

Ocupação do Solo e Conservação: Modelo de Interação Espacial para a Sustentabilidade Hídrica de Campinas

Dissertação de Mestrado

Daniel Carvalho Nepomuceno

Mestrado em

Gestão e Conservação da Natureza



Ocupação do Solo e Conservação: Modelo de Interação Espacial para a Sustentabilidade Hídrica de Campinas

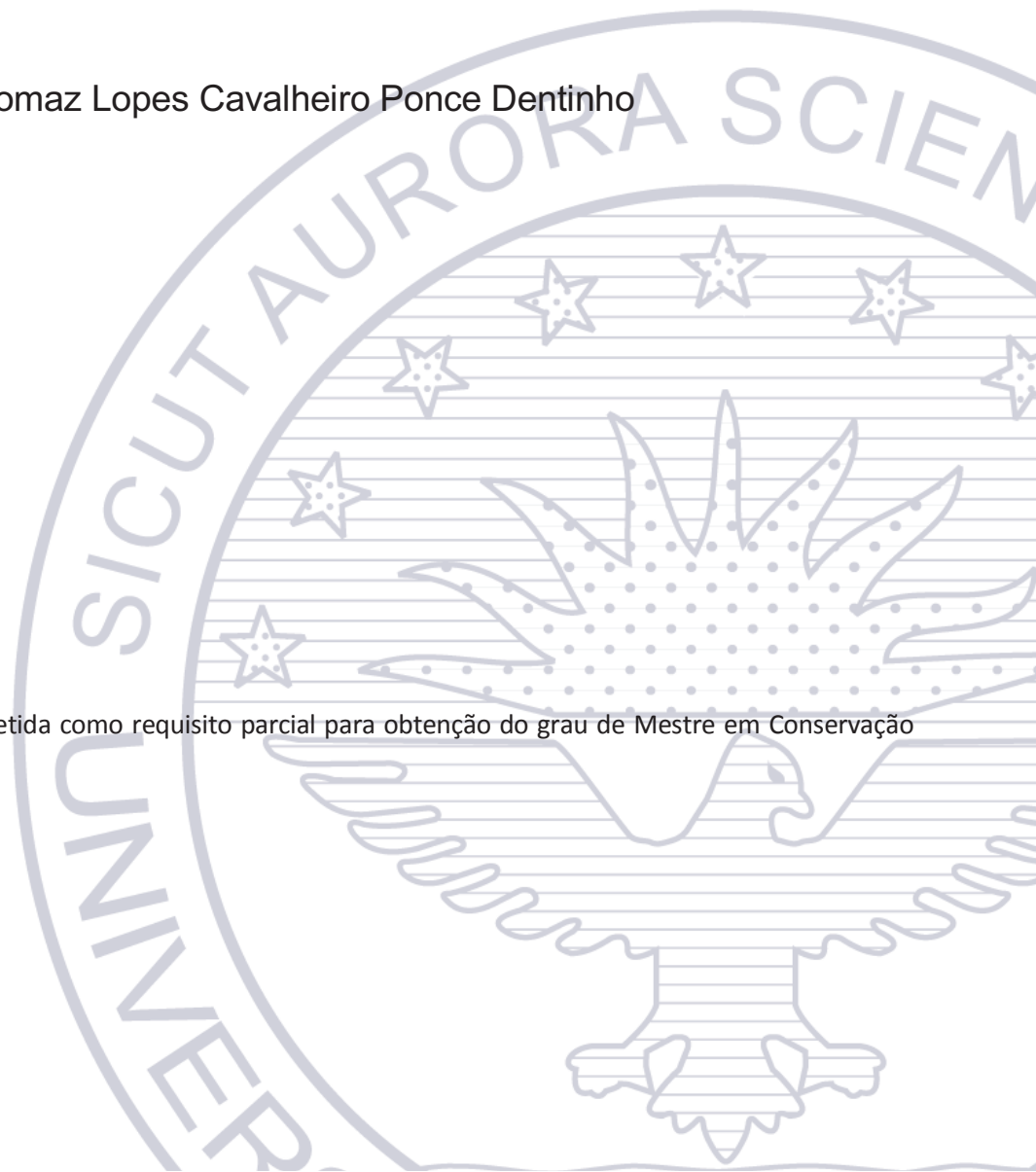
Tese de Mestrado

Daniel Carvalho Nepomuceno

Orientador

Professor Doutor Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho

Tese de Mestrado submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Conservação da Natureza





MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

RESUMO

OCUPAÇÃO DO SOLO E CONSERVAÇÃO: MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL PARA A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DE CAMPINAS

por Daniel Carvalho Nepomuceno

Existe escassez hídrica nas principais cidades do Estado de São Paulo nos últimos anos, resultado não só de causas naturais, mas também de um uso do solo que não permite a captação e armazenamento dos recursos hídricos mobilizáveis pelas cidades.

Este trabalho pretende evidenciar, retratar e analisar a dinâmica de ocupação do solo frente a problemática da água na cidade de Campinas (Brasil), que é agravada pela ocupação urbana e especulação imobiliária elitizada de zonas periféricas, destinadas à proteção de recursos hídricos, como a APA Campinas. Para entender estes conflitos formula-se e calibra-se um modelo de interação espacial com uso do solo, atratividades e atritos, e simulam-se os efeitos para a área de Campinas.

Os resultados indicam que o processo contemporâneo de expansão urbana do município de Campinas apresenta-se como um fenômeno emblemático e insustentável. Ao expandir de forma semi-desordenada para áreas periféricas e de fragilidade hídrica contribui para segregação socioespacial, desestimula uma economia local centralizada, prejudica a gestão urbana, aumenta a área impermeável, degrada a Área de Proteção Ambiental e, conseqüentemente, agrava o cenário hídrico.

Palavras Chave: Recursos hídricos, ocupação do solo, urbanização, conservação.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

ABSTRACT

LAND USE AND CONSERVATION: SPATIAL INTERACTION MODEL FOR WATER RESOURCES SUSTAINABILITY IN CAMPINAS

by Daniel Carvalho Nepomuceno

In recent years, water scarcity has been observed in major cities of the State of São Paulo (Brazil), resulting not only from natural causes but also from changing land use that does not allow the capture and storage of water resources demanded by cities.

This work aims to describe, visualize and analyze the dynamics of land use in regard to water resources crisis in the city of Campinas (São Paulo, Brazil), which is enhanced by urbanization and elitist real estate speculation of outskirts areas, intended for the protection of water resources, such as Campinas Environmental Protection Area (APA). To understand these conflicts, a land use model of spatial interaction is designed including interests and challenges, in order to simulate the effects for the Campinas area.

The results indicate that the current process of urban expansion in the city of Campinas presents itself as an emblematic and unsustainable phenomenon. The semi-disorganized expansion into peripheral areas and water sensitive areas contributes to social segregation, discourages a centralized local economy, undermines urban management, increases the impermeable surface area, degrades the Environmental Protection Area, and in consequence, deepens the water crisis scenario.

Keywords: Water resources, land use, urbanization, conservation.



ÍNDICE

Resumo.....	I
Abstract	II
Índice	III
Lista de figuras	IV
Lista de tabelas	V
Glossário.....	V
Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Caracterização e Diagnóstico	6
2.1 - Características Territoriais e Histórico Ocupacional - Campinas	6
2.2 - Características Territoriais e de Ocupação – APA Campinas	12
2.3 - Características Hídricas - Campinas	16
2.4 - Características Econômico-Sociais - Campinas.....	20
2.5 - Diagnóstico	21
2.6 - Objetivos	25
Capítulo 3: Revisão da Literatura	25
3.1 – Impermeabilização e Recursos Hídricos	25
3.2 - A Vegetação como Elemento de Proteção Hídrico	34
3.3 – Urbanização Semi-desordenada: Horizontalização Privada e Áreas Verdes.....	41
Capítulo 4: Metodologia	45
4.1 – Modelo de Ocupação do Solo e Interação Espacial com Uso do Solo.....	47
4.2 – Calibração dos parâmetros.....	49



4.3 - Material e Dados Utilizados pela Metodologia	50
Capítulo 5: Resultados e Discussão	53
5.1 – Resultados do Modelo de Interação Espacial.....	53
Capítulo 6: Síntese	59
Referências.....	62
Anexos	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Município de Campinas em Macrozonas e APA.....	6
Figura 2: Evolução do perímetro urbano do município de Campinas (1952-2006)	8
Figura 3: Condomínios Horizontais e APA Campinas.	10
Figura 4: Uso e Ocupação do Solo - Campinas.	11
Figura 5: Carta de Irregularidades do Solo da APA Campinas.....	15
Figura 6: Imagens aéreas da expansão urbana sobre a Área de Proteção Ambiental de Campinas.....	16
Figura 7: Evolução do volume útil do Sistema Cantareira - a partir de 2010	18
Figura 8: Produção de água nas microbacias de Campinas	19
Figura 9: Distribuição de Renda no Município de Campinas.	21
Figura 10: Áreas Impermeáveis no Município de Campinas.....	22
Figura 11: Situação das Áreas de Preservação Permanente de Campinas.....	24
Figura 12: Diagrama da influência da ocupação dos solos no ciclo hidrológico.	28
Figura 13: Relação entre Qualidade e Impermeabilização.	32
Figura 14: Efeitos do desmatamento sobre a água e o solo.	36
Figura 15: A importância da Vegetação no Ciclo Hidrológico.....	37



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Figura 16: Calibração das Atratividades e dos Atritos para Modelo de um só sector.	54
Figura 17: Relação entre Bid rents e Valor da Terra.....	56
Figura 18: Bid rent (Valor do Solo por Zona vs Distância do Centro) - Campinas	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Histórico do Consumo de Água em Campinas-SP	20
Tabela 2: Características da Região Metropolitana de Campinas e do município de Campinas dividido em Macrozonas (MZ).....	51
Tabela 3: Emprego Total, Emprego Básico e Emprego Não-Básico	52
Tabela 4: Matriz de Distância em Quilômetros	52
Tabela 5: Ocupação e Valor do Solo por Zona da Cidade	53
Tabela 6: Fluxo de Deslocamento Pendular em Campinas	57
Tabela 7: Movimentos Emprego Residência com Modelo com sector de água.	58

GLOSSÁRIO

ANA	Agência Nacional de Água
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
CONGEP	Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MMA	Ministério do Meio Ambiente



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

MZ	Macrozona
PIB	Produto Interno Bruto
PCJ	Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
RMC	Região Metropolitana de Campinas
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Esgoto



CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), a temperatura média da atmosfera vem aumentando constantemente ao longo das últimas décadas, o que gera grande preocupação em função dos extensos impactos socioambientais causados pelo aquecimento global. Diversas consequências desse processo já foram observadas, tais como o derretimento dos polos, o aumento do nível do mar e a incidência de desastres naturais. Somado a isso, são vivenciados também extremos climáticos, como ondas de calor, invernos excepcionalmente rigorosos, enchentes, secas, furacões etc., nas mais diversas cidades do mundo, os quais acarretam consequências diretas aos ecossistemas naturais e ao bem-estar da população (Marengo *et al.*, 2015).

A atual crise ambiental pode ser caracterizada como um problema de ordem não apenas ambiental, mas também social; portanto, é fruto de uma série de relações sociopolíticas (como políticas públicas, acordos internacionais, disputas geopolíticas etc.). Em função disso, inúmeras consequências são observadas em todo o país, como ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, desmatamento, impermeabilização, poluição, enchentes, periferização etc., que estão interligadas e atingem tanto o meio ambiente quanto a sociedade (Silva e Samora, 2019).

Chama-se atenção para a crise hídrica do Estado de São Paulo – período em que foram registrados baixos volumes hídricos em rios de todo o Sudeste brasileiro, afetando seriamente o abastecimento de inúmeros municípios – que agravou ainda mais o precário cenário ambiental local. Pode-se dizer que essa foi uma “crise anunciada”, fruto, principalmente, da combinação de baixos índices pluviométricos, gerenciamento inadequado dos recursos hídricos, urbanização desordenada, e ocupação irregular de áreas produtoras de água. Além disso, destaca-se também o crescimento da população brasileira ao longo das últimas décadas (IBGE, 2010), condição que combinada aos multifatores citados, implicou em uma extrema seca (Silva e Samora, 2019).



De acordo com Marengo, no âmbito do Estado de São Paulo, a seca de 2014 levou a uma redução significativa dos recursos hídricos, e conseqüentemente a uma diminuição do abastecimento de água à população, com algumas regiões sendo forçadas a depender de caminhões-pipa. A concessionária estatal SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) tem respondido à crise reduzindo a extração de água dos reservatórios em quase um terço e oferecendo descontos para os clientes que reduzam o seu consumo. Como consequência grave, a população vem tendo dificuldades no abastecimento de água, sendo a escassez hídrica parte da realidade atual do paulistano. Uma seca dessa magnitude, que afeta os níveis dos mananciais e acarreta um grave problema social, é precisamente o tipo de fenômeno climático extremo projetado entre os diversos impactos decorrentes das mudanças climáticas.

A seca também teve impactos socioeconômicos, principalmente nas áreas que exploram o turismo e lazer às margens de rios e represas, assim como aumentos nos preços dos alimentos e nas tarifas de energia em residências, indústrias e comércios. Outro efeito da seca foi o aumento do número de focos de queimadas.

O uso de água de São Paulo não é apenas para consumo humano. O fornecimento de energia elétrica da cidade, por exemplo, tem sido seriamente afetado pela escassez de água. Reservatórios hidroelétricos da região quase secaram no final de 2014, e em 2015 a situação não melhorou. Como resultado, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica do Brasil aumentou as tarifas de energia elétrica em até 25% em 2015. Diante da pior crise da história do Sistema Cantareira, a Sabesp lançou desde 2014 uma campanha para que os moradores baixassem em pelo menos 20% o consumo de água com desconto de 30% na conta (Marengo *et al.*, 2015).

Não é possível falar em crise hídrica sem pensar também em seus impactos na economia. A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp estima que 60 mil estabelecimentos, que representam quase 60% do PIB industrial do estado, foram afetados pela falta de água. As indústrias precisaram alterar hábitos e procedimentos, o que afetará sua competitividade,



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

produtividade e lucro. Enquanto não há estudos sistemáticos sobre o impacto da seca na economia regional, alguns indicadores foram fornecidos por associações de produtores e agências governamentais. O preço de produtos como tomate e alface aumentou cerca de 30% no auge da seca, e outras culturas também foram afetadas, como as de cana-de-açúcar, laranja e feijão.

Os impactos da seca têm sido enormes. A perda global até o momento foi estimada em US\$ 5 bilhões, tornando esse fenômeno o quinto desastre natural mais caro do mundo em 2014. Ela tem prejudicado a indústria, a agricultura e o funcionamento das instituições básicas, como hospitais e escolas. Também o número de incêndios florestais em São Paulo tem aumentado em 150%, de acordo com o INPE.

A escassez de água gerou protestos e movimentos sociais em algumas partes da cidade devido ao “rodízio” (intermitência e alternância no abastecimento entre os diferentes bairros) e ao aumento no preço pago pelos consumidores, mesmo quando a água não está chegando às torneiras das suas residências. A fauna nos rios também foi afetada, e 20 toneladas de peixe morreram no Rio Piracicaba em fevereiro de 2014. No Rio de Janeiro, o principal sistema de reservatórios apresentou os níveis mais baixos da sua história, aproximadamente 1% (Marengo *et al.*, 2015).

A seca histórica no Sudeste do Brasil em 2014-2015 começou em outubro de 2013 e se estendeu ao longo de 2014 e 2015. No que diz respeito a Campinas, cidade alvo do presente estudo, há registros de que secas sazonais intensas já atingiram em 1953, 1971, 2001 e, mais recentemente, em 2014 (Sanasa, 2018). E assim como a maioria dos municípios do Estado de São Paulo que sofreram com a escassez hídrica, Campinas comete os mesmos erros da urbanização semi-desordenada e ocupação irregular de áreas hidricamente sensíveis. Neste caso, porém, por consequência da especulação imobiliária, condomínios horizontais e loteamentos fechados de alto padrão vem se expandindo e afetando a área de maior importância hídrica do município de Campinas, a APA Campinas (Área de Proteção Ambiental).



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Constata-se, portanto, a necessidade de integração de ações mais adequadas e menos destrutivas, de forma a garantir a manutenção da cidade e dos ecossistemas. Com isso, o presente trabalho busca estabelecer a relação entre a ocupação do solo e o ambiente da cidade para analisar em que medida as políticas públicas de urbanização e conservação modelam o território, principalmente em área de fragilidade ambiental e hídrica. Para isso formula-se e calibra-se um modelo de interação espacial com uso do solo, atratividades e atritos, e simulam-se os efeitos para a área de Campinas.

O trabalho está estruturado em 6 capítulos:

Capítulo 1 – Introdução. Neste capítulo está descrita a ideia inicial da pesquisa, a hipótese em que está pautada e que direciona o olhar e a estrutura de modelagem do trabalho. Faz-se uma análise sobre o processo de ocupação do solo, identificando sua influência sobre o meio ambiente e o sistema hídrico.

Capítulo 2 – Caracterização e Diagnóstico. Tem como objetivo situar o leitor ao local onde será desenvolvida o trabalho, buscando resgatar o histórico ocupacional, as características naturais, o perfil da comunidade e as singularidades locais. Trata de identificar a composição espacial, as atratividades de ocupação do solo, os dados sobre a população, economia, a hidrografia e outras características locais. Juntamente com as características, são identificados os problemas relacionados ou criados por alguns dos fatores, suas possíveis abordagens e descrição dos objetivos do presente trabalho.

Capítulo 3 – Revisão da Literatura. Este capítulo sintetiza os referenciais teóricos-metodológicos que servem de fonte para esta dissertação. A revisão da literatura faz uma abordagem referente aos modelos de ocupação do solo para responder às questões levantadas. Aborda-se conceitos de desenvolvimento sustentável, pautados na relação entre o homem, o meio ambiente e as políticas que os englobam.

Capítulo 4 – Metodologia. Nessa etapa, é apresentada a essência do modelo de interação espacial, que a partir de equações econométricas, relaciona e pondera fatores e características



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

da região de estudo. O mecanismo leva em conta dados de aptidão, padrões de uso do solo, e comportamento social em diferentes períodos.

Capítulo 5 – Resultados. A partir da aplicação da metodologia, são demonstrados os resultados e a síntese do modelo de interação espacial com uso do solo e o ambiente. Os resultados são analisados para que se entenda o impacto de cenários populacionais e políticas urbanas no uso do solo e da água.

Capítulo 6 – Considerações Finais. Após a realização da análise dos resultados, são apresentadas reflexões sobre as políticas públicas voltadas para o uso do solo e dos recursos hídricos e para a sustentabilidade urbana.



CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO

2.1 - Características Territoriais e Histórico Ocupacional - Campinas

Campinas, município do Estado de São Paulo com um pouco mais de 260 anos, ocupa atualmente uma área de 795,7 km², e conta com uma população de 1083642 habitantes, distribuída em nove macrozonas, segundo o Plano Diretor 2006 (Campinas, 2010; IBGE, 2010).

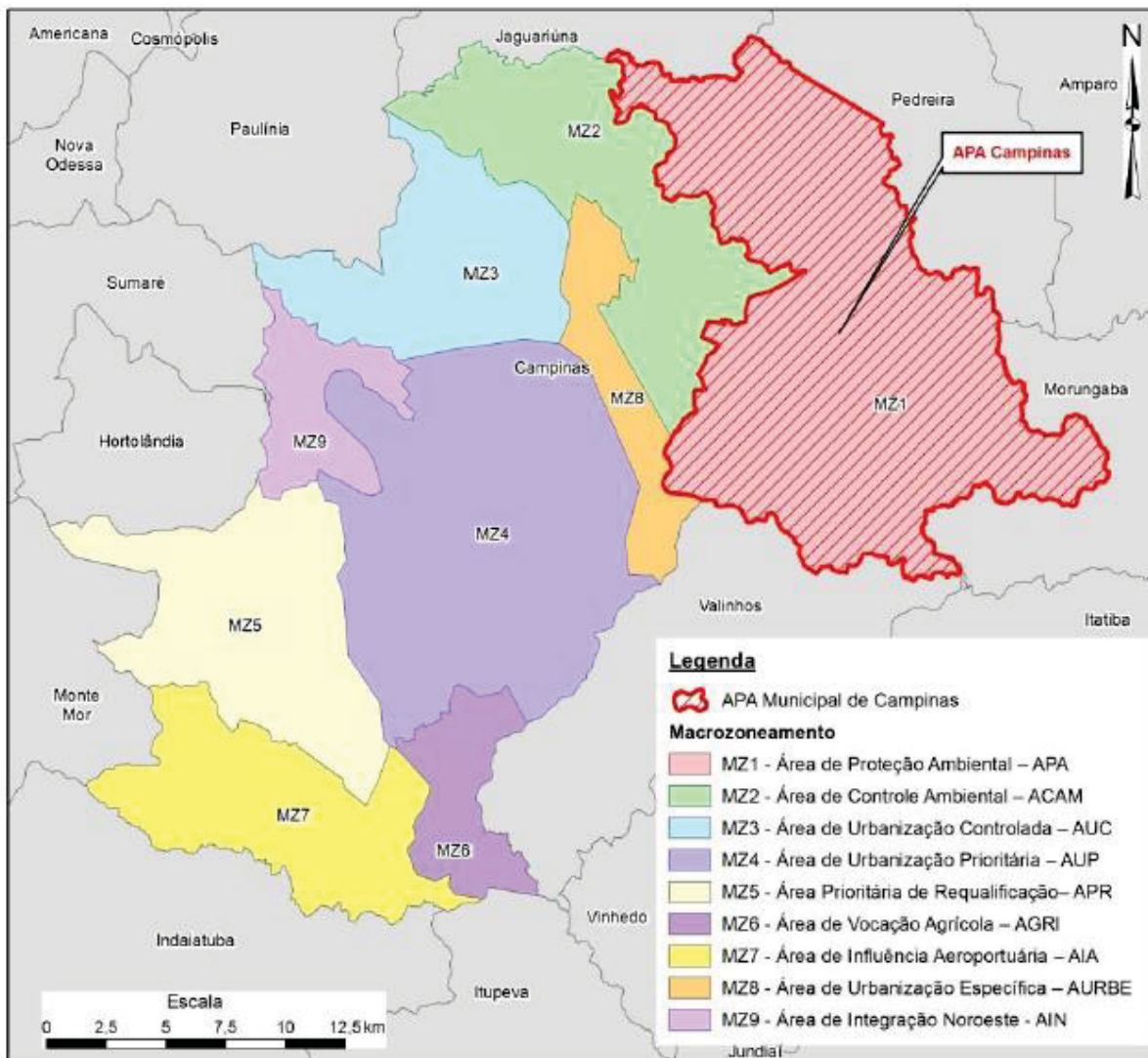


Figura 1: Município de Campinas em Macrozonas e APA. Fonte: Campinas, 2006.

O início da ocupação territorial de Campinas se deu com o avanço dos Bandeirantes durante a primeira metade do século XVIII, abrindo pelo território atual do município de Campinas



importantes caminhos em torno dos quais se formaram as sesmarias e, em suas terras algumas povoações (Campinas, 1996).

Por volta de 1830, inicia-se efetivamente o desmatamento e a exploração dessas terras para a produção de café, surgindo assim na região muitas fazendas produtoras, dessa forma, grande parte da mata nativa da região foi destruída para dar lugar a produção cafeeira, o que provocou graves impactos ao meio ambiente (Fasina Neto, 2007).

Na década de 1860, a região campineira era a maior produtora de café do Estado de São Paulo, as estradas de ferro começam a surgir, dessa forma um considerável dinamismo econômico contribuiu para o crescimento populacional, destacando a imigração italiana que ocorreu rumo aos distritos de Sousas e Joaquim Egídio, dessa forma, se expande na região um processo de ocupação que somente sofreu retração no período da Crise de 1929 associado à crise cafeeira que atingiu o país na época. A partir de 1950, um novo impulso na economia rural e uma intensificação da industrialização no município promoveu um novo processo de urbanização na região, marcado pela implantação dos primeiros loteamentos e até mesmo de algumas indústrias em Sousas (Fasina Neto, 2007).

Campinas apresentou o início da verticalização do centro da cidade em meados da década de 1950. Esse processo ocorreu, neste período, apenas na área central. Já o restante da área urbana apresentou uma expansão horizontal, espraiada, o que dificultava a instalação de infraestrutura pelo poder público (Miranda, 2001; Caiado *et al.*, 2002; Pires e Santos, 2002).

Já na década de 1980 o município possuía dois relevantes eixos de expansão urbana: o eixo oeste/sul, onde se concentrava a população de baixa renda, possuindo loteamentos, ocupações ilegais, favelas e o eixo leste/norte, dedicados à população de média e alta renda com habitações elitizadas e grandes centros de consumo (Miranda, 2001; Caiado *et al.*, 2002). Os distritos de Sousas e Joaquim Egídio, assim como a Área de Proteção Ambiental de Campinas, se encontram justamente no eixo leste/norte, caracterizando-se então como uma porção elitizada e segregada do restante do município.



Na Figura 2, a seguir, podemos ver o crescimento do perímetro urbano da cidade de Campinas ao longo da segunda metade do século XX – de acordo com as diretrizes da prefeitura municipal. Em verde escuro, o perímetro urbano delimitado pela lei 0737, de 1952, limitava o perímetro urbano à mancha urbana central. Seguidas leis estendem o perímetro urbano em áreas contíguas ao centro da cidade.

Em laranja, delimitado pelas leis 4749 e 4761, ambas de 1977, já é possível visualizar os bairros periféricos, como a região de Barão Geraldo, ao norte, e a faixa de ocupação da COHAB e dos DICs, na região sudoeste.

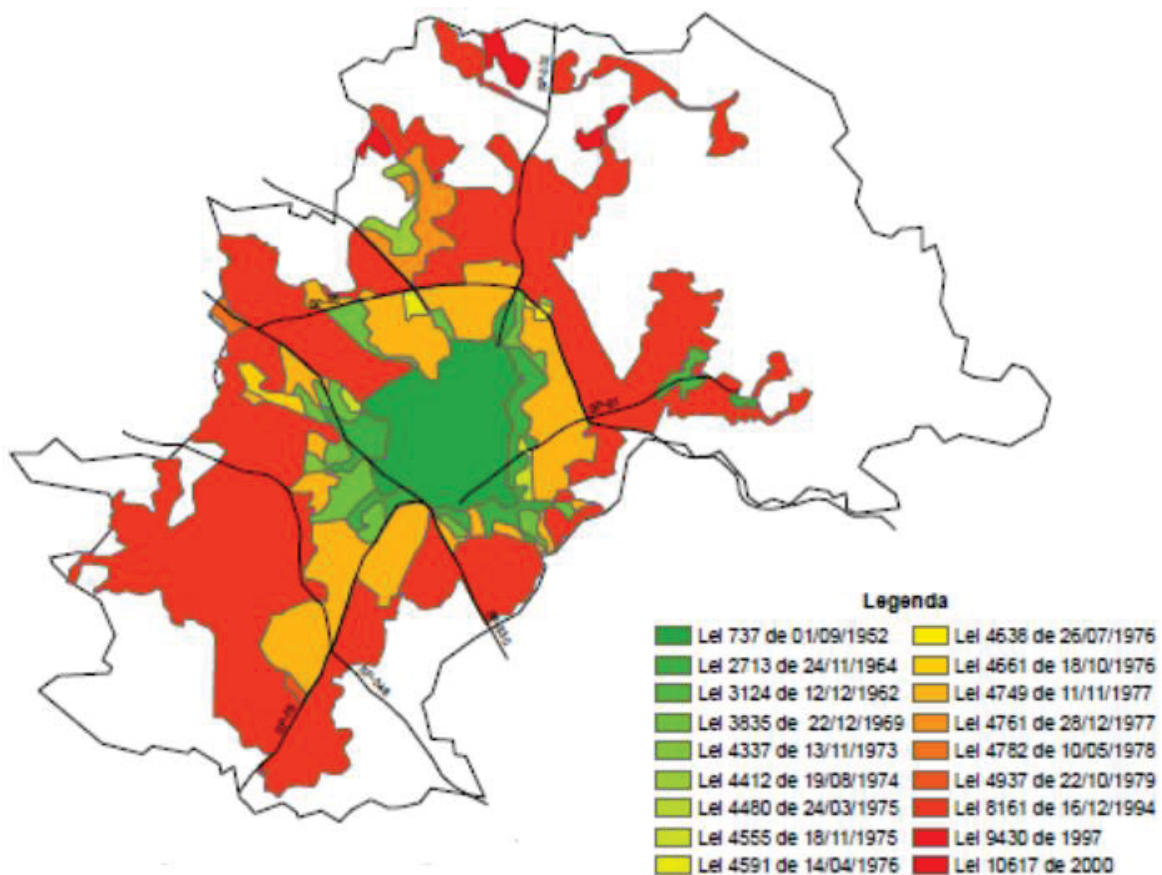


Figura 2: Evolução do perímetro urbano do município de Campinas (1952-2006) Fonte: Campinas, 2006.

A partir da década de 1990, começou a ser observado um novo padrão de urbanização periférica no território urbano da RMC que ia além das áreas envoltórias das indústrias. Este



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

padrão começou a ocorrer fora do tecido urbano consolidado, em forma de conglomerados residenciais intramuros, com população composta, predominantemente, por habitantes de média e alta renda, os quais buscavam áreas afastadas dos centros urbanos consolidados, com estrutura rodoviária acessível para facilitar a locomoção em âmbito intermetropolitano e que oferecesse melhores condições de convívio e bem estar junto a áreas verdes, aliado ao afastamento da violência urbana acentuada, cada vez mais frequente nesses municípios (Freitas, 2008).

Na Região Metropolitana de Campinas esse processo de abandono da área central e distanciamento dos locais de maior trânsito pelas camadas de renda mais elevada articulou o desinteresse pelo espaço público e a privatização do espaço coletivo, configurando novas centralidades dispersas características do tecido urbano dessa região (Costa, 2012). Como argumento para a expansão dessas tipologias habitacionais muradas, além da proteção contra a violência urbana, pode-se citar, segundo Freitas (2008), o interesse do mercado imobiliário em aumentar os lucros através da busca de terras rurais com menor preço e em áreas que propiciasse maiores vantagens para os compradores finais, como a estreita relação com a paisagem ambiental dessas regiões.

Com isso, ainda na década 1990, o “boom” dos loteamentos e condomínios fechados deu-se na porção elitizada de Campinas, eixo leste/norte, (Caiado *et al.*, 2002; Pires e Santos, 2002), caracterizando a APA Campinas como um lugar diferenciado por abrigar “novas formas de habitat urbano” (Sposito, 2002), ou seja, os condomínios horizontais e os loteamentos fechados, além dos estabelecimentos turísticos e de lazer privados. Desde então, este tipo de ocupação vem se expandindo consideravelmente, sendo atualmente mais de 120 condomínios no município Campinas (Pasquotto, 2017).

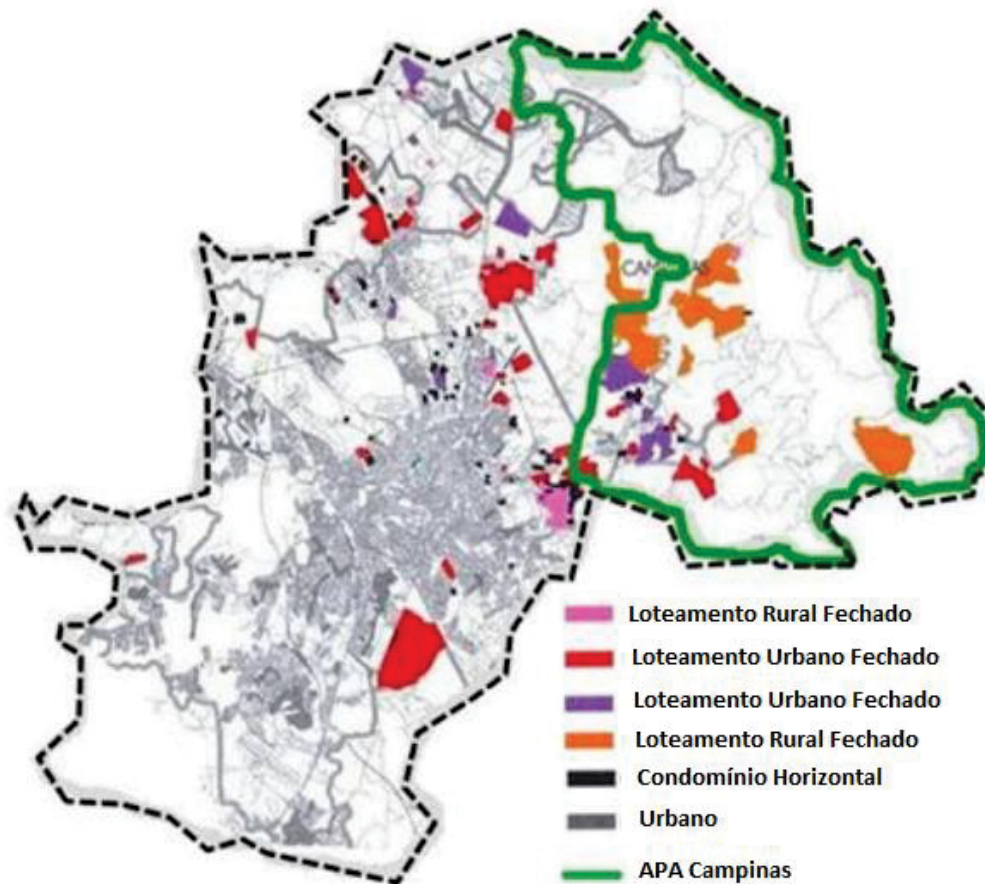


Figura 3: Condomínios Horizontais e APA Campinas. Fonte: Adaptado de Costa, 2012.

Outro efeito da urbanização horizontal semi-desordenada no município de Campinas são os Vazios Urbanos, glebas de terra dentro do perímetro urbano que não realizam uma função social, geralmente resultante de uma estratégia de retenção de terras pelo capital imobiliário privado, com finalidade de acumulação de riquezas associadas à especulação imobiliária (Gonçalves e Marra, 2011).

Em 2018, estudos técnicos da prefeitura contataram, a partir do levantamento de áreas maiores de 10.000 m² sem uso aparente e de terrenos vazios registrados, que cerca de 27% da área urbana atual se encontra sem uso, cerca de 103,6 km².

Atualmente a urbanização de Campinas cresce a uma taxa de 1,09 ao ano. embora essa taxa seja distribuída de forma desigual. Por exemplo, nas regiões mais antigas e centrais da cidade há uma taxa de crescimento de 0,35 ao ano. Enquanto nas suas regiões mais periféricas como



Barão Geraldo, a uma taxa de 2,26 ao ano, semelhantemente ao crescimento da Bacia do Rio Atibaia de 2,20 ao ano (Campinas, 2018).

O panorama da cidade hoje é composto de um mosaico de usos industriais, comerciais e de serviços encravados em uma matriz puramente residencial (Figura 4). Entretanto, este perfil concentra-se nas regiões centro e sul da cidade. Nas regiões periféricas, especialmente ao norte do município, predominam usos rurais, as áreas verdes e as unidades de conservação.

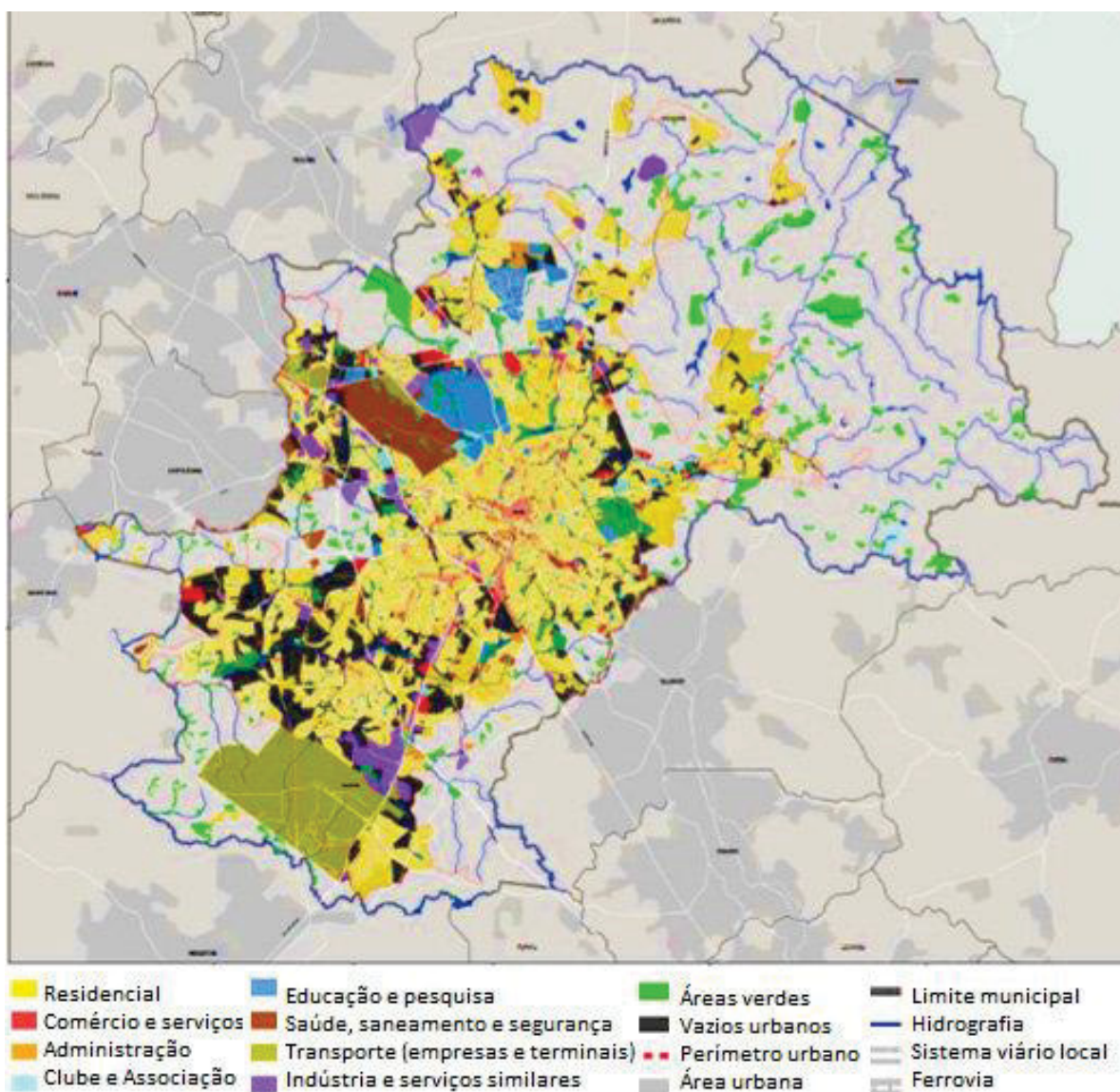


Figura 4: Uso e Ocupação do Solo - Campinas. Fonte: adaptado de Campinas, 2016.



Conforme visto, o processo de uso e ocupação do território é um reflexo da dinâmica do município. Para dizer em outras palavras, um conjunto de indutores na história de consolidação de do município forma o território como o conhecemos hoje. Compreender a forma como ocupamos e/ou utilizamos o município hoje é uma importante ferramenta de planejamento capaz de amparar ações de equacionamento do uso equitativo e equilibrado dos serviços e infraestruturas da urbe, dentre eles os Recursos Hídricos.

2.2 - Características Territoriais e de Ocupação – APA Campinas

A Área de Proteção Ambiental de Campinas (APA Campinas), criada em 2001, por meio da Lei Municipal nº 10.850/01, abrange uma área de 22 300 hectares na Macrozona 1, incluindo os Distritos de Sousas e Joaquim Egídio, e os bairros Núcleo Carlos Gomes, Chácaras Gargantilha e Jd. Monte Belo; abriga inúmeros fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e de Floresta Paludosa, e relictos de Vegetação Rupestre nos lajedos rochosos, além de Campos de Várzea nas planícies de inundação e fundos de vale. A gestão desta Unidade de Conservação é realizada pelo Conselho Gestor da APA (CONGEAPA), sendo que seu Plano de Manejo se encontra em fase inicial de elaboração (Campinas, 2018).

A APA constitui-se em sua maior parte de área rural e caracteriza-se por apresentar baixa densidade demográfica com uma média de 89,97 hab/km² ante uma densidade de 1211,7 hab/km² do município como um todo (Campinas, 2018). A população desta zona, segundo o Censo Demográfico de 2000, era de 20153 habitantes, correspondendo a 2,08% da população total do município, sendo que 16896 habitantes concentravam-se na zona urbana (83,84%) e 3257 habitantes na zona rural (16,16%) (Campinas, 2018).

A área urbana dos Distritos de Sousas e Joaquim Egídio apresenta um sistema viário principal linear, sendo a rodovia Dr. Heitor Penteado, denominada Av. Cel. Antônio Carlos Couto de Barros em seu trecho urbano, a via estruturadora. Os acidentes geográficos, principalmente o Rio Atibaia, o Ribeirão das Cabras e a topografia irregular da região, contribuíram para o traçado descontínuo e estreito de seu sistema viário, cuja possibilidade de ampliação muitas vezes esbarra na existência de patrimônio histórico construído ao longo das vias. O Rio Atibaia, que é o elemento segmentador mais marcante, conta com apenas uma ponte de acesso



veicular integrando essas regiões, reforçando a linearidade do sistema viário local (Campinas, 2018).

A APA Campinas possui um zoneamento ambiental próprio que contempla cinco diferentes áreas identificadas com base nos vários estudos realizados na região (Vide Figura 2), sendo delimitados pelos divisores de água das principais microbacias hidrográficas, exceto para a zona urbana, cujo perímetro considerado é aquele estabelecido pelo Plano Diretor de 2006 (Campinas, 2018).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente, a base constitucional do zoneamento ambiental consta dos artigos 21, XX, art. 30, VIII (que disciplinam regras de competência) e art. 182 (que trata da política urbana) e sua fundamentação legal está localizada na Lei Federal 6.938/81, em seu art. 9º, II.

O Zoneamento da APA Campinas (Campinas, 2018) foi estabelecido conforme seus atributos ambientais relevantes, dentre eles a água, os remanescentes de vegetação nativa, flora e fauna, e os atributos culturais, abaixo descritos:

a) ZCB - Zona de Conservação da Biodiversidade: espaços que abrangem os maiores e mais conservados fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) da APA de Campinas, com potencial de atuação como fonte de biodiversidade;

b) ZPM - Zonas de Proteção de Manancial: importância para a proteção de manancial hídrico, incluindo a principal estação de captação de água da SANASA. Objetivos de proteger os recursos hídricos que atendem a 95% do abastecimento público; incentivar a adequação ambiental das propriedades rurais em relação aos aspectos de fragilidade e biodiversidade; incentivar estratégias adequadas ao tratamento de efluentes sanitários e disposição de resíduos; conservar e garantir a qualidade e quantidade das águas dos mananciais de abastecimento público e restringir as atividades e obras que potencializem o risco de erosão do solo e a contaminação dos recursos hídricos; e conter a continuidade do processo de parcelamento irregular do solo;



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

c) ZMS - Zona de Manejo Sustentável: abrange as áreas onde já ocorre vocação para a agropecuária, representando oportunidade de desenvolvimento econômico para a região da APA, por meio do agroturismo;

d) ZCG - Zona de Conservação Geoambiental: Área de importância geológica, geomorfológica, pedológica e declividade, assim como associações de usos e ocupação da terra e da cobertura vegetal.;

e) ZOC - Zona de Ocupação Controlada: estabelecida nas áreas já abrangidas pelo perímetro urbano do município, onde é possível a ocorrência de novos parcelamentos/loteamentos urbanos, respeitados os índices de permeabilidade do solo, tamanho de lotes e condições de implantação que contribuam à preservação ambiental.

Outra das ferramentas utilizadas foi o estabelecimento de um conjunto de Diretrizes de uso e ocupação do solo, considerando os usos existentes e as vocações, bem como os conflitos, além da definição de Planos e Programas de Ação, necessários à efetivação do zoneamento e das diretrizes de utilização do solo (Campinas, 2018).

A APA Campinas se configura por um quadro particular múltiplo no contexto ambiental e cultural de Campinas, resultado de condicionantes do meio físico e biótico, contemplando um processo histórico específico de ocupação territorial e dinâmica produtiva. A região ainda contempla importantes mananciais dos rios Atibaia e Jaguari, se caracterizando por ser uma importante área de recarga regional do aquífero cristalino devido à riqueza hídrica da Área de Proteção Ambiental (APA Campinas) que apresenta uma rede de drenagem consideravelmente densa e dendritificada (Campinas, 2006).

O sistema hidrográfico deveria ser acompanhado por áreas onde a mata ciliar (vegetação que ocorre nas margens do corpo hídrico), porém, como pode ser observado na figura 3, há um déficit dessa proteção em grande parte das margens, o qual facilita o aporte de poluentes ricos em matéria orgânica. Em estudos onde o sistema hídrico passa por áreas de mata ciliar, o nível de oxigênio dissolvido aumenta indicando uma melhora qualitativa da água, e também dificultando a entrada de poluentes permitindo a recuperação (Campinas, 2006).



Porém, segundo Mattos (1996), o sistema hidrográfico se localiza em área predominantemente rural, onde há conflito com a legislação devido à falta de respeito com áreas de preservação permanente, e represamento particular (Vide figura 5).

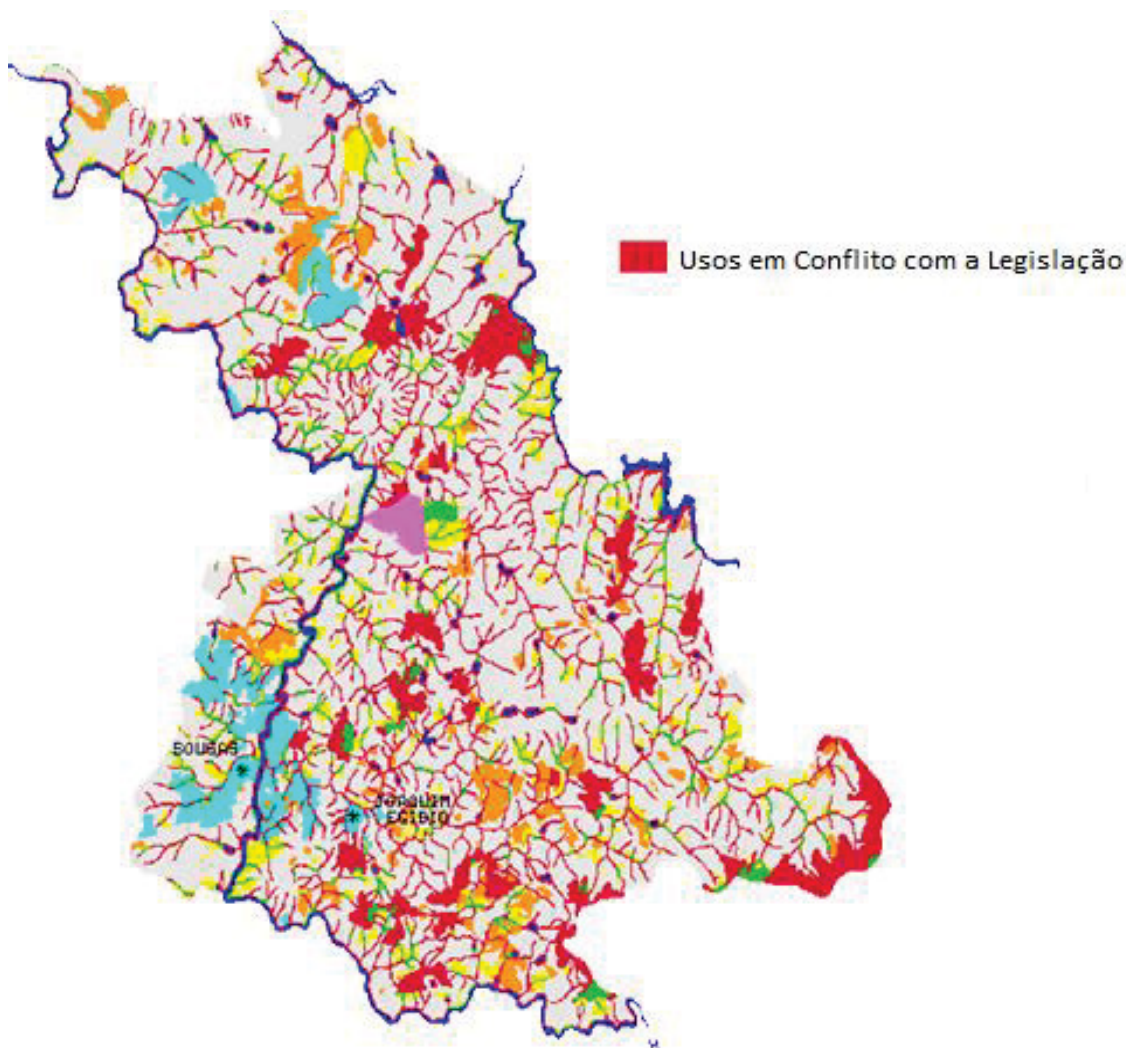


Figura 5: Carta de Irregularidades do Solo da APA Campinas. Fonte: Adaptado de Mattos, 1996.

Esta carta apresenta que 77% da área da APA Campinas encontra-se em conformidade com os mecanismos legais, tanto em áreas com vegetação natural preservada como em áreas onde as atividades humanas são permitidas, desde que disciplinadas. Entretanto, 20% da APA apresenta usos em conflito com a legislação, sendo representados por áreas desmatadas, principalmente APPs (Mattos, 1996).



Além disso, o avanço da urbanização nesta área (Figura 6), atribuído a especulação imobiliária, acentua a ameaça à principal fonte hídrica do município de Campinas.



Figura 6: Imagens aéreas da expansão urbana sobre a Área de Proteção Ambiental de Campinas. Fonte: Campinas, 2010.

2.3 - Características Hídricas - Campinas

Os Recursos Hídricos de Campinas, águas superficiais e subterrâneas são condicionados pelos aspectos geologia, hidrogeologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima, os quais influenciam na infiltração e recargas.

A importância do clima, em se tratando de Recursos Hídricos, está associada ao Ciclo Hidrológico propriamente dito; ou de maneira simplificada, às entradas e saídas de água no sistema; sendo elementos determinantes, as distribuições temporais e espaciais da precipitação média anual. Em outras palavras, a altura média de precipitação em uma área específica é um fator determinante para os dimensionamentos hidrológicos, nomeadamente no cálculo do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, uma vez que possibilita a compreensão do comportamento hidrológico de uma determinada bacia.

O clima é quente e temperado. Em Campinas existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. Segundo a Köppen e Geiger a classificação do clima é Cfa. 19,3 °C é a temperatura média. Pluviosidade média anual de 1315 mm. 26 mm é a precipitação do mês Agosto, que é o mês mais seco. Em Janeiro cai a maioria



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

da precipitação, com uma média de 222 mm. Janeiro é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 22,1 °C. Ao longo do ano Junho tem uma temperatura média de 15,7 °C. É a temperatura média mais baixa do ano.

No município de Campinas, quase a totalidade de água utilizada é originária de dois mananciais, o principal manancial produtor para o município é o rio Atibaia, correspondente a 93,50% do total, o rio Capivari é responsável por 6,40% e 0,10% são provenientes de 3 poços profundos localizados no Jd. Monte Belo e de 1 poço no Jd. São Domingos (SANASA, 2014).

A vazão natural média da Bacia do Rio Atibaia, o qual faz parte do Sistema Cantareira, é de cerca de $38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, após drenar cerca de 2820 km^2 , desde suas nascentes. Ao longo de seu curso apresenta rendimentos da ordem de $13,4 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ na foz, $14,0 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ nas proximidades de Sousas, $16,0 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ nas imediações de Itatiba e de $19,0 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ em Atibaia. Nos períodos de estiagem, a vazão natural mínima média de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos é de $8,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ na foz, correspondendo a um rendimento de $3,3 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, em Sousas o rendimento é de $3,50 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, atingindo $4,4 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ em Itatiba e $5,5 \text{ L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ em Atibaia.

A figura 7 ilustra a evolução do volume útil do Sistema Cantareira. Aqui, vale ressaltar que Campinas ficou sob risco de racionamento em 2014/2015. Segundo a SANASA, apesar de a água usada no abastecimento da região ser captada diretamente do Rio Atibaia, este recebe água do Sistema Cantareira, que disponibiliza $31 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de água à Região Metropolitana de São Paulo e $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ à bacia PCJ, em condições normais. No entanto, durante o período da crise, esses volumes foram reduzidos para $15,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de água, o que caracterizou a necessidade dos racionamentos. 77 ocasiões durante o ano de 2014 devido à baixa vazão do Rio Atibaia.

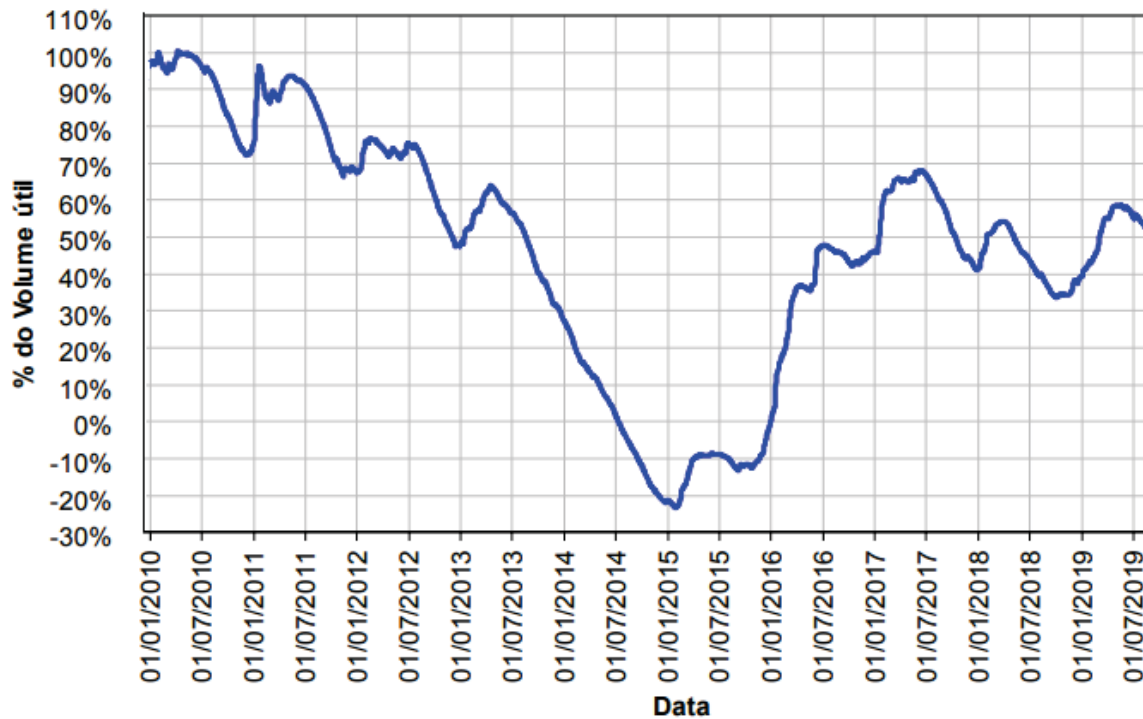


Figura 7: Evolução do volume útil do Sistema Cantareira - a partir de 2010. Fonte: ANA, 2019.

Como retrata a figura 8, tais variações de vazão do Rio Atibaia na área de influência do município de Campinas ressaltam a contribuição dos recursos hídricos presentes na APA de Campinas para a manutenção ecossistêmica da Bacia do Rio Atibaia, com grande potencial de produção de água que, mesmo após a captação para abastecimento público da SANASA, o Rio Atibaia atravessa os limites municipais com valores de vazão superiores aos de entrada (Campinas, 2016).

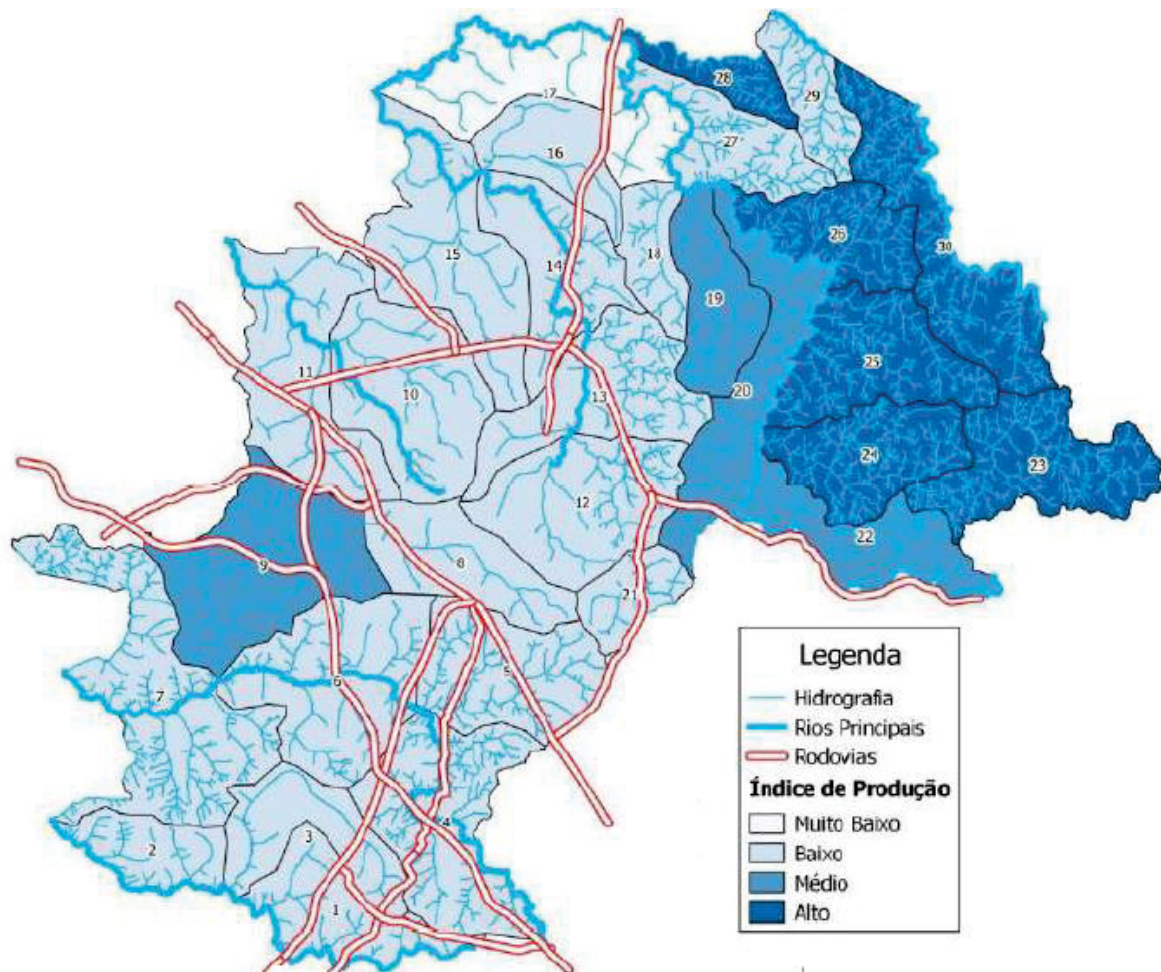


Figura 8: Produção de água nas microbacias de Campinas. Fonte: Campinas, 2016.

O consumo de água é um importante indicador de demanda de um município. Ele mostra a realidade de uso deste recurso e facilita o planejamento do saneamento municipal. Conforme dados da SANASA (2015) o principal consumidor de água de Campinas é o uso Residencial (84,36%), seguido do comércio (11,68%), Poder Público (3,20%) e Indústria (1,36%). Em 2013 foram consumidos 87427 km³. Abaixo, a Tabela 1 mostra a evolução do consumo de água nas últimas décadas.



Tabela 1: Histórico do Consumo de Água em Campinas-SP. Fonte: SANASA, IBGE.

Período	Consumo total de água (residencial, comercial, público, industrial e misto) em m ³ no ano	População total
1991	67097227	847595
2000	77189903	969386
2010	83904082	1080113
2013	87427194	1144862

2.4 - Características Econômico-Sociais - Campinas

Na parte econômico-social, o PIB per capita de Campinas é de R\$49942, e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,805 (IBGE, 2017).

De acordo com o IBGE, o município de Campinas possui 44496 empresas e estabelecimentos comerciais ativos. A fonte básica de economia está centralizada no setor terciário, com seus distintos segmentos de comércio e prestação de serviços de várias áreas, como na educação e saúde. O setor secundário, com complexos industriais de grande porte, também possui uma presença expressiva no PIB. O setor primário é o menos relevante na composição econômica do município (IBGE, 2016).

Os empregos encontram-se distribuídos nos respectivos setores: Agropecuária 0,52%; Indústria 17,40%; Construção Civil 4,46%; Comércio 24,20%; Serviços 53,41% (Campinas, 2009).

Em 2017, o salário médio mensal era de 3,8 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 39,1% (IBGE, 2018). Na distribuição de renda dentro do município, a concentração encontra-se no eixo leste/norte (Macrozonas 1, 3, 4 e 8), enquanto o eixo oeste/sul apresenta um rendimento médio mais baixo (Campinas 2006). Abaixo, a figura 9 mapeia o rendimento médio dentro município de Campinas.

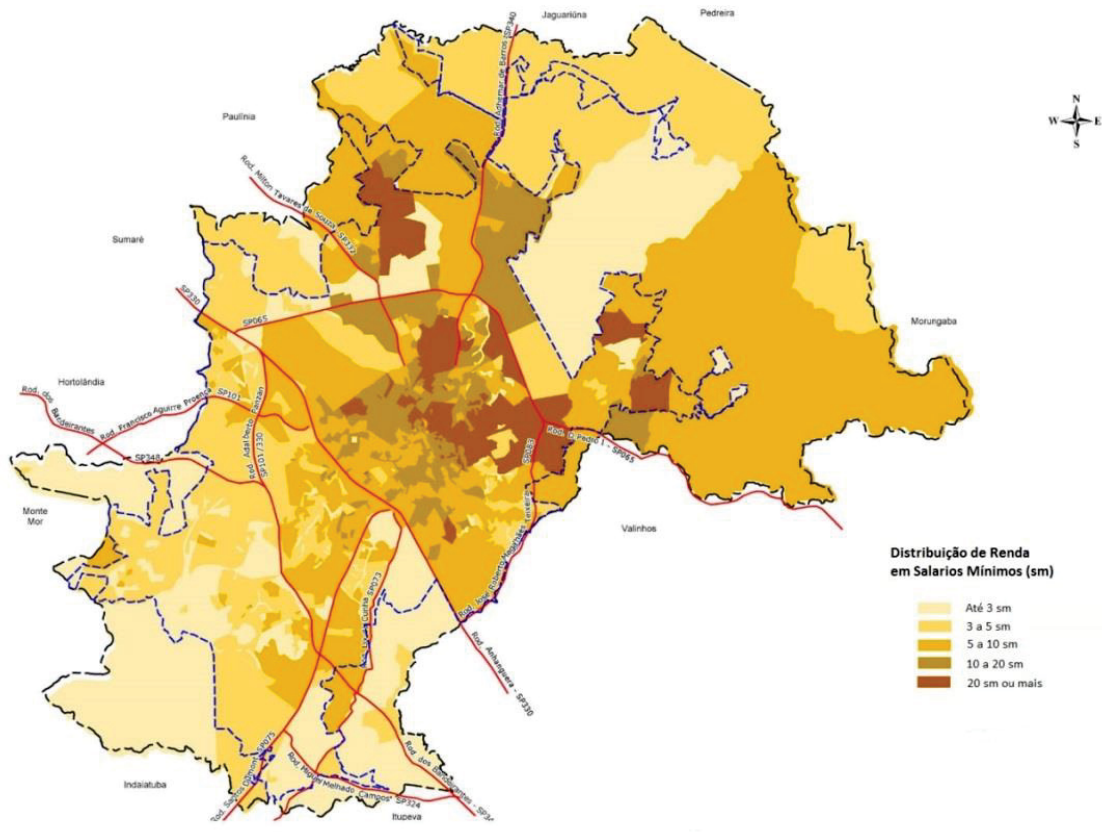


Figura 9: Distribuição de Renda no Município de Campinas. Fonte: Campinas, 2006.

2.5 - Diagnóstico

A urbanização é um dos processos mais impactantes no meio ambiente, notadamente no que se refere à qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Em Campinas, as pressões antrópicas sobre áreas de fragilidade hídrica geram problemáticas que correspondem à: impermeabilização do solo, degradação de matas ciliares e contaminação da água (Campinas, 2016).

Nesse sentido, a pressão antrópica sobre as águas pode ser computada através do consumo/usos e ocupações. A forma como o solo é ocupado influencia o território como um todo, a qual compromete a manutenção das águas subterrâneas e superficiais (ANA, 2014).

Na atualidade, 30% do território de Campinas é edificado e, portanto, impermeabilizado por meio de ocupações. Segundo mapa de uso e ocupação de impermeabilização Campinas (Figura



10), das 30 Microbacias do município, cinco apresentam a maior taxa de ocupação - possuem mais de 50% do território ocupado por edificações que impermeabilizam o solo. A maioria, no entanto, possui entre 10 - 50% do território impermeabilizado (Campinas, 2016).

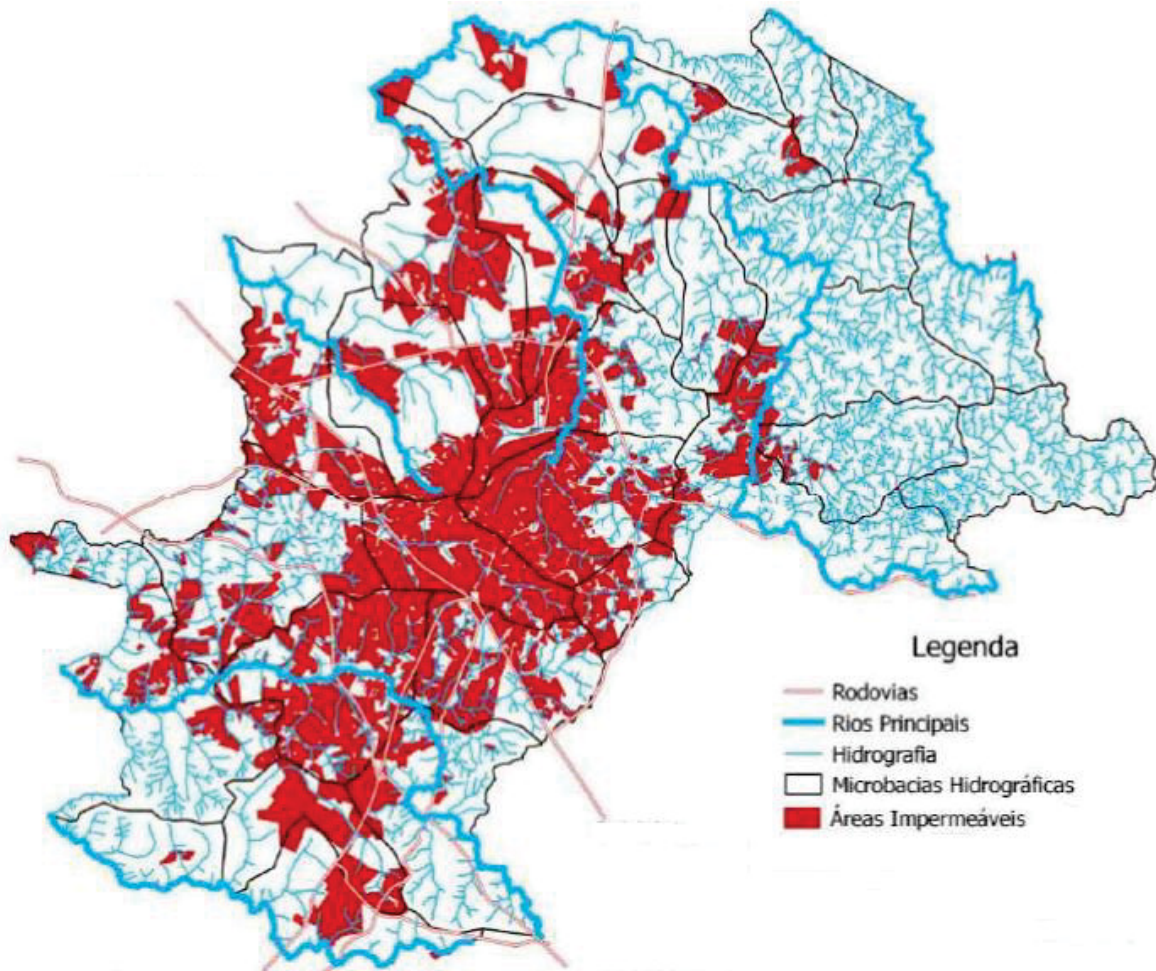


Figura 10: Áreas Impermeáveis no Município de Campinas. Fonte: Campinas, 2016.

Porém, algumas destas Microbacias possuem um agravante a mais, pois são estratégicas para o abastecimento, uma vez que drenam para o Rio Atibaia antes da captação de Campinas, onde ocorre a retirada de 95% do abastecimento municipal. Com isso, a APA de Campinas, maior fonte produtora de água do município, também sofre com a degradação e impermeabilização do solo. Por consequência da especulação imobiliária, condomínios horizontais e loteamentos fechados de alto padrão que buscam qualidade de vida atrelada a áreas verdes, nota-se o cenário preocupante do crescimento da cidade para os Recursos Hídricos (Campinas, 2016).



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Sabe-se que para a preservação dos Recursos Hídricos, é fundamental a manutenção da vegetação. Para garantir a existência de água nos rios é essencial a manutenção da área de recarga de aquíferos ou, de um modo simplista, garantir a infiltração de água ao longo do território. Para isto é fundamental a distribuição de áreas verdes em toda a microbacia, principalmente ao longo das margens dos rios (Abbott, 2011).

Os processos de ocupação urbana, os métodos agrícolas empregados, arcaicos e rudimentares e a atividade pastoril, degradaram massivamente os biomas originalmente existentes no município de Campinas, restando poucos vestígios da cobertura vegetal original, principalmente nas APP (Campinas, 2016).

Estas áreas foram mapeadas pela Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Figura 11), totalizando 10492 hectares de Área de Preservação Permanente, sendo que 3389 hectares apresentam algum tipo de cobertura vegetal e 7103 hectares sem nenhuma cobertura vegetal. Foram mapeadas 2311 nascentes (Campinas, 2016). Na APA Campinas, principal produtora de água, cerca de 20% da área encontra-se em conflito com a legislação, sendo representados por áreas desmatadas, o que combinado com baixos índices pluviométricos, gerenciamento inadequado dos recursos hídricos e crescimento populacional, implicou em uma extrema seca, com graves impactos sociais, económicos e ambientais, tanto no nível local quanto nacional (Mattos, 1996).

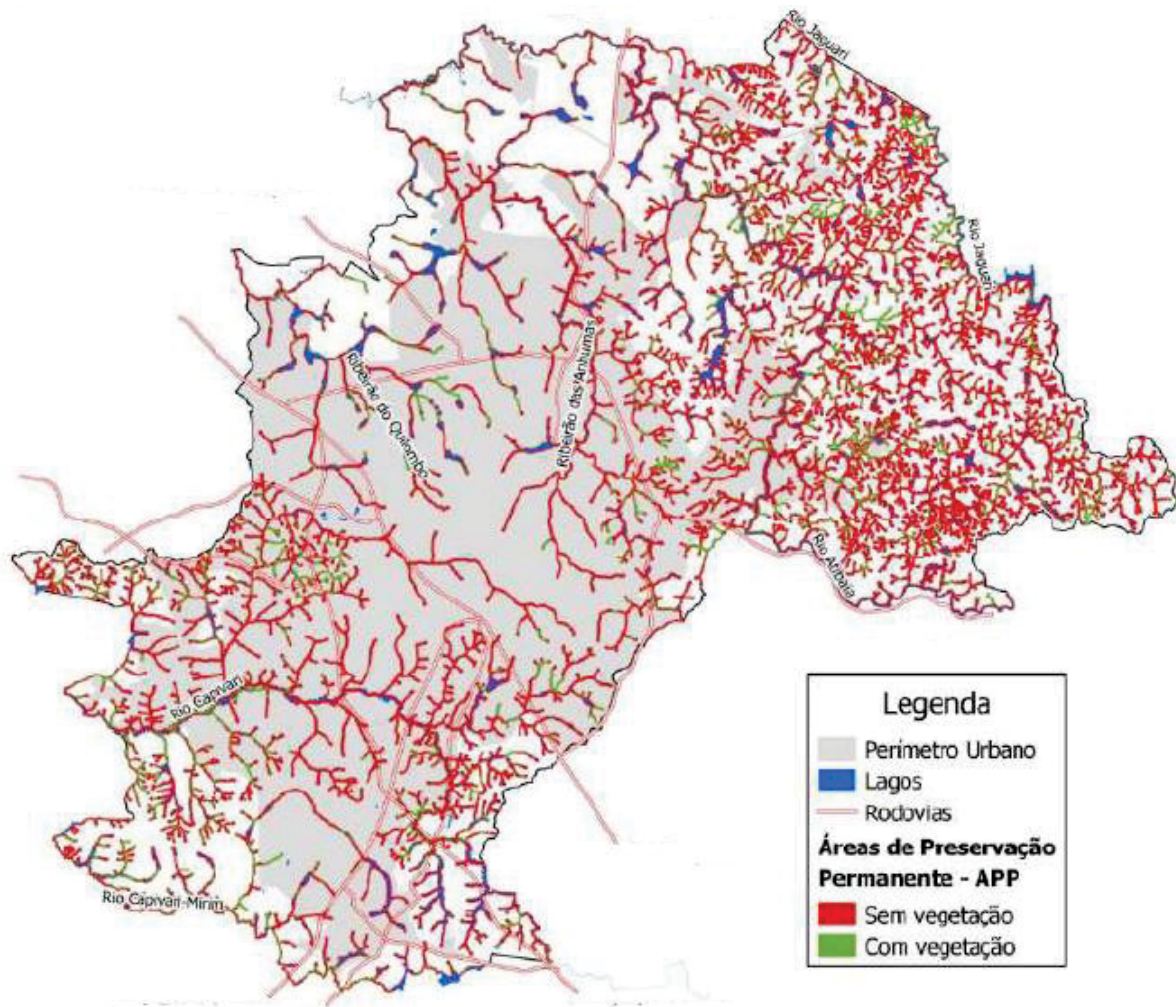


Figura 11: Situação das Áreas de Preservação Permanente de Campinas. Fonte: Campinas, 2016.

Além disso, o mosaico de áreas urbanas, periurbanas e rurais cria um gradiente de focos de contaminação por falta de esgotamento sanitário, especialmente quando o Rio Atibaia se aproxima de Paulínia, no limite final do município. Ao longo de seu percurso, o Rio Atibaia recebe a carga de 21 bairros e/ou núcleos residenciais não atendidos por sistema de esgotamento sanitário, na área urbana. Já na sua porção rural, o Atibaia dispõe de 1319 residências permanentes (IBGE, 2010) onde, ao contrário do Rio Jaguari, a maioria dispõe de fossa séptica, 51,40% (29,49% fossas negras e 8,57% in natura). Esse cenário pode ser reflexo do perfil socioeconômico da região, mas também estar associado à especificidade do perfil rural da Bacia do Rio Atibaia (SANASA, 2013).



2.6 - Objetivos

O objetivo geral do estudo é contribuir para a resolução dos problemas de escassez de água na Cidade de Campinas no Brasil que é agravada pela ocupação urbana de zonas destinadas à proteção de recursos hídricos. Para entender estes conflitos formula-se, calibra-se e simula-se um modelo de interação espacial com uso do solo, pontos de atratividade e atritos.

Os modelos de interação humana no espaço são ferramentas adequadas para analisar as relações entre o Homem e o Ambiente (Silveira e Dentinho, 2007). Estes modelos distribuem as atividades urbanas de residência e emprego por zonas da cidade de acordo com a localização do emprego exportador, a ocupação do espaço de cada atividade, a acessibilidade entre zonas e a atratividade de cada zona para as diferentes atividades. Permitem entender o conflito entre usos do solo entre as várias zonas da cidade designadamente a pressão de uso urbano (Gonçalves *et al.*, 2007) sobre as zonas de proteção, neste caso o município de Campinas e a Área de Proteção Ambiental de Campinas, auxiliando assim entender os conflitos entre uso do solo e disponibilidade de água gerada pelas áreas de proteção.

Pretende-se que a aplicação deste modelo de interação espacial, evidencie e retrate a dinâmica de ocupação do solo, além da importância das áreas de conservação no contexto hídrico, estimando o impacto das mudanças no uso do solo necessárias para ter mais água no redesenho da cidade, e demonstrando como uma economia regional passa essencialmente para uma dependência hídrica, que assenta sobretudo no bem-estar da sociedade.

CAPÍTULO 3: REVISÃO DA LITERATURA

3.1 – Impermeabilização e Recursos Hídricos

De acordo com o autor Abbott (2011), a escassez de água é consequência tanto de fenómenos naturais quanto de impactos humanos. Existem recursos significativos de água doce no planeta, mas eles estão distribuídos de forma desigual e muitas vezes gerenciados de forma insustentável. Globalmente, o uso de água tem crescido mais do que duas vezes a taxa de aumento da população desde o século passado.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Padrões de gestão de recursos hídricos e de uso da terra são intrinsecamente ligados. Em um nível de influência, área urbana, agrícola e florestal tem impactos significativos sobre o comportamento hídrico e podem afetar a disponibilidade de água para os usuários, incluindo cidades. A água corre através de rios e seus afluentes e através de sistemas de águas subterrâneas que se conectam a rios e córregos em formas complexas. Esta rede está agrupada em bacias hidrográficas que são a unidade natural para a gestão da água. Nas escalas urbana e rural, alterações ao uso do solo, particularmente aumentam a quantidade de áreas impermeáveis que limitam recarga de águas subterrâneas e podem ter um efeito significativo sobre os recursos hídricos (Abbott, 2011).

De acordo com a Comissão Europeia (2012), a impermeabilização dos solos consiste em cobrir uma superfície de terreno com material impermeável artificial, servindo de base à construção de habitações, edifícios industriais e comerciais, infraestruturas de transporte, etc. Embora possa ter efeitos benéficos, por exemplo evitando a contaminação das águas subterrâneas e do (sub)solo, ao permitir o escoamento controlado de água contaminada proveniente de estradas e zonas poluídas, na maior parte dos casos há razões de peso para criticar os seus impactos ambientais, já que a «função de sustentação» do solo é apenas uma entre muitas outras.

Os solos asseguram uma gama muito vasta de funções ecossistémicas vitais, desempenhando um papel crucial na produção de alimentos e de materiais renováveis como a madeira, oferecendo habitats para a biodiversidade tanto à superfície como no subsolo, filtrando e moderando o fluxo de água para os aquíferos, removendo contaminantes e reduzindo a frequência e o risco de inundações e secas; podem ajudar a regular o microclima em ambientes de forte densidade urbana, particularmente quando cobertos de vegetação e podem também desempenhar funções estéticas a nível paisagístico. As terras agrícolas prestam igualmente serviços ecológicos às cidades, como a reciclagem de resíduos urbanos (por exemplo, lamas de depuração) e produtos orgânicos (por exemplo, compostagem).

A impermeabilização exerce, pela sua própria natureza, um forte impacto no solo, reduzindo muitos dos serviços que este presta. É prática corrente remover a camada de solo superficial,



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

que fornece a maior parte dos serviços ecossistêmicos do solo, e instalar fundações sólidas no subsolo e/ou na rocha subjacente, para apoiar a construção ou as infraestruturas, antes de passar à fase da construção. Em geral, esta prática tem por efeito isolar o solo da atmosfera, impedindo a infiltração das águas pluviais e a troca de gases entre o solo e o ar. Em função da textura do solo (composição relativa de partículas de areia, lodo e argila) e do grau de compactação e perda de estrutura, o movimento lateral e para baixo da água e dos gases pode também ser muito dificultado ou mesmo impedido. Embora fosse uma boa prática armazenar o solo escavado para reutilização noutro local, isso nem sempre acontece, por exemplo devido a dificuldades logísticas. Consequentemente, a impermeabilização dos solos resulta no seu consumo literal, um motivo de grande preocupação, já que a formação do solo é um processo muito lento, sendo necessários séculos para a formação de um só centímetro (Comissão Europeia, 2012).

A impermeabilização dos solos tem efeitos diretos e indiretos. Por exemplo, um dos efeitos diretos de um projeto de construção de estradas é o seu impacto na biodiversidade, e um dos efeitos indiretos é a consequente fragmentação de habitats e as obras subsequentes para completar essas infraestruturas. Outro exemplo é a impermeabilização dos solos em terras agrícolas em torno das zonas urbanas, que pode reduzir a absorção de água (efeito direto), mas também exercer uma maior pressão no restante ambiente rural em termos de produção de alimentos (efeito indireto).

A impermeabilização dos solos pode exercer grande pressão nos recursos hídricos e alterar o estado ambiental das bacias hidrográficas, afetando os ecossistemas e os serviços que estes prestam relacionados com a água (Veja Figura 12).

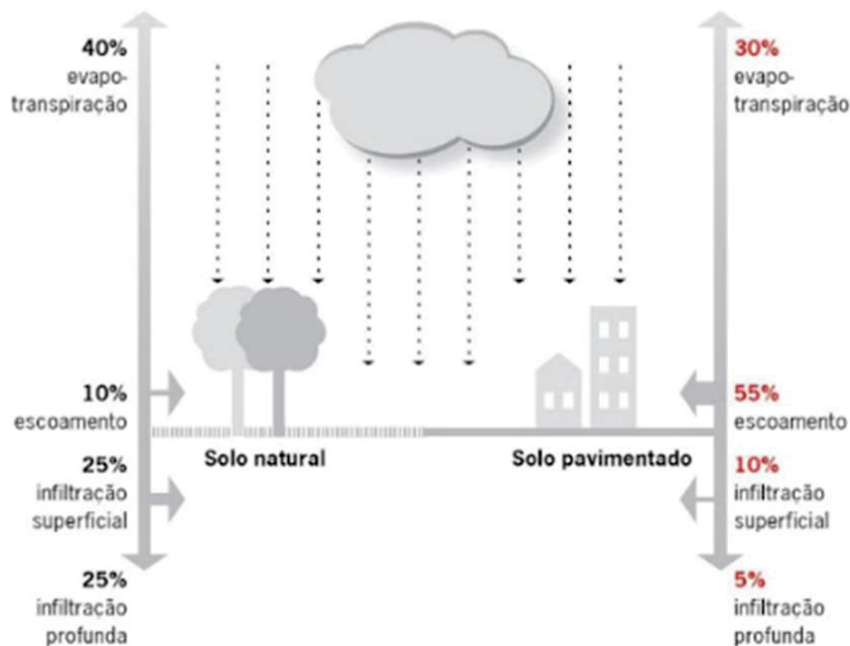


Figura 12: Diagrama da influência da ocupação dos solos no ciclo hidrológico. Fonte: Comissão Europeia, 2012.

Muitas cidades já sofrem regularmente de períodos de escassez de água e esse problema irá agravar-se com o aquecimento global. Além disso, a diminuição das zonas úmidas, sumidouros naturais e solos não impermeabilizados, em combinação com a expansão das cidades ao longo dos antigos leitos marítimos ou fluviais ou o estabelecimento de povoações ao longo do litoral ou margens de rios, aumenta muito o risco de inundações à medida que se intensificam as alterações climáticas (Regio, 2011).

A capacidade de um solo armazenar água depende de uma série de fatores, como a sua textura, estrutura, profundidade e teor de matéria orgânica. Um solo que funcione perfeitamente pode armazenar 3750 toneladas de água por hectare ou quase 400 milímetros de precipitação. A impermeabilização reduz a quantidade de água pluvial que o solo pode absorver e, em casos extremos, impedir totalmente essa absorção. Isto pode ter efeitos diretos no ciclo hidrológico, mas também alguns efeitos indiretos no microclima, afetando a temperatura, a umidade e a estabilidade do solo devido ao risco de desabamento de terras, etc. Os três maiores impactos diretos exercidos pelo aumento da impermeabilização dos solos



sobre a água são a redução do índice de infiltração da água (águas superficiais e profundas) quando diminui significativamente a superfície de espaços abertos, a diminuição do tempo de infiltração nas encostas, fazendo aumentar o volume de escoamento à superfície (com efeitos potenciais nas inundações e na poluição das águas superficiais) e uma diminuição da evapotranspiração, que pode ter um efeito de arrefecimento nas zonas construídas (Comissão Europeia, 2012).

A textura do solo é geralmente a variável mais importante que afeta o índice de infiltração e a capacidade de retenção de água do solo. Os solos com um elevado teor de argila têm mais capacidade de retenção de água, mas um índice de infiltração inferior que um solo arenoso em que a drenagem é maior. A estrutura e o teor de matéria orgânica do solo são igualmente importantes, a matéria orgânica tem uma capacidade de retenção da água elevada. Sugeriu-se que, para manter taxas satisfatórias de infiltração de superfície, é necessária uma percentagem mínima de espaço aberto de 50% da superfície pavimentada (EEA, 2010), embora isto dependa da natureza do solo, da intensidade da precipitação e da aplicação de outras medidas de atenuação. A impermeabilização dos solos não só tem um forte impacto no índice de infiltração da água, mas também afeta a qualidade das águas subterrâneas.

De acordo com a Comissão Europeia, a infiltração da água da chuva nos solos pode fazer aumentar significativamente o tempo que a água leva a chegar aos rios, reduzindo o volume do caudal máximo e, por conseguinte, o risco de inundação (atenuação dos efeitos das inundações pela paisagem). Grande parte da água retida no solo está disponível para as plantas, reduzindo a incidência de secas, o que evita a necessidade de irrigar e diminui os problemas da salinização na agricultura. Além disso, uma maior infiltração de água reduz a dependência de instalações de armazenamento artificial (reservatórios, por exemplo) para recolha nos picos de precipitação e aumenta as qualidades da água. Desta forma, a capacidade do solo (e da vegetação) de reter a água é aproveitada temporariamente para recolha da água. Tendo em conta a capacidade de armazenamento de um solo saudável, não compactado e bem estruturado, poucas ou nenhuma instalações de armazenamento artificiais são necessárias, exigindo menos espaço e investimento para este fim.



Para além dos efeitos diretos, a impermeabilização dos solos pode ter efeitos indiretos no ciclo hidrológico em ambiente urbano. O crescimento demográfico e a concentração de habitantes nas cidades fazem com que a procura de água aumente, exercendo pressão no abastecimento de água local. Embora haja uma enorme procura de água nas zonas urbanizadas, a necessidade de recolher toda a água da chuva, conduzindo-a o mais rapidamente possível para instalações de tratamento de águas residuais a fim de evitar ou resolver problemas de inundação provocados pela insuficiência de zonas de retenção, impede a recarga das águas subterrâneas. Os aquíferos que se encontram na proximidade de algumas zonas urbanas estão especialmente sujeitos à pressão da grande procura de água doce e de uma capacidade de recarga reduzida. Quando a procura de água nas zonas urbanas excede a água disponível, as cidades têm de transportá-la de regiões vizinhas ou aumentar o ritmo de extração. Alguns aquíferos, como os que contêm argila e limo, podem compactar-se devido a uma bombagem excessiva da água subterrânea, causando uma subsidência permanente.

Um solo com vegetação absorve uma quantidade de chuva muito maior que um solo coberto com um material impermeável ou semi-impermeável, embora as árvores intercetem muita da água que cai, que pode evaporar antes sequer de atingir o solo. O excedente de água que não é absorvida ou que só se liberta lentamente através do solo ou dos aquíferos converte-se em escoamento superficial nas encostas ou cria lagoas nas bacias hidrográficas. Num ambiente urbano, essa água deve geralmente ser recolhida, canalizada e tratada.

O escoamento superficial pode ser substancialmente reduzido com o aumento do solo exposto. Modificar a sua capacidade de infiltração é muito mais difícil, dado que, em grande medida, depende das características do solo que são muito difíceis de modificar. Até certo ponto, os telhados verdes contribuem para prevenir o escoamento superficial, mas a sua capacidade de retenção de água é limitada e não se compara com a capacidade do solo aberto.

A impermeabilização dos solos provocada pela construção (especialmente em encostas e em zonas de retenção de água) pode reduzir a capacidade de armazenamento desses terrenos, aumentando o risco de inundações e os danos por elas causados. Por exemplo, um dos maiores rios da Europa, o Reno, perdeu quatro quintos das suas planícies aluviais naturais. Do mesmo



modo, apenas 14% das planícies aluviais naturais do Elba permanecem disponíveis para inundação, enquanto durante o período de 1990-2000 as zonas urbanas expostas a inundações aumentaram 50 km² (EEA, 2010). A frequência e gravidade cada vez maiores de inundações nessas zonas podem atribuir-se, em parte, à redução dos espaços abertos (outros fatores podem ser a menor capacidade de retenção das terras agrícolas, causada pela compactação e baixos níveis de matéria orgânica). Mas os problemas não se limitam à escala regional. Segundo um estudo recente, Londres perdeu numa década 12% dos seus espaços verdes, substituídos por revestimento duro que ocupa uma superfície de cerca de 2600 hectares. Por este motivo, a água, em vez de ser absorvida pelo solo, chega em quantidades excessivas aos esgotos e canalizações, e contribui para o efeito de ilha térmica (Comissão Europeia, 2012).

A qualidade das águas superficiais (por exemplo, rios e lagos) pode ser afetada pelas águas de escoamento poluídas. Quando a água da chuva se infiltra nos solos (especialmente nos solos argilosos), alguns dos contaminantes que contém são retidos pelo solo e outros são decompostos por ação de microrganismos. Isto permite reduzir a quantidade e o tipo de contaminantes que entram nas águas superficiais e nos aquíferos. Grandes volumes de águas pluviais contaminadas não podem ser filtrados pelo solo e acabam por contaminar rios, lagos e habitats aquáticos, para além de contribuírem para inundações a jusante. Esta situação está a tornar-se cada vez mais problemática em grandes zonas de solo impermeabilizado que podem concentrar os poluentes na água. Um exemplo foram as inundações do rio Elba em 2002 que depositaram dioxinas e mercúrio provenientes de zonas de armazenamento industrial nas planícies aluviais em níveis superiores aos admitidos na Alemanha (EEA, 2010).

Segundo Silva (2019), em seu trabalho sobre a democratização e a governança da água, a importância das áreas urbanas no desenvolvimento das cidades é fundamental para a gestão eficaz dos recursos hídricos, ainda mais se considerada a sua capacidade suporte. Segundo a autora, a respeito dos interesses sociais, a urbanização tem pressionado as Bacias Hidrográficas nos âmbitos municipais, afetando a proteção das águas, especialmente na região sudeste do Brasil.



Nesse sentido, a pressão antrópica sobre as águas pode ser computada através do consumo/usos e ocupações. A pressão por consumo se dá nos dois pontos de abastecimento e, portanto, pouco importa a tipologia do uso, se residencial, não residencial ou misto. Por outro lado, a forma como o solo é ocupado influencia o território como um todo, por meio da impermeabilização, a qual compromete a manutenção das águas subterrâneas e superficiais.

Segundo o CWP (Center of Watershed Protection) e ANA (Agencia Nacional de Água), a partir de 10% da impermeabilização de uma Bacia, podem ser notadas influências sobre a qualidade da água, de maneira que após 25%, há uma degradação significativa (Figura 13)

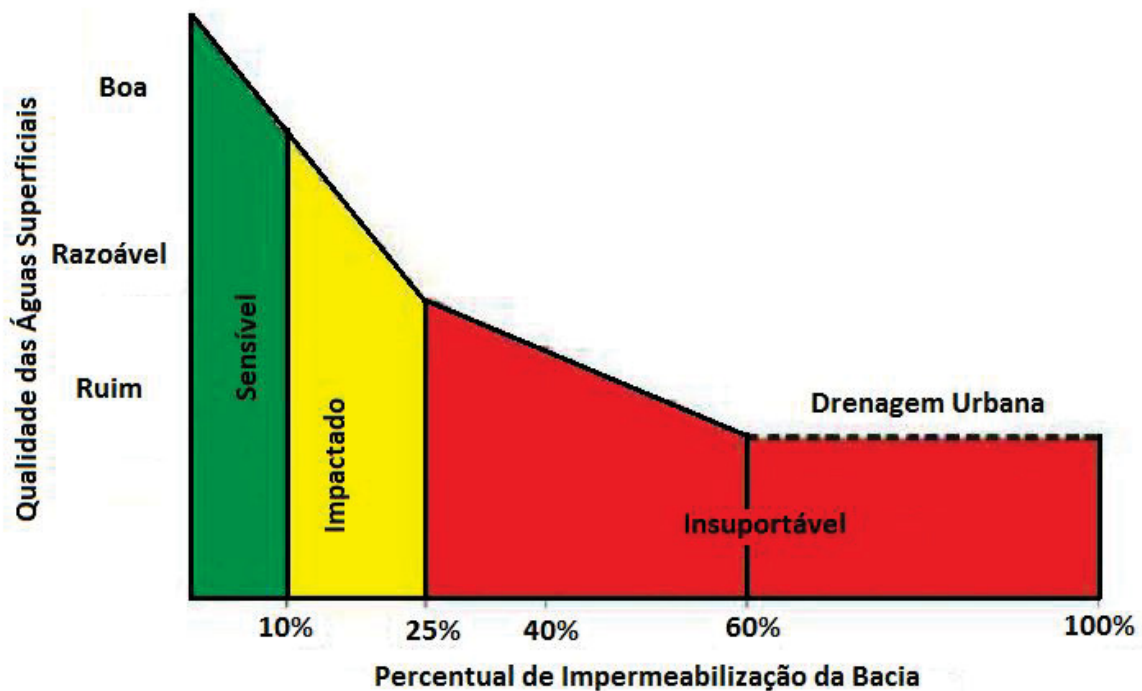


Figura 13: Relação entre Qualidade e Impermeabilização. Fonte: CWP, ANA (2014).

A partir da permeabilidade legal imposta sobre a ocupação do território, é importante ressaltar que os processos de infiltração consistem em elementos naturais que promovem o equilíbrio entre os meios solo e água, quantidade e qualidade. A perda de área permeável diminui a capacidade de infiltração dos solos, isto é, gera impactos ambientais nas dimensões “solo e água”. Sendo que o efeito máximo da perda de área permeável traduz-se pela



impermeabilização ou compactação do solo, quando se reduz a sua capacidade de infiltração (ANA, 2014).

Na prática, as duas principais causas da perda de área permeáveis (redução da infiltração) são a ocupação do território e a remoção da vegetação natural. Processos agravados ainda pela perda dos sistemas radiculares bem desenvolvidos, a compactação do solo, a dispersa de argilas, assim como o selamento ou vitrificação do solo.

Sabe-se que um sistema radicular profundo e bem desenvolvido auxilia no processo de infiltração, movimentação e armazenamento de águas no solo. Por outro lado, a remoção da vegetação natural para implementação de monoculturas, por exemplo, altera essa proteção do solo; fazendo com que o sistema radicular passe a ser uniforme, sempre com a mesma profundidade, o que compromete a qualidade da infiltração.

O processo de remoção da vegetação ou de cultura por meio de queimada ou mesmo a queima de resíduos ou “mato” - ação comum em ambientes urbanos cuja população residente possui uma relação cognitiva dissociativa ao meio ambiente – desencadeia na vitrificação do solo. Em outras palavras, o solo endurece em sua camada mais superficial após ser submetido a temperaturas elevadas. Nestas condições, há perdas significativas na capacidade de infiltração do solo e recuperação das áreas; de modo que os plantios de restauração florestal ou a introdução de novo ciclo produtivo requerem manejo adequado do solo (Campinas, 2016).

De maneira similar, ocorre o processo de selamento; porém, neste caso pode ser de origem química ou física, respectivamente - pela salinização do solo ou pelo impacto da chuva ou aspersão no solo com nenhuma ou pouca proteção vegetal.

A compactação do solo é um agravo frequentemente associado as práticas agropecuárias. Nestes casos, a capacidade de infiltração fica comprometida se não forem aplicadas práticas adequadas de manejo do solo, como terraceamento, bacias de retenção, plantio em curvas de nível, entre outras intervenções sem a adequação ao tipo de solo e a inclinação do terreno. Paralelamente, o manejo inadequado dos insumos agrícolas ocasiona desagregação do solo e,



consequentemente, alteram a porosidade, formando blocos de solos impermeabilizados (Campinas, 2016).

Já nas áreas urbanas, a compactação do solo ocorre associada a ocupação do território; isto é, pelo nível máximo de perda de área permeável (impermeabilização). Assim, a impermeabilização por ação antrópica ocorre durante o processo de cimentação, asfaltamento e construções – desde a movimentação de terras, corte de terreno, aterros e bota foras das obras de construção civil e infraestrutura, por sistemas de drenagem até por ocupações públicas ou privadas, residenciais ou não residências, por abertura de vias e obras subterrâneas. Esta impermeabilização afeta pontualmente a área, mas também a sua circunvizinhança. Isto se dá pela alteração no escoamento superficial e subsuperficial e a capacidade de infiltração; como consequência há problemas socioambientais, além de processos erosivos, inundações e rupturas de encostas, entre outros (Carvalho *et al.*, 2012).

Assim, a mitigação dos impactos gerados pela impermeabilização deve objetivar a restauração das características originais de infiltração do solo. Contudo, há de se considerar que a restauração de processos naturais deve ser bem estruturada, pois em ambiente de intensa ocupação antrópica é comum que tais ações acarretem em novos impactos, como a subsidência, erosão interna ou a contaminação do solo e das águas subterrâneas (Carvalho *et al.*, 2012).

3.2 - A Vegetação como Elemento de Proteção Hídrico

Existe um sentimento comum entre ambientalistas, acadêmicos e até mesmo em setores sociais não diretamente envolvidos com o tema, de que a vegetação e a água se completam, e que a ausência de uma perturba profundamente a existência da outra.

A maneira mais fácil de entender a relação floresta-água é conhecendo o ciclo hidrológico na floresta. A água de chuva que se precipita sobre uma mata segue diversos caminhos. A interceptação da água acima do solo pelas folhas participa na formação de novas massas atmosféricas úmidas, enquanto os pingos de água que atravessam a copa ou escoam pelo tronco, atingem o solo e o seu folheto. De toda a água que chega ao solo, uma parte tem



escoamento superficial, chegando de alguma forma aos cursos de água ou aos reservatórios de superfície. A outra parte sofre armazenamento temporário por infiltração no solo, podendo ser liberada para a atmosfera através da evapotranspiração, manter-se armazenada por mais algum tempo ou percolar como água subterrânea. A água no solo que não for evapotranspirada, ou que não migrar para camadas profundas, termina por escoar da floresta paulatinamente, compondo o chamado deflúvio, que alimenta os mananciais e possibilita os seus usos múltiplos (Hamilton e King, 1983).

Segundo o autor Lima (1986), a cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento da água, além de diminuir o escoamento superficial. Influência esta que no todo conduz à diminuição do processo erosivo. Nesta ação protetora da floresta, é muito importante a participação da vegetação herbácea e da manta orgânica, que normalmente recobrem o solo florestal, as quais desempenham papel decisivo na dissipação da energia das gotas das chuvas, cujo impacto com a superfície do solo dá início ao processo de erosão.

Os efeitos do desmatamento traduzem-se em redução da evapotranspiração e da infiltração da água no solo, intensificando assim as enxurradas e perdas do solo, o que acarreta em aumento da vazão dos rios e da sedimentação anual, conforme a Figura 14.

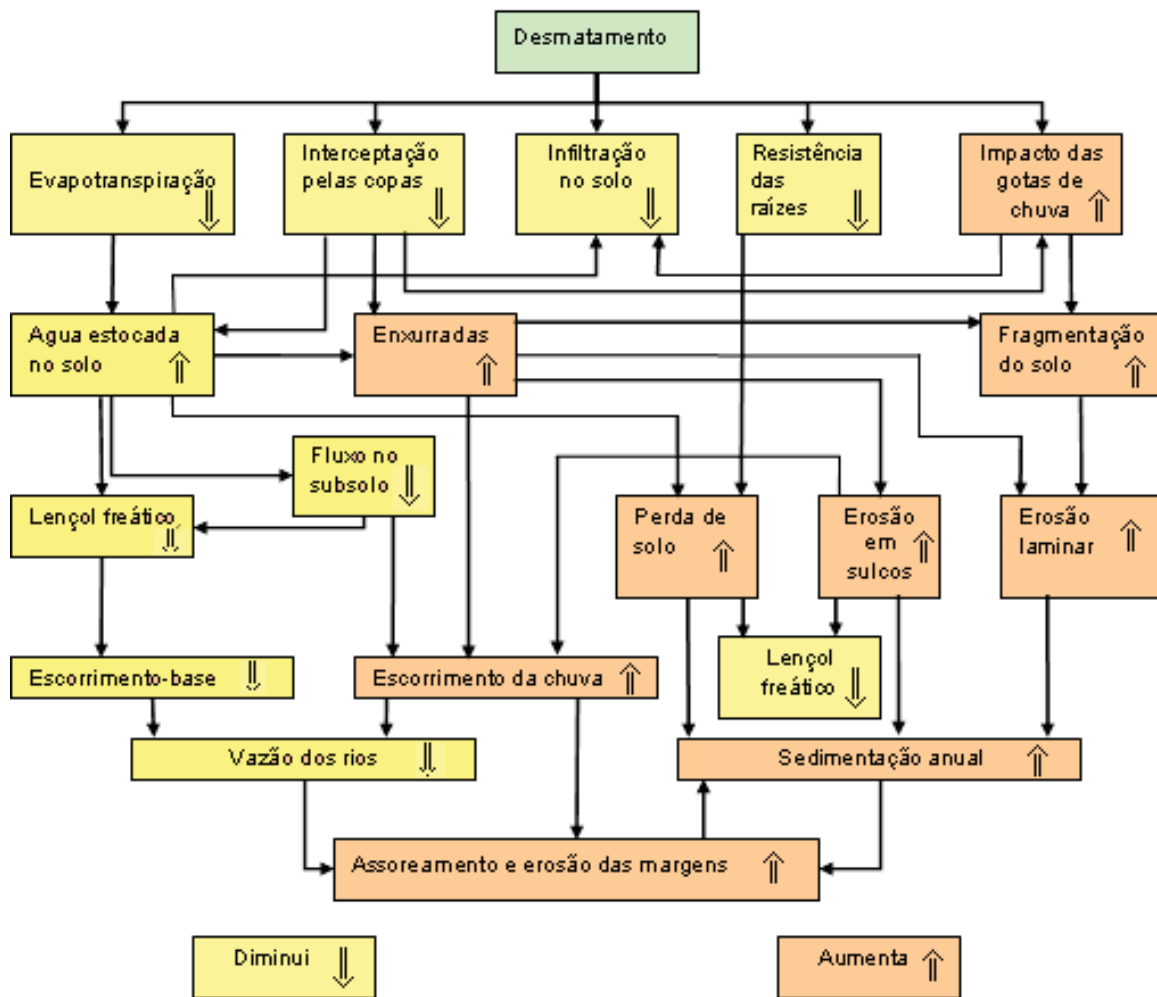


Figura 14:Efeitos do desmatamento sobre a água e o solo. Fonte: adaptado de Hamilton e King, 1983).

Os impactos decorrentes dessas mudanças nos processos podem ser facilmente identificados através: da alteração na qualidade da água, evidenciada no aumento da turbidez, da eutrofização e do assoreamento dos corpos d água; na alteração do deflúvio, com enchentes nos períodos de chuva e redução na vazão de base quando das estiagens; nas mudanças micro e mesoclimáticas, esta última quando em grandes extensões de florestas; na mudança na qualidade do ar, em função da redução da fotossíntese e do aumento da erosão eólica; na redução da biodiversidade, em decorrência da supressão da flora e fauna local; e na poluição hídrica, em função da substituição da floresta por atividades agropastoris, urbanas e industriais (Lima, 1998).



Muitos estudos evidenciam a dinâmica da água na floresta tropical úmida, enfocando sobretudo a relação entre esta e o clima, as vazões dos rios e os processos erosivos decorrentes do desmatamento (Figura 15).

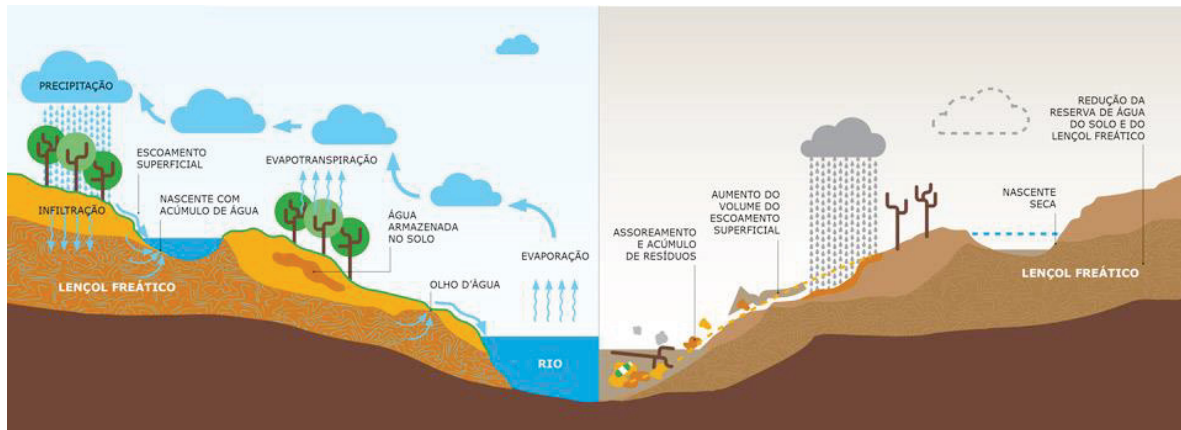


Figura 15: A importância da Vegetação no Ciclo Hidrológico. Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2009).

Na Amazônia brasileira, Salati (1985) aplicando o método isotópico para evidenciar a recirculação do vapor de água na região, constatou que no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica nas proximidades de Manaus (área coberta com floresta densa), 25% da chuva (que totaliza 2200 mm ano^{-1}) jamais atingem o solo, ficando retidos nas folhas e voltando à atmosfera por evaporação direta; enquanto 50% da precipitação são utilizados pelas plantas, sendo devolvidos à atmosfera, na forma de vapor, por transpiração. Os 25% restantes, alimentam a vazão dos igarapés, que drenam a bacia hidrográfica. Esses dados indicam que, naquele tipo de floresta densa, 75% da água de precipitação retornam à atmosfera, resultado da influência direta do tipo de cobertura vegetal. Segundo o mesmo autor, na bacia amazônica como um todo, incluindo vegetações distintas de cerrado e de regiões montanhosas, cerca de 50% do total da água precipitada, desagua pelo rio Amazonas no mar, enquanto os outros 50% voltam à atmosfera na forma de vapor, através da evapotranspiração, formando as massas atmosféricas.

Portanto, a floresta Amazônica não é simples consequência do clima. Ao contrário, o equilíbrio dinâmico hoje existente depende da atual cobertura vegetal. Assim, o desmatamento ou a



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

colonização intensiva, ao substituir a floresta por outros tipos de cobertura (pastagem, agricultura anual) podem acarretar sérias modificações climáticas, porque introduzem severas alterações no balanço hídrico da região amazônica.

Na Mata Atlântica algumas informações já são disponíveis sobre a relação entre água e floresta também. Cicco *et al.* (1988), em estudo realizado no Parque Estadual da Serra do Mar em São Paulo, quantificaram a interceptação da água de chuva por mata natural secundária em uma bacia experimental. A pesquisa evidenciou que 18,23% das águas das chuvas que chegam à floresta retornam à atmosfera pelo processo de interceptação. O restante atinge a superfície do solo, principalmente pela precipitação interna (80,65%) e por uma pequena porção de água escoada pelo tronco das árvores (1,12%). Segundo os autores, esses valores são compatíveis com os obtidos em floresta natural secundária em Viçosa (MG) e em floresta de terra firme na Amazônia.

Em um contexto de mata ciliar com vegetação do tipo cerrado, em São Paulo, a interceptação da água de chuva na copa das árvores foi de 37,6% (Lima, 1998). Isto evidencia que mesmo não sendo Mata Atlântica, a recuperação de matas ciliares, em processo de regeneração para uma floresta diversificada e bem estruturada, cumpre equivalentemente o papel de proteção do solo, amenização climática e regularização do regime hídrico.

Devido às oscilações na umidade e no encharcamento do solo, em decorrência dos períodos de chuva e estiagem, a vegetação que ocupa as zonas ripárias apresenta uma alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial (Rodrigues e Shepherd, 2000).

A mata ciliar desempenha uma ação eficaz na filtragem superficial de sedimentos. Além disso, pode reter por absorção, nutrientes e alguns poluentes, vindos por transporte em solução durante o escoamento superficial.

Moldan e Cerny (1992) demonstraram que a mata ciliar funciona muito efetivamente na remoção de nitrato, principalmente devido às transformações bioquímicas por ação de bactérias denitrificadoras presentes nas condições aeróbicas de áreas saturadas da zona ripária e à absorção pelas raízes da vegetação ciliar. Por sua vez, Muscutt *et al.* (1993), através da



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

revisão de extensa literatura, evidenciou os mecanismos de remoção do fósforo pela mata ciliar. Já Oliveira (1998), analisou o fenômeno de redução da carga de pesticidas.

Além de afetar o regime hídrico, refletindo no clima e nas vazões dos cursos da água, a floresta tropical úmida tem relevante papel no controle da erosão. Oliveira salienta que solos em bom estado de agregação, com elevadas quantidades de matéria orgânica e umidade, além de elevado conteúdo microbiano ativo, são mais resistentes à erosão. Esta condição se dá justamente em solos sob cobertura de uma floresta bem estruturada.

O efeito da proteção vegetal sobre o escoamento superficial e sobre as próprias perdas de solo por erosão tem sido observado em diversos experimentos, como o apresentado por Croft e Bailey (1964), indicando que a manutenção de uma boa cobertura vegetal é de fundamental importância para o controle do processo erosivo.

Na bacia hidrográfica as zonas ripárias apresentam-se essenciais para os processos hidrológicos naturais. São áreas situadas nas margens de cursos da água e reservatórios e nas nascentes dos rios, onde se instalam ou matas ciliares, também chamadas florestas de galeria, veredas e matas de várzea (Mantovani *et al.*, 1989).

Caracterizam-se pela condição de saturação do solo, pelo menos na maior parte do ano, em decorrência da proximidade do lençol freático e do curso de água. São áreas das mais dinâmicas, tanto em termos hidrológicos, quanto geomorfológicos e ecológicos (Lima, 1986). Pedologicamente considera-se que seus solos variam essencialmente em função do maior ou menor hidromorfismo. Assim, ocorrem desde solos orgânicos em áreas permanentemente encharcadas, até solos aluviais em áreas mais altas (Jacomine, 2000).

A vegetação é, portanto, considerada imprescindível como elemento de proteção dos solos e como veículo de produção e proteção dos Recursos Hídricos. Prova disso é a quantidade de instrumentos legais existentes a fim de garantir a integridade dessas áreas. Por exemplo, temos o Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) e a Lei da APA Campinas (Lei Municipal nº 10.850/2001) que determinam as Áreas de Preservação Permanente e, também no art. 190 da



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Lei Orgânica do Município que instituiu as Áreas de Proteção Permanente, protegendo as várzeas urbanas.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei nº 12.651/2012).

O Código Florestal brasileiro, criado em 1934 e reformulado em 2012, institui as regras gerais sobre onde e de que forma o território brasileiro pode ser explorado ao determinar as áreas de vegetação nativa que devem ser preservadas e quais regiões são legalmente autorizadas a receber os diferentes tipos de ocupação (Ministério do Meio Ambiente, 2013).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Código Florestal utiliza dois tipos de áreas de preservação: a Reserva Legal e a Área de Preservação Permanente (APP). A Reserva Legal é a porcentagem de cada propriedade ou posse rural que deve ser preservada, variando de acordo com a região e o bioma. As Áreas de Preservação Permanente consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa.

A nível Estadual, a Resolução SMA 31/2009 estabelece que nos processos de licenciamento de novos parcelamentos de solo e empreendimentos habitacionais, deverá ser exigida a manutenção das características naturais de permeabilidade do solo em, no mínimo, 20% da área total do imóvel, preferencialmente em bloco único, destinado a revegetação, visando assegurar, entre outros aspectos, a infiltração.

Já a nível municipal, o Plano Diretor assegura mais 10% de permeabilidade em todo o território para novas aprovações edilícias, mas, esta taxa pode ser mais restritiva quando em áreas de proteção ambiental como as Áreas de Preservação Ambiental (APA Campinas, APA Campo Grande e afins), envoltórias de Bens Tombados ou conforme apontar os Planos Locais de Gestão das Macrozonas. Ademais, é preciso observar as recomendações do Decreto



n.º 18.084, de 27 de agosto de 2013, que estabelece a aplicação de critérios de permeabilidade do solo e revegetação de áreas em sede de Licenciamento Ambiental.

Ainda conforme as regras do Código Florestal brasileiro, APPs degradadas com ocupação antrópica devem ser recuperadas. De acordo com Plaster *et al.* (2009), o custo de implantação florestal na recuperação de área degradada localizada em área de preservação permanente (APP) é de US\$3592 para 1,0 ha da área degradada.

Porém, os serviços ecossistêmicos prestados pelas Reservas Legais e APPs, têm um enorme valor econômico para a sociedade, para além dos benefícios econômicos diretos que proporcionam aos proprietários rurais. Com base em valores médios de todo o mundo, um hectare de floresta tropical pode gerar um benefício estimado de US\$5382 ha⁻¹ano⁻¹ pela prestação de 17 tipos de serviços ecossistêmicos, inclusive regulação climática, gestão da água, controle da erosão, polinização, controle biológico, serviços culturais e recreativos, entre outros. Para campos naturais e pastagens, em geral, a média global é de US\$4,166 ha⁻¹ano⁻¹. Outros ecossistemas podem ser até mais valiosos, como manguezais ou várzeas, esses tipos de ecossistemas são particularmente importantes para a proteção das zonas costeiras e para a regulação de inundações, respectivamente (Costanza *et al.*, 2014).

Ainda, de acordo com estudos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2009), numa bacia hidrográfica de solo conservado, ou seja, com boas características de capacidade de infiltração da água da chuva, considerando-se todas as perdas ou desvios, verifica-se que uma área de apenas 100 hectares, numa região de precipitação média anual de 1200 mm produziria água para mais de 2600 pessoas que tivessem o consumo de 140 litros por dia.

3.3 – Urbanização Semi-desordenada: Horizontalização Privada e Áreas Verdes

A urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social resultado da transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas. Este processo foi marcante no século XX. Em 1900, 13 % da população global eram urbanas. Em 2007, a população urbana era 49,4 %, ocupando apenas 2,8 % do território global. Em 2050, estima-se em 69,6 % a população urbana mundial, sendo que todo o acréscimo de 6



para 9 bilhões de pessoas será para as áreas urbanas, acrescido de parte da população rural que deve se mover para as áreas urbanas (Um, 2009).

A noção de centralidade urbana foi abordada por Hillier (1999) como um processo espacial e grade de deformação. Na geografia econômica, a centralidade tem sido abordada em termos de atratividade (Christaller, 1966; Losch, 1964; Isard, 1956; Alonso, 1964; Krugman, 1996; Fujita *et al.*, 2001). A analogia de Von Thünen (1826) do desenvolvimento agrícola de uma cidade foi uma das primeiras ideias que abordou o conceito de centralidade. O modelo de Von Thünen representa o crescimento da cidade como uma rede auto-organizada possuída por um único centro ou atrator. O crescimento subsequente da cidade seria formado em uma ordem hierárquica de aglomerações representadas em anéis concêntricos do centro para fora. No entanto, quando o uso da terra, custos de transporte e aluguel de terra são considerado então “os modelos são divididos em diferenças de espaços que permitem que diferentes centros sejam identificados, primeiro como áreas especializadas e depois como economias locais auto-organizadas” (Shane, 2005). A forma como as economias são organizadas decorre, em parte, do surgimento de diferentes centralidades dentro de uma cidade. Do ponto de vista da escala global, as redes de transporte têm o potencial de aumentar a expansão dependendo de como o sistema urbano evolui gradualmente. Por exemplo, mais rápido transporte pode aumentar a conveniência de deslocamento, aumentando o aluguel que os passageiros de o centro da cidade estão dispostos a pagar e, portanto, aumentando a área de terreno desenvolvido, mas sem que isso corresponda necessariamente a um aumento da população. A centralidade, então, é o lugar onde as atividades socioeconômicas se concentram dependentes da localização e conectividade. A competição pela localização é o princípio de ordenação da organização interna distâncias dentro da cidade e, posteriormente, para formar padrões de uso do solo. Este processo de auto-organização é visto como “aglomeração de economias” (Marshall, 1890), ou agregações localizadas nas quais o espaço econômico se torna o resultado de compensações entre localização e custo de vida. Esta relação entre espaço e economia é estudada por combinando um modelo econômico, o princípio de troca, muitas vezes conhecido como “teoria do Bid Rent” (Narvaez *et al.*, 2013; Alonso, 1964).



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

De acordo com Tucci (2015), existe uma forte correlação entre a densidade da população e a economia, que explica as áreas urbanas como centro de produção, compra e venda, empresas e trabalhadores. O Brasil possui 27 % da sua população em cidades com mais de 500 mil habitantes, e o crescimento urbano tem ocorrido, principalmente, em regiões metropolitanas e em cidades que são polos regionais. As regiões metropolitanas possuem um núcleo principal (cidade primária) com cidades secundárias. As cidades secundárias e periferias são a interconexão das áreas urbanas e as rurais. O crescimento do núcleo tende a ser reduzido com o tempo, enquanto que a periferia cresce de forma acelerada.

No Brasil, as cidades com mais de 1 milhão de habitantes cresce à taxa de 0,9 % ao ano, enquanto que cidades regionais (100 a 500 mil habitantes) crescem à taxa de 4,8 % (IBGE, 1998). O crescimento urbano em países em desenvolvimento, muitas vezes, ocorre de forma desordenada e insustentável, apesar da existência de Planos Diretores Urbanos (Tucci, 2015).

Para Cisotto e Vitte (2010), no atual contexto das cidades, o processo de expansão urbana apresenta-se como fenômeno emblemático que suscita muitas observações contraditórias e convergentes, onde o processo de devastação da natureza toma destaque. O crescimento desordenado das cidades provoca escassez de recursos a serem investidos nas cidades, e a concentração de renda social, direcionada pela instalação de infraestrutura e pelo mercado imobiliário, nas partes mais centrais dos núcleos urbanos e em alguns bairros privilegiados, propicia a elevação dos preços dos terrenos, da qual ocorre a segregação socio espacial.

Deste modo, o processo de crescimento urbano contemporâneo, consubstanciado, sobretudo, pelo crescimento excludente, leia-se, pela segregação socio espacial, cria no ambiente das cidades espaços com distintos valores econômicos, onde a ação de diversos atores atua no sentido de estreitar a especulação das terras urbanas, extraíndo deste modo, maiores valores sobre seus empreendimentos (Cisotto e Vitte, 2010). Segundo Freitas (2008), o mercado imobiliário tem interesse em aumentar os lucros através da busca de terras rurais com menor preço e em áreas que propiciasse maiores vantagens para os compradores finais, como a estreita relação com a paisagem ambiental dessas regiões.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

A dinâmica urbana atual é marcada por novas matrizes ideológicas, que se configuram, sobretudo na apropriação da natureza e/ou na vulgarização da ideia do verde nesses espaços, tendo em vista a acumulação de capital por meio da valorização de áreas que possuem um maior potencial “natural”, incorporando assim elementos da natureza localizados nas áreas urbanas como reserva de valor para a reprodução ampliada dos seus capitais a partir da valorização das propriedades (Vieira *et al.*, 2013).

Dentro desse contexto, o fenômeno contraditório que se expressa na lógica, conservação ambiental versus especulação imobiliária, faz surgir concomitantemente, tanto a depleção dos ecossistemas naturais frente à expansão das cidades, como o uso da ideologia verde em nome da promoção de empreendimentos imobiliários, leia-se, a apropriação das ideias de natureza na cidade (Vieira *et al.*, 2013).

Para Fernandes (2009), as paisagens naturais adquirem valor de troca, contribuindo para o reordenamento do território e para a formação de nova dinâmica urbana. Áreas periféricas vêm sofrendo uma especulação imobiliária muito forte, devido às suas características naturais, culturais e históricas, o que acarreta um processo intenso de urbanização comandado pelo “marketing verde”. Que com essa demanda, valoriza cada vez mais as áreas chamadas naturais, a fim de loteá-las e vendê-las, aumentando a especulação em torno das mesmas e reorganizando o território urbano e os espaços naturais. Ressalta-se deste modo, a incoerente vinculação da natureza a tais empreendimentos, visto que há uma total negação da mesma em todo o seu processo de construção.

De acordo com Pavani (2009), o alargamento horizontal de cunho empresarial e a verticalização muitas vezes pouco têm a haver com a demanda efetiva por parte da população. Obras em condomínios “fechados” nas periferias metropolitanas são movimentos imobiliários que induzem à ocupação da terra e a loteamentos. Eles estão mudando consideravelmente a maneira como as pessoas das classes média e alta vivem, consomem, trabalham e gastam seu tempo de lazer. O marketing impõe às pessoas a necessidade de comprar os recursos naturais (ar puro, bosques etc.) e a proteção (contra a violência e contra o caos dos centros urbanos, entre outros fatores). E na fase de procura de segurança com conforto ambiental, raros são os



empreendimentos que fracassam, apesar (ou por causa) dos altos custos que pesam no orçamento dos compradores.

Como movimento urbano alternativo a esse panorama, discussões são postas sobre a realidade vigente das cidades, questionando e propondo modelos urbanos que correspondam às novas necessidades urbanas e ambientais. Sobre essa ótica, políticas ambientais e de ordenamento do território se veem necessárias. No Brasil, a aplicação do Plano Diretor e o Zoneamento Urbano, assim como a execução do Licenciamento Ambiental e do Código Florestal, são instrumentos de gestão territorial e ambiental indispensáveis para garantir a sustentabilidade do meio.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA

Para a estruturação e realização desta tese foram utilizados métodos de investigação que fossem adequados a cada etapa do trabalho: Pesquisa Qualitativa, Modelo de Bid Rent e o Modelo de Ocupação Espacial.

PESQUISA QUALITATIVA

De acordo com Ludke e André (1986), a pesquisa qualitativa apresenta cinco características básicas que servem como referencial: 1. O ambiente natural como fonte de dados e o pesquisador como principal instrumento; 2. Os dados coletados são predominantemente descritivos; 3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto; 4. O pesquisador deve estar atento para captar a perspectiva da informação e; 5. A análise de dados tende a seguir um processo indutivo.

Por ordem de desenvolvimento da pesquisa, foi realizado amplo levantamento bibliográfico, definidos os critérios de escolha de área a ser estudada, realizadas visitas para reconhecimento de campo, desenvolvido levantamento de documentos nos arquivos de órgãos públicos e meio ambiente, e análise qualitativa dos dados.



O MODELO DO BID RENT

Alonso (1964) observa que quando um comprador adquire um terreno, ele adquire dois bens (terreno e localização) em uma transação, e um único pagamento é feito pela combinação. Assim, é possível negociar quantidade de terreno e localização. A curva de preço de compra residencial é "o conjunto de preços para a terra que o indivíduo pode pagar em várias distâncias, ao mesmo tempo que obtém um nível constante de satisfação". À medida que os indivíduos consideram locais residenciais a distâncias crescentes do centro da cidade, eles avaliam o preço do terreno que lhes permitiria comprar terras suficientes (e outros bens) para fornecer tanta utilidade (satisfação) quanto um determinado preço e quantidade de terreno.

A lógica do modelo de *bid rent* (valor de terra versus distância do centro) foi aplicada para estudar a configuração de Campinas. O raciocínio por trás do processo de compensação do modelo de *bid rent* de Alonso (1964) é o seguinte: mercados imobiliários, como varejo e usos comerciais, estão dispostos pagar um custo maior para estar no centro, onde há maior concentração de população e atividade que tende a ser mais rica em movimento do que outras partes da cidade. O modelo sugere que ao aumentar a distância do centro da cidade, a disponibilidade de terras a um preço mais baixo aumenta.

Os *bid rents* são fatores importantes que influenciam a atração de cada área específica. Áreas de maior atração estão associadas a *bid rents* mais altos e de maiores valores de compra.

A relação entre os preços dos terrenos e os aluguéis calibrados é feita por meio de um modelo de regressão linear com a expressão:

$$\text{Preço da Terra}_j = a + b \cdot \text{bid rents}_j + E_j$$

Onde, a é a interceptação, b é o coeficiente dos *bid rents* e E_j é o termo de erro.

O MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL

O modelo de interação espacial visa estimar os atritos da ocupação do solo de cada área, podendo sugerir o redesenho do uso do solo na cidade no intuito de diminuir o conflito entre



ocupação urbana e áreas de conservação hídrica. Neste trabalho assumiu-se que cada tipo de ocupação do solo, se relaciona com aspectos de atratividade, assentes em coeficientes específicos. Para isso, serão definidas as zonas, os usos do solo, os dados sobre a população, economia e hidrologia.

Atualmente, o modelo é constituído por equações, as quais consideram-se dados da população (por zona), da economia (emprego) e ocupação do solo. Estudam-se meios de adaptar o modelo à dados hídricos.

4.1 – Modelo de Ocupação do Solo e Interação Espacial com Uso do Solo

O Modelo utilizado resulta da desagregação espacial do Modelo da Base segundo o qual a população (P) e o emprego total (E) de uma economia são função do emprego básico (E_b) num efeito multiplicador dependente de coeficientes relativamente estáveis como o inverso da taxa de atividade ($P/E = r$) a relação entre o emprego não básico (Enb) e a População (P) ou taxa de serviço ($P/Enb = s$).

$$(1) E = [1 / (1-rs)] E_b$$

$$(2) P = [r / (1-rs)] E_b$$

O modelo de interação espacial parte dos coeficientes (r) e (s) e do emprego básico por zona e distribui o emprego por atividade e os residentes pelas diferentes zonas da região em estudo através de um modelo gravitacional que tem em conta as distâncias entre elas e as suas atratividades. Neste trabalho assumiu-se que a que cada tipo de atividade – residência, emprego urbano, emprego rural - gera padrões de uso do solo, assentes em coeficientes específicos. O motor da economia são as exportações ou atividades básicas, determinando não só a dimensão da economia, mas também os padrões de uso do solo. O equilíbrio entre a procura e oferta de solo é conseguido através da calibração das atratividades do modelo gravitacional que estão relacionadas com o preço sombra do solo.



O modelo é constituído pelas equações (3) a (10). A população (P_j) (fórmula 2) que vive em cada zona (j) depende do emprego dos vários sectores, que é estabelecido em todas as outras zonas (i) nos sectores (k) e (E_{ik}) e que comutam para (j) pelos fluxos ($T_{(ik)j}$) (fórmula 1):

$$(3) T_{(ik)j} = E_{ik} \{r \cdot (\omega_j/w_j) (v_j/v_j) \exp(-\alpha d_{ij}) / \sum_j [r \cdot (\omega_j/w_j) (v_j/v_j) \exp(-\alpha d_{ij})]\}$$

$$(4) P_j = \sum_{ikl} [T_{(ik)j}]$$

Onde:

(j) é uma zona observada

(i) outras zonas

(k) são os sectores

($T_{(ik)j}$) é a população que vive em (j) e depende da atividade (k) da zona (i);

(E_{ik}) é o emprego do sector (k) da zona (i);

(r) é o inverso da taxa de atividade;

(ω_j/w_j) é a atratividade de (j) que varia em torno em termos de emprego; sendo (ω_j) a atratividade inicial e (w_j) o fator a calibrar.

(v_j/v_j) é a atratividade de (j) que varia em torno em termos de solo; sendo (v_j) a atratividade inicial e (v_j) o fator a calibrar.

(α) parâmetro que define o atrito provocado pela distância;

(d_{ij}) distância entre (i) e (j); e

(P_j) são todos os residentes em (j).

Por outro lado, as atividades geradas em cada zona servem a população que vive em todas as outras zonas dentro de uma escala de serviço:



$$(5) S_{i(jk)} = P_i \{s_k \cdot (\omega_j/w_j) (v_j/v_j) \exp(-\beta k d_{ij}) / \sum_l j [s_k \cdot (\omega_j/w_j) (v_j/v_j) \exp(-\beta k d_{ij})]\}$$

Para todas as actividades (k) da zona (j), e

$$(6) E_{jk} = \sum_i S_{i(j)}$$

Onde:

$(S_{i(j)})$ é a atividade gerada no sector (k) a zona (j) que serve a população na zona (i);

(s_k) é a relação de emprego não básico da atividade k sobre a população;

(βk) parâmetro que define o atrito produzido pela distância para as pessoas que procuram os serviços das atividades do sector (k);

(d_{ij}) é a distância entre (i) e (j);

4.2 – Calibração dos parâmetros

O parâmetro (α) é calibrado de modo a que o custo médio de residência-emprego do modelo seja semelhante ao custo médio verificado na realidade. Os parâmetros (βk) foram calibrados do mesmo modo, assegurando que o custo médio para a população do serviço (k) fosse muito semelhante ao custo médio actual.

Contudo, existem restrições de solo e de água que têm de ser cumpridas. A água utilizada pelas diferentes actividades (básica, não-básica e residencial) em cada zona (i), não deve exceder a água total disponível nessa zona (w_j). O solo ocupado pelas diferentes actividades (básica, não-básica e residencial) em cada zona (i), não deve exceder a área total da (v_j) [Equação. (5)].

$$(7) \sum_k [\sigma_k S_{ik}] + \rho P_i + \sum_{ik} [\sigma_k E_{ik}] \leq \omega_i \text{ (para todas as zonas } i)$$

$$(8) \sum_k [\mu_k S_{ik}] + \varepsilon P_i + \sum_{ik} [\mu_k E_{ik}] \leq v_i \text{ (para todas as zonas } i)$$

Onde:



(σ_k) é a área utilizada por um emprego no sector (k) ;

(ρ) é a área ocupada por um residente;

(ω_i) é a área disponível para a zona (i) .

(μ_k) é a área ocupada por um emprego no sector (k) ;

(ε) é a área ocupada por um residente;

(ν_i) é a área disponível para na zona (i) .

É importante salientar que, para as equações (5) e (6), diferentes tipos de usos (k) competem pela água e pelo solo da zona (j) . Para resolver esta questão, as atratividades da água na zona (j) (w_j) e a atratividade de solo da zona (j) (v_j) têm que ser calibradas garantindo que as condições das equações (5) e (6) são cumpridas. Neste trabalho é aplicado uma calibração interativa (v_j) e de (w_j) de acordo com as Equações (9) e (10).

$$(9) \quad {}_{q+1}V_j = {}_qV_j (v_j/q(\sum_k[\sigma_k S_{ik}] + \rho P_i + \sum_{ik}[\sigma_k E_{ik}]v_j))$$

$$(10) \quad {}_{q+1}W_j = {}_qW_j (\omega_j/q(\sum_k[\mu_k S_{ik}] + \varepsilon P_i + \sum_{ik}[\mu_k E_{ik}]))$$

O processo de calibração (V_j) termina quando o uso do solo na zona (i) não excede o valor da área disponível (ν_j) . O processo de calibração (W_j) termina quando o uso do solo na zona (i) não excede o valor da área disponível (ω_j) . O inverso das atratividades calibradas para o solo $({}_1V_j)$ e para a água $({}_1W_j)$ de cada zona (i) podem ser interpretadas como preços sombra do solo e da água dessa zona.

4.3 - Material e Dados Utilizados pela Metodologia

Considerando que os instrumentos de políticas públicas, que são potencialmente indutores de gestão e ordenamento do solo, conservação e recuperação de recursos hídricos, os materiais e dados presentes foram conseguidos junto aos órgãos e entidades competentes, tais como: Prefeitura de Campinas, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), CONGEP (Conselho Gestor da Área de



Proteção Ambiental), FIEESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Esgoto), Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, entre outros. Os dados foram tratados, e estimativas foram tomadas de acordo com as necessidades do modelo, objetivando um equilíbrio entre formulação/calibração e dados.

O modelo de interação espacial visa estimar os atritos da ocupação do solo de cada área, podendo sugerir o redesenho do uso do solo no intuito de diminuir o conflito entre ocupação urbana e áreas de conservação hídrica. Neste trabalho assumiu-se que cada tipo de ocupação do solo, gera padrões e atritos assentes em coeficientes específicos de uso do solo.

Para isso, serão definidas as zonas (Macro-Zonas do Plano Diretor de Campinas e Zona Externa á Campinas), os usos do solo, os dados sobre a população e a economia (Tabela 2). Atualmente, o modelo é constituído por equações, as quais consideram-se dados da população (por zona), ocupação do solo, e da economia (emprego) retratada pela Tabela 3.

Tabela 2: Características da Região Metropolitana de Campinas e do município de Campinas dividido em Macrozonas “MZ” (2018)

Zonas	Área (ha)	Água (m ³)	População	Emprego total
Zona Externa	40839	126164384	1717024	515860
MZ-1	611	1887140	25073	8326
MZ-2	157	486207	7172	1433
MZ-3	1206	3726930	39653	26307
MZ-4	16985	52473041	621426	307253
MZ-5	4630	14303592	227106	26042
MZ-6	54	166175	2477	464
MZ-7	1030	3182016	46681	9635
MZ-8	354	1092766	16361	2979
MZ-9	2088	6450821	94164	20004

Os dados de entrada estatísticos que são utilizados para o modelo são coletados a partir de dados da Prefeitura Municipal de Campinas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Agemcamp e Governo do Estado de São Paulo, os quais foram tratados e divididos pela população das Macrozonas.



Tabela 3: Emprego Total, Emprego Básico e Emprego Não-Básico (2015)

Zonas	Emprego total	Emprego Básico	Emprego não básico
Zona Externa	515860	269665	246195
MZ-1	8326	6548	1778
MZ-2	1433	539	893
MZ-3	26307	23347	2959
MZ-4	307253	260021	47232
MZ-5	26042	14470	11572
MZ-6	464	368	96
MZ-7	9635	6655	2981
MZ-8	2979	2100	880
MZ-9	20004	12448	7556

Com os dados da Tabela 3 já é possível calcular o inverso da taxa de atividade ($r=3,046$), a taxa de serviços ($s=0,115$) e, com base nas fórmulas (1) e (2), o multiplicador de emprego ($ME=1,540$) e o multiplicador de população ($MP=4,692$). Assumimos que a densidade populacional das zonas urbanas é de 41 pessoas por hectare, que cada emprego ocupa 2,91 vezes mais espaço que cada residente e que o consumo de água por pessoa e por ano é de 56 m^3 . A distância média entre as zonas foi calculada em quilômetros. Para o modelo das distâncias em quilômetros, foi usada (Tabela 4).

Tabela 4: Matriz de Distância em Quilômetros

	Z. Ext	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9
Z. Ext	56	42	42	42	42	42	42	42	42	42
MZ-1	42	8	8	15	15	25	28	32	10	20
MZ-2	42	8	5	8	15	20	25	30	8	15
MZ-3	42	15	8	3	12	18	25	30	10	8
MZ-4	42	15	15	12	5	10	15	15	8	10
MZ-5	42	25	20	18	10	5	12	10	18	10
MZ-6	42	28	25	25	15	12	3	8	18	15
MZ-7	42	32	30	30	15	10	8	4	22	18
MZ-8	42	10	8	10	8	18	18	25	4	12
MZ-9	42	20	15	8	10	10	15	18	12	3

A distância entre a zona (i) e a zona (j) é (d_{ij}). Para atingir a distância de tempo dentro de uma zona (d_{ij}), a raiz quadrada da área total da região (j) (em km^2) dividido por (i) é reduzida para



metade. Para a zona externa esta distância interna é calculada como o valor médio das outras dez zonas consideradas. Para calcular as distâncias em relação à zona externa de Campinas, é escolhido um ponto médio para a Região Metropolitana de Campinas (RMC).

A discriminação da ocupação do solo em cada área assim como o valor do metro quadrado é mostrada pela Tabela 5.

Tabela 5: Ocupação e Valor do Solo por Zona da Cidade (2018)

Zonas		Área (km ²)	População (2010)	Emprego total	Água (m ³)	Área Urbana (km ²)	Valor (R\$/m ²)
Campinas	MZ-1	223	25073	8326	1887139	10	950
	MZ-2	89	7172	1432	486207	30	750
	MZ-3	71	39653	26306	3726930	45	950
	MZ-4	160	621426	307253	52473041	152	1000
	MZ-5	89	227106	26041	14303591	78	680
	MZ-6	28	2477	463	166174	1	650
	MZ-7	74	46681	9635	3182016	36	700
	MZ-8	31	16361	2979	1092765	25	900
	MZ-9	28	94164	20003	6450821	25	800

CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Resultados do Modelo de Interação Espacial

Com base nos dados apresentados no Capítulo 4.3 calibraram-se os parâmetros do modelo apresentado no Capítulo 4.1. Os parâmetros de atrito dos movimentos residência emprego (α), dos movimentos residência serviços (β) e das atratividades por zona.

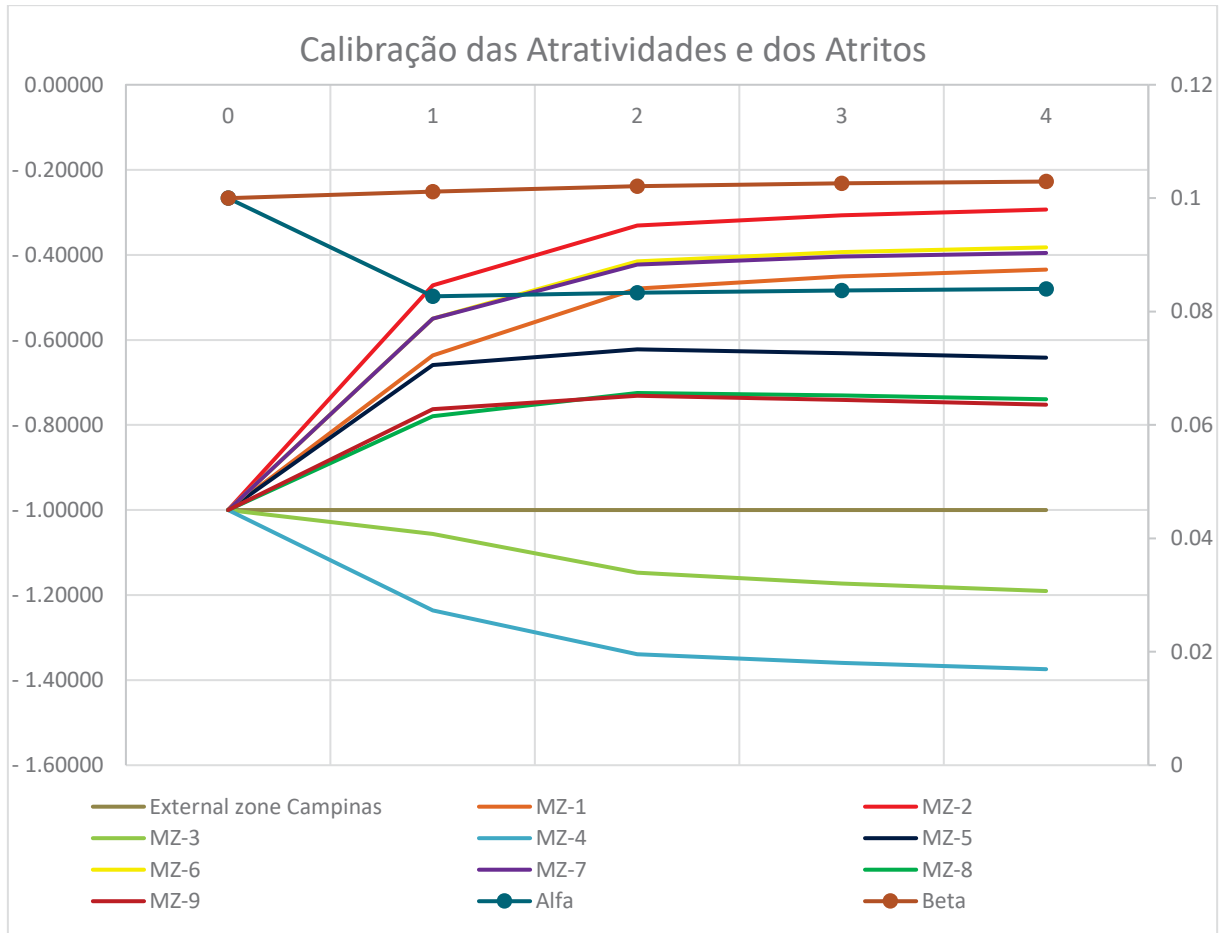


Figura 16: Calibração das Atratividades e dos Atritos para Modelo de um só sector.

Na figura 16, conforme expectável, o atrito é mais baixo para os movimentos residência emprego $\alpha = 0,084$ do que para os movimentos residência serviços (tomados como residência escola) $\beta = 0,103$ porque a distância média residência emprego é de 9,34 Km enquanto que a distância média residência serviços é de 10,4 quilómetros. A atratividade da zona externa é fixada em 1 de forma a que o processo de calibração das atratividades possa estabilizar; nesse pressuposto as atratividades das diferentes zonas são calibradas sequencialmente de acordo com a fórmula 9. Como esperado, os resultados da MZ-1, onde encontra-se a APA Campinas, mostram um alto grau de atrito, uma vez que se localiza distante dos pontos de atratividade, em área periférica. Já a MZ-4, por encontrar-se em ponto central e com isso concentrar atratividades, demonstra um baixo grau de atrito.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Porém, a ocupação de Campinas se assemelha ao comportamento das demais regiões metropolitanas do país, conforme apresenta Cunha (2006), o município cresce a taxas expressivas e caracteriza-se físico territorialmente pela periferização. A dinâmica de ocupação das periferias proposta pelos autores associa as influências externas geradas entre Campinas e seus municípios vizinhos àquelas influências internas, definidas pelas políticas setoriais e legislação urbanística. A soma dessas influências cria uma malha urbana descontínua, agrupando núcleos populacionais em função das influências que os fixam à terra, sejam elas externas e/ou internas. Além disso, ressaltam às influências o custo da terra e proximidades com eixos viários, ferroviários e aeroportuários.

O custo da terra no mercado imobiliário é pautado, dentre outros fatores, pela própria legislação urbanística e ambiental, que por meio de restrições ao uso e ocupação do solo alteram seu potencial de aproveitamento e seu valor diferencial.

Merece menção a procura por terrenos para habitação em áreas rurais no município de Campinas, principalmente nas Macrozonas 1, 2 e 3. Nestes locais buscam-se terrenos em área rurais por serem maiores e mais baratos, e próximos a regiões nobres.

Na figura 17, os resultados das bid rents encontram-se atrelados com o valor da área das diferentes zonas, o que é uma boa indicação da eficácia do modelo, pois acompanham o padrão econômico de atratividade, com exceção da MZ-1 que encontra-se afastada na regressão. O mesmo comportamento é observado na figura 18, ao estimar o *bid rent* (valor do solo vs distância do centro), comprovando a qualidade dos modelos.

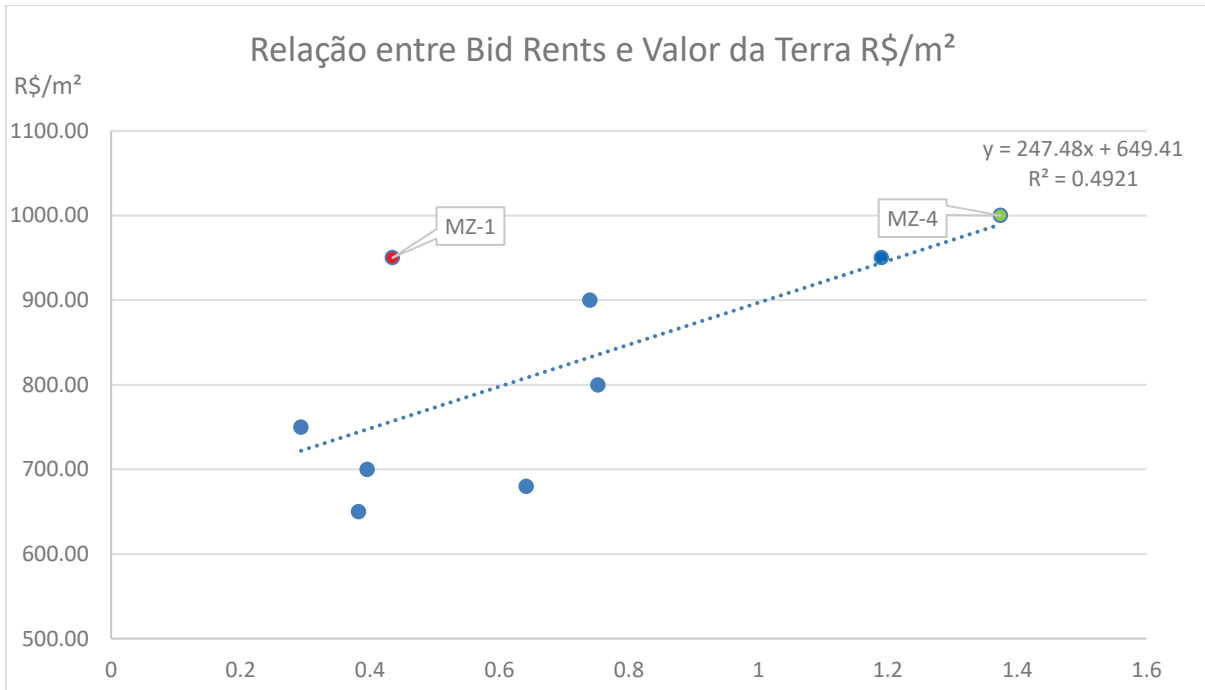


Figura 17: Relação entre Bid rents e Valor da Terra.

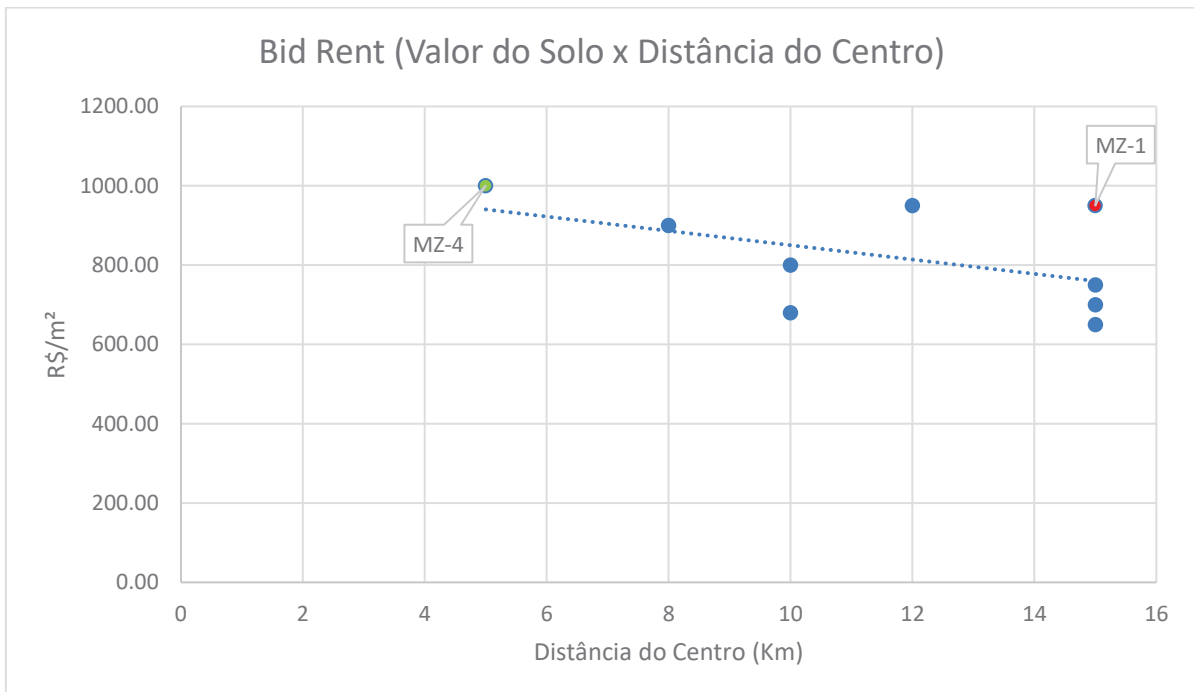


Figura 18: Bid rent (Valor do Solo por Zona vs Distância do Centro) - Campinas.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

A Tabela 6 apresenta o fluxo de deslocamento pendular entre as nove macrozonas de Campinas e também a zona exterior. É evidente a concentração de empregos e serviços nas zonas mais centrais MZ4 e MZ5, e a atratividade das macrozonas de Campinas face à Zona Externa que tem mais empregados residentes do que empregos.

Tabela 6: Fluxo de Deslocamento Pendular em Campinas

	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	Emprego por Trabalho
Exterior	449561	681	202	631	7399	4197	63	1194	291	1695	465914
MZ-1	1811	829	245	427	5003	1225	14	194	299	753	10801
MZ-2	525	240	91	223	1449	540	5	66	103	332	3575
MZ-3	1712	435	232	1105	6084	2085	18	217	283	1950	14121
MZ-4	20259	5151	1524	6142	129580	48297	480	9030	3959	19504	243926
MZ-5	9674	1062	478	1772	40659	35096	295	6562	816	9313	105729
MZ-6	142	12	5	14	393	287	9	114	12	90	1079
MZ-7	2585	158	55	173	7139	6162	110	2902	156	1271	20710
MZ-8	821	318	111	294	4081	999	15	158	224	668	7690
MZ-9	4195	701	316	1780	17633	10001	99	1453	586	7271	44035
Emprego /resid.	491287	9587	3260	12562	219420	108890	1109	21889	6730	42847	917580

As características sociais, demográficas e econômicas de um município interferem na estrutura urbana e são atrativos para movimentos migratórios. Campinas tem um dos maiores PIB do país (R\$36712726) e aproxima as relações econômicas de pelo menos 83 municípios, segundo dados Prefeitura de Campinas (2016). Campinas se relaciona com os municípios de entorno e com as Regiões Metropolitanas de São Paulo, Baixada Santista, Sorocaba e Piracicaba, por meio dos seus eixos viários, ferroviários e aeroportuários.

Atualmente, no contexto da Região, a agropecuária é pouco expressiva, enquanto a indústria é forte e mais concentrada nos municípios de Campinas, Paulínia, Jaguariúna e Indaiatuba.

Já o setor de serviços é a participação econômica mais forte da Região. Isto porque o fortalecimento da RMC estimula os setores produtivos de serviços e comércio, principalmente com a instalação de grandes centros comerciais, como hipermercados, shopping centers. Neste cenário, onde as oportunidades externas ao município são fortes, ocorre também o estímulo



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

ao mercado de consumo da habitação e do lazer. Ou seja, há o deslocamento pendular da população que opta por morar em uma cidade, ainda que trabalhe no município vizinho.

Em suma, os deslocamentos pendulares são vetores de crescimento da cidade à medida que essa população tende a se fixar o mais próximo do trabalho. Em consequência, as Bacias das Macrozonas periféricas sofreriam maior pressão de ocupação e homogeneização da estrutura urbana intramunicipios. Há de se considerar, nos deslocamentos pendulares, a importância dos eixos viários que induzem a ocupação das margens das rodovias, ou o mais próximo a elas, a fim de facilitar o escoamento de produtos e serviços, e o fluxo de pessoas.

No modelo com dois setores de atividade mantemos os parâmetros calibrados para o modelo com um sector e juntamos o sector da água. Consideramos que só pode haver fornecimento de água a partir da Macrozona 1 e a partir da Zona Exterior. Assumimos que a distância média de fornecimento de água são 20 e que a capacidade de fornecimento de água da Macrozona 1 se reduz com o aumento da zona construída. Os resultados vêm apresentados na Tabela 7 e indicam que existe uma redução da atividade da cidade devido às limitações na disponibilidade de água e um aumento do valor da água proveniente da Macrozona 1. No entanto, como o mercado da água não está definido não pode haver aumento da sua produção e um melhor desempenho da cidade.

Tabela 7: Movimentos Emprego Residência com Modelo com sector de água.

	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	Emprego por Trabalho
Exterior	438 143	689	204	639	7 485	4 245	64	1 208	294	1 714	454 685
MZ-1	1 894	835	247	433	5 077	1 257	15	200	302	768	11 029
MZ-2	551	243	92	225	1 479	554	6	69	104	339	3 662
MZ-3	1 624	401	212	1 005	5 584	1 926	16	203	259	1 782	13 013
MZ-4	18 134	4 476	1 325	5 321	111385	41 743	417	7 847	3 415	16 857	210 919
MZ-5	7 590	818	366	1 354	30 802	26 442	224	4 971	624	7 055	80 246
MZ-6	122	10	4	12	326	237	8	94	10	75	897
MZ-7	1 994	120	42	132	5 347	4 590	82	2 147	118	955	15 527
MZ-8	844	315	110	292	4 041	1 001	15	159	221	664	7 663
MZ-9	3 605	588	263	1 473	14 628	8 297	83	1 216	487	5 986	36 627
Emprego por residência	474 500	8 496	2 866	10 886	18 153	90 293	929	18115	5 834	36 196	834 267



CAPÍTULO 6: SÍNTESE

O urbanismo desordenado e disperso gera problemas ambientais, face ao espalhamento da cidade sobre a paisagem natural, eliminando florestas, se apropriando dos recursos naturais, aumentando a demanda por consumo e energia, produzindo resíduos em excesso como resultados do modelo de consumo. Além disso, a dispersão urbana horizontal exige intenso uso de veículos para transporte de mercadorias e pessoas, acarretando em poluição do ar por meio da emissão de gases provenientes de combustíveis fósseis nos diversos meios e redes de transporte, impermeabilização do solo decorrentes da pavimentação excessiva, o que impacta o clima urbano de forma considerável e dificulta a infraestrutura urbana (Silva, 2011).

Segundo Abbott (2011), como uma das consequências decorrente da urbanização desordenada, regiões vulneráveis estão experimentando estresse hídrico, que tem potencial impacto sobre a saúde, a produção de alimentos e da economia. Claramente, como qualquer recurso finito e as cidades crescem, o espaço para a tensão e conflitos se elevam entre os diferentes grupos que utilizam o recurso. Estes provavelmente terão um impacto sobre as estratégias utilizadas para gerenciar a água e sua escassez. Padrões de gestão de recursos hídricos e de uso da terra são intrinsecamente ligados. Em um nível de influência, a ocupação do solo (urbana, florestal, agrícola) tem impactos significativos sobre o comportamento de água nas bacias e pode afetar a disponibilidade de água para os usuários, incluindo cidades.

Para tanto, adotou-se o procedimento metodológico que pressupõe o uso de Modelo de Interação Espacial, selecionado em consonância com o objetivo de visualizar critérios técnicos sociais, ambientais e econômicos necessários à elaboração desses estudos.

Efeitos de diferentes números de população e emprego podem ser medidos e podem influenciar as decisões na gestão do uso da terra (Veldkamp e Lambin, 2001). A especulação imobiliária representa a atratividade do solo em áreas específicas que refletem o nível de preço de compra da terra e seu *bid rent*. O modelo mostra que a especulação imobiliária está correlacionada com os preços do solo e indicam efeitos sobre a dinâmica regional (Borba, 2015). O significado econômico da especulação imobiliária é evitar que mais pessoas irão para áreas com altas taxas atração, por exemplo a Macrozona-4, área central de Campinas. Além



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

disso, o modelo aponta que existe uma competição para o mesmo espaço para residência e emprego. A escolha de locais de residência depende, entre outras coisas sobre as distâncias das viagens para o trabalho, bem como sobre as atratividades da região (Wegener, 2001).

Sabe-se que, a terra, por ser transacionada no mercado, é submetida à lei da oferta e da procura. Em geral, aquelas porções localizadas em áreas mais afastadas do centro – as áreas periféricas - são as mais baratas e é por isso que são acessíveis à população de baixa renda (Paniani, 1987). Porém, observou-se que no atual contexto, o processo de expansão urbana apresenta-se como fenômeno emblemático que suscita muitas observações contraditórias e convergentes, onde o processo de urbanização se articula de acordo com certas características relacionadas a qualidade de vida.

Deste modo, o processo de crescimento urbano contemporâneo no município de Campinas, e em especial na Macrozona-1, onde está localizada a Área de Proteção Ambiental de Campinas, cria no ambiente da cidade espaços com distintos valores econômicos, onde a ação de diversos atores como segurança, conforto e contato com a natureza de condomínios residenciais de alto padrão em áreas periféricas, atuam no sentido de horizontalizar a especulação das terras, extraindo maiores valores sobre seus empreendimentos, contrariando a lógica de atratividades econômicas e de curta distância encontrada em áreas centrais.

Com isso, ficou evidente que o atual processo de urbanização em Campinas não condiz com a sustentabilidade do município, uma vez que ao expandir de forma semi-desordenada para áreas periféricas e de fragilidade hídrica contribui para segregação socioespacial, desestimula uma economia local centralizada, prejudica a gestão urbana, aumenta a área impermeável, degrada a Área de Proteção Ambiental e, conseqüentemente, agrava o cenário hídrico.

Assim, como sugestão à mitigação dos impactos gerados pela ocupação e impermeabilização do solo e frente a fragilidade hídrica, a preservação de áreas de recarga (APA Campinas) e a restauração de APPs do município se veem como ações necessárias para restaurar as características originais de infiltração do solo e aliviar o stress hídrico.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Para o planejamento e desenvolvimento urbanístico e econômico, o modelo de interação espacial criado mostrou-se uma ferramenta muito útil. Inúmeros modelos desenvolvidos demonstram a sensibilidade do uso do solo para atividades de pessoas. Eles permitem descobrir como o uso da terra influencia comportamento e as mudanças de cobertura da terra (Agarwal *et al.*, 2002; Leibowitz *et al.*, 2000). O uso da terra é diretamente afetado por locais de residência e locais de trabalho. Impactos podem ser simulados por meio de possíveis cenários futuros (Veldkamp e Lambin, 2001). As políticas urbanas podem se beneficiar dessas avaliações, assim como intervenções políticas podem ser baseadas em resultados de modelo de interação espacial.

Espera-se que os resultados permitam uma projeção de ocupação do solo mais sustentável, auxiliando na tomada de ação de políticas públicas e confirmando os pressupostos de estudos de impactos ambientais e projetos de proteção da APA Campinas.

Para estudos futuros, separando grandes zonas em áreas menores podem ser consideradas para o modelo. As zonas de maior dimensão, por exemplo, a Região Metropolitana de Campinas, pode ser dividida em áreas menores para que os efeitos econômicos possam ser medidos detalhadamente. A partir do modelo de simulação, a possível integração entre a ocupação do solo e atrações urbanísticas, podendo correlacioná-los com fatores populacionais e econômicos. Os resultados também poderão indicar se esse cenário de conservação tem potencial hídrico-econômico-social favorável, de forma a melhorar a urbanização regional, garantir a qualidade de vida à sociedade, preservar áreas de proteção ambiental que estão na mira da especulação imobiliária e conseqüentemente melhorar a disponibilidade hídrica no município de Campinas.



REFERÊNCIAS

Abbott J. (2011). *Water Scarcity and Land Use Planning*. London: Ricsresearch.

Agarwal C, Green G, Grove M, Evans T, Schweik C. (2002). *A Review and Assessment of Land-Use Change Models: Dynamics of Space, Time, and Human Choice*. General Technical Reports. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Newtown Square. p. 61.

Alonso W. (1964). *Location and land use*. Cambridge: Harvard University Press.

Borba J, Staals K, Dentinho T. (2015). A Spatial Interaction Model to Assess Urban Scenarios and Policies in Almelo – the Netherlands. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais* 01/2015, 39(2), 23.

Caiado A, Cano W, Brandão C, Município de Campinas. (2002). *A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente*. Campinas: Unicamp. p. 95-187.

Campinas. (1996). *Plano de Gestão da Área de Proteção Ambiental da Região de Sosas e Joaquim Egídio*. Campinas: Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente.

Campinas. (2006). *Plano Diretor de Campinas – Caderno de Subsídios*. Campinas: Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

Campinas. (2010). *Mapeamento das áreas verdes do município de Campinas*. Campinas: Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Campinas. (2016a). *Plano Municipal de Recursos Hídricos*. Campinas: Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Campinas. (2016b). *Plano Diretor de Campinas – Caderno de Subsídios*. Campinas: Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

Campinas. (2018). *Plano de Manejo da APA de Campinas*. Campinas: Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Carvalho JC, Carvalho JTC, Leuzinger MD. (2012). *A infiltração no contexto da Educação Ambiental, da Engenharia e do Direito*. Brasília.

Cicco V, Arcova FCS, Shimomichi PY, Fujieda M. (1988). Interceptação das Chuvas por Floresta Natural Secundária de Mata Atlântica São Paulo. *Revista Silvicultura*. 20(22).

Cisotto MF, Vitte AC. (2010). Áreas verdes e a urbanização de Campinas (SP). *Anais XVI Encontro nacional de Geógrafos: Crise, Práxis e autonomia: Espaços de resistência e de esperanças*. Porto Alegre. v. 1. p. 1-10.

Comissão Europeia. (2012). *Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos*. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia.

CONGEAPA – Conselho Gestor da APA Campinas. *Fauna silvestre da APA de Campinas*. Consultado em 10 de junho de 2019. Disponível em: <http://www.congeapacampinas.com.br/meio-ambiente/campinas/fauna.html>

Costa A. (2012). Loteamentos fechados e serviços ambientais a apropriação da natureza em empreendimentos de alta renda na região metropolitana de Campinas. *VI Encontro Nacional da Anppas*. Belém.

Costanza R, Groot R, Sutton P, Ploeg S, Anderson SJ, Kubiszewski I. (2014). *Changes in the global value of ecosystem services*. *Global Environmental Change*. 26.

Christaller W. (1966). *Central Places in Southern Germany*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Croft AR, Bailey R. (1964). *Mountain Water*. Nevada: USDA, Forest Service, Intermountain Region.

EEA, (2010). *The European environment – State and Outlook 2010: urban environment*. Copenhagen: Agência Europeia do Ambiente.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Fernandes AMV. (2009). *A mercantilização da natureza e as novas territorialidades nos distritos de Sosas e Joaquim Egidio*. Campinas: Unicamp.

FIESP. (2014). *Projeto “Rumos Da Indústria Paulista” Consequências De Um Racionamento De Água*. São Paulo: Federação da Indústria do Estado de São Paulo.

Fasina Neto J. (2007). *Estudo da distribuição espacial da vegetação natural em Áreas de Preservação Permanente: subsídios à gestão da APA Municipal de Campinas (SP)*. (Dissertação de Mestrado). Unicamp. Campinas.

Fujita M, Krugman P, Venables A. (2001). *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Cambridge: MIT Press.

Gonçalves R, Marra N. (2011). A privatização do planejamento urbano pelos condomínios horizontais: um desafio em expansão. *Anais do I Circuito de Debates Acadêmicos*. Brasília.

Gonçalves J, Dentinho T. (2007). A Spatial Interaction Model for Agricultural Uses, in: *Koomen E, Stillwell J, Bakema A, Scholten HJ, (eds.): Modelling Land-Use Change, Progress and Applications*. Springer Netherlands. pp.133-147

Hamilton LS, King PN. (1983). *Tropical Forested Watersheds. Hydrologic and Soils Response to Major Uses or Conversions*. Boulder: Westview Press.

Hillier B. (1999). *Centrality as a Process: Accounting for attraction inequalities in deformed grids*. Urban Design International. 4 (3-4).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE – Censo 2010*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>> (Acesso em 15 jun 2018).

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. (2004). *Monitoramento do Desflorestamento Bruto da Amazônia*. Consultado em 20 de junho de 2018. Disponível em: www.inpe.gov.br

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Cambridge: University Press.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Isard W. (1956). *Location and Space Economy*. Cambridge: MIT Press.

Jacomine PKT. (2000). *Solos sob Matas Ciliares. Caderno de Matas Ciliares, Conservação e Recuperação*. São Paulo: EDUSP/FAPESP.

Jacques GN. (2005). *A ocupação do solo e o ordenamento dos recursos hídricos sub-bacia do Rio D'Una e complexo lagunar*. (Dissertação de mestrado). UFSC. Florianópolis.

Krugman P. (1996). *The Self-Organizing Economy*. Cambridge: Blackwell Publishers.

Lima WP. (1986). *O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos. I Congresso Florestal Brasileiro*. Olinda: Revista Silvicultura. p. 41.

Lima P. (1998). *Retenção de Água de Chuva por Mata Ciliar na Região Central do Estado de São Paulo*. (Dissertação de Mestrado). UNESP. Botucatu.

Losch A. (1964). *The Economics of Location*. New Haven: Yale University Press.

Mantovani W, Rossi L, Romaniuc Neto S, Assad-ludewigs IY, Wanderley MGL, Melso M, Toledo C. (1989). Estudo Fitossociológico de Mata Ciliar em Mogi-Guaçu, SP. *Simpósio sobre Mata Ciliar*. São Paulo.

Marengo J, Nobre CA, Seluchi M, Cuartas A, Alves L, Mendiondo E, Obregón G, Sampaio G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*. p. 106.

Marshall A. (1890). *Principles of economics*. London: Macmillan and Co. 8th edition.

Mattos CO. (1996). *Contribuição ao planejamento e gestão da área de proteção ambiental de Sousas e Joaquim Egídio, Campinas-SP*. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo.

MMA - *Ministério Do Meio Ambiente*. Consultado em 15 de junho de 2018. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente>



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Miranda Z. (2001). *A incorporação de áreas rurais à cidade: um estudo de caso sobre Campinas, SP*. (Tese de Doutorado). Unicamp. Campinas.

Moldan B, Cerny J. (1992). *Biogeochemistry of Small Catchments A Tool for Environmental Research*. New York: John Wiley & Sons.

Muscutt AD, Harris GL, Bailey SW, Davies DB. (1993). *Buffer Zones to improve Water Quality: A Review of their Potential Use in UK Agriculture*. Agriculture, Ecosystems and Environment. p. 45.

Narvaez L, Penn A, Griffiths S. (2013). *Spatial configuration and bid rent theory: How urban space shapes the urban economy*. Seoul: Sejong University.

Oliveira LM. (1998). *Controle de Fontes Dispersas de Poluição pela Fixação de Largura Mínima de Faixa de Vegetação Natural ou Recompоста ao Longo de Corpos d'água*. São Carlos: USP.

Pasquotto G. (2017). *Anais do Seminário Interação Universidade e Sociedade: contribuições para o plano diretor de Campinas*. Campinas: Unicamp.

Pavani A. (2009). Demandas sociais e ocupação do espaço urbano. O caso de Brasília, DF. *Cadernos Metr pole* 21. p. 75-92.

PCJ, Agência De  gua. (2011). *Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010-2020, com Propostas de Atualiza o do Enquadramento dos Corpos d'água e de Programa para Efetiva o do Enquadramento dos Corpos d'água até o Ano de 2035*. Consultado em 12 de dezembro de 2018. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br>.

Pires M, Santos SMM. (2002). Evolu o da Mancha Urbana. In: Fonseca, RB, Davanzo, AMQ, Negreiros C. *Livro verde: desafios para a gestão da região metropolitana de Campinas*. Unicamp. Campinas.

Plaster OB, Manente G, Rodrigues JP, Souza FML, Sans golo CA, Fenner PT. (2009). *Análise Dos Custos De Reflorestamento Em  rea De Preserva o Permanente (APP)*. UNESP. Botucatu.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Regio DG. (2011). *Cidades do Futuro – Desafios, visões e percursos para o futuro*. Luxemburgo: Direção Geral da Política Regional, Comissão Europeia.

Rodrigues R, Shepherd G. (2000). Fatores Condicionantes da Vegetação Ciliar. IN: Rodrigues E Leitão Filho. *Matas Ciliares Conservação e Recuperação*. EDUSP/FAPESP. São Paulo.

Salati E. (1985). A Floresta e as Águas. *Revista Ciência Hoje, São Paulo Sociedade Brasileira para o progresso da Ciência*. v. 3.

SANASA. (2018). *Relatórios de Serviços*. Consultado em 12 de dezembro de 2020. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br>

São Paulo. (2009). *Cadernos da Mata Ciliar No 1*. Secretaria Do Meio Ambiente. Governo Do Estado De São Paulo. Consultado em 12 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://ambiente.sp.gov.br/mataciliar>

São Paulo. (2012). *Módulo Águas Superficiais*. Secretaria Do Meio Ambiente. Governo Do Estado De São Paulo. Consultado em 12 de dezembro de 2020. Disponível em: www.ambiente.sp.gov.br

Shane GD. (2005). *Recombinant Urbanism: Conceptual Modeling in Architecture and City Theory*. New York: Wiley and Sons Ltd.

Silva JL, Samora PR. (2019). Os impactos da crise hídrica sobre a população do município de Campinas/SP (2012-2016). *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*. v. 11.

Silva GJA. (2011). *Cidades sustentáveis: uma nova condição urbana: estudo de caso: Cuiabá-MT*. (Tese de doutorado) - Universidade de Brasília. Brasília.

Silveira P, Dentinho T. (2007). *Modelo de interação espacial para estimar o impacto das alterações climáticas no uso do solo - Aplicação à Ilha Terceira*. V Congresso da ADPEA. Vila Real.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Sposito MEB. (2002). Novos territórios urbanos e novas formas de hábitat no Estado de São Paulo, Brasil. In: Barajas LFC (coord.). *Latinoamérica: países abiertos, ciudades cerradas*. Universidad de Guadalajara. UNESCO.

Tucci C. (2015). *Urbanização e Recursos Hídricos*. Brasília: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UN. (2009). *Urban and rural*. <<http://www.un.org>> (Acesso em 23 jan 2019).

Veldkamp A, Lambin E. (2001). Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 85. 1-6.

Vieira D, Ferreira ML, Lima LP. (2013). *Proteção ambiental versus especulação imobiliária: O caso do Parque Ecológico do Tramandaí no bairro Jardins, Aracaju, Sergipe*. UFS. Consultado em 12 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://files.gepru.com>.

Von Thünen HJ. (1826). *Isolated State: an English edition of Der isolierte Staat*. In: Peter Geoffrey Hall (ed) Pergamon Press. Oxford.

Wegener M. (2001). New spatial planning models. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*. v. 3.



ANEXOS

Planilhas utilizadas como instrumento do Modelo de Interação Espacial.



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Distance in Km	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9
External zone Campinas	8	42	42	42	42	42	42	42	42	42
MZ-1	42	8	8	15	15	25	28	32	10	20
MZ-2	42	8	5	8	15	20	25	30	8	15
MZ-3	42	15	8	3	12	18	25	30	10	8
MZ-4	42	15	15	12	5	10	15	15	8	10
MZ-5	42	25	20	18	10	5	12	10	18	10
MZ-6	42	28	25	25	15	12	3	8	18	15
MZ-7	42	32	30	30	15	10	8	4	22	18
MZ-8	42	10	8	10	8	18	18	25	4	12
MZ-9	42	20	15	8	10	10	15	18	12	3
Attraction	344.0	183.0	161.0	163.0	137.0	160.0	176.0	196.0	140.0	150.0
AveComDis	10.40	ModComDis	10.40	errors	1.00	Internal distance corrector	R	3.046000000000	Alfa	0.083979898
AveShoDis	9.34	ModShoDis	9.34	errors	1.00	\$		0.115000000000	Beta	0.102935189

	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL
Employment Footprint	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829	0.02885829
Population Footprint	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875	0.00981875
Urban Area (ha)	40.839	611	157	1,206	16,985	4,630	54	1,030	354	2,088	27,115.00
Basic Employment	269,665	6,548	539	23,347	260,021	14,470	368	6,655	2,100	12,448	596,161.00
Bid rent	-1.00000	-0.43461	-0.29338	-1.19047	-1.37428	-0.64154	-0.38233	-0.39550	-0.73977	-0.75194	1.00
Total Employment	437,971	9,569	1,600	27,623	340,566	53,398	729	13,981	4,456	27,686	917,580.15
Total Population	1,419,175	32,901	10,888	43,012	742,999	322,049	3,288	63,082	23,424	134,131	2,794,949.14
Employment Land Use	12,639	276.15	46.18	797.15	9,828.16	1,540.96	21.03	403.48	128.60	798.98	
Population Land Use	13,935	323	107	422	7,295	3,162	32	619	230	1,317	
Total Urban Land Use	26,574	599	153	1,219	17,123	4,703	53	1,023	359	2,116	
Error	203,500,727	139	15	182	19,176	5,341	0	51	21	783	
Quocient	0.65	0.98	0.98	1.01	1.01	1.02	0.99	0.99	1.01	1.01	
NewBid Rent	-1.0000	-0.4262	-0.2861	-1.2038	-1.3855	-0.6517	-0.3774	-0.3928	-0.7494	-0.7620	



MESTRADO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

W Attraction to Residence	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL
External zone Campinas	7,673.70	11.63	3.44	10.78	126.30	71.64	1.08	20.38	4.96	28.93	7,952.84
MZ-1	441.53	202.08	59.80	104.05	1,219.40	298.65	3.51	47.20	72.95	183.54	2,632.70
MZ-2	441.53	202.08	59.80	104.05	1,219.40	298.65	3.51	47.20	72.95	183.54	2,632.70
MZ-3	441.53	202.08	59.80	104.05	1,219.40	298.65	3.51	47.20	72.95	183.54	2,632.70
MZ-4	441.53	112.26	59.80	285.05	1,568.77	537.61	4.51	55.84	86.29	279.31	3,007.68
MZ-5	441.53	112.26	33.22	133.87	2,824.00	1,052.56	10.45	196.79	86.29	425.06	5,316.01
MZ-6	441.53	48.47	21.83	80.88	1,855.69	1,601.79	13.45	299.47	37.26	425.06	4,825.42
MZ-7	441.53	37.68	14.34	44.93	1,219.40	889.82	28.64	354.24	37.26	279.31	3,347.14
MZ-8	441.53	26.93	9.43	29.52	1,219.40	1,052.56	18.82	495.66	26.63	217.11	3,537.57
MZ-9	441.53	170.83	59.80	158.35	2,195.07	537.61	8.13	84.97	120.74	359.34	4,136.36
Attraction to Residence %	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL
External zone Campinas	96.49%	0.15%	0.04%	0.14%	1.59%	0.90%	0.01%	0.26%	0.06%	0.36%	100.00%
MZ-1	16.77%	7.68%	2.27%	3.95%	46.32%	11.34%	0.13%	1.79%	2.77%	6.97%	100.00%
MZ-2	14.68%	6.72%	2.56%	6.23%	40.54%	15.11%	0.15%	1.86%	2.87%	9.29%	100.00%
MZ-3	12.13%	3.08%	1.64%	7.83%	43.09%	14.77%	0.12%	1.53%	2.00%	13.81%	100.00%
MZ-4	8.31%	2.11%	0.62%	2.52%	53.12%	19.80%	0.20%	3.70%	1.62%	8.00%	100.00%
MZ-5	9.15%	1.00%	0.45%	1.68%	38.46%	33.19%	0.28%	6.21%	0.77%	8.81%	100.00%
MZ-6	13.19%	1.13%	0.43%	1.34%	36.43%	26.58%	0.86%	10.58%	1.11%	8.34%	100.00%
MZ-7	12.48%	0.76%	0.27%	0.83%	34.47%	29.75%	0.53%	14.01%	0.75%	6.14%	100.00%
MZ-8	10.67%	4.13%	1.45%	3.83%	53.07%	13.00%	0.20%	2.92%	2.92%	8.69%	100.00%
MZ-9	9.53%	1.59%	0.72%	4.04%	40.04%	22.71%	0.23%	3.30%	1.33%	16.51%	100.00%
Q Attraction to Services	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL
External zone Campinas	6,593.9726	5.2446	1.5521	4.8614	56.9703	32.3139	0.4884	9.1939	2.2395	13.0495	6,719.89
MZ-1	199.1613	173.6430	51.3869	78.3015	917.6178	185.9349	2.0636	25.7360	60.3510	125.6274	1,819.82
MZ-2	199.1613	173.6430	69.9786	160.9532	917.6178	311.0870	2.8102	31.6191	74.1468	210.1868	2,151.20
MZ-3	199.1613	84.4749	51.3869	269.2902	1,249.6097	382.1996	2.8102	31.6191	60.3510	432.0507	2,762.95
MZ-4	199.1613	84.4749	24.9990	106.6309	2,568.6427	870.8105	7.8666	148.0852	74.1468	351.6627	4,436.48
MZ-5	199.1613	30.1777	14.9418	57.4987	1,535.2630	1,456.9498	10.7127	247.7609	26.4881	351.6627	3,930.62
MZ-6	199.1613	22.1602	8.9306	27.9723	917.6178	708.7863	27.0543	304.3975	26.4881	210.1868	2,452.76
MZ-7	199.1613	14.6810	5.3378	16.7189	917.6178	870.8105	16.1702	459.4707	17.5483	154.3451	2,671.86
MZ-8	199.1613	141.3347	51.3869	131.0060	1,886.2148	382.1996	5.7766	52.9017	111.9204	286.2318	3,248.13
MZ-9	199.1613	50.4902	24.9990	160.9532	1,535.2630	870.8105	7.8666	108.7425	49.1220	722.8623	3,730.27
Attraction to Services %	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL
External zone Campinas	98%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1.00
MZ-1	11%	10%	3%	4%	50%	10%	0%	1%	3%	7%	1.00
MZ-2	9%	8%	3%	7%	43%	14%	0%	1%	3%	10%	1.00
MZ-3	7%	3%	2%	10%	45%	14%	0%	1%	2%	16%	1.00
MZ-4	4%	2%	1%	2%	58%	20%	0%	3%	2%	8%	1.00
MZ-5	5%	1%	0%	1%	39%	37%	0%	6%	1%	9%	1.00
MZ-6	8%	1%	0%	1%	37%	29%	1%	12%	1%	9%	1.00
MZ-7	7%	1%	0%	1%	34%	33%	1%	17%	1%	6%	1.00
MZ-8	6%	4%	2%	4%	58%	12%	0%	2%	3%	9%	1.00
MZ-9	5%	1%	1%	4%	41%	23%	0%	3%	1%	19%	1.00



Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza

T Commuting	External zone Campinas	MZ-1	MZ-2	MZ-3	MZ-4	MZ-5	MZ-6	MZ-7	MZ-8	MZ-9	TOTAL Et by place of work	TOTAL POPULATION	NOT OUT- COMM %	REAL NOT OUT- COMM %
External zone Campinas	449,561	681	202	631	7,399	4,197	63	1,194	291	1,695	465,914	1,419,175	96%	57,333%
MZ-1	1,811	829	245	427	5,003	1,225	14	194	299	753	10,801	32,901	8%	48,12%
MZ-2	525	240	91	223	1,449	540	5	66	103	332	3,575	10,888	3%	56,73%
MZ-3	1,712	435	232	1,105	6,084	2,085	18	217	283	1,950	14,121	43,012	8%	45,65%
MZ-4	20,259	5,151	1,524	6,142	129,580	48,297	480	9,030	3,959	19,504	243,926	742,999	53%	58,55%
MZ-5	9,674	1,062	478	1,772	40,659	35,096	295	6,562	816	9,313	105,729	322,049	33%	43,99%
MZ-6	142	12	5	14	393	287	9	114	12	90	1,079	3,288	1%	58,24%
MZ-7	2,585	158	55	173	7,139	6,162	110	2,902	156	1,271	20,710	63,082	14%	62,75%
MZ-8	821	318	111	294	4,081	999	15	158	224	668	7,690	23,424	3%	41,23%
MZ-9	4,195	701	316	1,780	17,633	10,001	99	1,453	586	7,271	44,035	134,131	17%	71,75%
TOTAL Et by place of residence	491,287	9,587	3,260	12,562	219,420	108,890	1,109	21,889	6,730	42,847	917,580	2,794,949		17,87%
NOT IN-COMM %	92%	9%	3%	9%	59%	32%	1%	13%	3%	17%	0%			
Employment Footprint	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717	0,0717			
Population Footprint	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0244			

UNIVERSIDADE DOS AÇORES
Faculdade de Ciências Agrárias e
do Ambiente

Rua Capitão João d'Ávila
9700-042 Angra do Heroísmo
Açores, Portugal