os problemas ambientais, como argumentou Oliveira (1983).

Para isso, as ferramentas de geoinformação podem oferecer suporte para uma participação cidadã, com destaque para o papel inovador do *Geodesign* proposto por Carl Steinitz.

Portanto, diante das potencialidades desta metodologia e com a experiência positiva conquistada nesta pesquisa, propõem-se a realização de um novo *workshop* ampliando o número de participantes, de modo a incorporar não somente o corpo técnico da prefeitura e pesquisadores, mas também a sociedade civil e os cidadãos, a fim de que sejam debatidas ideias e propostas para a melhoria da qualidade ambiental urbana, tomando os dados geográficos produzidos nesta e em outras pesquisas para conhecimento e caracterização do tema e da área de interesse.

Recomenda-se que este novo *workshop* seja realizado em um período maior de tempo a fim de que as discussões sejam melhor abordadas e os projetos mais amadurecidos antes da tomada de decisão e construção do *design* final. Embora a

experiência *online* tenha sido positiva, acredita-se que a modalidade presencial possa ser mais produtiva.

Visando esse objetivo, os principais dados geoespaciais desta pesquisa encontram-se publicados numa plataforma *webmapping* do QGIS *Cloud*, o que torna os dados acessíveis em nuvem por qualquer usuário: <https://qgiscloud.com/mfornazieiro/QGIS_Cloud/>.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na elaboração desta pesquisa, conclui-se que as geotecnologias oferecem os suportes necessários para o mapeamento e análise da qualidade ambiental urbana, tendo como resultado um índice que sintetiza um conjunto de indicadores essenciais sobre o ambiente urbano. Em Rio Claro, os índices sugerem que a qualidade ambiental urbana é pouco satisfatória; no nível dos bairros, predominam índices muito baixos, baixos e médios. No entanto, numa análise mais detalhada, é possível constatar desigualdades expressivas, nas quais as condições ambientais das quadras urbanas podem variar muito dentro de um mesmo bairro ou fora deles.

De um modo geral, a qualidade ambiental urbana em Rio Claro está bastante comprometida pela carência de cobertura vegetal, tanto no que se referem as poucas áreas verdes, quanto na escassa vegetação nos logradouros públicos. Esse déficit arbóreo, infelizmente, tem se intensificado cada vez mais com o crescimento e adensamento urbano. As consequências disso são muitas e devem ser tratadas de modo holístico, pois interferem direta e indiretamente em outros fatores, como na temperatura de superfície, qualidade do ar, das águas e no bem-estar da população.

Alguns tipos de uso do solo também comprometeram a qualidade do ambiente urbano, seja pelo potencial poluidor do uso industrial e das áreas de descarte irregular de lixo ou então pelo padrão de utilização do solo, o qual tende a ser bastante aproveitado no caso de usos residenciais de baixo padrão, onde o tamanho médio do lote entre 125 e 150 m² não oferece muitas possibilidades para áreas permeáveis, ventilação natural e arborização. A pouca vegetação, o parcelamento e a impermeabilização do solo urbano em Rio Claro refletiram em outros problemas ambientais que comprometeram ainda mais a qualidade ambiental urbana: áreas de alta vulnerabilidade à inundação e ao alagamento.

O relevo predominantemente plano e a ocupação dos fundos de vale formam os condicionantes suficientes para o agravamento dos problemas envolvendo eventos

hídricos. Além disso, foi possível identificar 308 fontes de poluição ambiental, número que sugere atenção por parte do poder público e da sociedade quanto ao potencial existente para a degradação do ambiente e da saúde humana.

Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir para um diagnóstico mais preciso acerca da qualidade do meio urbano de Rio Claro e, conseqüentemente, mobilize ações efetivas de melhoria das suas condições ambientais, de forma a contribuir para uma melhor qualidade de vida aos cidadãos. Nesse sentido, o *Geodesign* revelou ser uma metodologia potencial, contribuindo para a participação coletiva de diferentes atores na elaboração de propostas que alterem uma paisagem ou um território, de acordo com o interesse comum entre as partes e respeitando as potencialidades e fragilidades do meio. Portanto, além do que afirmou Steintz (2016) o *Geodesign* seria não somente uma forma de planejar com e para o território, mas também um meio de envolvimento da sociedade civil no processo de planejamento e uma oportunidade de fazê-la consciente da importância de um ambiente com qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. A terra paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 23, p. 5-37, 1956.

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G.N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 160 p.

AGUIAR et al. Cartografia e Geodesign: fusão das geotecnologias no planejamento do território urbano. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, v. 1, p. 1011-1016.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, 2012.

ASPACER (Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento). Disponível: <http://www.aspecer.com.br> . Acesso em: 23/08/2019.

BALLAL, H. **Collaborative planning with digital design synthesis**. 2015. Tese (doutorado) - University College London, 2015.

BENINI, S. M.; DE GODOY ROSIN, J. A. R. Qualidade Ambiental Urbana. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 5, n. 11, 2017.

BELEM, A. L. G. Ecologia da Paisagem e Planejamento da Paisagem: aproximações teóricas e subsídios para aplicação no contexto urbano. **Revista GEONORTE, Amazonas, Edição Especial**, v. 1, p. 23-32, 2012.

BELEM, Anderson Luiz Godinho; NUCCI, João Carlos. Hemerobia das paisagens: conceito, classificação e aplicação no bairro Pici–Fortaleza/CE. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 21, 2011.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. **Maringá: Massoni**, p. 290-291, 2007.

BISPO, M. O. A concepção de natureza na Geografia e a relação com a Educação Ambiental. **Revista Terceiro Incluído**, v. 2, n. 1, p. 41-55, 2012.

BIZIAK, Lucas Dovigo. **Sustentabilidade urbana: avaliação da qualidade ambiental do setor central de Uberlândia/MG**. 2017. 109f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/317068420_Sustentabilidade_urbana_avaliacao_da_qualidade_ambiental_do_setor_central_de_Uberlandia-MG?channel=doi&linkId=5924357ea6fdcc444301de2f&showFulltext=true. Acesso em: 09/04/2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal. 1988.

BRASIL. Lei nº 10.257/2001. **Estabelece diretrizes gerais da política urbana**. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001, 1ª Edição.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Documento não paginado. 1981. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 04/05/2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000**. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição.

CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**. 2007. 152 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2007. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/96778>. Acesso em 09/04/2019.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas–IPT, 2007.176 p.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP/FAPESP, p. 88-99, 1991.

CAVALCANTI, L. C. de S.; CORRÊA, A. C. B.. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. 2, p. 3-33, 2016.

CELEMÍN, J. P.; VELÁZQUEZ, G. A. Elaboración y aplicación de un índice de calidad ambiental para la región del nordeste argentino, 2010. **Economía, sociedad y territorio**, v. 15, n. 47, p. 123-151, 2015.

CEREDA JUNIOR, A.; RÖHM, S. A.; LOLLO, J. A. Mapeamento com uso de Análise Multicritério e Lógica Fuzzy como subsídio ao Planejamento Urbano e Regional. **12º Encontro de Geógrafos de América Latina, Montevideu**, p. 222-229, 2009.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Classificação de Municípios do Estado de São Paulo relativa à qualidade do ar observada**. 2016. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Classifica%C3%A7%C3%A3o-de-Munic%C3%ADpios-2016-1.pdf>. Acesso em: 08/03/2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Edgard Blücher, 1999.

COELHO, André Luiz Nascentes; CORREA, Wesley de Souza Campos. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Dispõe sobre a prevenção e controle de poluição em postos de combustíveis e serviços. **Resolução n. 273, de 29 de novembro de 2000**. Diário Oficial da União. República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, DF, 08 jan. 2001. Disponível: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27300.html>. Acesso em: 21/03/2020.

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP**. 1983. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1983.

CUNHA, C. M. L.; MORUZZI, R. B.; BRAGA, R. Diagnóstico dos elementos de drenagem da área urbana de Rio Claro-SP: subsídios para o plano diretor. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 88-100, 2010.

ALMEIDA FURTADO, L. F. FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Análise de imagem baseada em objeto para classificação das fisionomias da vegetação em imagens de alta resolução espacial. **Geosciences= Geociências**, v. 32, n. 3, p. 441-451, 2013.

DIAS, F. de A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 1, 2011.

DOURADO, T. A. **Avaliação do teor de metais em material particulado MP2, 5 E MP10 nas cidades de Goiânia-GO e Rio Claro-SP empregando a técnica de fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)**. 2016. 108f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2016.

EMÍDIO, T. M. **Meio ambiente & Paisagem**. Senac, 2006.

EEA. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - Environmental Terminology and Discovery Service. **Glossary**. Disponível: http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary/E/environmental_quality. Acesso em 02/02/2019.

ERVIN, S. A system for Geodesign. 2011. **Keynote**, p. 158-167. Disponível: http://www.kolleg.loel.hsanhalt.de/landschaftsinformatik/fileadmin/user_upload/temp/2012/Proceedings/Buhmann_2012_19_Ervin_Keynote_2011.pdf. Acesso em 12/12/2020.

ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. C. A questão ecológica urbana e a qualidade ambiental urbana. **Revista Geografar**, v. 10, n. 1, p. 26-49, 2015.

FAISAL, K.; SHAKER, A. Improving the Accuracy of Urban Environmental Quality Assessment Using Geographically-Weighted Regression Techniques. **Sensors**, v. 17, n. 3, p. 528, 2017.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. In: FUKS, S.D.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 2001. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index/html>. Acesso em: 19/09/2019.

FLAXMAN, M. Geodesign: Fundamental Principles and Routes Forward. **Talk at GeoDesign Summit**. 2010. Disponível: <https://www.esri.com/videos/watch?videoid=elk067YU2s8>. Acesso em 20/12/2020.

FONSECA, B. M. **Conceitos e práticas de geodesign aplicados ao ordenamento territorial do município de São Gonçalo do Rio Abaixo**. 2015. 224f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2015.

FORATTINI, O. P. Qualidade de vida e meio urbano: a cidade de São Paulo, Brasil. **Revista de saúde pública**, v. 25, p. 75-86, 1991.

FREITAS, M. M. Evolução da Paisagem Geomorfológica. In: RUA, João (org.). **Paisagem, Espaço e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora PUC, 2007, p. 91-128.

G1. Rio Claro, SP, tem 180 pontos de descarte irregular de lixo, aponta levantamento. *Jornal da EPTV 2ª ed.* [S.l.] [2018]. Disponível: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/rio-claro-sp-tem-180-pontos-de-descarte-irregular-de-lixo-aponta-levantamento.ghtml>. Acesso em: 08/08/2019.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. (2003). Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, 7(10), 94-106.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos, Rio Claro**, v. 2, n. 2, p. 21-30, 2004.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. Editora contexto, 1989.

GONÇALVES, C. W. P. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Editora Record, 2006

GONÇALVES, R. **Globalização e desnacionalização**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

HOONN, D. J. A qualidade ambiental urbana: oportunidades para um novo salto. **São Paulo em perspectiva**, v.9, n. 3, p. 17-23, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12/12/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12/12/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010b. 443 p

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: resultados do universo por setor censitário. 2011.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Assessoria técnico-gerencial para implantação de um polo cerâmico no Estado da Bahia. São Paulo: IPT/DIGEO-DEES, 2002. 90 p. (Relatório Técnico, 59.523).

KESSELRING, T. O conceito de natureza na história do pensamento ocidental. **Episteme (Porto Alegre): filosofia e história das ciências em revista**. Porto Alegre, 2000.

LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Ed. Vozes, 2001.

LIANG, B.; WENG, O. Assessing urban environmental quality change of Indianapolis, United States, by the remote sensing and GIS integration. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 43-55, 2010.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**, v. 1, n. 13, 2006.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. Metodologia para analisar a Qualidade Ambiental Urbana através de Geoprocessamento. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12., 2009, Montevideu. **Anais...** Montevideu: Universidad de la Republica, v. 1.

LIU, Y. et al. Assessing the urban environmental quality of mountainous cities: A case study in Chongqing, China. **Ecological indicators**, v. 81, p. 132-145, 2017.

LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. Editora Hucitec. São Paulo, 1985.

LOMBARDO, M. A. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações e métodos**. 1995. Tese (Livre Docência em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARCONDES, M. J. A. **Cidade e natureza**: proteção dos mananciais e exclusão social. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 1999.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, v. 7, p. 61-80, 1994.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A cartografia da unidade de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 39-46, 2001.

MARTINELLI, P. **Qualidade ambiental urbana em cidades médias: proposta de modelo de avaliação para o estado de São Paulo**. 2004. 130 p. Tese de Doutorado. Dissertação.(Mestrado)–Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro.

MAZETTO, F. A. P. Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: breve comparação de conceitos. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 12, n. 24, 2000.

MCHARG, I. L.; MUMFORD, L. **Design with nature**. New York: American Museum of Natural History, 1969

MENDES, J. **Fundamentos e metodologia do ensino de Geografia**. Curitiba: Editora Fael, 2010.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. **Terra Livre**, v. 1, n. 16, p. 113-132, 2001.

MENDONÇA, F. SAU–Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, Francisco. **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens. **Biota neotropica**, v.1, n.1, p. 1-9, 2001.

MILLER, W. R. Introducing Geodesign: the concept. Esri Press, Redlands. 2012, 35 p. Disponível: <https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/introducing-geodesign.pdf>. Acesso em 30/11/2020.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C T. Análise da qualidade ambiental urbana. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 24, 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**. Disponível: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html>. Acesso em: 08/03/2019.

MORAIS, E. M. B. Evolução epistemológica do conceito natureza. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 19, n. 2, p. 75-98, 1999.

MOREIRA, F.R.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; FILHO, R.A. Inferência Geográfica e Suporte à Decisão. In: CÂMARA, C; DAVIS, C. (Org.). **Fundamentos de Geoprocessamento**. Livro online, 1996. Disponível: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro. Acesso em: 02/07/2015.

MORIN, E.; LISBOA, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MONTEIRO, C.A. F. **Qualidade ambiental**: recôncavo e regiões limítrofes. Salvador, Centro de Estatísticas e Informações, 1987, 48p.

MORATO, R.G.; KAWAKUBO, F. S.; LUCHIARI, A. Geografia da desigualdade ambiental na subprefeitura de Campo Limpo, Município de São Paulo/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia, GO: INPE, 2005, p. 2281-2288.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, p. 21-26, 2007.

MOURA, A. C. M. Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. **Anais...** VII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos - ENABER, São Paulo, Brasil, 9-11 setembro 2009, FEA/USP.

MOURA, A. C. M. O Geodesign como processo de co-criação de acordos coletivos para a paisagem territorial e urbana. In: LADWIG, Nilzo I.; CAMPOS, Juliano B. (org). **Planejamento e Gestão Territorial: o papel e os instrumentos do Planejamento Territorial na interface entre o urbano e o rural**. Criciúma, Livros Ediunesc, 2019, p. 16 – 69.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2010.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP)**. 1996, 229f. 1996. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia)–Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. São Paulo: Humanitas/FAPESP, 2001.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Geografar**, v. 2, n. 1, 2007.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. Oficina de Textos, 2015.

PELLEGRINO, P. R. M. Pode-se planejar a paisagem? **Paisagem e Ambiente**, n. 13, p. 159-179, 2000.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1976.

PENTEADO, M. M. Estudo geomorfológico do sitio urbano de Rio Claro-SP. **Notícia geomorfologia**, Campinas, v. 21, p. 23-56, 1981.

PENTEADO, O. A. Como nasceu e cresceu Rio Claro. **Rio Claro Sesquicentenária**. Rio Claro: MHPABV–SCCT, 1978.

PEREIRA, J. A. R. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental**. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará. Belém, 2002.

OLIVEIRA, L. **A percepção da qualidade ambiental**. A ação do homem e a qualidade ambiental. Rio Claro: Associação dos Geógrafos/Câmara Municipal, 1983.

OLIVEIRA, J. C. **Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura**. 2002. 160 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU-HABITAT. **Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos**. 2020. Disponível: <https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>. Acesso em: 22/08/2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Relatório do Desenvolvimento Humano. Sustentar o Progresso Humano**: Reduzir as Vulnerabilidades e Reforçar a Resiliência. Nova Iorque: ONU/Pnud, 2014.

RECH, A. U. **Instrumentos de desenvolvimento e sustentabilidade urbana**. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2014.

RIO CLARO. PREFEITURA MUNICIPAL. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2014. Disponível: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2017/05/rio-claro-vol.-1.pdf>. Acesso em: 08/03/2019.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 12, p. 69-77, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: editora UFC, p. 27-30, 2004.

RODRÍGUEZ, L. M. S.; JARAMILLO, L. A. E.; CAPOTE, P. A.. Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 45, p. 77-95, 2010.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH/USP, n. 16, p. 81-90, 2005.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, v. 1, p. 118, 2017.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.

ROSSETTI, L. A. F. G. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP)**. 2007. 115f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Tradução de Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

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

SANTOS, F. A. **Rio Claro: uma cidade em transformação, 1850-1906**. Annablume, 2002.

SANTOS, R. F.; CARVALHAIS, H. B.; PIRES, F. Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas. **Caderno de Informações Georreferenciadas**, v. 1, n. 2, 1997.

SANTOS, Vinícius dos; GASTMANS, Didier. Composição química da água de chuva em Rio Claro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v. 37, n. 2, p. 45-60, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/>>. Acesso em 25 fev. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução SMA nº 05 de 28 de março de 2001**. Dispõe sobre a aplicação e o licenciamento ambiental das fontes de poluição a que se refere a Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 47.397 de 04 de dezembro de 2002**. Dá nova redação à Lei nº 997/76, aprovada pelo Decreto nº 8.468 que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Informações dos municípios paulistas. Disponível: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/>. Acesso em 13/12/2018.

SILVA, W. S.; TERRA, S. P.; NASCIMENTO, D. R. **Índice de Qualidade Ambiental de Vida Municipal – IQAV-M**. São Paulo: Olho d'Água, 2017. 138p.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. Editora Saraiva, 2018.

SOARES, C. J. M. **Zoneamento de áreas vulneráveis a inundação e alagamento em Rio Claro - SP, pelo método AHP**. 2018. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2018. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/157005>. Acesso em: 15/01/2019.

- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA (SBAU). **Carta a Londrina e Ibiporã**. Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.
- SOJA, E. "Planning in/for postmodernity". In: BENKO, G., STROHMAYER, U. (Eds.). Space & social theory. **Interpreting modernity and postmodernity**. Blackwell Publishers, 1997.
- SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1977.
- SOUZA, M. B.; MARIANO, Z. F. **Geografia física e a questão ambiental no Brasil**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 23, pp. 77 - 98, 2008.
- STEINITZ, C. **A framework for Geodesign: changing geography by design**. Redlands, ESRI Press, 2012. 224 p.
- STEINITZ, C. **Um framework para o Geodesign: alterando a Geografia através do design**. Tradução de Ana Clara Mourão Moura. 1ª ed: Esri, 2016.
- TAVARES, A. C.; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 1, 2008.
- TROPPEMAIR, H. Ecologia da paisagem: uma retrospectiva. **Fórum de debates: Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental**, v. 1, 2000.
- TROPPEMAIR, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas, ecologia da paisagem**. Rio Claro: Edição do autor, 2004.
- TROPPEMAIR, H. **Rio Claro: ontem e hoje**. Secretaria Municipal de Educação, p. 105, 2008.
- TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. Gerenciamento da drenagem urbana. **Porto Alegre**, 2001.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, 150p.
- UGEDA JÚNIOR, J. C. Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 17, n. 1, 2016.
- VARGAS, H. C. Qualidade ambiental urbana: em busca de uma nova ética. **8º Encontro Nacional da Anpur. Porto Alegre, mimeo**, 1999.
- VON BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973
- WANG, W. W.; ZHU, L. Z.; WANG, R. C. An analysis on spatial variation of urban human thermal comfort in Hangzhou, China. **Journal of environmental sciences (China)**, v. 16, n. 2, p. 332-338, 2004.

ZAINE, M. F.; PERINOTTO, J. A. J. Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro, SP. Rio Claro: **Câmara Municipal de Rio Claro**, 1996.

APÊNDICE I

Apresentação das matrizes de comparação pareada entre os indicadores ambientais indicadas pelos especialistas e adotadas como subsídio para a definição dos pesos de influência de cada indicador para o Índice de Qualidade Ambiental Urbana.

Especialista		Marcos Paulo Almeida Fornazieiro												
Área		Geografia												
AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso	
Uso do Solo	1.00	0.33	5.00	7.00	7.00	9.00	0.22	0.12	0.43	0.34	0.29	0.45	0.31	
Cobertura Vegetal	3.00	1.00	5.00	7.00	7.00	1.00	0.65	0.35	0.43	0.34	0.29	0.05	0.35	
Inundação	0.20	0.20	1.00	5.00	5.00	5.00	0.04	0.07	0.09	0.24	0.21	0.25	0.15	
Alagamento	0.14	0.14	0.20	1.00	3.00	3.00	0.03	0.05	0.02	0.05	0.13	0.15	0.07	
Poluição	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	0.03	0.05	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03	
Temperatura	0.11	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	0.02	0.35	0.02	0.02	0.04	0.05	0.08	
Soma	4.60	2.82	11.60	20.67	24.00	20.00							1	

Especialista		Andréia Medinilha Pancher												
Área		Geografia												
AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso	
Uso do Solo	1.00	0.33	7.00	7.00	5.00	7.00	0.20	0.15	0.40	0.53	0.45	0.21	0.32	
Cobertura Vegetal	3.00	1.00	7.00	3.00	3.00	9.00	0.61	0.44	0.40	0.23	0.27	0.27	0.37	
Inundação	0.14	0.14	1.00	1.00	1.00	3.00	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.09	0.07	
Alagamento	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	6.00	0.07	0.15	0.06	0.08	0.09	0.18	0.10	
Poluição	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	7.00	0.07	0.15	0.06	0.08	0.09	0.21	0.11	
Temperatura	0.11	0.11	0.33	0.17	0.14	1.00	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	
Soma	4.92	2.25	17.33	13.17	11.14	33.00							1	

Especialista Renata Ferreira

Área Geografia/Engenharia Urbana

AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso
Uso do Solo	1.00	0.20	9.00	9.00	9.00	7.00	0.15	0.12	0.47	0.31	0.35	0.38	0.30
Cobertura Vegetal	5.00	1.00	7.00	7.00	9.00	9.00	0.77	0.59	0.36	0.24	0.35	0.49	0.47
Inundação	0.11	0.14	1.00	5.00	1.00	1.00	0.02	0.08	0.05	0.17	0.04	0.05	0.07
Alagamento	0.11	0.14	0.20	1.00	3.00	0.14	0.02	0.08	0.01	0.03	0.12	0.01	0.04
Poluição	0.11	0.11	1.00	0.33	1.00	0.33	0.02	0.06	0.05	0.01	0.04	0.02	0.03
Temperatura	0.14	0.11	1.00	7.00	3.00	1.00	0.02	0.06	0.05	0.24	0.12	0.05	0.09
Soma	6.47	1.70	19.20	29.33	26.00	18.47							1

Especialista Rodrigo Moruzzi

Área Engenharia Ambiental

AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso
Uso do Solo	1.00	5.00	0.33	0.33	0.33	5.00	0.10	0.19	0.03	0.09	0.09	0.18	0.11
Cobertura Vegetal	0.20	1.00	0.14	0.14	0.20	1.00	0.02	0.04	0.01	0.04	0.05	0.04	0.03
Inundação	3.00	7.00	1.00	1.00	1.00	7.00	0.29	0.27	0.10	0.28	0.27	0.25	0.24
Alagamento	3.00	7.00	7.00	1.00	1.00	7.00	0.29	0.27	0.73	0.28	0.27	0.25	0.35
Poluição	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	7.00	0.29	0.19	0.10	0.28	0.27	0.25	0.23
Temperatura	0.20	1.00	0.14	0.14	0.14	1.00	0.02	0.04	0.01	0.04	0.04	0.04	0.03
Soma	10.40	26.00	9.62	3.62	3.68	28.00							1

Especialista Milton César Ribeiro

Área Ecologia

AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso
Uso do Solo	1.00	0.33	5.00	7.00	3.00	9.00	0.21	0.17	0.26	0.30	0.32	0.26	0.25
Cobertura Vegetal	3.00	1.00	7.00	7.00	5.00	9.00	0.63	0.52	0.36	0.30	0.53	0.26	0.43
Inundação	0.20	0.14	1.00	1.00	0.20	3.00	0.04	0.07	0.05	0.04	0.02	0.09	0.05
Alagamento	0.14	0.14	1.00	1.00	0.14	3.00	0.03	0.07	0.05	0.04	0.02	0.09	0.05
Poluição	0.33	0.20	5.00	7.00	1.00	9.00	0.07	0.10	0.26	0.30	0.11	0.26	0.18
Temperatura	0.11	0.11	0.33	0.33	0.11	1.00	0.02	0.06	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03
Soma	4.79	1.93	19.33	23.33	9.45	34.00							1

Especialista João Carlos Pena

Área Ecologia

AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso
Uso do Solo	1.00	1.00	7.00	7.00	0.33	3.00	0.18	0.35	0.46	0.46	0.05	0.17	0.28
Cobertura Vegetal	1.00	1.00	5.00	5.00	3.00	7.00	0.18	0.35	0.33	0.33	0.41	0.39	0.33
Inundação	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	3.00	0.03	0.07	0.07	0.07	0.14	0.17	0.09
Alagamento	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	3.00	0.03	0.07	0.07	0.07	0.14	0.17	0.09
Poluição	3.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	0.12	0.07	0.07	0.14	0.06	0.16
Temperatura	0.33	0.14	0.33	0.33	1.00	1.00	0.06	0.05	0.02	0.02	0.14	0.06	0.06
Soma	5.62	2.88	15.33	15.33	7.33	18.00							1

Especialista Letícia Locatelli

Área Arquitetura e Urbanista

AHP	Uso do solo	Cobertura Vegetal	Inundação	Alagamento	Poluição	Temperatura	Matriz normalizada						Peso
Uso do Solo	1.00	1.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.03	0.40	0.01	0.01	0.00	0.01	0.08

Cobertura Vegetal	1.00	1.00	7.00	9.00	9.00	7.00	0.03	0.40	0.68	0.73	0.29	0.68	0.47
Inundação	7.00	0.14	1.00	1.00	7.00	1.00	0.23	0.06	0.10	0.08	0.22	0.10	0.13
Alagamento	7.00	0.11	1.00	1.00	7.00	1.00	0.23	0.04	0.10	0.08	0.22	0.10	0.13
Poluição	7.00	0.11	0.14	0.14	1.00	0.14	0.23	0.04	0.01	0.01	0.03	0.01	0.06
Temperatura	7.00	0.14	1.00	1.00	7.00	1.00	0.23	0.06	0.10	0.08	0.22	0.10	0.13
Soma	30.00	2.51	10.29	12.29	31.14	10.29	1						