

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

**CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA E HIDROLÓGICA DO USO
E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO DA CIDADE DE RIBEIRÃO
PRETO - SP**

LEONARDO MONTEIRO GAROTTI

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

Orientação: Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa

São Carlos

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

G237cu

Garotti, Leonardo Monteiro.

Caracterização urbanística e hidrológica do uso e ocupação do solo urbano da cidade de Ribeirão Preto - SP / Leonardo Monteiro Garotti. -- São Carlos : UFSCar, 2008. 160 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

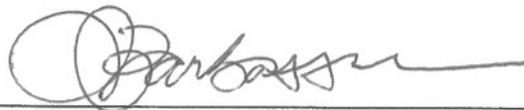
1. Hidrologia urbana. 2. Drenagem urbana.
3. escoamento urbano. 4. Planejamento urbano. 5. Solo - uso. 6. Solos – permeabilidade. I. Título.

CDD: 551.48 (20^a)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LEONARDO MONTEIRO GAROTTI

Dissertação defendida e aprovada em 26/08/2005
pela Comissão Julgadora



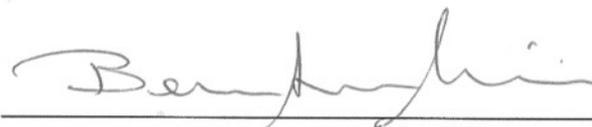
Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa
Orientador (DECiv/UFSCar)



Prof. Dr. Rodrigo de Melo Porto
(SHS-EESC/USP)



Prof. dr. Benedito Galvão Benze
(DEs/UFSCar)



Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Presidente da CPG-EU

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, Senhor e Criador de todas as coisas, por permitir que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa, companheiro e orientador, pelas idéias, auxílio, envolvimento e dedicação que tanto me ajudaram e deram direção para realizar esta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU), em especial aos funcionários que trabalham para o engrandecimento desta instituição.

Aos professores da Engenharia Urbana que contribuíram com conhecimento e dedicação, em especial o Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro e Carolina Maria Pozzi de Castro, pelas idéias durante a qualificação.

Ao Prof. Dr. Benedito Benze, do Departamento de Estatística da Universidade Federal de São Carlos, pela assessoria e auxílio com o planejamento estatístico desta pesquisa.

Aos colegas e companheiros de mestrado por tornarem os duros dias de estudo mais alegres e agradáveis.

A Secretaria Regional do IBGE em Ribeirão Preto, Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Ribeirão Preto-SP, em especial ao amigo e colega de mestrado Paulo César Barbosa, pelo fornecimento de material para esta pesquisa.

Aos amigos Igor “japoneis”, pela amizade e por me abrigar em sua casa durante as aulas em São Carlos, Flávio e Dulce pelos conselhos, pelo amor e por assistirem minha qualificação.

A minha companheira Carolina Mastrodomênico Magdalena, pelo seu incentivo, amor e dedicação em todos os momentos, alegres e difíceis.

Aos meus avós Sebastiana, Vani e José, meus irmãos Dudu, Xande e Nathália, minhas primas Karlinha e Jana, minha irmã Dani e amada sobrinha Maria Gabriela, minha tia Leila, meu padrasto Custódio, Iracema e ao meu pai José Eduardo Mongelli Garotti, por existirem e fazerem minha vida mais feliz e alegre em todos os momentos.

Por fim, a minha mãe e grande incentivadora, Maria Reis Monteiro, e mais uma vez, a Deus por permitir que todas essas pessoas fizessem parte da minha vida.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar o uso e ocupação do solo juntamente com a análise detalhada da impermeabilização do solo e conectividade hidráulica de lotes urbanos ocupados, fornecendo parâmetros e relações importantes aos estudos hidrológicos necessários ao planejamento urbano à drenagem. Para caracterizar os lotes foram utilizados os seguintes parâmetros urbanísticos e hidrológicos: taxa de ocupação (TO), taxa de ocupação e impermeabilização (TOI), densidade populacional (habitantes/hectare), área impermeável não conectada (AINC), área impermeável diretamente conectada (AIDC), área permeável (AP) e área do lote.

O objeto de estudo desta pesquisa foi a cidade de Ribeirão Preto, no interior do Estado de São Paulo, com população de aproximadamente 510.000 habitantes, onde 99,4% residem na área urbana. A pesquisa foi embasada em um estudo estatístico, desenvolvido com o uso de amostragem de lotes urbanos, de maneira estratificada, aleatória e proporcional. Os lotes foram separados em estratos, de forma a agrupá-los de acordo com características semelhantes de uso do solo e área do lote. A coleta de dados foi feita a partir do Cadastro Técnico Municipal (CTM-PMRP), mapas e fotografias aéreas fornecido pela Secretária de Planejamento de Ribeirão Preto, dados populacionais do IBGE e pesquisa de campo.

As maiores áreas impermeáveis provêm dos lotes mistos e verticalizados que apresentam médias de TOI e AIDC acima de 92% e representam juntos 26,3% da área total de lotes urbano ocupados.

As relações apresentadas mostram que a taxa de ocupação e impermeabilização (TOI) pode ser estimada em função da TO e da área do lote. Este resultado permite obter a espacialização da impermeabilização urbana a partir de informações cadastrais da Prefeitura Municipal como área e uso dos lotes. Comparou-se também a impermeabilização com as cidades de São Carlos e Jaboticabal. Dessa forma, espera-se contribuir para a formação de cenários de ocupação urbana e estudos hidrológicos mais confiáveis e realistas.

SUMÁRIO

1. INTROUÇÃO E OBJETIVOS.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. Crescimento urbano e seus impactos.....	22
2.2. Planejamento e ocupação urbana.....	29
2.2.1. Uso do solo.....	31
2.3. Processos hidrológicos.....	33
2.3.1. Bacia hidrográfica e ciclo hidrológico.....	34
2.3.2. Quantificação de vazões.....	37
2.3.2.1. Método Racional.....	40
2.4. Planejamento da drenagem urbana.....	46
2.4.1. Medidas estruturais.....	51
2.4.2. Medidas não-estruturais.....	52
2.4.3. Controle da drenagem no lote.....	53
2.4.3.1. Microrreservatórios.....	54
2.5. Urbanização & impermeabilização do solo.....	56
3. METODOLOGIA.....	64
3.1. Caracterização do objeto de estudo.....	64
3.2. Coleta de dados.....	66
3.2.1. Coleta de dados cadastrais da PMRP.....	66
3.2.2. Coleta de informações por meio de mapas e ortofotos	67
3.2.3. Coleta de dados através de visitas de campo.....	68
3.2.4. Coleta de informações populacionais do IBGE.....	68
3.3. Investigação da conectividade.....	68
3.4. Estratificação das amostras.....	69
3.5. Estudo estatístico.....	70

3.6. Análises realizadas.....	73
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	75
4.1. Análise geral dos estratos em Ribeirão Preto.....	76
4.1.1. Estimativa de TOI em função de TO.....	80
4.1.2. Estimativa de TOI em função da área do lote.....	81
4.1.3. Estimativa de TOI em função de densidade populacional.....	82
4.1.4. Análise da distribuição de área impermeabilizada e conectividade hidráulica.....	83
4.2. Análise de impermeabilização do solo em diferentes estudos	86
4.3. Aplicação dos resultados no cálculo de parâmetros de impermeabilização na Bacia Hidrográfica do Tanquinho (BHT) em Ribeirão Preto-SP.....	90
4.4. Cálculo de vazão em uma sub-bacia hidrográfica do Tanquinho (SBHT) para diferentes cálculos do coeficiente de escoamento superficial.....	95
4.5. Análises específicas por estrato.....	100
4.5.1. Análise dos lotes institucionais – Estrato 1.....	100
4.5.2. Análise dos lotes comerciais e industriais – Estrato 2.....	104
4.5.3. Análise dos lotes mistos e outros – Estrato 3.....	108
4.5.4. Análise dos lotes residenciais menores que 125 m ² – Estrato 4.....	110
4.5.5. Análise dos lotes residenciais entre 125 m ² e 200 m ² – Estrato 5.....	113
4.5.6. Análise dos lotes residenciais entre 200 m ² e 300 m ² – Estrato 6.....	115
4.5.7. Análise dos lotes residenciais entre 300 m ² e 400 m ² – Estrato 7.....	121
4.5.8. Análise dos lotes residenciais entre 400 m ² e 600 m ² – Estrato 8.....	124
4.5.9. Análise dos lotes residenciais entre 600 m ² e 1200 m ² – Estrato 9.....	128
4.5.10. Análise dos lotes residenciais maiores que 1200 m ² – Estrato 10.....	132
4.5.11. Análise dos lotes verticalizados – Estrato 11.....	137
5. CONCLUSÕES.....	142
6. BIBLIOGRAFIA.....	146

ANEXOS..... 154

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Impactos causados pela urbanização nos recursos hídricos (Hall, 1986).....	25
Figura 2.2 -	Relação entre % de área urbanizada e % de área servida por drenagem, no aumento da vazão máxima (Leopold, 1968).....	26
Figura 2.3 -	Evolução da vazão de pico causada pelo processo de urbanização e impermeabilização do solo para a cidade de São Carlos/SP (Barbassa, 1991).....	27
Figura 2.4 -	Relação entre o aumento dos eventos de inundação e o processo de urbanização em Belo Horizonte/MG (Lima-Queiroz <i>et al.</i> , 2003).....	28
Figura 2.5 -	Ciclo hidrológico (Modificado de Silveira, 2002).....	35
Figura 2.6 -	Representação do ciclo hidrológico natural e suas interações (Hall, 1986)..	36
Figura 2.7 -	Representação do ciclo hidrológico afetado pela urbanização e suas interações (Hall, 1986).....	36
Figura 2.8 -	Bacia hidrográfica do ribeirão Preto – Ribeirão Preto/SP (PMRP, 2004).....	37
Figura 2.9 -	Variação do coeficiente de escoamento superficial com a urbanização e impermeabilização da bacia (Silveira, 2000a).....	57
Figura 2.10 -	Relação da média da porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis para cidade de São Carlo/SP (modificado de Fontes, 2000).....	59
Figura 2.11 -	Relação entre TO e TOI médias (Costa Jr., 2003).....	60
Figura 2.12 -	Relação entre TO média e área média (Costa Jr., 2003).....	60
Figura 2.13 -	Relação entre TOI média e Área média do lote (Costa Jr., 2003).....	61
Figura 3.1 -	Limites do município de Ribeirão Preto, principais bacias e rede hidrográfica (SMPU-RP, 2004).....	66
Figura 3.2 -	Mapa de Ribeirão Preto com os lotes sorteados para visita de campo.....	73
Figura 4.1 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) médias para todos os estratos (Ribeirão Preto).....	81
Figura 4.2 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) médias, excluindo-se os estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m ² (Ribeirão Preto).....	81
Figura 4.3 -	Relação entre TOI média e área média para todos os estratos (Ribeirão Preto).....	82

Figura 4.4 -	Relação entre TOI média e área média, excluindo-se os estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m ² (Ribeirão Preto).....	82
Figura 4.5 -	Relação entre TOI e densidade populacional (hab/ha) para os lotes residenciais e verticalizados (Ribeirão Preto).....	83
Figura 4.6 -	Porcentagem média de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para os estratos (Rib. Preto).....	84
Figura 4.7 -	Porcentagem média de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos estratos.....	84
Figura 4.8 -	Porcentagem média de AIDC, AINC e área permeável para os estratos (Ribeirão Preto).....	85
Figura 4.9 -	Comparação da porcentagem média de AIDC e TOI para os estratos (Ribeirão Preto).....	85
Figura 4.10 -	Relações entre as médias de TOI, AIDC e área do lote, excluindo-se os estratos com lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m ² (Ribeirão Preto).....	86
Figura 4.11 -	Comparação das relações entre TO e área para lotes de Ribeirão Preto, São Carlos e da SBHUPS – Jaboticabal.....	87
Figura 4.12 -	Comparação das relações entre TOI e área para lotes de Ribeirão Preto, São Carlos e da SBHUPS – Jaboticabal.....	87
Figura 4.13 -	Relação entre TO e TOI para Ribeirão Preto, São Carlos e Jaboticabal.....	88
Figura 4.14 -	Comparação entre as linhas de tendência relacionando TOI e densidade populacional obtidas por Tucci <i>et al.</i> (1997), Fontes (2000) e a presente pesquisa.....	90
Figura 4.15 -	Mapa da situação atual da Bacia hidrográfica do Tanquinho (Ribeirão Preto). Fonte: Secretária de planejamento urbano da PMRP (2003).....	91
Figura 4.16 -	Comparação da TOI, AIDC, AINC e área permeável para as diferentes situações propostas na bacia.....	95
Figura 4.17 -	Sub-bacia hidrográfica do Tanquinho (SBHT), área delimitada para cálculo de vazão.....	96
Figura 4.18 -	Hidrograma na saída da sub-bacia obtido pelo Método Racional e Tr de 10 anos.....	99
Figura 4.19 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes institucionais (estrato 1 – Rib.Preto).....	100
Figura 4.20 -	Relação entre TOI (%) e área do lote para lotes institucionais (estrato 1 –	101

	Rib.Preto).....	
Figura 4.21 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote institucional amostrado (estrato 1 – Rib.Preto).....	102
Figura 4.22 -	Porcentagem de área impermeabilizada livre e área permeável presente nas áreas livres dos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib.Preto).....	102
Figura 4.23 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável presente nos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib.Preto).....	103
Figura 4.24 -	Comparação da porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC) e TOI nos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib.Preto)....	103
Figura 4.25 -	Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lotes institucionais (estrato 1 – Rib.Preto).....	104
Figura 4.26 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib.Preto).....	104
Figura 4.27 -	Relação entre TOI (%) e área para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib.Preto).....	105
Figura 4.28 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote amostrado (estrato 2 – Rib.Preto).....	105
Figura 4.29 -	Porcentagem de área impermeabilizada livre e área permeável presente nas áreas livres dos lotes amostrados (estrato 2 – Rib.Preto).....	106
Figura 4.30 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 2 – Rib.Preto).....	106
Figura 4.31 -	Comparação da porcentagem de AIDC e TOI nos lotes comerciais e industriais amostrados (estrato 2 – Rib.Preto).....	107
Figura 4.32 -	Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib.Preto).....	107
Figura 4.33 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes mistos e outros (estrato 3 – Rib.Preto).....	108
Figura 4.34 -	Relação entre TOI (%), TO (%) e área para lotes mistos e outros (estrato 3 – Rib.Preto).....	109
Figura 4.35 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote amostrado (estrato 3 – Rib.Preto).....	109
Figura 4.36 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 3 –	110

	Rib.Preto).....	
Figura 4.37 -	Comparação da porcentagem de AIDC e TOI nos lotes mistos e outros amostrados (estrato 3 – Rib.Preto).....	110
Figura 4.38 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área menor que 125m ² (estrato 4 – Rib.Preto).....	111
Figura 4.39 -	Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área menor que 125m ² (estrato 4 – Rib.Preto).....	111
Figura 4.40 -	Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área menor que 125m ² (estrato 4 – Rib.Preto).....	112
Figura 4.41 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para os lotes amostrados (estrato 4 – Rib.Preto).....	112
Figura 4.42 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 4 – Rib.Preto).....	113
Figura 4.43 -	Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lote residencial com área menor que 125m ² (estrato 4 – Rib.Preto).....	113
Figura 4.44 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 125 e 200m ² (estrato 5 – Rib.Preto).....	114
Figura 4.45 -	Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 125 e 200m ² (estrato 5 – Rib.Preto).....	114
Figura 4.46 -	Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 125 e 200m ² (estrato 5 – Rib.Preto 5).....	115
Figura 4.47 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 125 e 200m ² (estrato 5 – Rib.Preto).....	115
Figura 4.48 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 5 – Rib.Preto).....	116
Figura 4.49 -	Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lote residencial com área entre 125 e 200m ² (estrato 5 – Rib.Preto).....	116
Figura 4.50 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 200 e 300m ² (estrato 6 – Rib.Preto).....	117
Figura 4.51 -	Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 200 e 300m ² (estrato 6 – Rib.Preto).....	118
Figura 4.52 -	Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 200 e 118	

	300m ² (estrato 6 – Rib.Preto).....	
Figura 4.53 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 200 e 300m ² (estrato 6 – Rb.Preto).....	119
Figura 4.54 -	Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 200 e 300m ² (estrato 6 – Rib.Preto).....	119
Figura 4.55 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 6 – Rib.Preto).....	120
Figura 4.56 -	Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lote residencial com área entre 200 e 300m ² (estrato 6 – Rib.Preto).....	120
Figura 4.57 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	121
Figura 4.58 -	Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	122
Figura 4.59 -	Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	122
Figura 4.60 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	123
Figura 4.61 -	Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	123
Figura 4.62 -	Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 7 – Rib.Preto).....	124
Figura 4.63 -	Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 300 e 400m ² (estrato 7 – Rib.Preto).....	124
Figura 4.64 -	Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	125
Figura 4.65 -	Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	125
Figura 4.66 -	Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	126
Figura 4.67 -	Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	126

Figura 4.68 - Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	127
Figura 4.69 - Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	127
Figura 4.70 - Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m ² (estrato 8 – Rib.Preto).....	128
Figura 4.71 - Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	129
Figura 4.72 - Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	129
Figura 4.73 - Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	130
Figura 4.74 - Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	130
Figura 4.75 - Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	131
Figura 4.76 - Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes residenciais com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	131
Figura 4.77 - Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 600 e 1200m ² (estrato 9 – Rib.Preto).....	132
Figura 4.78 - Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área maior que 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	133
Figura 4.79 - Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área maior que 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	133
Figura 4.80 - Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área superior a 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	134
Figura 4.81 - Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 1200 e 2000m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	135
Figura 4.82 - Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área superior a 2000m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	135
Figura 4.83 - Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área superior a 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto)....	136

Figura 4.84 - Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área superior a 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	136
Figura 4.85 - Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes residenciais com área superior a 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	137
Figura 4.86 - Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área superior a 1200m ² (estrato 10 – Rib.Preto).....	137
Figura 4.87 - Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	138
Figura 4.88 - Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lotes verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	139
Figura 4.89 - Relação entre TOI (%) e área para lote verticalizado (estrato 11 – Rib.Preto).....	139
Figura 4.90 - Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lotes verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	140
Figura 4.91 - Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	140
Figura 4.92 - Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	141
Figura 4.93 - Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes verticalizados (estrato 11 – Rib.Preto).....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Períodos de retorno em diferentes ocupações (Porto, 1995).....	42
Tabela 2.2 -	Valores de <i>C</i> conforme as características de ocupação da bacia, valores adotados pela prefeitura de São Paulo (Wilken, 1978).....	45
Tabela 2.3 -	Valores de <i>C</i> baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia (Vilela e Mattos, 1980).....	45
Tabela 2.4 -	Medidas para redução do escoamento superficial direto urbano (DAEE/CETESB, 1980).....	54
Tabela 2.5 -	Comparação das médias de TO e TOI para sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca no município de Jaboticabal – SP (Costa Jr., 2003).....	59
Tabela 3.1 -	Distribuição da população do município de Ribeirão Preto, por zonas residenciais (IBGE, 2000).....	64
Tabela 3.2 -	Estratificação e distribuição das amostras para visitas de campo.....	72
Tabela 4.1 -	Características gerais e valores médios da TO, TOI, AIDC, AINC, AP, área dos lotes para cada estrato.....	76
Tabela 4.2 -	Estratos que mais ocupam área urbana.....	79
Tabela 4.3 -	Estratos que possuem maior número de lotes urbanos.....	79
Tabela 4.4 -	Estratos que possuem maior área média por lote.....	79
Tabela 4.5 -	Estratos que possuem maior TO média por lote.....	79
Tabela 4.6 -	Estratos que possuem maior TOI média por lote.....	79
Tabela 4.7 -	Estrato que possuem maior AIDC média por lote.....	79
Tabela 4.8 -	Estratos que mais contribuem com TO em relação a toda área urbana ocupada (%).....	80
Tabela 4.9 -	Estratos que mais contribuem com TOI em relação a toda área urbana ocupada (%).....	80
Tabela 4.10 -	Estratos que mais contribuem com AIDC em relação a toda área urbana ocupada (%).....	80
Tabela 4.11 -	Comparação da TO e TOI somente com lotes ocupados, para as cidades de São Carlos (modificado de FONTES e BARBASSA - 2001) e Ribeirão Preto.....	89

Tabela 4.12 - Caracterização de áreas na BHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC (situação atual – valores de 2004).....	92
Tabela 4.13 - Caracterização de áreas na BHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC (situação futura 1 – lotes vagos ocupados).....	93
Tabela 4.14 - Caracterização de áreas na BHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC (situação futura 2 – lotes vagos e áreas rurais ocupados).....	94
Tabela 4.15 - Caracterização de áreas na SBHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC, por estrato e total.....	97
Tabela 4.16 - Cálculo da média ponderada do coeficiente de escoamento superficial médio para a SBHT.....	98
Tabela 4.17 - Cálculo de vazão utilizando-se de diferentes valores de C estimados para a SBHT.....	99

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

AIDC	-	Área Impermeável Diretamente Conectada
AIE	-	Área Impermeável Efetiva
AIMP	-	Taxa de impermeabilização da bacia
AINC	-	Área Impermeável Não Conectada
AIT	-	Área Impermeável Total
AP	-	Área Permeável
AURB	-	Taxa de urbanização da bacia
BHT	-	Bacia Hidrográfica do Tanquinho
BHUT	-	Bacia Hidrográfica Urbana do Tanquinho
C	-	Coefficiente de escoamento superficial
CETESB	-	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
DAEE	-	Departamento de Água e Energia Elétrica
i	-	Intensidade de chuva (mm/h)
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MHUD	-	Modelo Hidrológico Urbano Distribuído
PDDrU	-	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDDUA	-	Plano Direto de Desenvolvimento Urbano e Ambiental
PMRP	-	Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto
QPICO	-	Vazão de pico (m ³ /s)
SBHUPS	-	Sub-bacia Hidrográfica Urbana de Ponte Seca
SCS	-	Soil Conservation Service
SMIERP	-	Secretaria Municipal de Infra-Estrutura de Ribeirão Preto
SMPRP	-	Secretaria Municipal de Planejamento de Ribeirão Preto
tc	-	Tempo de concentração (minutos)
TO	-	Taxa de Ocupação (%)

- TOI** - Taxa de Ocupação e Impermeabilização (%)
- Tr** - Tempo de concentração (anos)

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O crescimento urbano desordenado e o aumento das necessidades energéticas humanas são responsáveis por grandes problemas enfrentados por inúmeras cidades brasileiras. A urbanização implica na transformação da cobertura natural do solo, sobretudo no aumento da impermeabilização que causa diversos impactos ao ciclo da água, primeiramente impedindo a infiltração da água no solo e conseqüentemente aumentando o volume do escoamento superficial. A diminuição do atrito da água com a superfície durante o escoamento superficial aumenta a velocidade do escoamento, reduzindo o tempo de permanência da água na bacia, elevando os picos de cheias e aumentando as áreas inundáveis. Isso é conseqüência da ocupação urbana, que em muitas cidades brasileiras tem como objetivo a obtenção do maior proveito econômico, através da máxima densidade de construções e conseqüentemente da máxima impermeabilização do solo.

O conhecimento da superfície urbana é elemento essencial para o planejamento urbanístico, hidrológico e para o estabelecimento de legislações próprias para as cidades. Alguns trabalhos têm sido feitos no país com este intuito, aumentando o leque de ferramentas utilizadas nos processos decisórios no planejamento urbano, entretanto muito há por se conhecer sobre a dinâmica de vários parâmetros importantes, entre eles a impermeabilização do solo e suas características específicas.

A impermeabilização do solo é um importante parâmetro que reflete o impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem de águas pluviais, e a conectividade hidráulica de áreas impermeáveis a esses sistemas é um importante atributo da impermeabilização urbana. Porém, a medição direta deste parâmetro, bem como a estimativa de suas características específicas, como a conectividade hidráulica é trabalhosa e complicada, e poucas análises criteriosas têm sido feitas.

A estimativa da impermeabilização do solo pode ser obtida através da relação com outros parâmetros urbanos como a taxa de ocupação (TO), a área do lote, a urbanização, a densidade populacional, entre outros. O conhecimento da área impermeabilizada de um lote, cidade ou bacia hidrográfica fornece grande suporte no planejamento urbano dos sistemas de drenagem, uma vez que este parâmetro é utilizado na maioria dos métodos para cálculo de vazão.

Neste estudo pretende-se descrever o uso e a ocupação do solo, bem como avaliar a impermeabilização urbana e suas características específicas na cidade de Ribeirão Preto/SP,

utilizando-se dados cadastrais da Prefeitura municipal, mapas e fotografias aéreas em diferentes escalas e pesquisas de campo. Devido à grande variabilidade e número de lotes urbanos, é feito um planejamento estatístico para coleta e análise dos dados.

A caracterização do município realizada a partir dos lotes urbanos ocupados está fundamentada nos seguintes parâmetros urbanísticos e hidrológicos: Taxa de Ocupação (TO), Taxa de Ocupação e Impermeabilização (TOI), área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC), área do lote. A partir dessa caracterização espera-se fornecer relações que permitam a estimativa desses parâmetros, bem como sua utilização nos processos de planejamento urbano e dos sistemas de drenagem.

Esta pesquisa teve como objetivo: avaliar o uso e ocupação do solo em Ribeirão Preto/SP a partir dos lotes urbanos; caracterizar e quantificar a impermeabilização do solo em lotes de diferentes usos e tamanhos; fornecer relações e interdependências entre parâmetros que possam ser utilizadas na estimativa da impermeabilização e conectividade hidráulica dos lotes; apresentar alternativas na adoção do coeficiente de escoamento superficial para o cálculo de picos de vazões através do método Racional.

Este estudo é desenvolvido em quatro capítulos: Revisão bibliográfica, onde são abordados pesquisas e temas relacionados; Metodologia, onde é apresentado o município de Ribeirão Preto como objeto de estudo e como e quais dados foram coletados; Análise dos Resultados, onde os dados obtidos estão organizados e explicados em forma de figuras e tabelas; por fim, o capítulo de Conclusão, onde são apresentadas as possíveis recomendações e observações.

No capítulo de Análise dos Resultados, além de fornecer as relações e dependências entre os parâmetros estudados, apresenta-se a aplicabilidade destas relações na estimativa e quantificação de características urbanísticas relacionadas à impermeabilização do solo e seus atributos, em diferentes bacias e situações. Outro aspecto abordado e discutido neste capítulo é o cálculo de picos de vazões em uma sub-bacia urbana do Tanquinho, utilizando o método Racional e diferentes maneiras de estimativa do coeficiente de escoamento superficial (C).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está dividido nos seguintes tópicos: *Crescimento urbano e seus impactos*, ressaltando o desenvolvimento urbano e impactos negativos no meio ambiente e hidrologia urbana; *Planejamento e ocupação urbana*, enfatizando as metodologias adotadas no planejamento e relacionadas às preocupações com o ambiente natural e transformado, bem como descrição do uso do solo; *Processos hidrológicos*, onde se apresentam os conceitos básicos para entendimento da hidrologia urbana; *Planejamento da drenagem urbana*, onde são apresentadas algumas características desse sistema, bem como alguns conceitos e tecnologias utilizados no controle e prevenção sustentável de enchentes; *Urbanização & Impermeabilização do solo*, revelando impactos da impermeabilização sobre os sistemas urbanos de drenagem e estudos onde este parâmetro foi caracterizado e estimado.

2.1. Crescimento urbano e seus impactos

As transformações ocorridas no mundo moderno, juntamente com o crescimento exponencial da população mundial têm acentuado o processo de urbanização, alterando as relações do homem com seu ambiente. Em 2002 a população mundial ultrapassou 6,2 bilhões de pessoas, com uma taxa de crescimento de 1,2% ao ano. Isto significa 74 milhões de habitantes a mais em relação a 2001 (U.S. Census Bureau, 2003). Este fenômeno ocasiona o aumento das necessidades energéticas humanas e maior exploração dos recursos naturais, causando a extinção, escassez e degradação de alguns destes recursos. Tal escassez de recursos, acompanhada das mudanças na produção e mecanização do campo, entre outros aspectos, tem contribuído para a migração da população rural para as cidades, acentuando ainda mais o processo de urbanização. Geralmente, essas transformações têm encontrado as cidades despreparadas, do ponto de vista de infra-estruturas urbanas e capacidade de acomodações e moradias, resultando em inúmeros problemas e prejuízos para os habitantes e administrações públicas.

Segundo Lopes (1998), as grandes transformações ocorridas no mundo, ao final do século XX, foram geradas principalmente pela globalização, surgindo perspectivas de progresso e desenvolvimento nunca antes sonhados, porém criando uma nova gama de problemas e conflitos, cuja solução demandará um enorme esforço e conduzirá a modificações estruturais cada vez maiores na sociedade.

A urbanização tem sido um fenômeno cada vez mais presente na população mundial. No início do século passado, a população urbana representava aproximadamente 15% da população mundial, e no ano 2000 dados mostram que essas taxas ultrapassaram 52%. Esses são valores médios mundiais que não acompanham algumas tendências regionais. Por exemplo, na América do Norte e Europa essas taxas médias chegavam, no ano 2000, a 77% e 73% respectivamente, sendo que na Ásia a população urbana representava apenas 37% do total. Porém, por ser o continente mais populoso do globo, esta porcentagem representa um total de 1,37 bilhões de pessoas, mais que as populações totais da Europa e América do Norte, juntas. Além disso, estudos mostram que no ano 2000 havia no mundo 19 cidades com mais de 10 milhões de habitantes, entre elas São Paulo e Rio de Janeiro, e que um terço da população sul-americana estaria habitando em grandes cidades (United Nations, 2002. Population Reports).

No Brasil a população tem cada vez mais se concentrado em áreas urbanas. Segundo dados populacionais do IBGE (2000), em 1950 a população brasileira era de 51.944.000 habitantes, dos quais 36,16%, ou seja, 18.783.000 habitantes residiam em áreas urbanas. No ano 2000 a população brasileira era de 169.590.693 pessoas com uma taxa de urbanização de 81,2%, ou seja, 137.755.550 pessoas vivendo em cidades. Nota-se que na segunda metade do século passado a população urbana no Brasil aumentou 118.972.550 habitantes, ou seja, mais de sete vezes. Porém, segundo Bezzon (2002), apesar do significativo crescimento nas décadas de oitenta e noventa, observa-se uma desaceleração no ritmo de crescimento urbano nestas duas décadas.

Para Bezzon (2002) este foi um período de profundas transformações na estrutura social, política e econômica, com grande desenvolvimento para o país. Além de apresentar um acelerado e conseqüentemente desordenado crescimento das cidades, decorrente do processo de industrialização, o que resultaria em grandes e graves problemas para os cidadãos, ocasionados por uma política centralizadora, que tinha como lema o progresso com rápido desenvolvimento econômico do país, às custas da classe operária e da exploração da cidade.

O aumento da população urbana deveria ser acompanhado da modernização e crescimento de toda infra-estrutura. Porém, o desenvolvimento urbano tem ocorrido de diferentes maneiras ao longo da história das cidades, geralmente de forma descontrolada e sem planejamento. A ocupação do território inicia-se pelo desmatamento, em seguida pelo cultivo de terras, implantação de estradas e por fim o processo de urbanização, que resulta na modificação das características físicas naturais da região, causadas pelo parcelamento do solo, construção de edificações, impermeabilização de superfícies, ocupação em áreas de

preservação, aumento da quantidade de resíduos sólidos e efluentes, além do lançamento desses resíduos em corpos d'água e locais impróprios, causando, conseqüentemente, a degradação das condições sociais, ambientais e econômicas, deste novo meio urbano que se inicia.

A urbanização implica na transformação da cobertura natural do solo, onde geralmente são implantadas estruturas e edificações constituídas quase totalmente por materiais impermeáveis. Essas estruturas impermeáveis impedem que a água das chuvas passe por meio delas, fazendo com que esses volumes se desloquem para áreas adjacentes.

Este fenômeno causa alterações no ciclo hidrológico natural, modificando e diminuindo a infiltração no solo, diminuindo o atrito da água com a superfície durante o escoamento e aumentando a velocidade deste escoamento, o que reduz o tempo de permanência da água na bacia, diminuindo ainda mais a infiltração e a evapotranspiração, resultando conseqüentemente no aumento do volume de escoamento superficial, nos picos de vazões à jusante ou nas baixadas e aumento de áreas inundáveis.

De acordo com Mota (1981), as alterações causadas no ciclo hidrológico e conseqüentemente na drenagem de águas pluviais são decorrentes do processo de urbanização, e, entre outras razões pela impermeabilização do solo, edificações e pavimentação das vias públicas.

Conforme Hall (1986), o aumento da população e o conseqüente processo de urbanização levam a uma maior procura por recursos naturais, entre eles a água é o mais importante. Essa realidade é responsável por gerar graves problemas aos recursos hídricos. A urbanização causa alteração na rede de drenagem natural ocasionada pela impermeabilização do solo e modificações no microclima local. Tais alterações aumentam a vazão de pico em rios, nos períodos chuvosos, causando enchentes. A impermeabilização também diminui a infiltração no solo, reduzindo a quantidade de água subterrânea, o que causa diminuição da vazão de rios no período de estiagem. Além disso, o lançamento de dejetos e resíduos sólidos nos corpos d'água geram poluição e degradação da rede hidrográfica local. Na figura 2.1, proposta por Hall, observa-se as causas e efeitos deste processo.

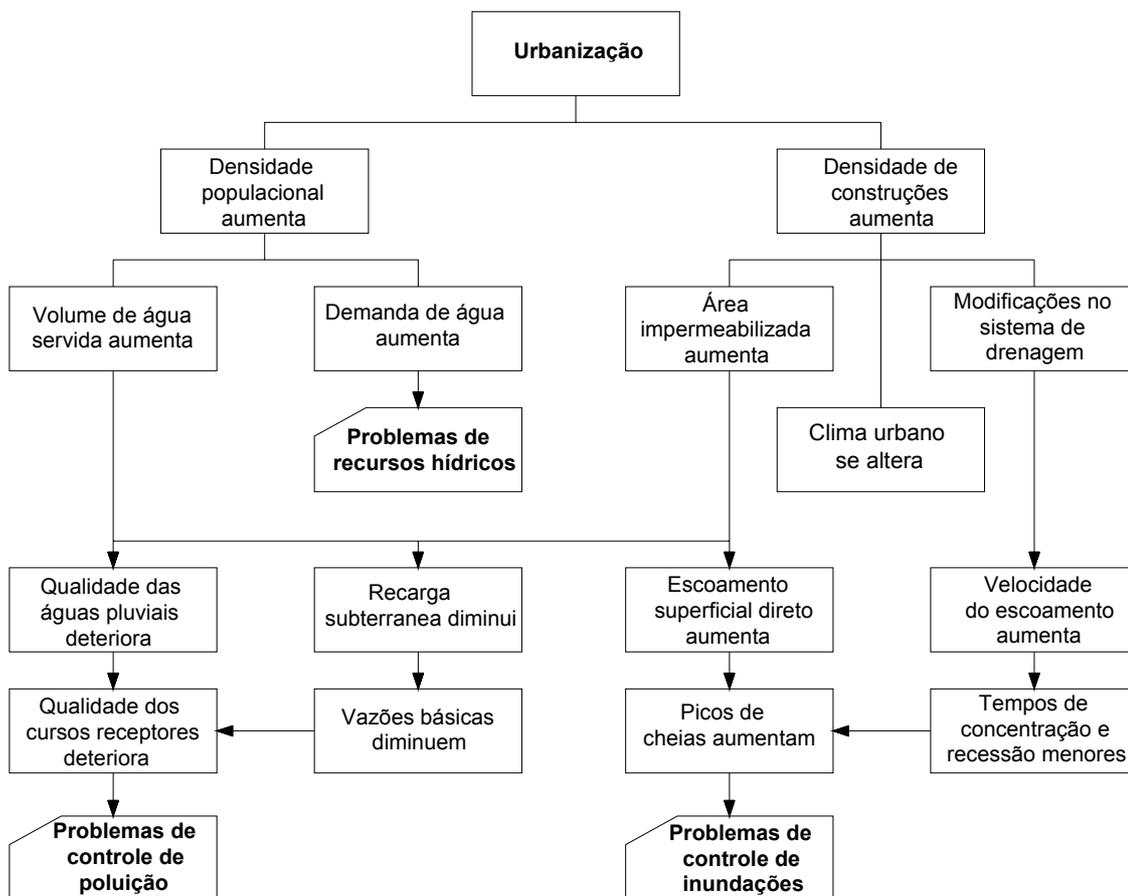


Figura 2.1 – Impactos causados pela urbanização nos recursos hídricos. Fonte: Hall (1986).

Muitos estudos têm buscado avaliar, quantificar e analisar os impactos causados pela urbanização. Através da figura 2.2 proposta por Leopold (1968), pode-se observar um dos impactos da urbanização nas infra-estruturas de drenagem urbana, causado pela alteração do escoamento superficial direto. Observa-se nesta figura 2.2, a relação entre a vazão máxima antes e depois da urbanização, com as porcentagens de área urbanizada da bacia e de área servida por obras de drenagem urbana. Como a urbanização de uma determinada área implica na implantação de sistemas de drenagem, nota-se que em casos extremos de uma bacia 100% urbanizada e totalmente servida de sistemas de escoamento, a vazão desta bacia urbanizada pode chegar a ser seis vezes maior do que se a mesma estivesse em condições naturais.

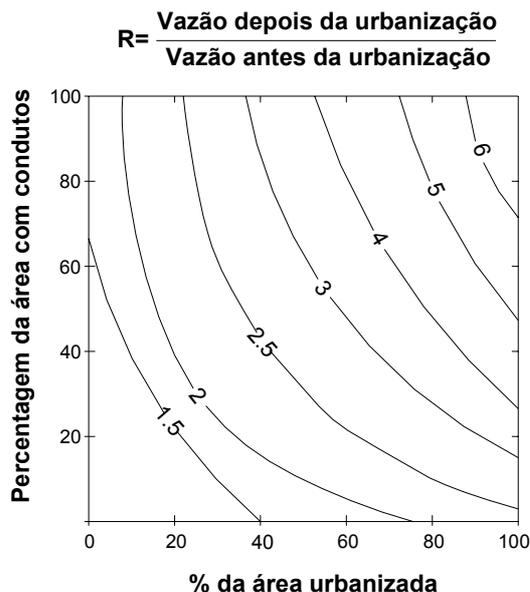


Figura 2.2 – Relação entre % de área urbanizada e % área servida por drenagem, no aumento da vazão máxima. Fonte: Leopold (1968).

Em um estudo realizado em São Carlos, Barbassa (1991) desenvolveu um modelo hidráulico-hidrológico que permite avaliar e quantificar os impactos da urbanização nos sistemas de drenagem. Neste estudo se obteve resultados de vazões de pico relacionados às condições de urbanização correspondente aos períodos de 1980 e 1990, em duas outras situações hipotéticas referentes à bacia do córrego do Gregório, São Carlos – SP. As vazões foram simuladas na seção do mercado municipal, para os diferentes períodos e hipóteses aumentando-se as porcentagens de impermeabilização na bacia, referentes às áreas rurais suscetíveis à urbanização. Através da figura 2.3, observa-se que entre 1980 e 1990 ocorreu um aumento superior a 20% na vazão, avaliada para o mesmo período de retorno de 5 anos. Esta transformação faz com que, a vazão calculada para uma chuva com período de retorno de 10 anos em 1980, seja próxima a vazão calculada para uma chuva com período de retorno de 5 anos em 1990.

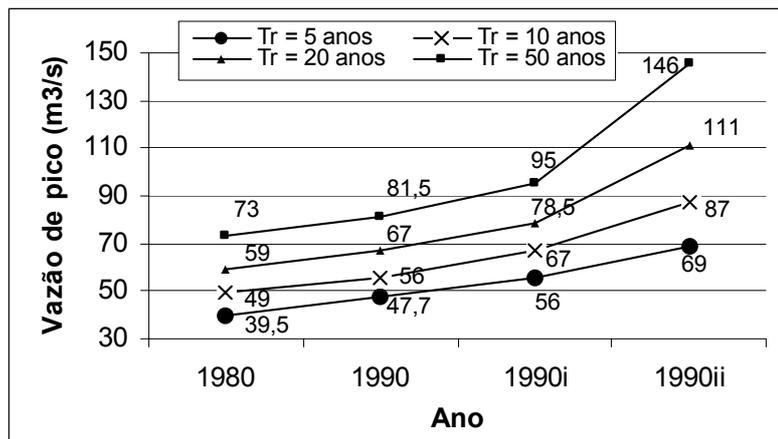


Figura 2.3 – Evolução da vazão de pico causada pelo processo de urbanização e impermeabilização do solo para a cidade de São Carlos/SP. Fonte: Barbassa (1991).

Lima-Queiroz *et al.* (2003) realizaram estudos sobre os impactos ambientais causados pela urbanização em Belo Horizonte. Esperava-se que, para uma cidade planejada como Belo Horizonte, alguns impactos não deveriam ocorrer. Porém, constatou-se que: quando se ocupa uma região, não respeitando seu sítio e cursos d'água, incentivando o crescimento populacional, sem a regulamentação de leis de ocupação do solo e sem as infra-estruturas básicas de saneamento, o resultado, no caso de Belo Horizonte, foi uma cidade com cursos d'água contaminados, enchentes constantes e intensa degradação ambiental. Na figura 2.4 apresenta-se a relação entre as áreas inundadas com o crescimento da mancha urbana em Belo Horizonte desde sua fundação até 1940 e de 1941 até 1990. Nota-se que os eventos de inundação se concentram em regiões que foram impermeabilizadas, devido à ocupação dessas áreas pela população, o que resulta no aumento do escoamento superficial durante os períodos de chuvas.

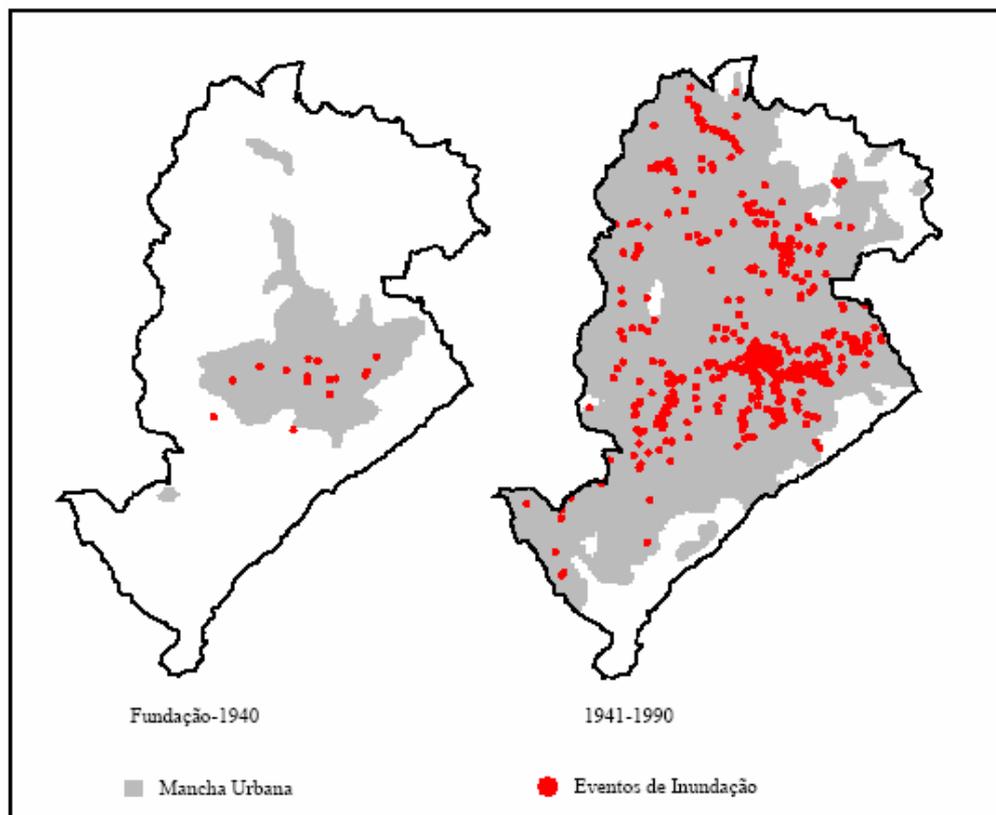


Figura 2.4 – Relação entre o aumento dos eventos de inundação e o processo de urbanização em Belo Horizonte/MG. Fonte: Lima-Queiroz *et al.* (2003).

Asfora (2003) relata uma enchente ocorrida em agosto de 2000 na bacia do rio Uma, em Pernambuco, que atingiu drasticamente as populações ribeirinhas e a cidade de Barreiros - Pe, onde 70% da cidade ficou inundada. Este evento deixou um saldo de 22 óbitos, 107.300 pessoas atingidas e danos materiais de aproximadamente 130 milhões para reconstruções. Segundo o autor, as características naturais, as alterações na cobertura do solo da bacia e a forma de ocupação nas regiões ribeirinhas, fizeram com que este sistema se tornasse extremamente sensível aos fenômenos de enchentes. Desta forma, o autor propõe como medida essencial para reduzir o grau de sensibilidade da bacia, o controle da ocupação urbana e das zonas ribeirinhas, uma vez que, a realização somente de obras de controle de enchente proporcionaria uma proteção para eventos de enchentes com período de retorno entre 25 e 50 anos, na qual se tornariam menos eficazes se a ocupação continuasse de maneira descontrolada.

No Brasil as características de urbanização e ocupação do ambiente urbano, com lotes pequenos e intensamente impermeabilizados, aliados à ocupação de áreas inundáveis, tendem a aumentar os volumes escoados superficialmente durante os eventos de chuvas, aumentando as vazões de pico e maximizando as inundações e seus efeitos.

2.2. Planejamento e ocupação urbana

O planejamento não é algo novo, pois desde que as pessoas começaram a viver em comunidade as cidades têm sido construídas e planejadas, porém de maneiras diferentes ao longo do tempo. A partir do final do século passado, o crescimento populacional aliado ao processo de urbanização acelerado e descontrolado têm trazido novos problemas e desafios para o planejamento e gestão das cidades. Neste sentido o planejamento urbano tem sido realizado a partir da ordenação do crescimento e adensamento de áreas urbanas com o intuito de minimizar, corrigir e prevenir os problemas provenientes da urbanização. No entanto, o processo de urbanização, na maioria dos casos, tem encontrado as cidades desprevenidas, fazendo com que o planejamento urbano tenha muitas ações de caráter corretivo.

O planejamento urbano de acordo com a definição da Carta dos Andes (1958) citada, por Ferrari (1988), seria: “planejamento é um método de aplicação, contínuo e permanente, destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade situada em determinado espaço, em determinada época, através de uma previsão ordenada capaz de antecipar suas ulteriores conseqüências”.

De acordo com Lopes (1998), o planejamento das cidades deve proporcionar um ambiente urbano “acolhedor, integrado, vertebrado, aberto ao mundo, com oportunidades para a realização pessoal, competitivo na formação de riqueza, e com uma sociedade justa e estruturada”. Para isto, o autor sugere o planejamento estratégico de cidades, tendo como idéia fundamental potencializar as oportunidades e reduzir as ameaças referentes à cidade em geral. Desta maneira, observa-se a necessidade de concentração de infra-estruturas e serviços que gerem a capacidade de controle global, através da articulação de planos e ações pensados de forma participativa por diversas representatividades sociais, direcionadas pelo poder público, mas independente das mudanças de governos.

Para Lopes (1998), a evolução rápida da sociedade, promovida pela globalização, gera inúmeras incertezas, oportunidades e problemas, não há mais espaço para as cidades acidentais, desenvolvidas a partir de condicionantes diversos de uma sociedade mais crescente que organizada. De acordo com Lopes “o mundo de hoje exige a cidade intencional onde o futuro é pensado e construído de forma organizada, participativa e planejada”.

Muitos autores criticam esse ponto de vista, não por não concordarem com seus possíveis benefícios, mas por encontrarem realidades completamente diferentes das propostas na teoria. Segundo Maricato (2000), o planejamento urbano ou regulação urbanística promovido no Brasil não tem comprometimento com a realidade concreta, por referir-se

apenas à parte legal da cidade. Para a cidade ilegal, ou seja, favelas e ocupações clandestinas não existem planos.

De acordo com Krafta e Constantinou (2000), a cidade que parece emergir da teoria da auto-organização é uma cidade caótica e imprevisível, que cresce independente de regras de planejamento e previsões científicas. Esta é muito parecida com o que se convencionou chamar de cidade moderna, entretanto esta cidade auto-organizada sugere possuir uma dinâmica complexa, porém não aleatória e não completamente imprevisível.

No Brasil, o instrumento de planejamento urbano mais difundido, segundo Braga e Carvalho (2003), é o zoneamento, que poderia ser uma forma preventiva de se controlar determinados problemas ambientais. Entretanto esse instrumento tem evitado muito pouco a degradação ambiental e pouco contribuído para a preservação e proteção de recursos naturais. Pois, sua prática tem tido carácter fundamentalmente econômico, atendendo muito mais às exigências do mercado imobiliário, do que aos problemas socioambientais das cidades.

Segundo Maricato (2000), a exclusão territorial causada por algumas legislações específicas que deveriam ser de proteção ambiental, acabam causando maior exclusão social e degradação do meio ambiente natural e urbano. Isso acontece, porque as áreas ambientalmente frágeis (beira de córregos, rios e reservatórios, encostas íngremes, mangues e áreas alagáveis, fundos de vale) que, por sua condição ambiental, possuem legislação específica e mais rigorosa e não interessam ao mercado imobiliário legal, são as áreas que “sobram” para a ocupação por grande parte da população, ou seja, para formação de assentamentos ilegais em áreas de risco, originadas pela população de baixa renda. Para essa autora a fiscalização é um ponto fraco no planejamento do zoneamento urbano, e enquanto a fiscalização for ineficaz, a ocupação predatória continuará e conseqüentemente a degradação ambiental, social e econômica da sociedade urbana.

As mudanças de paradigmas ocorridas no final do século passado com relação às questões urbanas levam as cidades a serem tratadas como o motor do desenvolvimento, onde seu desempenho e produtividade, segundo Acioly e Davidson (1998), tornam-se questões fundamentais que devem ser resolvidas através de uma gestão urbana eficiente. De acordo com esses autores, a produtividade das cidades é medida através do grau de eficiência com que elas conseguem maximizar investimentos públicos e privados gerando seus próprios recursos, necessários para manter o processo de desenvolvimento de forma contínua e sustentável.

A gestão das cidades deve ater-se às diversas questões ambientais, sociais e econômicas que envolvem o município, buscando soluções holísticas para as diversas esferas

da administração e do planejamento, em especial às normas e legislações de parcelamento do solo e aos planos de formação do espaço urbano, onde a fiscalização deve ser um ponto forte para o controle das irregularidades e ações que causem prejuízos ao poder público e aos municípios, contribuindo para maximizar os investimentos públicos.

2.2.1. Uso do solo

As diferentes formas de uso do solo têm características e especificidades distintas a cada uma delas, de acordo com as atividades que são exercidas no espaço analisado. Segundo Ferrari (1988), o uso do solo deve ser definido de acordo com a predominante atividade de seus equipamentos na área analisada, de forma que os principais usos do solo urbano podem ser assim classificados, genericamente:

- Usos residenciais;
- Usos industriais;
- Usos comerciais;
- Usos institucionais (públicos ou privados);
- Áreas de circulação;
- Áreas vagas (públicas ou privadas: próprias ou impróprias ao uso urbano).

Para Ferrari (1988), esses usos preenchem todo o espaço urbano em diferentes proporções de área, que variam no tempo e no espaço de conformidade com a função predominante da cidade, com as propostas e legislações municipais, com as regulamentações de zoneamento, visando atingir o bem estar coletivo.

O uso residencial do solo refere-se à ocupação de determinada região, lote ou bairro por edificações destinadas à habitação. Uma cidade é composta de vários tipos de zonas residenciais, algumas com baixa densidade, outras com média ou alta densidade de ocupação. Existem residências com alto padrão de acabamento e construção, outras mais simples e com padrões mais populares, entre outras diferenciações que podem ser criadas e utilizadas, dependendo da necessidade da classificação. Portanto muitas são as classificações relacionadas ao uso residencial do solo urbano. Entre elas pode-se citar a proposta pela “Puerto Rico Planning Board”, citada por Ferrari (1988), onde a classificação é realizada de acordo com os padrões de densidade e localização da região, além de algumas características dos lotes, sendo feita da seguinte maneira:

- R-1 – São zonas situadas em áreas afastadas do centro urbano com lotes de 900 m² no mínimo, com 30 metros de frente. São áreas residenciais unifamiliares finas, de baixa densidade habitacional;

- R-2 – São zonas de bairros estritamente residenciais, com lotes de 450 m², no mínimo, e com 15 metros de frente. As residências são unifamiliares, finas e as zonas de baixa densidade;
- R-3 – São zonas residenciais comuns, de lotes de 300 m², no mínimo com 12 metros de frente, ou, lotes de 450 m² ou com mais de 15 metros de frente para casas geminadas, duas a duas. São áreas residenciais unifamiliares de residências médias, isoladas ou geminadas duas a duas, e de média densidade;
- R-4 – São zonas de lotes pequenos de 200 m², no mínimo, e somente admissíveis para as áreas já construídas de padrões inferiores, não sendo recomendáveis para novos loteamentos. São áreas residenciais unifamiliares, isoladas, ou não, de tipo popular, de média densidade;
- R-5 – São zonas de residências multifamiliares, devendo haver, no mínimo 100 m² de área de lote por unidade residencial e sendo a altura dos edifícios limitada a quatro pavimentos (térreo mais três pavimentos). São zonas de alta densidade e quanto ao padrão podem ser residencial fino, médio ou popular;
- R-6 – São zonas centrais de residências multifamiliares, para prédios de mais de quatro pavimentos, com elevadores, devendo haver, no mínimo, 50 m² de área de lote por família ou unidade residencial. São zonas de alta densidade e quanto ao padrão também comportam qualquer tipo.

As áreas destinadas às edificações responsáveis pela produção de bens de consumo em geral se caracterizam como sendo áreas industriais. Estas áreas assumem classificações diversas dependendo do tipo de indústrias que recebem. Podendo ser classificadas quanto a aspectos econômicos, porte ou tamanho, necessidade de ramais ferroviários, quanto à quantidade da produção ou elemento produzido, grau de nocividade e poluição, entre outros.

Quanto às áreas comerciais, pode-se dizer que a partir do momento histórico, em que houve divisão social do trabalho e da produção, surge a necessidade de trocas comerciais. Conseqüentemente, a evolução dessas relações de trocas leva ao excedente de produção e à comercialização em dinheiro. A mercadoria deixa de ser consumida no local onde era produzida, e passa a ser comercializada em locais específicos nas áreas urbanas (centros comerciais), ou dividindo espaço com outros usos do solo. Surge então a necessidade de melhorias urbanas de infra-estrutura e transporte, a fim de suportar as novas demandas por serviços. Os pontos comerciais podem ser classificados quanto: ao público comprador, atacadista ou varejista; ao período de funcionamento; às instalações; à freqüência de utilização por parte dos consumidores: diário, ocasional ou excepcional; entre outros.

Os espaços destinados aos usos institucionais são áreas voltadas ao atendimento à população, sejam áreas públicas ou privadas. Segundo Ferrari (1988), as principais ocupações e destinações das áreas institucionais, podem ser assim resumidas:

- Educacionais: instituições de ensino e cursos profissionalizantes;
- Sociais: creches, centros médicos, albergues, alojamentos;
- Culturais: centros culturais, bibliotecas, museus, discotecas;
- Cultuais: templos religiosos, paróquias, capelas;
- Recreacionais ou de Lazer:
 - Recreação ativa: clubes desportivos e sociais, estádios;
 - Recreação educativa: cinemas, teatros, parque de diversões;
 - Recreação contemplativa ou passiva: jardins públicos, parques;
 - Administrativos: edifícios voltados à administração pública.

De acordo com Singer (1979), o uso do solo na economia capitalista é regulado pelo mecanismo de mercado, no qual se forma o preço desta mercadoria única, que é o acesso à utilização do espaço. Este acesso pode ser ganho através da compra do direito à propriedade ou mediante o pagamento de um aluguel periódico.

Portanto a cidade é uma imensa concentração de pessoas exercendo inúmeras atividades diferentes, em que o solo urbano é disputado pelos mais variados usos. Segundo Singer (1979), esta disputa baseia-se pelas regras do jogo capitalista, fundamentadas na propriedade privada do solo, “a qual por isso e só por isso”, proporciona renda assemelhando-se conseqüentemente ao capital.

2.3. Processos hidrológicos

Pela grande importância e necessidade de preservação e cuidados, os recursos hídricos têm sido tratados com grande preocupação por parte de alguns profissionais e governos. Sobretudo, porque sua distribuição não é homogênea nas diferentes regiões do globo. Ao mesmo tempo, que em certas regiões há grande escassez de água, outras sofrem com precipitações e vazões elevadas que causam inundações, prejuízos e mortes. A água é essencial ao consumo e à higiene do homem, à fabricação e produção de alimentos e muitos produtos industriais. Em várias regiões do mundo constitui um importante meio de transporte e recreação. Enfim, por essas e outras razões os recursos hídricos têm grande importância na vida do ser humano, sendo o estudo de suas características e processos essenciais para o desenvolvimento sustentável da humanidade.

Segundo a definição de hidrologia citada por Chow (1964), trata-se de uma ciência que estuda a água na Terra, suas respectivas particularidades como ocorrência, distribuição e circulação; suas propriedades físicas e químicas, além de suas interações com o meio ambiente e seres vivos.

A hidrologia baseia-se na observação dos processos que envolvem sistemas moldados pela natureza. Porém, segundo Tucci (2002) não se resume na descrição e quantificação dos processos envolvidos em parte do ciclo hidrológico, e sim em uma ciência interdisciplinar que tem tido significativa evolução frente aos crescentes problemas enfrentados devido ao desenvolvimento e crescimento urbano.

De acordo com Silveira (2000b), no mundo atual não é mais admissível uma visão exclusivamente mecanicista da circulação das águas e esgotos no espaço urbano, onde se busca um saneamento realizado com maior respeito pelo meio ambiente. Uma vez que as relações conflitantes entre a cidade e o ciclo hidrológico conduziram a este novo conceito, que se convencionou chamar de hidrologia urbana. Para o autor, a hidrologia urbana visa controlar os efeitos da urbanização nos diversos componentes do ciclo hidrológico. Para isto tende a apoiar-se em várias outras disciplinas científicas básicas como a física, a química, a biologia, a geologia, e também em conhecimentos peculiares de engenharia, direito, economia e sociologia.

2.3.1. Bacia hidrográfica e ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é o fenômeno de circulação global da água entre a superfície terrestre, os oceanos e a atmosfera. Este processo é possível graças fundamentalmente à energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. Segundo Silveira (2002) o ciclo hidrológico só é fechado em nível global, pois os volumes evaporados em um determinado local, não necessariamente precipitarão na mesma região, devido às grandes variabilidades e diferenciações presentes no globo terrestre como: comportamento térmico dos continentes com relação aos oceanos, quantidade de vapor d'água, gás carbônico e ozônio na atmosfera, variabilidade de solos e coberturas vegetais, inclinação e rotação do eixo terrestre (estações do ano), não uniformidade da incidência de raios solares.

Na figura 2.5 apresentam-se as diversas fases do ciclo hidrológico e uma visão geral dos processos. Já nas figuras 2.6 e 2.7 pode-se visualizar respectivamente, a interação e os componentes do processo para o ciclo hidrológico natural e para o ciclo hidrológico influenciado pela urbanização.

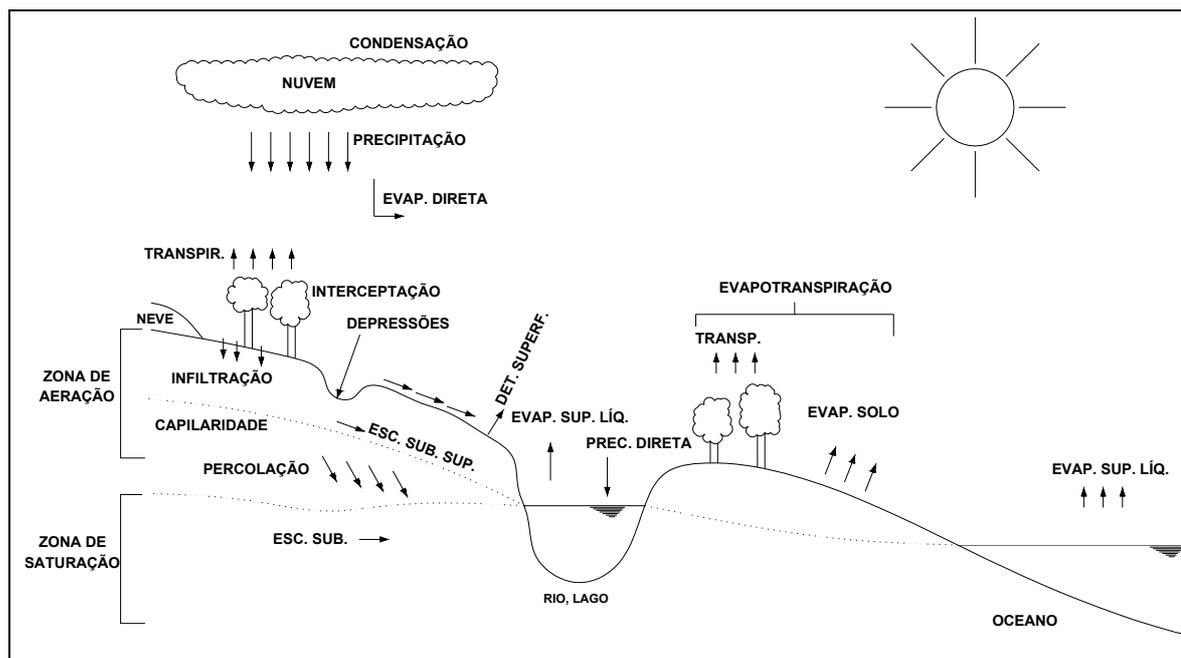


Figura 2.5: Ciclo hidrológico. Fonte: Modificado de Silveira (2002).

De acordo com a figura 2.6 propostas por Hall (1986), a linha tracejada representa os limites de um subsistema do ciclo hidrológico natural, que recebe entradas referentes à precipitação (P) e produz saídas em forma de evaporação (E) e escoamentos (Q), apresentando em seu interior deslocamentos por infiltração (F), capilaridades (C), percolação (R) e outros fluxos superficiais (Q), este esquema não apresenta a interferência da urbanização no sistema. Já a figura 2.7 apresenta-se o ciclo hidrológico com influência da urbanização, com a presença de coletores que aumentam a velocidade de escoamento, reservatórios e sistemas de água que abastecem a população, sistema de coleta, armazenamento e tratamento de esgoto que posteriormente irão despejar novamente a água nos rios, lagoas de detenção para controle de inundações.

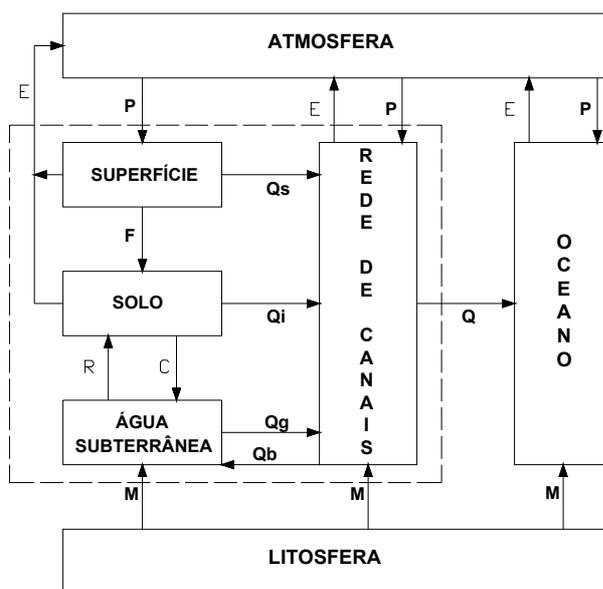


Figura 2.6: Representação do ciclo hidrológico natural e suas interações. Fonte: Hall (1986).

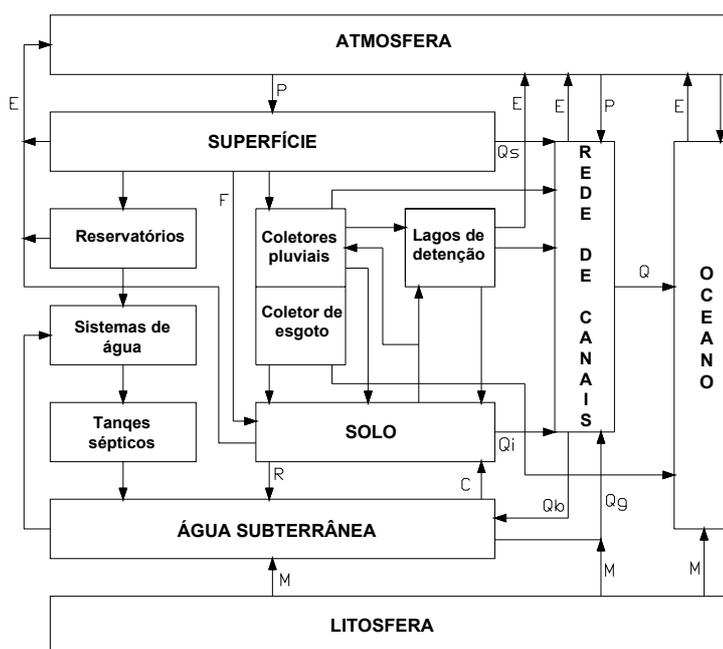


Figura 2.7: Representação do ciclo hidrológico afetado pela urbanização e suas interações. Fonte: Hall (1986).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de águas pluviais, formada por um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de canais de drenagem, que confluem até formar um único leito e convergir para o ponto de saída, o exutório. A bacia hidrográfica é a unidade de área fundamental para avaliação e estudo de recursos hídricos. Na figura 2.8 apresenta-se

apenas como exemplo, a bacia hidrográfica do ribeirão Preto no município de Ribeirão Preto-SP, onde foi desenvolvida esta pesquisa.

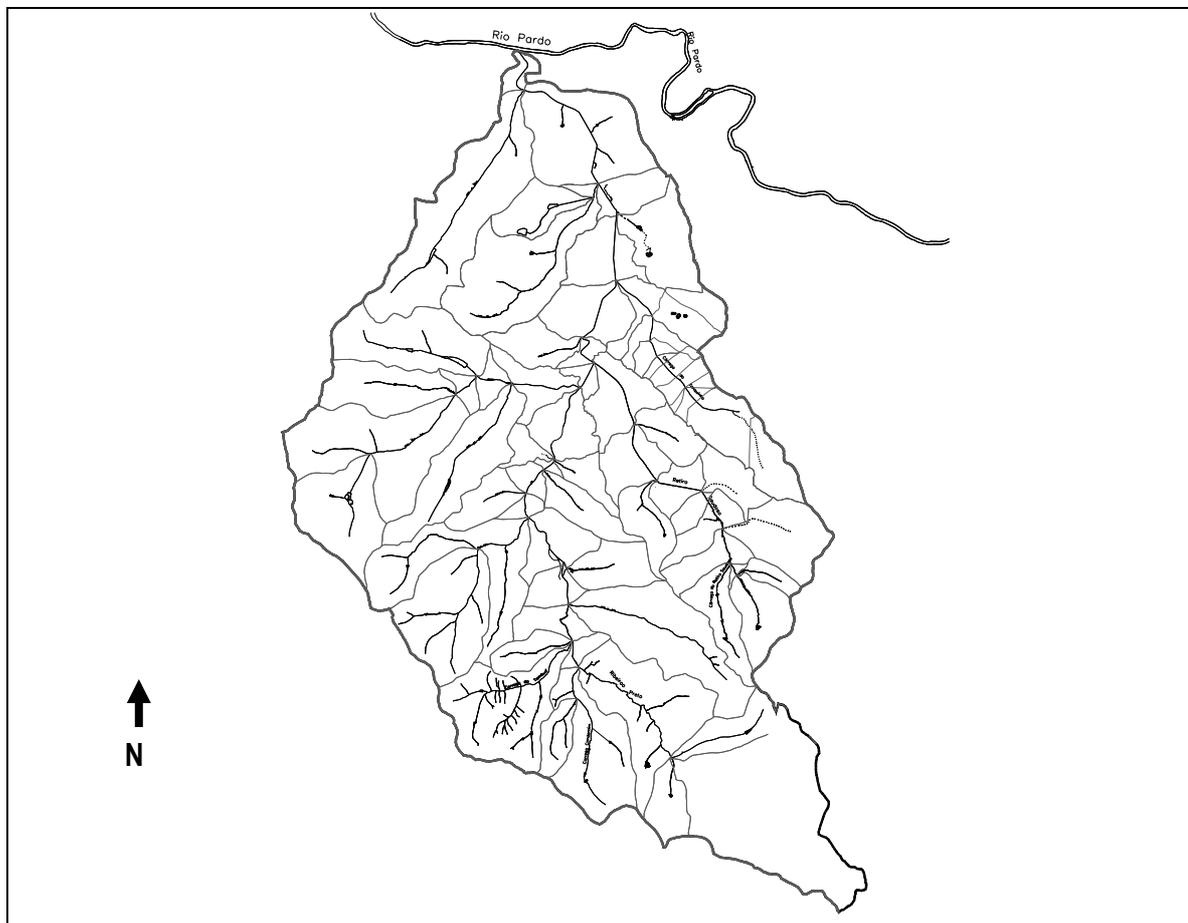


Figura 2.8: Bacia hidrográfica do ribeirão Preto – Ribeirão Preto/SP. Fonte: Modificado de SMPRP (2004).

2.3.2. Quantificação de vazões

O escoamento superficial é uma parcela do ciclo hidrológico, formada pela combinação, dos fluxos de água que se deslocam com pequena profundidade pela superfície e pelo escoamento em canais. A grandeza básica para caracterização desse escoamento é a vazão, que representa o volume escoado por unidade de tempo. À representação gráfica de uma sequência temporal de vazões em uma determinada seção dá-se o nome de hidrograma. Esta sequência caracteriza-se por seu volume, distribuição temporal e valor máximo ou pico de vazão.

Diversos são os fatores que interferem no escoamento superficial e conseqüentemente no hidrograma de vazões. Basicamente, dependem das condições climáticas locais e das características fisiográficas da bacia. Os que dependem das condições climáticas são: a

intensidade e duração da precipitação que influenciam nos volumes precipitados e na saturação do solo e alteração de sua capacidade de infiltração; a distribuição da precipitação sobre a bacia; e alguns outros fatores climáticos como: temperatura, velocidade dos ventos, pressão atmosférica e umidade do ar, que influem nos processos de evaporação e indiretamente no escoamento superficial. Já os fatores fisiográficos são as características geométricas da bacia como: área, forma, declividade, elevação, densidade de drenagem, que determinam maior ou menor rapidez e intensidade nos efeitos da precipitação; e as características físicas como: uso, ocupação e cobertura do solo, relevo, tipo de solo que afetam a capacidade de infiltração e o tempo de concentração. Dentre estes, o uso e a ocupação do solo, por representar atividades humanas referentes à urbanização, são muito importantes podendo acarretar sensíveis alterações nos cursos d'água em um curto intervalo de tempo.

O valor da vazão de projeto ou vazão máxima de um rio é entendido como sendo um valor histórico, com risco de ser igualado ou ultrapassado. A determinação da vazão de projeto é importante para a previsão de enchentes e dimensionamento de obras hidráulicas. Segundo Tucci (2002), esse conhecimento é importante para o controle e atenuação de cheias em determinadas áreas; dimensionamento de obras hidráulicas de drenagem urbana, perímetro de irrigação, diques e extravasores de barragens, sendo que a estimativa desses valores é fundamental nos custos e na segurança dessas obras.

A vazão máxima ou de projeto pode ser estimada por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são utilizados quando existem dados históricos de vazão no local de interesse e as condições da bacia hidrográfica não se modificaram. Neste caso, pode-se ajustar uma distribuição estatística dos dados, na qual os valores são extrapolados para se estimar as vazões máximas e mínimas, de acordo com o risco assumido. Como os postos fluviométricos são muito raros em pequenas bacias de drenagem e os dados de vazão são escassos e de qualidade comprometida, devido às alterações causadas pela urbanização, esse método fica restrito, geralmente, às grandes bacias ou às bacias que apresentam boas séries de dados históricos de vazão. Já nos métodos indiretos, são utilizados modelos matemáticos para a transformação da precipitação máxima em vazão, na qual a precipitação máxima é obtida de acordo com o risco e o período de retorno escolhidos para o projeto. Este método é útil quando a bacia já sofreu alterações, portanto são muito utilizados em drenagem urbana.

Nos modelos matemáticos, onde se determinam indiretamente as vazões de projeto, os principais fatores envolvidos são as condições iniciais das perdas no solo, do escoamento e as distribuições temporal e espacial e a intensidade da precipitação. Segundo Tucci (1998b), o

modelo é a representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas.

Segundo Tucci (1998b), os modelos chuva-vazão representam a parte do ciclo entre a precipitação e a vazão, descrevendo a distribuição espacial de precipitação, as perdas por interceptação, evaporação, depressão do solo, o fluxo da água infiltrada no solo, percolação e água subterrânea, escoamento superficial, subsuperficial e no canal. Alguns modelos, ditos distribuídos, procuram responder a questões ambientais, referentes aos impactos causados pela urbanização e ações humanas. São baseados no detalhamento da bacia e incorporação de formulações dos processos hidrológicos, com parâmetros relacionados às características físicas de uso e ocupação da bacia. Segundo Barbassa (1999), os chamados modelos distribuídos permitem detalhar a bacia até ao nível do lote, além de representar completamente os sistemas de drenagem.

Barbassa (1999) desenvolveu modelagens hidráulico-hidrológicas com o objetivo de implementar modelos e algoritmos. Com base em seu trabalho de doutorado, Barbassa (1991), aprimorou o Modelo Hidrológico Urbano Distribuído (MHUD II), no qual, através dos testes realizados, detectou a importância da variabilidade espacial da precipitação no cálculo de vazão. O modelo, MHUD II foi aplicado às bacias do Gregório e Monjolinho, na cidade de São Carlos/SP, com área de aproximadamente 78 km². Este modelo permite a subdivisão da bacia principal em quantas sub-bacias se queira, observando-se a orientação do escoamento imposta pela topografia, canais naturais, rede de galerias e traçado urbanístico. Os processos hidrológicos, como precipitação, infiltração, retenção e escoamentos em superfícies e canais são representados por sub-modelos específicos.

Silveira e Desbordes (2000), em estudo realizado na bacia do arroio Dilúvio, em Porto Alegre/RS, desenvolveram um modelo hidrológico distribuído com o intuito de avaliar: a contribuição das superfícies urbanas e suburbanas na produção do escoamento; a qualidade dos hidrogramas, com a utilização de mecanismos simples de translação e armazenamento e a importância da distribuição espacial da precipitação na simulação dos hidrogramas. As informações espaciais utilizadas nesta modelagem foram: ocupação do solo, taxas de impermeabilização, topografia, plano de drenagem e isoietas de precipitação. Segundo os autores, a modelagem proposta apresentou bom desempenho na reprodução de vazões de pico, para chuvas frequentes da bacia, com período de retorno entre 1 e 2 anos. Dessa forma, novos estudos devem ser realizados para avaliar os resultados obtidos.

Magalhães *et al.* (2003) simularam possíveis impactos hidrológicos causados pela urbanização na bacia hidrográfica do rio Joana, no Rio de Janeiro/RJ. Aplicaram para isto um

modelo hidráulico-hidrológico, distribuído denominado Modelo de Células. Os conceitos fundamentais deste modelo são: a divisão da região modelada em células ou compartimentos homogêneos, e a ligação destas células por meio de relações hidráulicas que representem a troca de vazões entre elas. Originalmente, este modelo baseava-se no coeficiente de escoamento superficial para determinação da chuva efetiva. Porém, atualizações realizadas no modelo permitiram que, mediante simulações realizadas na bacia do rio Joana, pudessem ser representados neste modelo as perdas por infiltração, através da introdução de uma taxa de infiltração constante, interceptação vegetal e retenção em depressões do terreno, representadas por um reservatório, com capacidade até uma lamina máxima definida pelo usuário.

Cruz (1998) aplicou um modelo chuva-vazão em lotes sujeitos a modificações, visando o estudo e controle do escoamento superficial no lote através de detenção. O modelo utilizado por Cruz, após a determinação da chuva de projeto, compõe-se basicamente de três partes: separação do escoamento, através da identificação das perdas iniciais e infiltração, visando determinar o volume de escoamento; propagação do escoamento em superfície, baseado no modelo da onda cinemática, onde se utiliza a equação da continuidade e propagação em reservatório, utilizando o método de Pulz, para a obtenção da equação vazão em função do armazenamento e determinação dos volumes de amortecimento dos microrreservatórios.

Os métodos baseados no hidrograma unitário e o método racional são de uso consagrado em hidrologia urbana, onde o cálculo do pico de vazão e do hidrograma de cheias são determinados a partir de uma chuva de projeto, descontadas as diversas perdas que ocorrem na bacia. Vários são os métodos baseados na teoria do hidrograma unitário, cuja utilização é recomendada para bacias de porte médio, entre eles têm-se: o método da curva tempo área, o método de Clark, o hidrograma sintético do SCS e o hidrograma unitário do Colorado. O método Racional é o mais difundido e utilizado, freqüentemente para pequenas bacias. A seguir são apresentadas algumas especificidades deste método.

2.3.2.1. Método Racional

O método racional caracteriza-se pela simplicidade dos mecanismos numéricos de quantificação utilizados, onde todos os processos hidrológicos, para transformação da precipitação em vazão, são englobados em apenas um coeficiente, o coeficiente de escoamento superficial (C). Este é o método de cálculo de vazão mais antigo e mais difundido, tendo sido primeiramente introduzido pelo engenheiro irlandês Mulvaney em 1850, depois pelo americano Kuichling em 1889 e pelo britânico Lloyd-Davies em 1906. Este

método é largamente utilizado e, devido a sua simplicidade, tornou-se uma regra no dimensionamento de pequenos sistemas de drenagem pluvial. Porém, sua utilização é restrita a pequenas áreas (até 2 Km²).

De acordo com Porto (1995), o conceito de bacia pequena é relativo, sendo interessante defini-la em função de suas características hidrológicas. Dessa forma, o Método Racional assume algumas condições, de acordo com as propriedades de uma bacia pequena, condicionadas à precipitação e outras características do escoamento. Portanto, o Método Racional assume os seguintes princípios básicos, de acordo com Tucci (2002):

- Considera a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração. Admitindo-se que a bacia seja suficientemente pequena para que tal situação possa ser admitida, pois a intensidade é inversamente proporcional à duração;
- Adota um coeficiente único de perdas, representado por C, estimado com base nas características físicas da bacia;
- Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A seguinte expressão define o Método Racional:

$$Q_{pico} = 0,278 * A * i * C \quad (2.1)$$

Onde:

Q_{pico} – vazão máxima, em m³/s;

A – área da bacia que contribui para a seção considerada, em Km²;

i – intensidade da chuva crítica, ou seja, cujo tempo de duração seja igual ao tempo de concentração na bacia, dado em mm/h;

C – o coeficiente de escoamento superficial ou de perdas.

A coleta de dados pluviométricos fornece parâmetros importantes para o dimensionamento dos sistemas de drenagem, uma vez que, através do tratamento dos dados obtidos em séries pluviométricas históricas, pode-se determinar relações entre a intensidade, duração e frequência das precipitações para a região onde os dados foram coletados. Através da relação entre intensidade, duração e frequência obtida das precipitações pode-se deduzir equações de chuvas intensas. A equação de chuvas intensas utilizada pela Secretaria Municipal de Planejamento de Ribeirão Preto (SMPRP) foi desenvolvida para este município pelo Prof. Dirceu Brasil Vieira (UNICAMP), a qual é apresentada a seguir:

$$i = \frac{24.521,27 \cdot Tr^{-0,0845}}{(tc + 40)^{1,3581 \cdot Tr^{-0,0454}}} \quad (2.2)$$

Onde:

i – intensidade de chuva a ser determinada (mm/h);

Tr – período de retorno (anos);

tc – tempo de concentração (minutos).

O período de retorno, Tr , é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. De acordo com Porto (1995), ao se decidir o período de retorno no qual irá se projetar uma obra hidráulica, automaticamente se define o grau de proteção conferido à população. Para o autor, esse critério deve ser definido em esferas políticas, uma vez que são a comunidade e seus representantes que deverão escolher o grau de proteção desejável, sabendo que quanto maior a proteção, maiores serão as dimensões e o custo da obra. Na tabela 2.1 apresentam-se valores comumente adotados para o período de retorno em diferentes ocupações, segundo Porto (1995), estes valores seguem certo consenso internacional.

Tabela 2.1 – períodos de retorno em diferentes ocupações. Fonte: Porto (1995).

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Tr (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500-

Como já exposto, uma hipótese do Método Racional é que a duração da chuva é igual ao tempo de concentração. Segundo Porto (1995), se os efeitos de armazenamento na bacia forem desprezíveis, como é razoável supor-se em uma pequena bacia, o pico de vazão ocorre no instante em que a chuva cessa ou exatamente no tempo igual ao tempo de concentração. O tempo de concentração, tc , é definido como o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia chegar até a seção principal, ou ainda o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de referência. Diversas são as equações para determinar o tempo de concentração, porém a maioria dessas fórmulas é estabelecida por métodos empíricos, valendo apenas para condições muito

semelhantes às de sua determinação. Portanto, a determinação deste parâmetro está sujeita à muitas incertezas e imprecisões e, a adoção das equações deve ser feita de forma cuidadosa, de maneira a utilizar equações desenvolvidas em condições próximas as que se deseja estudar. A seguir são apresentadas algumas, dessas fórmulas utilizadas para determinar o tempo de concentração de uma bacia:

➤ Fórmula de Kirpich – 1940:

$$t_c = 3,989 * L^{0,77} * S^{-0,385} \quad (2.3)$$

Onde:

t_c – é o tempo de concentração em minutos;

L – extensão do talvegue em Km;

S – declividade da bacia em porcentagem.

➤ Fórmula da Federal Aviation Agency – 1970:

$$t_c = 0,65 * (1,1 - C) * L^{0,5} * S^{-0,33} \quad (2.4)$$

Onde:

t_c – é o tempo de concentração em minutos;

C – coeficiente de escoamento superficial para período de retorno de 5 a 10 anos;

L – comprimento do escoamento em metros (no máximo 50 metros);

S – declividade média da bacia em porcentagem.

➤ Fórmula de George Ribeiro:

$$t_c = \frac{16 * L}{(1,05 - 0,2 * p) * (100 * s)^{0,04}} \quad (2.5)$$

Onde:

t_c – é o tempo de concentração em minutos;

L – extensão do talvegue em Km;

p – relação entre a área coberta por vegetação e a área total da bacia;

s – declividade média ao longo de L , em m/m.

- Fórmula da Onda Cinemática – 1963:

$$t_c = 447 * (n * L)^{0,6} * S^{-0,3} * I^{0,4} \quad (2.6)$$

Onde:

t_c – é o tempo de concentração em minutos;

n – rugosidade de Manning;

L – extensão do talvegue, em Km;

S – declividade do talvegue em m/m;

I – intensidade da chuva, mm/h.

- Soil Conservation Service (SCS) “lag formula” – 1975:

$$t_c = 3,42 * L^{0,8} * [(1000/CN) - 9]^{0,7} * S^{-0,5} \quad (2.7)$$

Onde:

t_c – é o tempo de concentração em minutos;

L – extensão do talvegue em Km;

CN – número da curva do método CSC;

S – declividade do talvegue em m/m.

O coeficiente de escoamento superficial é baseado em uma série de fatores, entre os quais as características da superfície, tipo de solo, umidade antecedente, permeabilidade do solo, ocupação da bacia, tempo de concentração. Teoricamente, refere-se à porcentagem de água escoada em um determinado volume de água precipitada na bacia. Usualmente, o coeficiente de escoamento é determinado em função da ocupação do solo, conforme a tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Valores de *C*, conforme as características de ocupação da bacia, adotados pela prefeitura de São Paulo.

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

Quando a bacia apresenta ocupação muito heterogênea recomenda-se adotar um coeficiente de escoamento médio ponderado dos diversos valores de *C*, para cada ocupação presente na bacia. Para isso, adotam-se valores de *C* específicos para cada área e superfície, podendo-se utilizar os valores apresentados na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Valores de *C* baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia.

Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo e da natureza do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: Villela e Mattos (1980).

Com o auxílio de fotografias aéreas e visitas de campo, Esteves *et al.* (2001) realizaram a caracterização do uso e ocupação do solo em algumas quadras urbanas, na bacia do Itacorubi, na cidade de Florianópolis/SC. Foram adotados coeficientes de escoamento de acordo com as características específicas das superfícies da bacia e calculado para cada quadra, de acordo com a média ponderada, os valores mínimos, médios e máximos para o coeficiente de escoamento superficial. De acordo com os autores, os valores de *C* obtidos na literatura, segundo as características gerais da bacia, variam entre 0,35 e 0,50. Porém os

valores calculados por eles usando a média ponderada avançaram até 0,63, superiores aos citados na literatura.

De acordo com Lee e Heaney (2003), o coeficiente de escoamento superficial deve ser proporcional à área impermeabilizada. Segundo esses autores, na versão original britânica do Método Racional, se utilizava como coeficiente de escoamento, a porcentagem de área impermeável diretamente conectada, ou seja, neste método, considerava-se 100% o escoamento provindo dessas áreas.

Apesar da simplicidade e antiguidade não se pode negar a utilidade do método Racional como forma de quantificação rápida e simples, fornecendo informações úteis para o dimensionamento, desde que se tenha controle sobre as limitações e incertezas presentes neste método.

Neste estudo, pretende-se calcular a vazão de uma sub-bacia, utilizando-se o Método Racional e estimando-se o valor de C de três maneiras diferentes: em função das características gerais de ocupação da bacia, conforme a tabela 2.2; de acordo com o cálculo da média ponderada das características específicas de impermeabilização da superfície da bacia, conforme a tabela 2.3 e, por fim, adotando-se C como sendo o valor médio da porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC) encontrada na bacia.

2.4. Planejamento da drenagem urbana

No urbanismo, com sentido de planejamento urbano, preocupa-se com a sistematização e desenvolvimento da cidade através da organização do espaço urbano, com o intuito de atender a população em suas atividades de habitar, circular, trabalhar, recrear, de maneira que esta possa usufruir de situação sã e cômoda. Dessa forma, deve-se ressaltar a importância da implantação das infra-estruturas e dos equipamentos urbanos, visando uma ocupação menos predatória ao meio urbano. Entre os diversos sistemas urbanos, a drenagem tem uma particularidade, uma vez que o escoamento de águas pluviais sempre ocorreu mesmo antes do início da cidade e continuará ocorrendo no sítio urbano, independente de haver ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população são maiores ou menores. E quanto mais tarde esse sistema for considerado no planejamento urbano de forma integrada, é provável que ao ser projetado revele-se de alto custo e ineficiente.

De acordo com Porto *et al.* (2002), por muito tempo o principal objetivo da drenagem urbana foi remover o excesso de águas pluviais da maneira mais rápida e eficiente possível, buscando evitar ou diminuir os transtornos, prejuízos e riscos causados pelas inundações.

Dessa forma os esforços concentram-se na execução de projetos e obras e na análise econômica dos benefícios e custos dessas ações, ditas estruturais. Portanto os custos e os benefícios decorrentes de tais obras devem sempre ser comparados, para que se chegue à conclusão a respeito da implantação ou não dessas obras e seu porte.

Segundo aqueles autores, o termo drenagem urbana deve ser entendido no seu sentido mais amplo, como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados pelas inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Dessa forma, as soluções sustentáveis e eficientes para os problemas de inundações e drenagem são aquelas que atuam sobre as causas e abrangem todas as relações entre os diversos processos.

Portanto, a drenagem urbana deve ser planejada em conjunto com a urbanização e de forma integrada com as demais obras de infra-estrutura. Pois, tais obras e equipamentos urbanos implantados pela ação do homem tendem a interferir e complicar de modo significativo a drenagem, nem sempre de maneira correta e racional. Por exemplo, a ocupação de faixas inundáveis, aumenta a impermeabilização do solo, diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, que é maximizado ainda mais pela implantação de tubulações e revestimento de canais naturais, provocando aumento nos picos de vazão justamente nas áreas inundáveis.

Seguindo este pensamento DAEE/CETESB (1980) propõe que o planejamento da drenagem urbana deva ser realizado de forma integrada, considerando os outros melhoramentos urbanos e os planos regionais, quando existirem. Após estarem determinadas as interdependências entre o sistema de drenagem urbana e os outros sistemas urbanos e regionais, o primeiro pode ser alvo de um planejamento específico. Desta forma o sistema de drenagem irá proporcionar importantes benefícios indiretos às áreas urbanas, por exemplo:

- Redução do custo da construção e manutenção das ruas;
- Melhoria do tráfego de veículos durante as chuvas;
- Benefícios à saúde e à segurança pública;
- Recuperação de terras inaproveitadas;
- Menor custo de implantação de parques, áreas de recreação e lazer;
- Menor custo de implantação de núcleos habitacionais;
- Saneamento das baixadas.

Costa Jr. (2003) destaca a importância do planejamento da drenagem ser tratado de forma integrada com os demais serviços públicos, em especial, com o setor de limpeza

urbana, uma vez que a varrição e limpeza das vias públicas são determinantes para o adequado funcionamento da microdrenagem.

Para Linsley e Franzini (1978), as ações de planejamento relacionadas à drenagem, não só urbana, têm importante papel na mitigação dos danos causados por cheias e inundações. Segundo os autores os seguintes objetivos devem ser atendidos pelos planos de drenagem:

- Amortecimento dos picos de enchentes por meio de reservatórios;
- Confinamento dos volumes de águas pluviais em excesso, com a utilização de diques, muros de contenção, condutos forçados;
- Redução do escoamento superficial e tempo de concentração por meio do controle das condições físicas da bacia;
- Aproveitamento do excesso de águas pluviais armazenado;
- Controle de possíveis erosões causadas pelo aumento da velocidade das águas em alguns condutos do sistema;
- Manutenção da segurança da população, não somente por medidas estruturais, mas ações como alerta e desocupação temporária ou permanente de áreas inundáveis e controle da ocupação de áreas de risco.

Tucci (1998a) destaca alguns princípios básicos adotados no controle de enchentes, normalmente utilizados em países desenvolvidos. De acordo com o autor os principais elementos desses princípios são:

- Estabelecer o controle da bacia hidrográfica e não de pontos isolados;
- Observar nos cenários de análise o futuro desenvolvimento da bacia;
- Evitar que a ampliação da enchente, devido à urbanização, seja transferida para jusante;
- O controle das áreas ribeirinhas deve priorizar o uso de medidas não-estruturais, como zoneamento de enchentes, seguro e previsão em tempo real;
- O controle deve ser estabelecido através do Plano Diretor de Drenagem Urbana e administrado pelos municípios com o apoio técnico do estado.

No entanto, a realidade brasileira apresenta características de ocupação, urbanização e gerenciamento que dificultam a implantação de tais ações. Percebe-se, geralmente que, tanto os planejamentos quanto as obras a serem executadas são de responsabilidade das prefeituras municipais, que devido ao alto custo, não têm condições de executá-las, seguindo tecnologias ou princípios adequados. Dessa forma, segundo Silva e Colichio Jr. (1997), observa-se, de maneira bastante generalizada, que as cidades têm tratado as questões referentes à drenagem

de águas pluviais com descaso, comprometendo seriamente as propriedades públicas, privadas e a própria segurança e saúde da população.

Lubianca Jr. (1998) afirma que a drenagem urbana no Brasil, fica relegada a um segundo plano, por se tratar de serviço que causa transtornos, custa muito caro e, geralmente, fica enterrado, sendo lembrada durante a ocorrência de prejuízos causados por cheias. Conseqüentemente, grande parte das cidades brasileiras possuem suas redes operando sem o devido controle, na qual não se sabem quais são os efluentes drenados, os pontos de conexão e coleta da rede, e com a utilização de materiais incompatíveis nas redes, conexões e canalizações. Tudo isso provocando deterioração acelerada e ineficiência do sistema.

Na mesma linha de pensamento, Fontes (2000) lembra da importância da drenagem de águas pluviais e das outras infra-estruturas urbanas no bom funcionamento da cidade. Porém, cita que os impactos causados pela falta de planejamento dos sistemas de drenagem sobre o cotidiano das cidades só são lembrados nas épocas das chuvas intensas, quando se percebe a falta de concordância entre o uso e a ocupação do solo e a drenagem. Entretanto Fontes ressalta que mesmo o planejamento de drenagem mais abrangente, acaba sendo vítima do crescimento desordenado.

Em um estudo de análise crítica sobre os diâmetros de ramais de ligação em sistemas de microdrenagem realizado em São Carlos e Rio Claro, Vaz Filho e Cordeiro (2000), após calcularem os diâmetros necessários para a microdrenagem, em algumas regiões dessas cidades, concluíram que não havia critérios técnicos na implantação dos ramais de ligações de bocas de lobo nestas áreas, uma vez que os diâmetros encontrados nas tubulações existentes, excediam aos ideais projetados, ou seja, apresentavam-se superdimensionados e conseqüentemente tendo proporcionado gastos desnecessários.

Mesmo que as características do planejamento da drenagem urbana no Brasil não sigam, de forma generalizada, alguns princípios de bom gerenciamento e, ao invés disto, tenha comportamento mais corretivo do que preventivo, a drenagem de águas pluviais existe embora de maneira ineficiente. Nas áreas urbanas, o sistema inicial é denominado microdrenagem, tendo início nas edificações que coletam as águas pluviais, encaminhando-as à rede pública, onde são escoadas pelas sarjetas, sarjetões e captadas por dispositivos específicos (bocas de lobo, bocas de leão, grelhas, etc) e então encaminhadas aos condutos forçados para serem escoadas até os cursos d'água. Já esses cursos d'água, canalizados ou não, recebem a denominação de macrodrenagem.

De acordo com Porto *et al.* (2002), a drenagem urbana é dimensionada em dois níveis principais: a macrodrenagem e a microdrenagem. Segundo os autores, a distinção dessas duas

situações nem sempre é clara, porém pode-se caracterizar como macrodrenagem os escoamentos de fundo de vale que normalmente são bem definidos. Já o termo microdrenagem aplica-se às áreas onde o escoamento natural não é bem definido, sendo determinado pela ocupação do solo e geralmente definido pelo traçado das ruas. Para Silveira (2000b), as definições de micro e macrodrenagem seguem o conceito higienista do século XIX, onde a idéia básica era a eliminação sistemática dos efluentes, mais longe e o mais rápido possível.

Dessa forma, o planejamento e dimensionamento da drenagem urbana são tratados nessas duas esferas, a micro e macrodrenagem. A microdrenagem ou sistema inicial de drenagem é formado por um conjunto de condutos e dispositivos de captação e escoamento de águas pluviais, responsáveis pelo escoamento das precipitações ao nível de loteamentos, ruas ou redes primárias de drenagem de águas pluviais. Segundo DAEE/CETESB (1980), a microdrenagem é a parte do sistema urbano de drenagem que tem por função, captar e afastar águas de escoamento superficial, resultante de chuvas, com período de retorno de 2,5 a 10 anos, de acordo com a ocupação da área. Este sistema é composto essencialmente por: sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, poços de visita, tubos de ligação, galerias e dispositivos de controle de enchente instalados no lote.

De acordo com DAEE/CETESB (1980), a macrodrenagem é a parte do sistema urbano de drenagem que deve afastar o escoamento superficial resultante de uma chuva com período de retorno de 100 anos ou mais. Esse sistema inclui, além do sistema inicial de drenagem, o leito das ruas e os condutos receptores ou coletores finais que podem ser um rio, um canal ou até mesmo uma galeria de grandes dimensões. A macrodrenagem visa controlar eventos com baixa probabilidade de ocorrência, que abrangem grandes áreas de estudo e que podem proporcionar efeitos catastróficos à população, inclusive com perdas humanas.

As obras de macrodrenagem devem ser projetadas para serem capazes de conduzir a chamada vazão de projeto, buscando evitar as enchentes devido à contribuição da bacia, com construção de canais, revestidos ou não, mas com maior capacidade de escoamento que a do canal natural. Para Porto *et al.* (2002), são intervenções nos fundos de vale, onde o escoamento é normalmente bem definido, mesmo que não exista um curso de água perene. Tal sistema coleta a água de áreas providas ou não de sistemas de microdrenagem.

Segundo Cruz (1998), a drenagem urbana também é um problema de alocação de espaço, uma vez que o escoamento da água excedente demandará por áreas, para seu deslocamento e armazenamento, que devem ser consideradas no processo de planejamento, visto que áreas ocupadas demandam gastos excessivos para desocupação, além de estarem

sujeitas a prejuízos. Dessa forma, torna-se indispensável reservar áreas no planejamento da drenagem urbana, justamente para se alocar a água e evitar conflitos entre as precipitações e os demais usos do solo e sistemas urbanos.

As ações de controle e minimização de inundações podem ser implantadas por meio de medidas estruturais e não-estruturais. As medidas estruturais são aquelas onde os prejuízos causados por enchentes são evitados devido à implantação de modificações no sistema fluvial. Já as medidas não-estruturais, os prejuízos são evitados através da melhor convivência da população com as cheias. Segundo Tucci (2002), é ingenuidade da população achar que poderá controlar totalmente as inundações, uma vez que as medidas visam minimizar suas conseqüências.

2.4.1. Medidas estruturais

Como dito nas medidas estruturais, o controle das inundações é conseguido através da modificação do sistema fluvial, com a implantação de inúmeras obras e ações que, segundo Tucci (2002), podem ser medidas intensivas e extensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, buscando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo que reduz e retarda os picos de enchente. Já as medidas intensivas são aquelas que agem diretamente no rio com o intuito de: acelerar o escoamento, através da construção de diques e *polders*, aumento da capacidade de descarga dos rios e cortes de meandros; retardar o escoamento, através da implantação de reservatórios e bacias de amortecimento; desviar escoamento através de canais de desvio. As medidas estruturais também podem ser classificadas de acordo com sua interferência na bacia ou no hidrograma.

Algumas medidas estruturais podem ser: controle da cobertura vegetal e aumento de áreas de infiltração como pavimentos permeáveis, valas e poços de infiltração; implantação de reservatórios que retêm parte do volume do escoamento superficial, reduzindo os picos de vazão, esses reservatórios podem ser, segundo Tassi (2002), ao nível do lote ou da bacia, podendo-se combinar estruturas com princípios de infiltração e armazenamento; e modificações no rio como, retificação, alargamento e construções de canais, redução da rugosidade, dragagem, aumento da declividade, construção de diques e *polders*, entre outras soluções que visam o aumento do escoamento dos canais naturais.

De acordo com Tucci (2002), a proteção completa contra enchentes exigiria a implantação de uma obra de proteção contra a maior enchente possível, o que é fisicamente e economicamente inviável na maioria dos casos, portanto as medidas estruturais ou qualquer

outra medida são projetadas normalmente para minimizar os efeitos das enchentes, de acordo com os riscos que se possa assumir.

2.4.2. Medidas não-estruturais

A implantação de medidas não-estruturais visa controlar e minimizar os efeitos das enchentes, não por meio de obras e transformações dos sistemas fluviais, mas pela introdução de normas e regulamentações, que têm a finalidade de proporcionar uma melhor convivência da população com as cheias. Em conjunto, as medidas estruturais e não-estruturais podem propiciar maior segurança contra inundações, reduzindo significativamente seus efeitos danosos com um custo menor de implantação, uma vez que, de acordo com Tucci (2002), as medidas não-estruturais apresentam menores custos em relação às medidas estruturais.

Através das medidas não-estruturais, os inconvenientes causados por inundações são minimizados por meio de regulamentações de uso e ocupação do solo, construções à prova de enchentes, seguros contra enchentes, previsão e alerta de inundações. Algumas soluções que podem ser implantadas neste sentido são: novas construções sobre pilotis, relocação ou proteção de estruturas e artigos que estejam em áreas inundadas, regulamentações de ocupação de áreas com risco de inundação, compra de áreas de inundação por parte do poder público, construção somente de obras que possam ser inundadas em áreas de enchentes, seguros contra inundação, serviços de alerta e previsão de enchentes, zoneamento ambiental, proteção e fiscalização de áreas de risco, entre outras ações.

Cabe ao poder público a implantação de medidas não-estruturais nos municípios, como a regulamentação do zoneamento urbano e uso e ocupação do solo, visando o controle da construção de edificações em áreas inundáveis e de riscos ambientais em geral. Para isso o poder público conta com ferramentas de planejamento e controle do desenvolvimento urbano que podem ser utilizadas para essa regulamentação, como os Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU), de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) e as demais legislações e leis orgânicas municipais. No entanto, a drenagem urbana está inserida no processo de planejamento global do município, devendo apresentar medidas estruturais e não-estruturais para controle de enchentes, na qual sua implantação está sujeita a compatibilização de interesses de atores locais, sobretudo na regulamentação do zoneamento urbano.

Segundo Tassi (2002), para que haja eficácia na implantação de medidas não-estruturais deve haver controle e fiscalização na implantação das obras públicas e de drenagem, na aprovação e fiscalização de projetos de loteamentos e ocupação em geral, sendo necessária a verificação de aspectos ambientais e da hidrologia urbana.

2.4.3. Controle do escoamento superficial no lote

O controle da inundação no local de geração do escoamento superficial ou no lote pode ser viável e tem sido considerado atualmente. Estas medidas ditas alternativas utilizam diferentes formas de retenção ou detenção das águas pluviais, como trincheiras de infiltração, microrreservatórios, pavimentos permeáveis etc.

A utilização de reservatórios para armazenamento de águas pluviais, dependendo do período de tempo envolvido, pode ser classificada como armazenamento de detenção ou de retenção do escoamento superficial. A detenção é caracterizada pelo armazenamento do escoamento superficial, por um período pouco maior que a duração da formação do mesmo, ao passo que na retenção este período é consideravelmente maior que esta duração de formação do escoamento. Segundo DAEE/CETESB (1980) o primeiro tipo requer reservatórios de volume menores, sendo mais comumente utilizado em drenagem urbana.

O controle do volume de escoamento de águas pluviais no lote já é proposto em algumas cidades brasileiras que sofrem com problemas causados por inundações. Essas alternativas visam prioritariamente reduzir os prejuízos e problemas causados por inundações. No entanto os benefícios atingidos podem afetar outros sistemas da cidade, como é o caso dos reservatórios e barragens, que podem beneficiar a cidade com parques, e no caso de reserva de água das chuvas nos lotes, essa água pode ser reutilizada de algumas formas como lavagens e limpezas. Na tabela 2.4 apresentam-se algumas formas de armazenamento de águas pluviais, em áreas distintas desde telhados até calçadas e vielas.

Tabela 2.4 – medidas para redução do escoamento superficial direto urbano. Fonte: DAEE/CETESB (1980).

Área	Redução do escoamento superficial	Retardamento do escoamento superficial
Telhado plano de grande dimensão	1.Armazenamento em cisternas. 2.Jardins suspensos. 3.Armazenamento em tanque ou chafariz.	1.Armazenamento no telhado, empregando tubos condutores verticais estreitos. 2.Aumento da rugosidade do telhado.
Estacionamento	1.Pavimento permeável. 2.Reservatório de concreto ou cisterna sob o estacionamento. 3.Áreas de armazenamento gramadas em torno do estaciona. 4.Valas com cascalho (brita).	1.Faixas gramadas. 2.Canal gramado de drenagem. 3.Armazenamento de retenção p/ áreas impermeáveis: pavimento ondulado, depressões, bacias.
Residencial	1.Cisternas p/ casas individuais, ou grupo de casas. 2.Passeios com cascalho. 3.Áreas ajardinadas em redor. 4.Depressões gramadas. 5.Recarga do lençol subterrâneo: tubos perfurados, cascalho (areia), valeta, cano (tubo) poroso, poços secos.	1.Reservatórios de retenção. 2.Utilização de gramas espessas (alta rugosidade). 3.Passeios c/ cascalho. 4.Aumento do percurso da água através de sarjetas, desvios, etc.
Gerais	1.Vielas c/ cascalho. 2.Calçadas permeáveis. 3.Canteiros cobertos c/ palhas ou folhas.	1.Vielas c/ cascalho.

2.4.3.1. Microrreservatórios

Os microrreservatórios de retenção são uma das alternativas consideradas no controle do escoamento superficial de águas pluviais, utilizados com a finalidade de promover a redução dos efeitos causados pela impermeabilização do solo nos meios urbanos. Podem ser implantados independentemente do uso do solo presente no lote, desde que haja espaço e local para sua implantação correta. O objetivo deste dispositivo é o controle local do escoamento superficial, através do armazenamento das águas pluviais captadas na unidade de implantação. De acordo com Costa Jr. (2003), os locais preferenciais para implantação desses dispositivos são jardins, praças, quintais, estacionamentos e parques. A água armazenada nesses dispositivos ainda pode ser utilizada para diversos fins, tais como: abastecimento de água (após tratamento), irrigação de grama e lavagem de superfícies ou automóveis, ou simplesmente, armazenada no dispositivo para posterior descarga no sistema urbano de drenagem. Em regiões com escassez de água potável, as águas podem ser coletadas de telhados, armazenadas, tratadas e utilizadas para fins domésticos.

Tais dispositivos têm como funções principais: o aumento do tempo de armazenamento das águas pluviais, o controle distribuído do escoamento na bacia hidrográfica, a minimização dos efeitos da impermeabilização do solo urbano, a recuperação da capacidade de amortecimento da bacia e a elevação do tempo de concentração, o fornecendo inúmeros benefícios ao sistema público de drenagem urbana. Além de, segundo Costa Jr. (2003), transferir ao construtor ou dono do lote, a obrigação de cuidar do aumento de escoamento superficial por ele gerado, de acordo com o grau de impermeabilização instalado, desafogando o sistema público que pode então investir em obras emergenciais ou manutenção do sistema existente.

Cruz (1998), utilizando modelagem matemática, simulou a implantação de diferentes tipos de estruturas para detenção de águas pluviais em lotes urbanos de diferentes tamanhos, entre 300 e 600 m², e sujeitos à taxas de impermeabilização progressiva de 0% (situação de pré-urbanização) a 100% (situação considerada mais desfavorável). Concluiu, então, que as estruturas simuladas mostraram-se eficientes na redução dos valores de pico de vazões dos hidrogramas, obtendo uma redução das vazões de pico à condição de pré-urbanização, sem grandes necessidades de área para implantação dos dispositivos. Como exemplo, verificou que para uma situação considerada como a mais desfavorável, ou seja, o maior lote totalmente impermeabilizado, necessitaria de um reservatório de 2,5 m³, para manter a vazão de pico desejada, ocupando uma área máxima em torno de 1% da área total do lote em planta.

Em estudo sobre a aplicabilidade de dispositivos de controle de inundação nos lotes, realizado em Jaboticabal/SP, Costa Jr. e Barbassa (2003), constataram que a necessidade de área livre não representou um parâmetro restritivo nos lotes analisados para implantação dos microrreservatórios. Também, observaram a grande aceitação na implantação desses dispositivos por partes dos moradores, com 82,8% de aceitação.

Tassi (2002), avaliou os efeitos da implantação de microrreservatórios de detenção em uma bacia hipotética, baseada em características físicas de uma bacia real. Ao simular a manutenção da vazão de pré-ocupação na saída do lote, verificou que os dispositivos possuíam descarregadores de fundo pequenos (entre 10 e 15 mm), o que poderia inviabilizar a estrutura, devido ao alto tempo de armazenamento e conseqüente falta de volume disponível para armazenamento de chuvas consecutivas. Ainda, verificou a necessidade da instalação de dispositivos de controle de entrada de folhas e sedimentos os quais poderiam obstruir a entrada dos descarregadores. Quanto aos efeitos sobre a macrodrenagem, as análises econômicas mostraram que a economia percentual, com relação exclusivamente à implantação das redes de drenagem chegou a 33%, ao manter a vazão do lote de acordo com a

vazão de pré-ocupação. Porém os gastos com a implantação ficariam por conta do proprietário do lote, transferindo a responsabilidade de controle dos excessos de vazão, do poder público ao proprietário.

A implantação dessa metodologia é um processo lento e trabalhoso de conscientização quanto aos deveres e responsabilidades sociais dos cidadãos, frente aos problemas gerados pela urbanização no meio urbano. Requer a participação de todos os atores envolvidos no planejamento urbano, desde a população e o poder público até os meios de comunicação, educação e profissionais envolvidos, disseminando em seus projetos e obras soluções sustentáveis de construção e manutenção das edificações.

2.5. Urbanização & impermeabilização do solo

Como já citado anteriormente, dois dos principais parâmetros condicionantes de vazões provenientes do escoamento superficial são o tempo de concentração e a porcentagem de área impermeabilizada da bacia. No entanto, esses dois fatores são influenciados fundamentalmente pela ocupação e uso do solo, ou seja, pelo processo de desenvolvimento urbano. Dessa forma, quanto maior for a impermeabilização do solo, menor será a infiltração da água no subsolo, fazendo com que a parcela de água que antes se infiltrava passe a escoar pelas vias, sarjetas e condutos, aumentando o volume de água no escoamento superficial e a velocidade desse escoamento. Conseqüentemente, os picos de vazão serão maiores, possivelmente causando inundações e prejuízos à população, e necessitando de maiores investimentos para implantação dos sistemas de drenagem urbana.

Além disso, a ocupação urbana nas cidades brasileiras tem visado tirar o maior proveito econômico, através da máxima densidade de construções e conseqüentemente da máxima impermeabilização do solo. Como citado anteriormente, a impermeabilização é um importante parâmetro para a caracterização dos impactos no meio urbano, porém é de difícil mensuração. Muitas têm sido as metodologias adotadas para a quantificação e análise deste parâmetro, entre elas a relação da impermeabilização como função de outros parâmetros urbanos, como o desenvolvimento da densidade demográfica e da taxa de ocupação.

Em um estudo realizado em Porto Alegre/RS, visando quantificar os impactos hidrológicos causados pela urbanização sobre o coeficiente de escoamento, Silveira (2000a), analisou uma série histórica de dados de chuvas e níveis d'água do rio Dilúvio, coletada na bacia deste rio, entre 1978 e 1981. Esses dados foram analisados conjuntamente com a taxa de urbanização da bacia (AURB) e a taxa de impermeabilização da bacia (AIMP), as quais representam, respectivamente, a porcentagem de área urbanizada e a porcentagem de área

impermeável presentes na bacia. Tais análises permitiram estabelecer curvas empíricas da evolução do coeficiente de escoamento global (C), que representa a parcela da chuva anual que é escoada, e do coeficiente de escoamento superficial (Cr), que representa a parcela de chuva que é escoada superficialmente, em um evento isolado, com as taxas de urbanização e impermeabilização. Segundo o autor, para se estimar o coeficiente de escoamento superficial pode-se igualá-lo a taxa de impermeabilização presente na bacia, pois as curvas obtidas para esses dois parâmetros ficaram muito próximas, conforme é apresentado na figura 2.9.

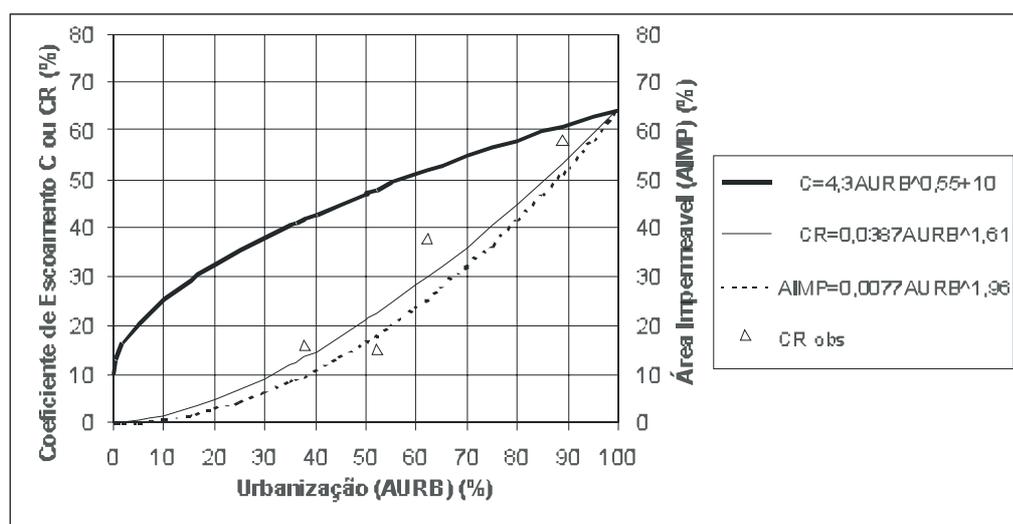


Figura 2.9 – Variação do coeficiente de escoamento superficial com a urbanização e impermeabilização da bacia. Fonte: Silveira (2000a).

Pilar e Depettris (2001) utilizaram imagens de satélite e fotografias aéreas para determinar a porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis em uma bacia urbana, com aproximadamente 27 Km², na cidade de Resistencia (Chaco, Argentina). A área estudada foi separada em sete sub-bacias, e foi utilizado o software de geoprocessamento Idrisi, para classificação das imagens obtidas do satélite “Landsat TM5”, com resolução espacial de 30m x 30m (píxel). As fotografias aéreas, em escala de 1:5000, foram utilizadas para identificar como seria a classificação das imagens de satélites. Segundo os autores, a metodologia é considerada eficaz e os resultados obtidos de boa qualidade, com esforço humano pequeno e necessidade de poucos equipamentos. Porém, esta metodologia não apresenta detalhamento das áreas urbanas, e as porcentagens de áreas impermeáveis e permeáveis são estimadas de maneira geral para toda bacia. De acordo com Campana (1995), este método fica restrito à macrodrenagem que não requer levantamento muito detalhado e à áreas não inferiores a 2 Km².

Para Lee e Heaney (2003), apesar de largamente utilizado, o sensoriamento remoto tem sua exatidão limitada e prejudicada por incluir áreas arborizadas, onde não se observa o solo e sim as copas das árvores, e pela baixa resolução. Segundo esses autores, também não se pode diferenciar, com este método, se as áreas impermeáveis estão ou não, conectadas diretamente aos sistemas de drenagem urbana.

Portanto, a utilização deste método pode ser imprópria, em áreas pequenas que apresentem reduzido número de pixels, ou quando houver necessidade de maior detalhamento e discretização das características de uso da bacia. Neste último caso, a caracterização do uso e ocupação dessas áreas deve ser realizada de maneira detalhada, de acordo com parâmetros urbanísticos que permitam as análises esperadas, e também auxiliem na elaboração dos projetos de drenagem urbana, na avaliação de legislações municipais e no planejamento urbano em geral.

Com este objetivo, Fontes e Barbassa (2001) desenvolveram um estudo estatisticamente planejado que possibilitou a caracterização da cidade de São Carlos/SP, através do detalhamento de quadras urbanas, com relação a diversos parâmetros urbanísticos, entre eles: a taxa de ocupação e impermeabilização (TOI), que é a proporção de área impermeabilizada em um determinado espaço. Para esta pesquisa, foram amostradas 208 quadras, para a vetorização de informações, a partir de mapas aerofotogramétricos e do levantamento de dados populacionais dos anos de 1998, 1988, 1978 e 1970. Ainda foram sorteadas 50 quadras para visitas de campo, com a intenção de avaliar a realidade dos parâmetros analisados, inclusive a impermeabilização, para o ano de 1998. A cidade foi separada em três zonas de expansão (central, intermediária e periférica), conforme a distância do centro. Segundo os autores, o estudo estatístico foi uma metodologia adequada ao trabalho, uma vez que, depois de encerradas as análises, as generalizações realizadas estavam em concordância com a realidade.

De acordo com Fontes e Barbassa (2001), as cidades vêm crescendo de maneira desordenada por todo país, acarretando impermeabilização indiscriminada do solo. Como já citado anteriormente, a quantificação das áreas permeáveis e impermeáveis, para a cidade de São Carlos, foi decorrência das visitas de campo. Esta medição permitiu entender e relacionar a distribuição de áreas permeáveis e impermeabilizadas dentro dos limites das quadras da cidade. Os resultados apontaram médias de áreas permeáveis de 22,39% na zona central, 28,34% na zona intermediária e 56,99% na zona periférica, para o ano de 1998, mostrando o aumento das áreas permeáveis no sentido centro-periferia, conforme pode-se observar na figura 2.10.

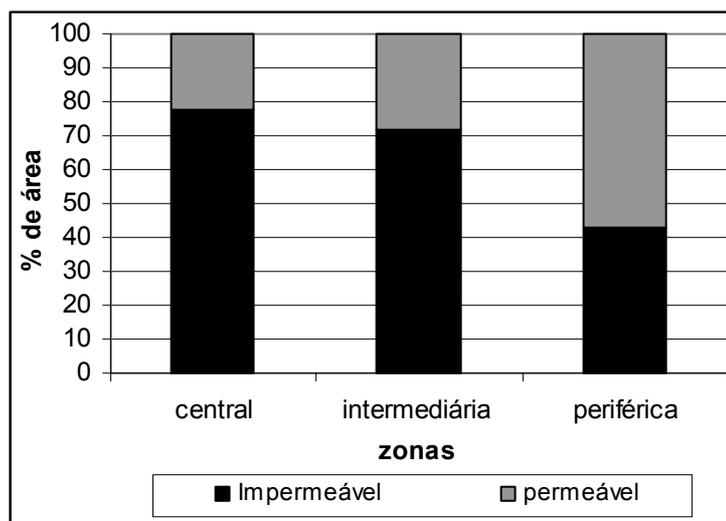


Figura 2.10 – Relação da média da porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis para a cidade de São Carlo/SP. Fonte: modificado de Fontes (2000).

Seguindo esta linha de pesquisa, Costa Jr. (2003) procurou avaliar o uso e ocupação em lotes de uma sub-bacia hidrográfica urbana no município de Jaboticabal/SP. A partir de um planejamento estatístico o autor sorteou 164 lotes para visitas de campo, estratificando-os conforme o tamanho do lote. Para a caracterização da sub-bacia, foram estimados alguns parâmetros, como a taxa de ocupação (TO), a taxa de ocupação e impermeabilização (TOI) e a área do lote. Os resultados confirmaram que a TOI e a TO decrescem com o aumento da área dos lotes. Segundo os resultados obtidos pelo autor, lotes com áreas menores de 160 m² apresentam, em média, apenas 2 % de áreas permeáveis, conforme pode ser observado na tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Comparação das médias de TO e TOI para a sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca, no município de Jaboticabal – SP.

Estrato	Lotes na SBHUPS (n)	Porcentag. na SBHUPS (%)	TO (%)		TOI (%)	
			Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Menores que 160 m ²	98	5,48	52,5	17,5	97,8	4,1
160 m ² a 300 m ²	737	41,46	47,3	19,3	84,0	26,3
300 m ² a 600 m ²	509	29,27	38,3	17,1	75,9	24,8
600 m ² a 900 m ²	54	3,05	26,0	9,6	73,6	35,0
900 m ² a 1500 m ²	43	2,44	12,0	3,9	43,8	43,1
Maiores que 1500 m ²	54	2,44	25,4	29,4	25,8	29,1
TO igual a zero	282	15,85	-	-	-	-
Total	1.777	100,0	-	-	-	-

Fonte: Costa Jr. (2003).

Com este estudo, também foram obtidas relações entre TO, TOI e área do lote, como apresentadas nas figuras 2.11, 2.12 e 2.13. Com essas relações, que são aleatórias e

representativas da população de lotes, a caracterização obtida para os lotes amostrados, na sub-bacia de Ponte Seca, pode ser estendida aos demais lotes da cidade de Jaboticabal e de outras cidades, contanto que tenham as mesmas características de Jaboticabal.

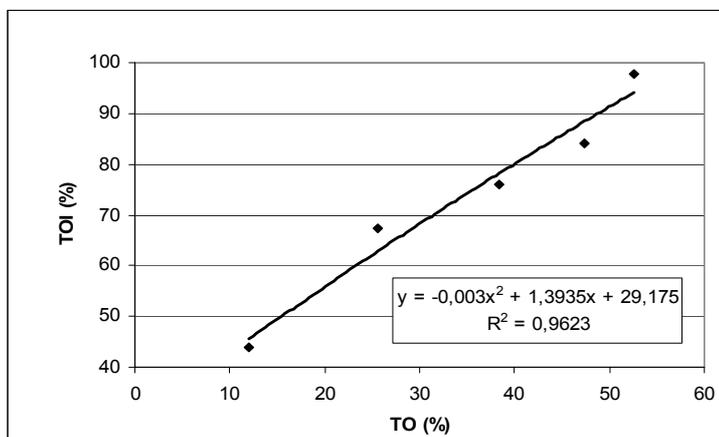


Figura 2.11 – Relação entre TO e TOI médias, sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca, no município de Jaboticabal – SP. Fonte: Costa Jr. (2003).

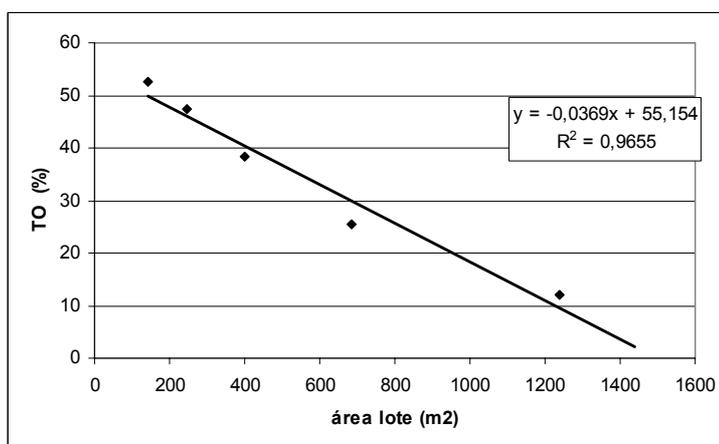


Figura 2.12 – Relação entre TO média e área média do lote, sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca, no município de Jaboticabal – SP. Fonte: Costa Jr. (2003).

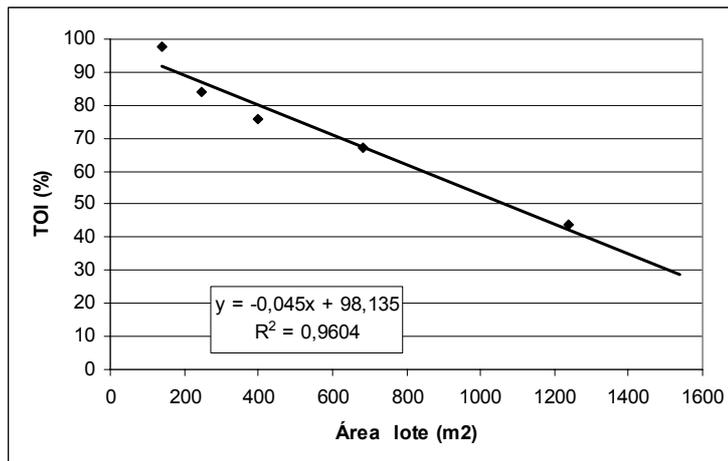


Figura 2.13 – Relação entre TOI média e Área média do lote, sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca, no município de Jaboticabal – SP. Fonte: Costa Jr. (2003).

A conectividade hidráulica dos lotes, quadras ou quaisquer outros elementos urbanos, ao sistema de drenagem é outro importante parâmetro, referente à impermeabilização e a impactos da urbanização, sendo considerada por alguns autores como as verdadeiras áreas de contribuição das bacias no escoamento superficial. Porém, poucos estudos têm sido realizados com o objetivo de quantificação e análise dessas áreas, devido às dificuldades para a realização detalhada dessa quantificação.

De acordo com Booth e Jackson (1997), apesar de largamente utilizado e aceitado na caracterização dos impactos causados pela urbanização sobre a hidrologia urbana, a porcentagem de área impermeável total (AIT) ainda apresenta algumas questões não resolvidas. Entre elas, a mais relevante é a distinção entre área impermeável total (AIT) e área impermeável efetiva (AIE). A AIT representa a porcentagem total de área impermeabilizada na bacia, ou seja, a quantidade de superfícies cobertas por edificações ou pavimentos que impeçam a passagem de água para o subsolo. Já a AIE é definida como a superfície impermeável diretamente conectada ao sistema de drenagem urbana. Ou seja, as áreas que contribuem efetivamente para o escoamento superficial direto, não passando por áreas permeáveis, nem tendo a oportunidade de se infiltrarem no solo.

Para Booth e Jackson (1997), o conceito de área impermeável pode ser considerado incompleto em duas situações: quando não se considera no escoamento superficial, a contribuição provinda de áreas com solo permeável que apresentam alto grau de compactação, de tal maneira que sua taxa de infiltração seja equivalente ao de áreas impermeáveis; ou quando se consideram no escoamento superficial, áreas impermeáveis que não estão diretamente conectadas ao sistema de drenagem, pois as águas escoadas passam por áreas permeáveis, tendo a oportunidade de infiltração de uma parcela dessas águas, que não

entrariam na quantificação do volume escoado superficialmente. Portanto, de maneira errônea, segundo os autores, em muitas oportunidades qualquer área impermeável é considerada AIE, sendo que a área impermeável efetiva é o parâmetro normalmente usado para caracterizar o desenvolvimento urbano em modelos hidrológicos.

Lee e Heaney (2003) realizaram um estudo sobre estimativa de impermeabilização e análise de seus impactos no sistema de drenagem urbana. Usando uma boa série de dados de 52 anos, de uma área residencial, em uma bacia com 5,95 hectares, de alta densidade, em Miami, Flórida. Os autores realizaram uma análise hidrológica, para avaliar as relações entre Área Impermeável Diretamente Conectada (AIDC) e seus impactos sobre o escoamento superficial. Os resultados mostraram que a área impermeável diretamente conectada (AIDC) cobria 44% da bacia, contribuindo com 72 % do volume do escoamento superficial total, durante os 52 anos correspondentes aos dados analisados.

Neste mesmo estudo, os autores relatam que em poucas pesquisas a AIDC tem sido medida com alto grau de detalhamento e exatidão. Dessa forma, as quantificações das áreas impermeáveis e AIDC foram detalhadas em cinco níveis de exatidão, desde dados provindos de relações obtidas via bibliografia até a utilização de geoprocessamento, fotografias aéreas e visitas de campo. Nas visitas de campo foram verificadas a conectividade hidráulica e as condições de cada superfície impermeável, inclusive as estruturas de descarga de águas pluviais provenientes dos telhados. Esse detalhamento foi aplicado a uma área residencial de 5,81 hectares em Boulder, Colorado.

Os resultados para esta área de estudo, indicaram uma área impermeável total (AIT) de 35,9 % e AIDC de 13 %. Ainda, observou-se que 97,2 % da AIDC estava sendo destinada à áreas referentes à vias de transporte. A modelagem hidrológica desta área mostra uma diferença nas vazões de pico da ordem de 265 %, de acordo com a impermeabilização medida nos diferentes níveis de detalhamento. Segundo os autores, esses resultados sugerem a necessidade de se focar nas AIDC, como o principal indicador dos efeitos da urbanização sobre a qualidade e aumento do escoamento superficial.

Boyd *et al.* (1993, 1994) analisaram dados de chuvas e escoamento superficial em 26 bacias urbanas, localizadas em 12 países, com o objetivo de prever o escoamento superficial proveniente de áreas permeáveis e impermeáveis. Foram consideradas duas séries de dados: a primeira série com escoamento superficial proveniente somente de áreas impermeáveis, para chuvas de baixa intensidade; a segunda série de dados com escoamento superficial proveniente tanto de áreas impermeáveis quanto permeáveis, porém para chuvas mais intensas. Segundo os autores, através dos cruzamentos dos dados de chuva e escoamento

superficial, pode-se identificar a área impermeável diretamente conectada (AIDC), utilizando as equações empíricas (2.8) e (2.9), a seguir. Os resultados dos cruzamentos apresentaram bons ajustes, com coeficiente de determinação (R^2) em torno de 0,85, porém a AIDC foi estimada por meio de mapas das bacias estudadas.

$$F_i = 0,75 * A_i / A \quad (2.8)$$

$$F_i = 0,87 * A_{ic} / A \quad (2.9)$$

Onde:

F_i – fração impermeável efetiva;

A_i – área impermeável total;

A – área total;

A_{ic} – área impermeável diretamente conectada (AIDC).

O desenvolvimento urbano causa diversos impactos ao ambiente e hidrologia local, sobretudo devido à impermeabilização do solo. Portanto este parâmetro é muito importante na quantificação das modificações e impactos hidrológicos ocorridos na bacia, devido a urbanização. No entanto, deve-se estar atento ao conceito de área impermeável diretamente conectada (AIDC), como a área que contribui efetivamente para o escoamento superficial, pelo menos para chuvas com baixa intensidade. Porém, a quantificação exata destes parâmetros é trabalhosa, exigindo grande número de horas de trabalho e disponibilidade de dados detalhados da bacia. Neste estudo, esta quantificação foi realizada para a cidade de Ribeirão Preto/SP, com a metodologia, resultados e conclusões apresentadas nos capítulos seguintes.

3. METODOLOGIA

A caracterização de área urbana implica no estudo e levantamento de grande número de dados. Mesmo restringindo a um aspecto urbano, o número de variáveis torna-se muito grande. Neste capítulo, descreve-se como e quais parâmetros estão sendo avaliados nesta pesquisa, de modo a atingir os objetivos propostos. Foram utilizadas diferentes bases de dados municipais e levantamento de campo, na coleta das informações necessárias. Apresentam-se na seqüência: a escolha do objeto de estudo, a definição de parâmetros de interesse, os procedimentos para obtenção de dados hidrológicos e urbanísticos.

A presente metodologia é baseada em um planejamento estatístico, para determinar quais e como os dados seriam coletados. O procedimento amostral utilizado é apresentado neste capítulo.

3.1. Caracterização do objeto de estudo

A cidade de Ribeirão Preto foi escolhida como objeto de estudo desta pesquisa, por se tratar de um pólo regional e uma cidade de porte médio. Além disso, grande parte da população sofre transtornos relacionados à drenagem urbana e má utilização e ocupação do solo urbano.

O Município está situado na porção nordeste do Estado de São Paulo, distante 319 Km da cidade de São Paulo. Apresenta altitude média de 531m e índice de cobertura vegetal de 5,98% (VIANNA, 2002). Ocupa uma área de 627 Km², sendo aproximadamente 140 Km² de área urbana (MONTEIRO *et al.*, 1999).

A cidade se destaca no cenário nacional como grande centro de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de saúde e setor agroindustrial. Também se apresenta como grande centro consumidor e pólo regional de comércio. Possui população de 505.012 habitantes, predominantemente urbanos, segundo dados do IBGE (2000). A tabela 3.1 mostra a evolução do número de habitantes urbanos e rurais nas duas últimas décadas.

Tabela 3.1 – Distribuição da população do município de Ribeirão Preto, por zonas residenciais. Fonte: IBGE (2000).

Ano	População Total	Zona Urbana		Zona Rural	
		Habitantes	%	Habitantes	%
1980	318.496	308.345	96,81	10.151	3,19
1991	430.884	423.564	98,30	7.320	1,70
1996	456.252	454.124	99,53	2.128	0,47
2000	505.012	502.333	99,47	2.679	0,53

O município de Ribeirão Preto está delimitado a NE pelo rio Pardo, afluente do rio Grande, e a SW pelo ribeirão da Onça, afluente do rio Mogi-Guaçu, contando com uma rede hidrográfica abundante e inserida na 7ª Zona Hidrográfica do Estado de São Paulo. Apresenta regime pluviométrico, com médias anuais entre 1.400 e 1.500 mm, predominantemente distribuídos em períodos de chuvas intensas de verão (MONTEIRO *et al.*, 1999).

Geologicamente, o Município abrange arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, basalto da formação Serra Geral e sedimentos aluvionares recentes. Estando situado na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná (VIANNA, 2002).

A formação Botucatu/Pirambóia está presente na porção leste do Município, onde sua constituição rochosa e essencialmente arenosa determina alta permeabilidade, possibilitando que essa porção do Município seja área de recarga do aquífero Guarani. Observa-se que a alta permeabilidade do solo torna o aquífero e o solo vulneráveis a contaminações. O restante da área do município de Ribeirão Preto encontra-se sobre a formação Serra Geral, que do ponto de vista hidrogeológico também apresenta alta taxa de infiltração.

O clima típico do Município é o tropical, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura com média mensal de 25° C e umidade relativa do ar de 68% na média (VIANNA, 2002).

A rede hidrográfica do Município é formada, pelas bacias dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, onde a maior parte da área urbana encontra-se na bacia do Pardo, possui relevo acidentado, com a presença de colinas entre os divisores das microbacias. Tal configuração geomorfológica, ou seja, uma depressão circundada por áreas elevadas limita a circulação das massas de ar, que juntamente com a escassez de cobertura vegetal contribui para elevação das temperaturas médias observadas na cidade.

A rede hidrográfica conta com diversos cursos d'água, com extensão de aproximadamente 60 Km, dos quais se destaca o ribeirão Preto e alguns de seus afluentes como os córregos Retiro Saudoso e Tanquinho, figura 3.1. Grande parte da área urbana do Município fica na bacia do ribeirão Preto, que se torna um elemento estruturador da cidade, por cruzá-la de sul a norte, além de apresentar os principais canais de drenagem da cidade. De acordo com Vianna (2002) apresenta potenciais subaproveitados.

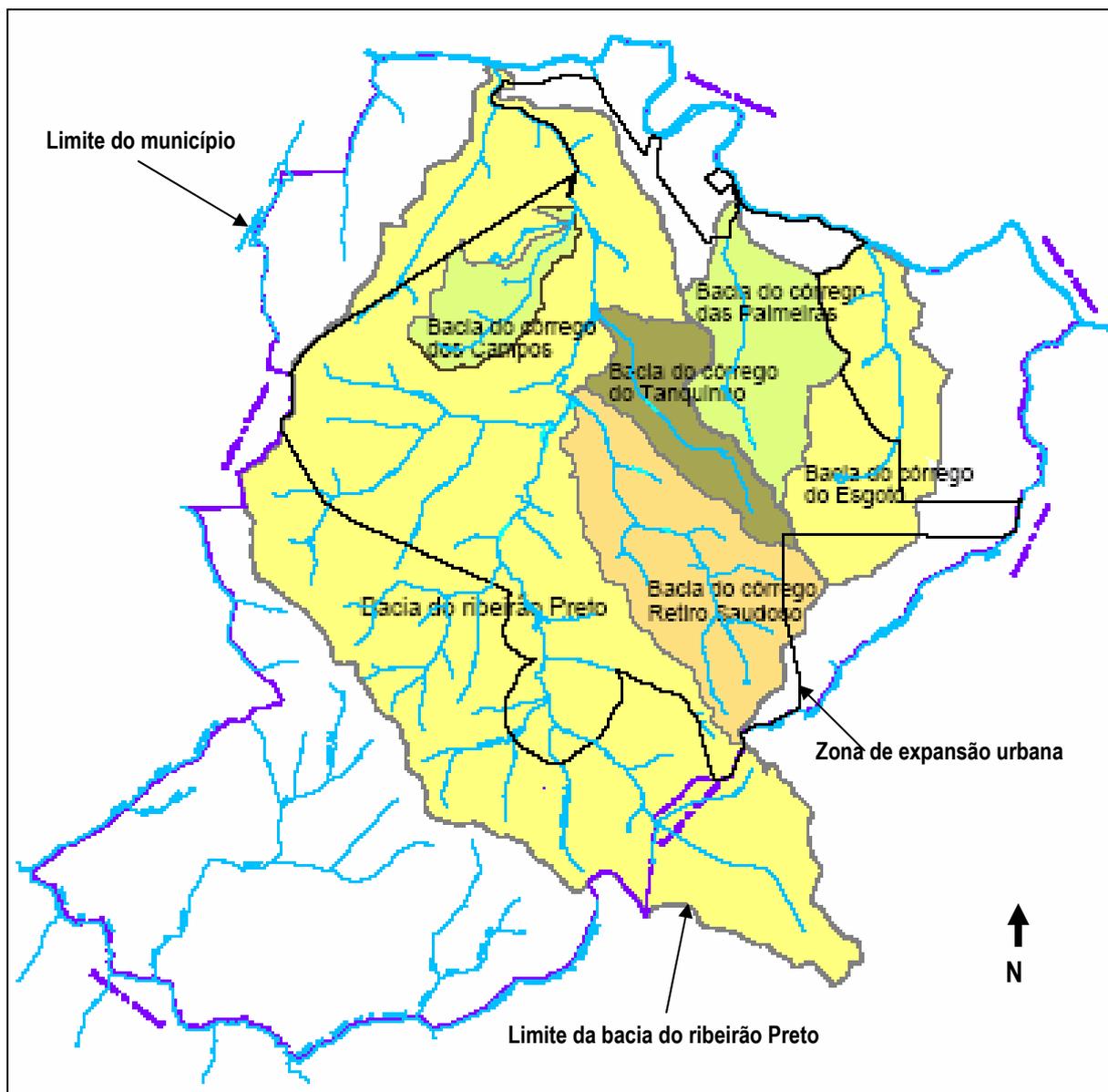


Figura 3.1 – Limites do município de Ribeirão Preto, principais bacias e rede hidrográfica.
Fonte: Modificado da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano – RP (2004).

3.2. Coleta de dados

3.2.1. Coleta de dados cadastrais da PMRP

Os dados cadastrais foram obtidos na Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SMPRP) e Companhia de Desenvolvimento Econômico de Ribeirão Preto (CODERP), empresa de capital misto responsável pelo armazenamento da base cadastral de dados da PMRP. Foram obtidas as seguintes informações cadastrais em arquivo digital com extensão (.mdb):

- Área do lote (m²);

- Área construída (m²);
- Número de pavimentos presentes na edificação;
- Uso do solo;
- Área construída em projeção horizontal (m²);
- Localização do lote;
- Número total de lotes na cidade.

Os dados dessa base cadastral são utilizados praticamente para todas as funções administrativas no Município como: cobrança, fiscalização, identificação de imóveis, planejamento urbano, etc., sendo suas informações constantemente renovadas, portanto podem ser considerados confiáveis.

Através dessas informações foram calculados os seguintes parâmetros:

- Área livre: corresponde à área do lote sem edificações (permeável e impermeabilizada);
- Taxa de ocupação (TO): relação entre a área construída em projeção horizontal e a área total do lote (porcentagem);

3.2.2. Coleta de informações por meio de mapas e ortofotos

Os mapas e as ortofotos foram obtidos na Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SMPRP). Foram fornecidas uma foto da cidade em escala 1:20000 e 41 fotos em escala 1:2000 das regiões onde estão os lotes sorteados, todas de setembro de 2001 e digitalizadas em extensão (.dwg) e (.jpeg). Os mapas estão digitalizados em extensão (.dwg).

Através da análise desta base de dados foram obtidos as seguintes informações e elementos morfológicos:

- Localização dos lotes sorteados;
- Gabarito inicial do lote;
- Disposição dos telhados nas edificações dos lotes sorteados;
- Separação e previsão inicial de área permeável, área impermeável diretamente conectada (AIDC) e área impermeável não conectada (AINC);
- Regiões censitárias do IBGE;
- Separação das bacias e sub-bacias hidrográficas;
- Localização e identificação de “vazios urbanos” e grandes lotes;
- Cálculo de área de lotes, área rural, área de vias, área verde e área total presente nas bacias e sub-bacias.

3.2.3. Coleta de dados através de visitas de campo

O número de lotes visitados foi definido através de um planejamento amostral aleatório e estratificado, sendo coletados os seguintes dados:

- Área permeável livre (m²);
- Área impermeável diretamente conectada (m²);
- Área impermeável não conectada (m²);
- Confirmação do uso do solo;
- Verificação da drenagem no lote;
- Gabarito definitivo do lote.

Através da manipulação desses dados foram levantados os seguintes parâmetros:

- Área impermeabilizada livre (m²): área livre do lote que foi impermeabilizada;
- Área impermeabilizada total (m²): somatória da área livre do lote que foi impermeabilizada e da área de projeção das edificações;
- Taxa de ocupação e impermeabilização (TOI): relação entre a área construída em projeção horizontal acrescida da área impermeabilizada e a área do lote (porcentagem);
- Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC) e área impermeável não conectada (AINC) presentes no lote;

3.2.4. Coleta de informações populacionais do IBGE

As informações populacionais foram fornecidas pela agência regional do IBGE em Ribeirão Preto, digitalizadas em extensão (.xls) e (.pdf). Foram obtidos, os seguintes dados do Censo Demográfico do ano de 2000:

- População residente no meio urbano e rural;
- Número de moradores por setor censitário;
- Densidade populacional por setor censitário para o ano de 2000.

3.3. Investigação da conectividade

Durante as visitas de campo, várias investigações foram realizadas, entre elas, a qualificação e a quantificação da conectividade hidráulica dos lotes. Para levantar dados sobre a conectividade dos lotes foram utilizadas as etapas descritas a seguir:

- Visita de campo 1 – durante a primeira visita de campo foram quantificadas as áreas permeáveis, bem como o croqui do lote com a disposição de áreas permeáveis,

construídas e impermeáveis. Também se avaliou, lote a lote, se nestes existiam AINC, essa primeira análise foi qualitativa, somente para saber se haviam ou não AINC nos lotes visitados;

- Identificação dos lotes que apresentavam AINC e localização destes lotes nos mapas e ortofotos;
- Digitalização dos lotes que continham AINC, a partir das ortofotos;
- Detalhamento dos telhados, com o objetivo de identificar o caminho das águas de chuvas que caem nos telhados;
- Visita de campo 2 – foi realizada uma segunda visita somente aos lotes que possuíam AINC, nesta segunda visita as AINC foram verificadas e separadas das outras áreas impermeáveis;
- Cálculo e quantificação das AINC, AIDC e AP.

A partir desta seqüência, foram levantados os dados sobre conectividade hidráulica nos lotes. As ruas e calçadas também foram observadas, porém todas as ruas e calçada dos lotes visitados se apresentavam conectados, pois todas continham sistema de microdrenagem.

3.4. Estratificação das amostras

Através da estratificação dos lotes urbanos, procurou-se abranger e agrupar todas as unidades amostrais com características semelhantes. Como a cidade de Ribeirão Preto apresenta grande variabilidade de uso e ocupação do solo. Na estratificação proposta, levou-se em consideração as características dos lotes que poderiam ser conhecidas previamente.

A estratificação foi realizada de acordo com o uso do solo. Para os lotes com uso residencial criou-se novos estratos, levando-se em consideração a área do lote, com intervalos de área escolhidos de forma a manter a homogeneidade e as características em comum entre os lotes dos diferentes estratos residenciais.

Depois de separados os lotes vagos, somente os lotes ocupados foram analisados, por apresentarem as características de ocupação e impermeabilização desejadas para análise.

Por fim criou-se 11 estratos, classificados da seguinte forma:

- Estrato 1 – formado por lotes institucionais, ou seja, ocupados por edificações ou áreas voltadas ao atendimento de interesses públicos, de capital público ou privado;
- Estrato 2 – lotes comerciais e industriais, ocupados por empresas de capital privado;
- Estrato 3 – lotes mistos e outros, ou seja, lotes ocupados com múltiplas utilizações ou que não se encaixam nas demais classificações.

Os lotes residenciais foram re-estratificados de acordo com a área do lote, da seguinte maneira:

- Estrato 4 – lotes residenciais com área menor que 125 m²;
- Estrato 5 – lotes residenciais com área entre 125 m² e 200 m²;
- Estrato 6 – lotes residenciais com área entre 200 m² e 300 m²;
- Estrato 7 – lotes residenciais com área entre 300 m² e 400 m²;
- Estrato 8 – lotes residenciais com área entre 400 m² e 600 m²;
- Estrato 9 – lotes residenciais com área entre 600 m² e 1200 m²;
- Estrato 10 – lotes residenciais com área superior a 1200 m²;
- Estrato 11 – lotes verticalizados, ou seja, ocupado por edifícios em altura, superior a três pavimentos, independente do uso.

3.5. Estudo estatístico

O tamanho da amostra pesquisada através da coleta de campo foi definido conforme o planejamento estatístico por amostragem estratificada aleatória e proporcional. Necessitou-se previamente da escolha de uma variável principal e o cálculo da variância desta variável, além do elemento morfológico a ser estudado.

Para o elemento morfológico escolheu-se uma unidade espacial que estivesse presente em toda a área urbana do município de Ribeirão Preto, além de proporcionar análises e cruzamentos diversos dos dados a serem coletados. Portanto, a unidade amostral adotada foi o lote.

A variável principal utilizada para definir o tamanho da amostra foi a taxa de ocupação (TO), por ser um parâmetro urbanístico relacionado à área construída e área livre do lote.

O tamanho da amostra, ou seja, o número de lotes visitados foi determinado através da equação (3.1):

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\sigma^2 + (N - 1) * \left(\frac{E}{z}\right)^2} \quad (3.1)$$

Onde:

σ^2 : variância da variável principal – taxa de ocupação (TO);

N: tamanho da população – número total de lotes urbanos ocupados;

E: erro máximo admitido na estimativa da média;

Z: quantil da distribuição normal padrão correspondente a 95% de confiabilidade na estimativa da média.

Utilizando os dados cadastrais da Prefeitura municipal de Ribeirão Preto (PMRP), foram calculados os valores da TO para todos os lotes, e então determinou-se a variância desta variável, que foi calculada em: $\sigma^2 = (28,71)^2$.

A partir da equação (3.1) foram fixados: a confiabilidade de 95%, o erro máximo admitido na estimativa da média de 4%, a variância ($\sigma^2 = (28,71)^2$) e, considerando o tamanho da população de lotes ocupados $N = 125.445$, obteve-se o tamanho da amostra $n = 198$ lotes.

A adoção de 4% para o erro máximo admitido para a estimativa da média permitiu que o tamanho da amostra, estivesse de acordo com o tempo proposto para realização da coleta de dados, além de encontrar-se abaixo do limite normalmente utilizado de 5%.

Os lotes da população foram separados, a princípio de acordo com o uso do solo, proposto no cadastro técnico da PMRP. Após essa separação foram criados alguns estratos de forma a abranger todos os lotes ocupados, de acordo com usos semelhantes. Para os lotes com uso residencial realizou-se nova estratificação levando-se em consideração a área do lote. Ao todo foram criados 11 estratos.

Pode-se entender o estrato como sendo um subconjunto de lotes, que apresentem usos semelhantes ou no caso de lotes residenciais que tenham área compreendida em um determinado intervalo.

Para se determinar a proporção da amostra relativa a cada um dos 11 estratos, empregou-se os desvios padrão da TO referente a cada estrato, através da equação (3.2). A utilização do desvio padrão forneceu melhor distribuição e proporcionalidade das unidades amostrais aos estratos (tabela 3.2 – coluna 7 e 8), além de teoricamente distribuir melhor as unidades amostrais, pois os estratos que apresentavam maior variabilidade da TO tiveram maior número de unidades coletadas.

$$n_n = \frac{\sigma_n}{\sum \sigma_n} * n \quad (3.2)$$

Onde:

n_n : número de unidades amostrais por estrato para coleta de campo;

σ_n : desvio padrão calculado da TO de cada estrato;

$\sum \sigma_n$: somatório dos desvios padrões das TOs;

n : número total de unidades amostrais para coleta de campo.

A tabela 3.2 apresenta na primeira coluna a estratificação dos lotes. Também mostra o resultado final do planejamento amostral para todos os estratos. Nota-se que para a distribuição das unidades amostrais foram realizados três estudos: proporcional ao número de lotes por estrato, proporcional à porcentagem de área ocupada por cada estrato e proporcional à variabilidade da TO nos estratos. Observa-se, como citado anteriormente, que a melhor distribuição se deu no terceiro caso, justificando a sua utilização.

Tabela 3.2 – Estratificação e distribuição das amostras para visitas de campo.

Estratificação		Distribuição das amostras de acordo c/						
		n. de lotes por estrato		área ocupada pelo estrato		Desvio Padrão da TO		
		população/uso	amostras	área urbana	%	amostras	desv. Padrão	amostras
1	Institucional	592	1	4761449	6	12	27,65	26
2	comercial/industrial	8732	14	13278707	17	33	27,66	26
3	misto / outros	7352	12	10964801	14	27	21,72	20
	lotes residenciais							
4	r1: $\leq 125m^2$	14082	22	1393465	2	3	16,69	15
5	r2: 126 - 200m ²	43065	68	7534406	9	19	19,36	18
6	r3: 201 - 300m ²	28990	46	7254827	9	18	18,21	17
7	r4: 301 - 400m ²	8707	14	3013736	4	7	17,81	16
8	r5: 401 - 600m ²	6145	10	2931672	4	7	16,48	15
9	r6: 601 - 1200m ²	2270	4	1840170	2	5	16,01	15
10	r7: $> 1200m^2$	2416	4	16858484	21	42	10,69	10
11	lotes verticalizados	3094	5	10015900	13	25	21,67	20
	total	125445	198	79847617	100	198		198

Após a realização do planejamento amostral, realizou-se um sorteio dos lotes em cada estrato, a fim de identificar quais seriam os lotes analisados por meio da pesquisa de campo. A distribuição espacial dos lotes sorteados e visitados encontra-se na figura 3.2.

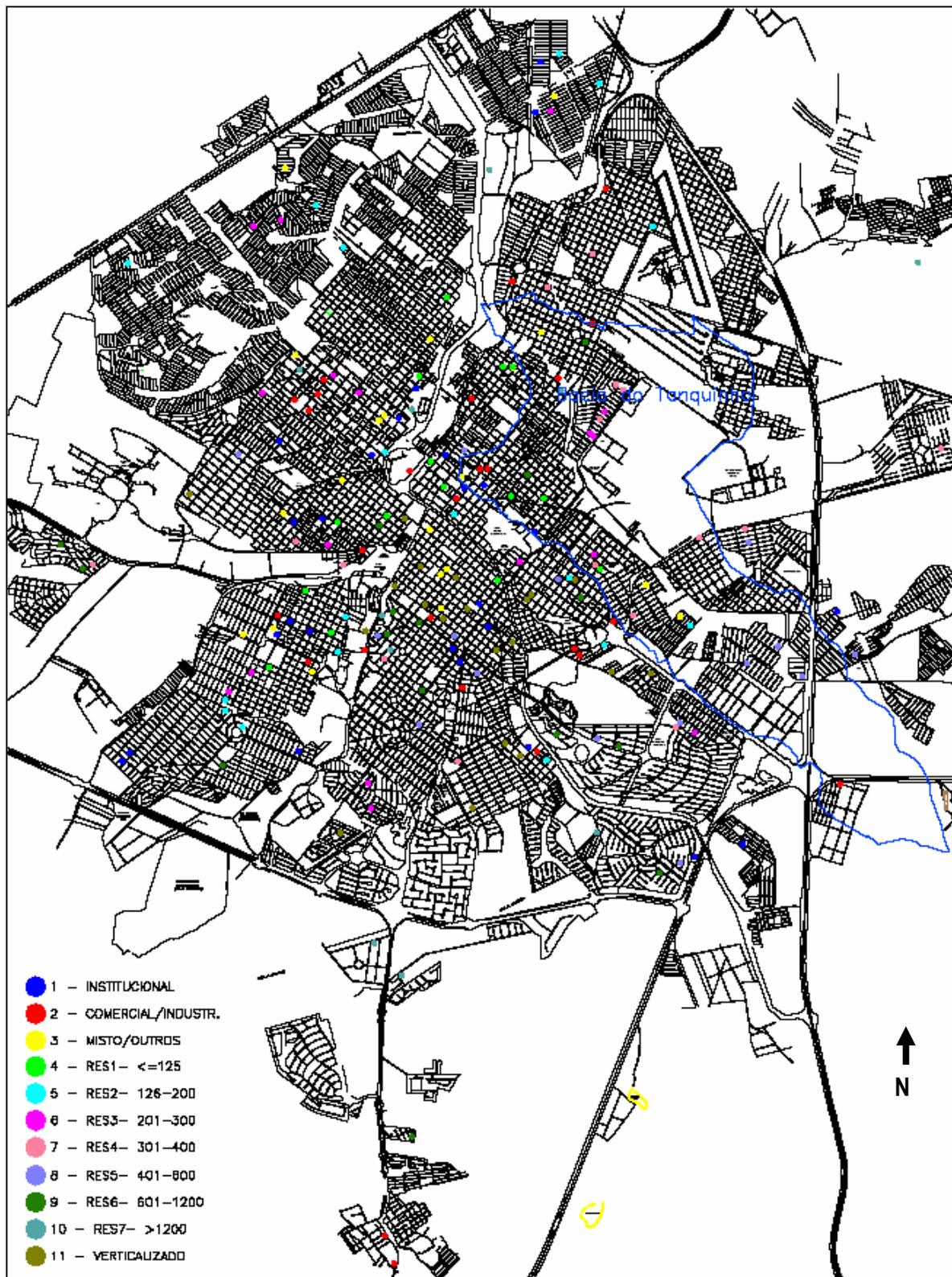


Figura 3.2 – Mapa de Ribeirão Preto com os lotes sorteados para visita de campo.

3.6. Análises realizadas

A área urbana de Ribeirão Preto foi estudada e caracterizada de acordo com o uso e ocupação do solo. A obtenção e definição dos parâmetros utilizados nesta caracterização são

apresentadas no item anterior 3.2. No entanto ressalta-se, neste item, a utilização efetiva dos seguintes parâmetros:

- Área total do lote (m²);
- Taxa de ocupação – TO (%);
- Taxa de ocupação e impermeabilização – TOI (%);
- Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC);
- Porcentagem de área impermeável não conectada (AINC);
- Porcentagem de área permeável;

Esses parâmetros foram utilizados na caracterização de cada lote visitado de acordo com os estratos propostos. A partir da análise individual de cada lote e dos dados obtidos, foram calculadas as médias por estrato para cada parâmetro. Dessa forma possibilitou-se uma série de análises, entre elas:

- Identificação dos estratos com maiores valores médios de TO, TOI, AIDC, AINC e AP por lote;
- Quantificação da área urbana ocupada por cada estrato;
- Identificação da porcentagem de ocupação, impermeabilização e conectividade hidráulica para cada estrato, indicando quais são os estratos que mais possuem área impermeabilizada e conectada em relação à área urbana ocupada da cidade.

Através dos valores obtidos para TO, TOI, AIDC, AINC e área do lote, foi possível estabelecer uma série de relações entre esses parâmetros. Isso possibilitou determinar estimativas da impermeabilização do solo e da conectividade hidráulica desde o lote até as sub-bacias e as bacias hidrográficas urbanas.

Utilizando-se os valores médios por estratos e as relações obtidas entre TOI, TO, área do lote e a densidade populacional realizou-se a comparação da ocupação e impermeabilização urbana de Ribeirão Preto com outras pesquisas.

No item 4.4 foram aplicados os valores médios da TO, TOI, AIDC, AINC e AP, obtidos por estrato, para estimar estes parâmetros para a bacia hidrográfica urbana do Tanquinho (BHT). Para isto, ponderou-se os valores médios dos parâmetros pela área ocupada por cada estrato na bacia, obtendo-se então um valor médio ponderado de TO, TOI, AIDC, AINC e AP para a BHT.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A caracterização urbanística e da superfície de contribuição da bacia hidrológica em Ribeirão Preto foi realizada a partir de análises de parâmetros relacionados ao uso e ocupação do solo. As variáveis pesquisadas foram: a taxa de ocupação (TO), taxa de ocupação e impermeabilização (TOI), densidade populacional, área impermeável não conectada (AINC), área impermeável diretamente conectada (AIDC), área permeável (AP) e área do lote.

Foram analisados os dados obtidos em lotes urbanos, coletados na Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (PMRP), no IBGE, em plantas, ortofotos e visitas de campo. Este estudo, conforme apresentado no capítulo da metodologia, empregou amostragem estratificada aleatória, sendo a estratificação realizada em função do uso do solo e tamanho do lote, ficando da seguinte forma:

- Estrato 1: lotes institucionais;
- Estrato 2: lotes comerciais e industriais;
- Estrato 3: lotes mistos e outros;
- Estrato 4: lotes residenciais com áreas menores que 125m²;
- Estrato 5: lotes residenciais com áreas entre 125 e 200m²;
- Estrato 6: lotes residenciais com áreas entre 200 e 300m²;
- Estrato 7: lotes residenciais com áreas entre 300 e 400m²;
- Estrato 8: lotes residenciais com áreas entre 400 e 600m²;
- Estrato 9: lotes residenciais com áreas entre 600 e 1200m²;
- Estrato 10: lotes residenciais com áreas superiores a 1200m²;
- Estrato 11: lotes verticalizados.

Foram apresentados inicialmente, o comportamento global de alguns parâmetros. Posteriormente, os dados gerais obtidos para Ribeirão Preto serão comparados com outros estudos sobre impermeabilização do solo.

Também foi proposta e realizada uma aplicação para a estimativa dos parâmetros analisados, em uma bacia hidrográfica no município. A bacia escolhida foi a do córrego do Tanquinho e os resultados obtidos são apresentados neste capítulo. Foi escolhida também, uma região para comparação de vazões, calculadas através do Método Racional, utilizando coeficientes de deflúvio direto, obtidos de maneira diferente, entre eles a AIDC e a ponderação dos valores de impermeabilização encontrados.

Por fim, as análises dos parâmetros observados são apresentadas de forma sucinta para cada estrato.

4.1. Análise geral dos estratos em Ribeirão Preto

Como citado anteriormente, os lotes urbanos ocupados do município de Ribeirão Preto foram separados em estratos, de acordo com o uso do solo. A partir dessa separação, apenas os lotes com uso residencial foram novamente estratificados de acordo com a área do lote.

Na tabela 4.1 mostram-se valores médios dos parâmetros estudados calculados para cada estrato. Nas colunas 1 e 2 têm-se o nome do estrato e o número de lotes amostrados em cada estrato; na coluna 3 o número de lotes em cada estrato; nas colunas 4 e 5, respectivamente, a área ocupada pelos lotes em Km² e a porcentagem de área representada por cada estrato com relação aos lotes ocupados no município. Nas colunas de 6 a 11 encontram-se, respectivamente, as médias obtidas para área do lote, TO, TOI, AIDC, AINC e AP.

Notou-se que os lotes analisados no estrato 10 apresentavam duas formas de ocupação distintas: os lotes com área até 2000 m² eram ocupados por residências de alto padrão e os lotes acima desta medida, ou eram ocupados por chácaras ou por grandes lotes com características de lotes vagos. Portanto com o objetivo de aglomerar lotes com características semelhantes, optou-se por separar e analisar o estrato 10, da seguinte maneira: em lotes residenciais com área entre 1200 e 2000 m²; e lotes com área acima de 2000 m².

Tabela 4.1 – Características gerais e valores médios da TO, TOI, AIDC, AINC, AP, área dos lotes para cada estrato.

Estrato	Nº. de Amost.	Nº. de lotes	lotes ocupad (km ²)	% área urbana c/ lotes ocup.	Área média p/ lote (m ²)	Resultados médios por estrato (%)				
						TO	TOI	AIDC	AINC	AP
1- Institucional	26	592	4,76	6	4105,5	54,3	79,8	74,7	5,1	20,2
2- comercial/ industrial	26	8732	13,28	17	816,7	67,3	85,6	76,8	8,8	14,4
3- misto / outros	20	7352	10,96	14	325,9	77,9	99,7	99,7	0,0	0,3
4- res1: ≤125m ²	15	14082	1,39	2	102,5	77,4	98,7	98,1	0,6	1,3
5- res2: 126 - 200m ²	18	43065	7,53	9	173,1	54,3	90,4	79,8	10,6	9,6
6- res3: 201 - 300m ²	17	28990	7,25	9	249,6	56,8	95,5	89,8	4,8	4,5
7- res4: 301 - 400m ²	16	8707	3,01	4	341,6	48,8	80,7	69,2	11,5	19,3
8- res5: 401 - 600m ²	15	6145	2,93	4	458,7	49,5	81,7	73,5	8,2	18,3
9- res6: 601 - 1200m ²	15	2270	1,84	2	812,9	41,2	73,4	64,1	9,3	26,6
10- res7: 1200-2000m ²	10	2416	1,18	1,5	1459,7	48,5	70,3	66,9	3,5	29,6
10- res7: >2000m ²			15,68	19,5	7596,9	3,5	4,5	0,0	4,5	95,5
11- verticalizados	20	3094	10,02	13	1275,6	54,6	93,0	92,5	0,5	7,0
Total	198	125445	79,85	100	-	-	-	-	-	-

Os valores médios de TOI, AIDC, AINC, AP (tabela 4.1) podem ser utilizados como estimativa desses parâmetros em bacias hidrográficas ou regiões específicas. Através da média destes parâmetros, ponderada em relação à área lote, pode-se avaliar melhor seu valor em relação à cidade, ou seja, quem e com quanto cada estrato contribui para a impermeabilização urbana, sendo este cálculo mais representativo que a simples média aritmética das TOIs para cada uso específico. Conforme sugerem as equações 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, pode-se avaliar, respectivamente, as porcentagens da TOI, AIDC, AINC e AP para a região ou bacia hidrográfica que se deseja analisar. No item 4.3 deste estudo, aplica-se resultados dos valores médios e as relações obtidas para a bacia hidrográfica do córrego do Tanquinho, município de Ribeirão Preto/SP.

$$TOI_{bacia} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^{i=n} TOI_i * A_i \quad (4.1)$$

Onde:

TOI_{bacia} – taxa de ocupação e impermeabilização média calculada para toda bacia, (%);

A_{total} – área total correspondente à bacia hidrográfica analisada;

TOI_i – taxa de ocupação e impermeabilização média por estrato ou uso do solo, (%);

A_i – área correspondente ao estrato ou uso do solo.

$$AIDC_{bacia} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^{i=n} AIDC_i * A_i \quad (4.2)$$

Onde:

$AIDC_{bacia}$ – porcentagem média de área impermeável diretamente conectada calculada para toda bacia, (%);

A_{total} – área total correspondente à bacia hidrográfica analisada;

$AIDC_i$ – média de área impermeável diretamente conectada por estrato ou uso, (%);

A_i – área correspondente ao estrato ou uso do solo.

$$AINC_{bacia} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^{i=n} AINC_i * A_i \quad (4.3)$$

Onde:

$AINC_{bacia}$ – porcentagem média de área impermeável não conectada calculada para toda bacia, (%);

A_{total} – área total correspondente à bacia hidrográfica analisada;

$AINC_i$ – média de área impermeável não conectada por estrato ou uso do solo, (%);

A_i – área correspondente ao estrato ou uso do solo.

$$AP_{bacia} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^{i=n} AP_i * A_i \quad (4.4)$$

Onde:

AP_{bacia} – porcentagem média de área permeável calculada para toda bacia, (%);

A_{total} – área total correspondente à bacia hidrográfica analisada;

AP_i – média de área permeável por estrato ou uso do solo, (%);

A_i – área correspondente ao estrato ou uso do solo.

Através das tabelas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7, observa-se, respectivamente, em ordem decrescente, quais são os estratos com maior representatividade com relação à área urbana, ao maior número de lotes urbanos, à maior média de área por lote, à maior TO média por lote, à maior TOI média por lote e à maior quantidade de AIDC média por lote.

Nota-se que os estratos com maior representatividade de área urbana, não são os que apresentam maior número de lotes, além disso, observa-se que a soma do número de lotes dos três primeiros estratos (residencial até 300m²) equivale a 68% do total de lotes urbanos ocupados, sendo que estes três estratos são os que apresentam menor média de área por lote.

Quanto à análise de ocupação e impermeabilização, observa-se através das tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 que os estratos com lotes mistos e residenciais com pequena área são os que mais ocupam, impermeabilizam e conectam hidráulicamente o lote aos sistemas de drenagem. Os que menos ocupam e impermeabilizam são os lotes residenciais com área superior a 600m², no entanto, nota-se que as taxas de impermeabilização e ocupação são altas, superiores a 70% e 40% respectivamente.

Porém, a partir das tabelas 4.8, 4.9 e 4.10 são apresentados, em porcentagem de área urbana ocupada, quais os estratos que mais contribuem com a TO, TOI e AIDC, respectivamente. Observa-se que os estratos que ocupam maior porcentagem de área urbana com áreas impermeáveis e AIDC são os estratos de uso comercial e industrial, de uso misto e de lotes verticalizados. Dessa forma, nota-se que o estrato de lotes residenciais com área inferior a 125m², que individualmente apresentam elevada TOI e AIDC, com valores superiores a 99,5%, quando analisados em relação a toda área urbana, não contribuem tanto, pois ocupam pouca área no total, apenas 1,4 km² (conforme tabela 4.2) o que representa 1,75% da área urbana ocupada.

Tabela 4.2 – Estratos que mais ocupam área urbana (km²).

Estrato	Área total (km²)
10- res7: >2000m²	15,7
2 - comercial/ industrial	13,3
3 - misto / outros	10,9
11 - verticalizados	10,0
5 – res2: 126 - 200m²	7,5
6 – res3: 201 - 300m²	7,3
1 - Institucional	4,7
7 – res4: 301 - 400m²	3,1
8 – res5: 401 - 600m²	2,9
9 – res6: 601 - 1200m²	1,8
4 – res1: =<125m²	1,4
10- res7: 1200-2000m²	1,2
TOTAL	79,8

Tabela 4.3 – Estratos que possuem maior número de lotes urbanos.

Estrato	número de lotes
5 - res2: 126 - 200m²	43065
6 - res3: 201 - 300m²	28990
4 - res1: =<125m²	14082
2 - comercial/ industrial	8732
7- res4: 301 - 400m²	8707
3 - misto / outros	7352
8 - res5: 401 - 600m²	6145
11 – verticalizados	3094
9- res6: 601 - 1200m²	2270
10- res7: >2000m²	1663
10- res7: 1200-2000m²	753
1 – Institucional	592
TOTAL	125445

Tabela 4.4 – Estratos que possuem maior área média por lote (m²).

Estrato	área média (m²)
10 - res7: >2000m²	7596,9
1 – Institucional	4105,5
10 - res7:1200-2000m²	1459,7
11 – verticalizados	1275,6
2 - comercial/ industrial	816,7
9 - res6: 601 – 1200m²	812,9
8 - res5: 401 - 600m²	458,7
7 - res4: 301 - 400m²	341,6
3 - misto / outros	325,9
6 - res3: 201 - 300m²	249,6
5 - res2: 126 - 200m²	173,1
4 - res1: =<125m²	102,5

Tabela 4.5 – Estratos que possuem maior TO média por lote (%).

Estrato	TO (%)
3 - misto / outros	77,97
4 - res1: =<125m²	77,45
2 - comercial/ industrial	67,26
6 - res3: 201 - 300m²	56,77
11 - verticalizados	54,64
1 - Institucional	54,34
5 - res2: 126 - 200m²	54,34
8 - res5: 401 - 600m²	49,53
7 - res4: 301 - 400m²	48,82
10 - res7:1200-2000m²	48,55
9 - res6: 601 - 1200m²	41,19
10 - res7: >2000m²	3,53

Tabela 4.6 – Estratos que possuem maior TOI média por lote (%).

Estrato	TOI (%)
3 - misto / outros	99,68
4 - res1: =<125m²	98,67
6 - res3: 201 - 300m²	95,49
11 - verticalizados	92,99
5 - res2: 126 - 200m²	90,36
2 - comercial/ industrial.	85,62
8 - res5: 401 - 600m²	81,68
7 - res4: 301 - 400m²	80,68
1 - Institucional	79,82
9 - res6: 601 - 1200m²	73,41
10 - res7: 1200-2000m²	70,35
10 - res7: >2000m²	4,48

Tabela 4.7 – Estrato que possuem mais AIDC média por lote (%).

Estrato	AIDC (%)
3 - misto / outros	99,68
4 - res1: =<125m²	98,09
11 – verticalizados	92,47
6 - res3: 201 - 300m²	89,84
5 - res2: 126 - 200m²	79,78
2 - comercial/ industrial	76,78
1 – Institucional	74,74
8 - res5: 401 - 600m²	73,47
7 - res4: 301 - 400m²	69,22
10 - res7: 1200-2000m²	66,88
9 - res6: 601 – 1200m²	64,08
10 - res7: >2000m²	0,0

Tabela 4.8 – Estratos que mais contribuem com TO em relação a toda área urbana ocupada (%).

Estrato	Área urbana (%)
2 - comercial/ industrial	11,21
3 - misto / outros	10,65
11 - verticalizados	6,85
6 - res3: 201 - 300m ²	5,19
5 - res2: 126 - 200m ²	5,11
1 - Institucional	3,20
7 - res4: 301 - 400m ²	1,90
8 - res5: 401 - 600m ²	1,80
4 - res1: =<125m ²	1,36
9 - res6: 601 - 1200m ²	0,93
10 - res7: 1200-2000m ²	0,73
10 - res7: >2000m ²	0,69
TOTAL	49,62

Tabela 4.9 – Estratos que mais contribuem com TOI em relação a toda área urbana ocupada (%).

Estrato	Área urbana (%)
2 - comercial/ industrial.	14,27
3 - misto / outros	13,62
11 - verticalizados	11,65
6 - res3: 201 - 300m ²	8,74
5 - res2: 126 - 200m ²	8,49
1 - Institucional	4,70
7 - res4: 301 - 400m ²	3,13
8 - res5: 401 - 600m ²	2,97
4 - res1: =<125m ²	1,73
9 - res6: 601 - 1200m ²	1,66
10 - res7: 1200-2000m ²	1,06
10 - res7: >2000m ²	0,88
TOTAL	72,90

Tabela 4.10 – Estrato que mais contribuem com AIDC em relação a toda área urbana ocupada (%).

Estrato	Área urbana (%)
3 - misto / outros	13,62
2 - comercial/ industrial	12,80
11 - verticalizados	11,59
6 - res3: 201 - 300m ²	8,22
5 - res2: 126 - 200m ²	7,50
1 - Institucional	4,40
7 - res4: 301 - 400m ²	2,69
8 - res5: 401 - 600m ²	2,67
4 - res1: =<125m ²	1,72
9 - res6: 601 - 1200m ²	1,45
10 - res7: 1200-2000m ²	1,01
10 - res7: >2000m ²	0,00
TOTAL	67,65

O conhecimento da superfície urbana, em especial de parâmetros ligados à impermeabilização do solo, como a TOI e TO, é essencial para o planejamento urbanístico, hidrológico e para estimar as relações e seus valores. A TOI pode ser estimada com relação a vários parâmetros, entre eles: a TO, a área do lote e a densidade populacional. Estas relações citadas são apresentadas a seguir.

4.1.1. Estimativa de TOI em função de TO

Observa-se na figura 4.1 a relação entre TOI média e TO média. Para esta análise, o estrato 10 foi separado conforme já explicado, em lotes com área entre 1200 e 2000m² e acima de 2000m². Nota-se que apenas o estrato 10 com área superior a 2000m² apresenta TOI com valor inferior a 70%. Quanto a TO, nota-se variação média entre 41,19% e 77,9%, com exceção do estrato 10 com área superior a 2000m².

Observa-se, na figura 4.1, que TOI versus TO apresenta um bom ajuste, mesmo quando relacionada conjuntamente com todos os diferentes estratos estudados. Os valores médios obtidos para TO e TOI apresentam uma boa aproximação da linha de tendência apresentada, e esta apresenta coeficiente de determinação (R²), superior a 0,94.

Quando excluídos desta mesma relação, os valores referentes aos estratos de lotes institucionais, residenciais com área superior a 2000m² e verticalizados, não se verificaram grandes alterações na linha de tendência, conforme apresentado na figura 4.2.

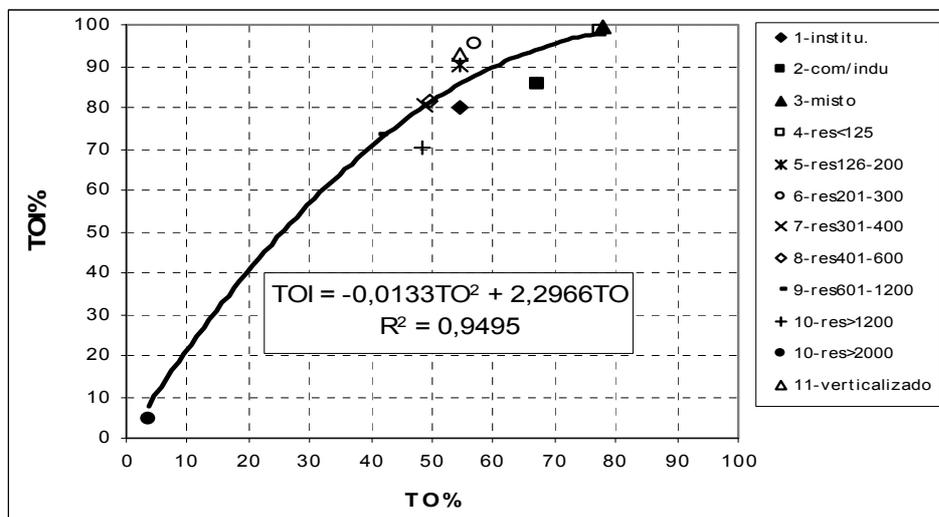


Figura 4.1 – Relação entre TOI (%) e TO (%) médias para todos os estratos (Ribeirão Preto).

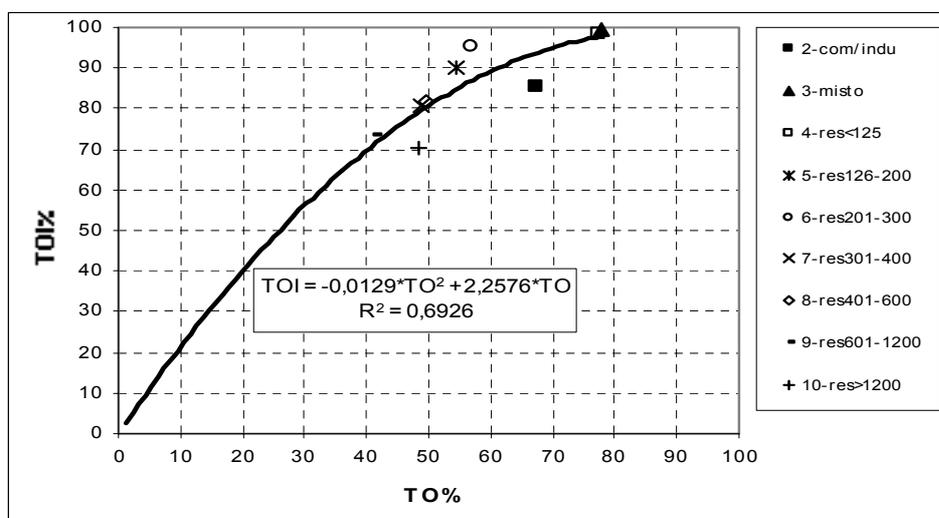


Figura 4.2 – Relação entre TOI (%) e TO (%) médias, excluindo-se os estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m² (Ribeirão Preto).

4.1.2. Estimativa de TOI em função da área do lote

Na figura 4.3, apresenta-se a relação entre a TOI média e a área média do lote para todos os estratos. Nota-se que alguns pontos encontram-se muito afastados da curva da linha de tendência, como os que representam o estrato de lotes institucionais e também o de lotes verticalizados. Além disso, observa-se que o estrato de lotes residenciais com área superior a 2000 m² destoa dos demais, por possuir características de grandes lotes vagos. Portanto,

sugere-se que a estimativa da TOI nestes estratos, em função da área do lote, seja realizada separadamente.

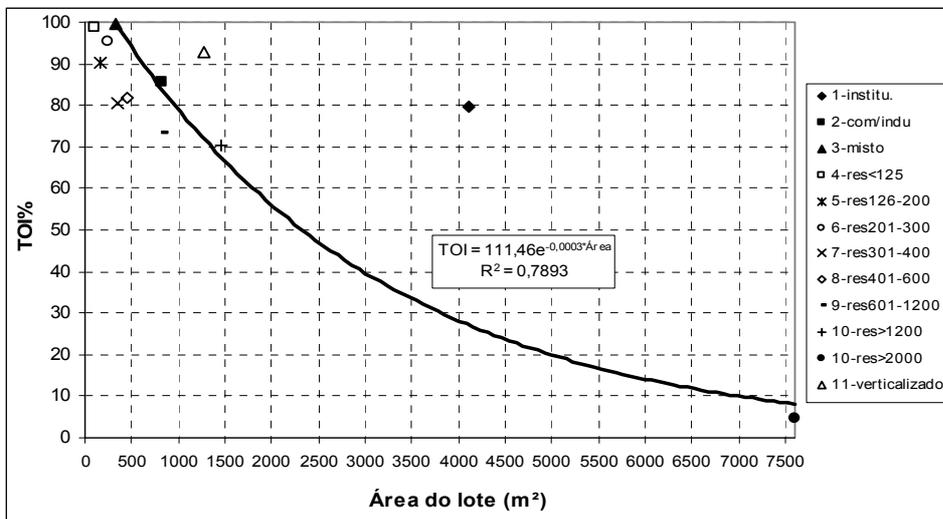


Figura 4.3 – Relação entre TOI média e área média, para todos os estratos (Ribeirão Preto).

Na estimativa de TOI em função da área média, apresentada na figura 4.4, não estão inseridos os dados referentes aos estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área superior a 2000 m². A estimativa da TOI para estes estratos é abordada separadamente nas análises realizadas para cada estrato. Nota-se, através da figura 4.4, que para áreas inferiores a 1600m², os valores médios de TOI excedem 70%, indicando alta impermeabilização em Ribeirão Preto, com relação a este parâmetro.

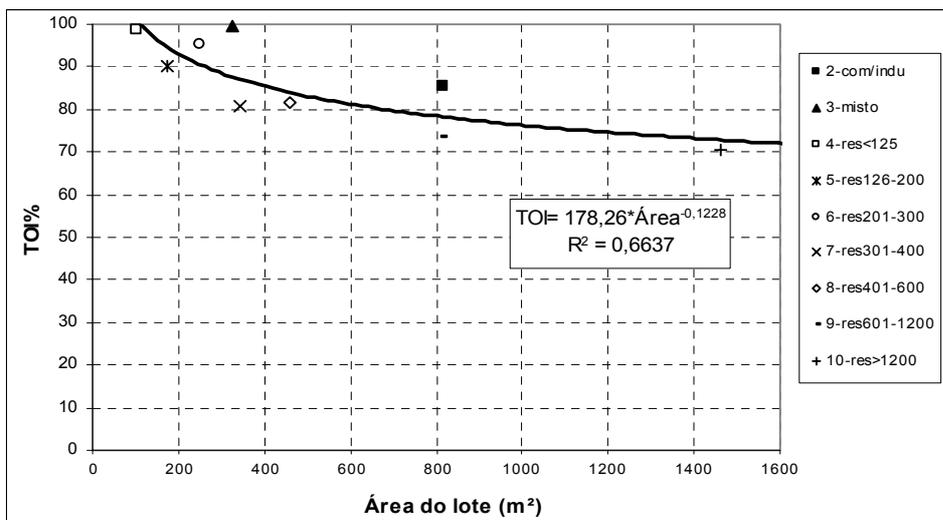


Figura 4.4 – Relação entre TOI média e área média, excluindo-se os estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m² (Ribeirão Preto).

4.1.3. Estimativa de TOI em função da densidade populacional

Na figura 4.5, apresenta-se a relação entre TOI e densidade populacional para todos os lotes residenciais e verticalizados amostrados. Através da linha de tendência observa-se suave estabilização da TOI em torno de 91%, para densidade superior a 100 hab/há. No entanto a variabilidade desses dados é muito grande, pois se observam lotes localizados em regiões com densidade inferior a 20 hab/ha, mas que apresentam TOI de 100%. Portanto conclui-se que esta não é uma boa relação, pois a TOI pode ser alta para qualquer valor de densidade.

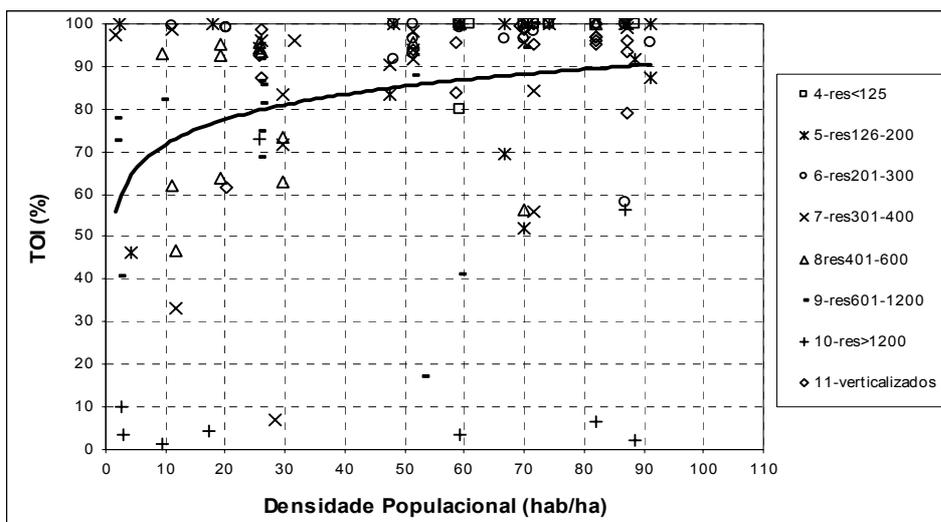


Figura 4.5 – Relação entre TOI e densidade populacional (hab/ha) para os lotes residenciais e verticalizados (Ribeirão Preto).

4.1.4. Análise de área impermeabilizada e conectividade hidráulica

A análise da porcentagem de área construída, área livre impermeável e área permeável, para cada estrato, podem ser feitas através da figura 4.6. Observa-se que o estrato com menor porcentagem de área permeável média e maior de área construída em projeção horizontal média é o de lotes mistos, devido aos diversos usos presentes nestes lotes e a necessidade de ocupação.

Quanto aos lotes residenciais (estratos de 4 a 10), nota-se o aumento de área permeável média para os estratos com lotes maiores. Uma exceção ocorre entre os estratos 5 e 6, porém os lotes do estrato 6, embora apresentem menos porcentagem média de área permeável, possuem menor incidência de TOI igual a 100%, como é observado nas análises separadas de cada estrato (figuras 4.47 e 4.53).

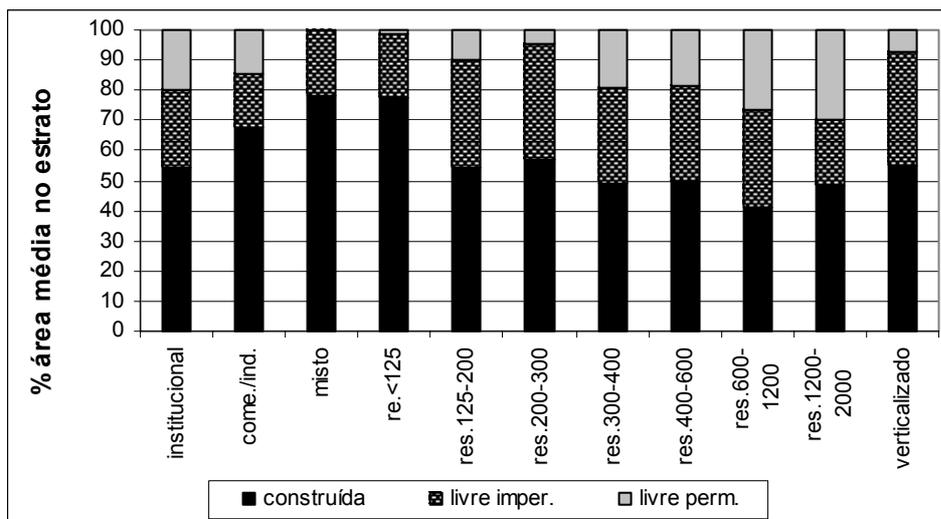


Figura 4.6 – Porcentagem média de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para os estratos (Ribeirão Preto).

A figura 4.7 mostra a porcentagem de área permeável e impermeável médias nas áreas livres dos estratos. Observa-se a equivalência entre os estratos 1 e 2, a baixa permeabilidade para os lotes mistos, a diminuição da impermeabilização de acordo com o tamanho dos lotes para os estratos residenciais, além da impermeabilização elevada para lotes verticalizados que em geral apresentam pequenos canteiros com jardinagem.

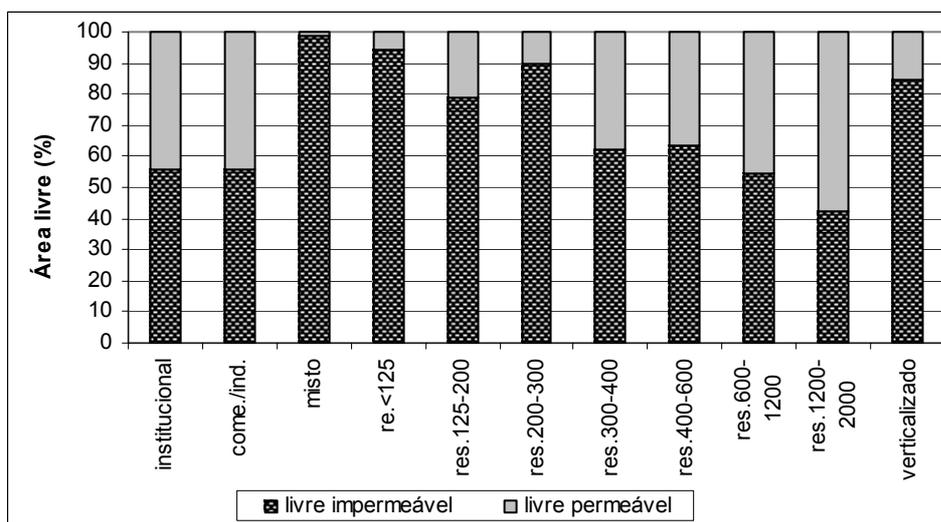


Figura 4.7 – Porcentagem média de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos estratos (Ribeirão Preto).

A conectividade hidráulica média dos estratos pode ser analisada pelas figuras 4.8, 4.9 e 4.10. Nota-se que a presença de AINC não é um parâmetro representativo nos lotes urbanos

de Ribeirão Preto, e que a maior média para este parâmetro encontra-se no estrato 7, de lotes residenciais com área entre 300 e 400m², com 11,5%, de acordo com a figura 4.8.

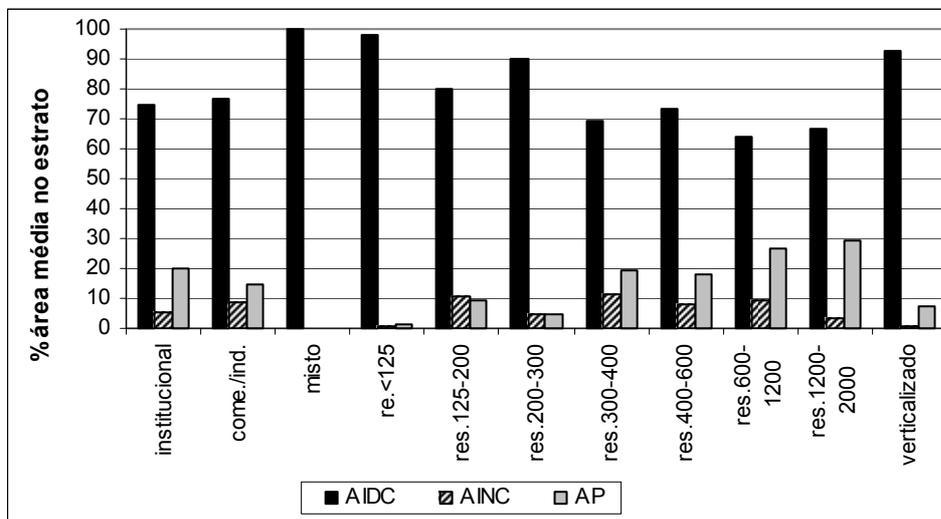


Figura 4.8 – Porcentagem média de AIDC, AINC e área permeável para os estratos (Ribeirão Preto).

Pela figura 4.9, observa-se a pouca diferença entre AIDC e TOI, justamente devido a pouca representatividade de AINC. Observa-se também, pelas linhas de tendência da figura 4.10, que o aumento da área do lote não altera consideravelmente a diferença entre AIDC e TOI. No entanto, pode-se estabelecer com estes valores uma relação entre AIDC e TOI, a partir da linha de tendência apresentada na figura 4.10.

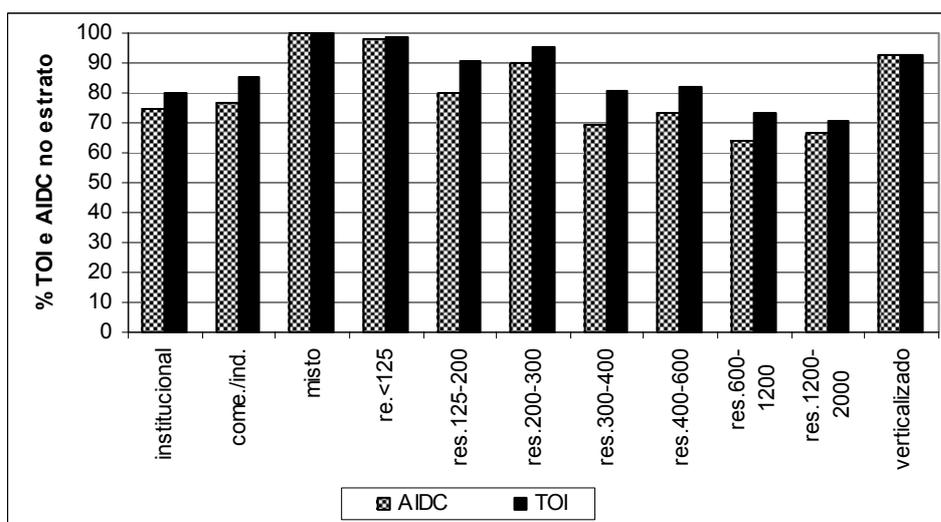


Figura 4.9 – Comparação da porcentagem média de AIDC e TOI para os estratos (Ribeirão Preto).

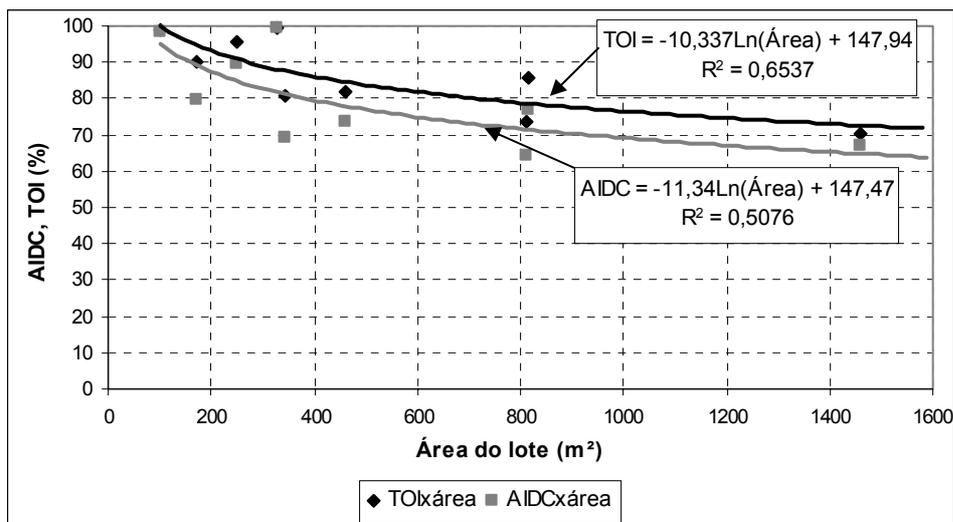


Figura 4.10 – Relações entre as médias de TOI, AIDC e área do lote, excluindo-se os estratos de lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área maior que 2000m² (Ribeirão Preto).

4.2. Análise de impermeabilização do solo em diferentes estudos

Em pesquisa realizada no município de Jaboticabal/SP, Costa Jr. (2003) avaliou o uso e ocupação do solo, na sub-bacia hidrográfica urbana de Ponte Seca (SBHUPS), através de um planejamento estatístico a partir de lotes urbanos. Os parâmetros analisados foram a TO, TOI e área, que foram estudados separadamente em estratos, de acordo com a área dos lotes.

Fontes e Barbassa (2001) realizaram uma pesquisa sobre urbanização e planejamento da drenagem urbana, no município de São Carlos/SP, onde, entre outros, foram analisados TO, TOI, área e densidade populacional. Estes parâmetros foram analisados a partir de um planejamento estatístico, tendo como unidades amostrais, as quadras urbanas, separadas em três regiões, de acordo com a proximidade do centro: zona central, zona intermediária e zona periférica.

Os valores encontrados por Fontes e Barbassa (2001) podem ser comparados aos de Ribeirão Preto, desde que observadas as diferentes formas de análises aplicadas para os dois estudos, uma vez que os autores fizeram suas análises a partir das quadras, independente de estarem ou não ocupadas; e para esta pesquisa foram analisados somente os lotes ocupados.

Na figura 4.11, apresenta-se a relação entre TO e área do lote, para Ribeirão Preto, São Carlos e a SBHUPS em Jaboticabal. Observa-se que as taxas de ocupação presente nos lotes em Ribeirão Preto são superiores às encontradas em Jaboticabal por Costa Jr. (2003) e São Carlos por Fontes e Barbassa (2001). Nota-se que a linha de tendência obtida para São Carlos não apresenta grande variação da TO com relação à área do lote.

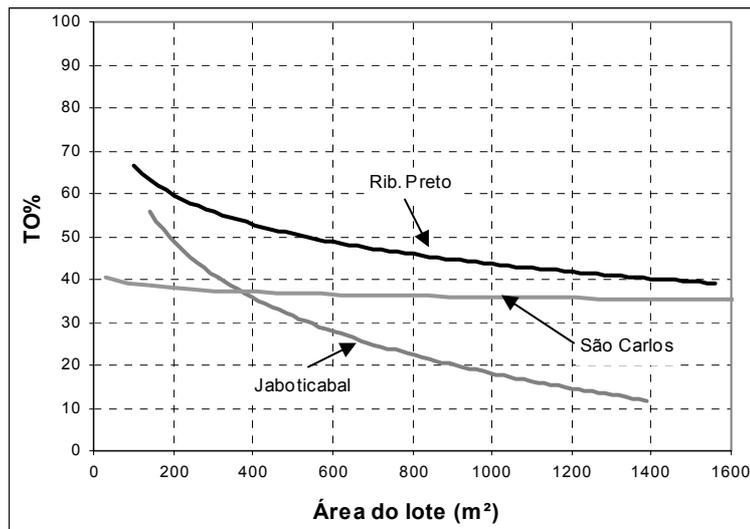


Figura 4.11 – Comparação das relações entre TO e área para lotes de Ribeirão Preto, São Carlos e da SBHUPS – Jaboticabal.

Na figura 4.12, apresenta-se a comparação das relações entre TOI e área dos lotes, para Ribeirão Preto, São Carlos e para a SBHUPS em Jaboticabal. Observa-se, pelas linhas de tendência, que a TOI também se mostra mais elevada nos lotes urbanos de Ribeirão Preto. Novamente a TOI encontrada para São Carlos apresenta pouca variabilidade com relação à área média dos lotes. Observa-se, pela correspondente curva, que os lotes da SBHUPS em Jaboticabal, com área menor que 300 m², apresentam TOI superior a 85%, porém para os lotes maiores que 1000 m², a TOI tende a ser menor que 50%.

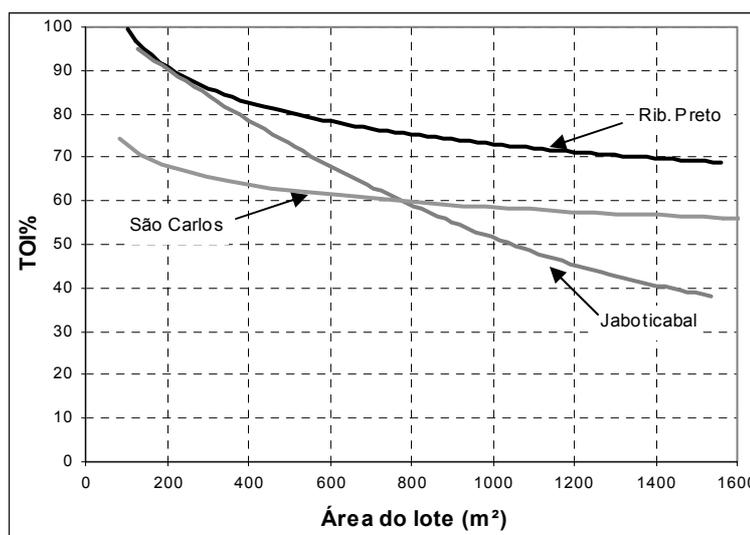


Figura 4.12 – Comparação das relações entre TOI e área para lotes de Ribeirão Preto, São Carlos e da SBHUPS – Jaboticabal.

Através da figura 4.13, são comparadas as relações entre TO e TOI, para os estudos realizados em Ribeirão Preto, São Carlos e Jaboticabal. Nota-se, pelas curvas obtidas, que os lotes da SBHUPS apresentam maior TOI nos lotes com mesma TO quando comparados aos lotes de Ribeirão Preto e São Carlos. Isto ocorre devido a maior taxa de ocupação encontrada em Ribeirão Preto, conforme apresentado na figura 4.11.

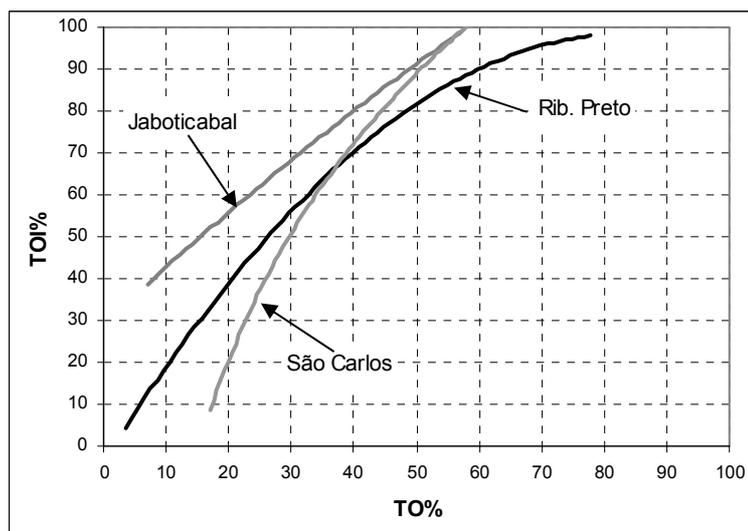


Figura 4.13 – Relação entre TO e TOI para Ribeirão Preto, São Carlos e Jaboticabal.

As relações apresentadas para São Carlos foram obtidas através dos dados de Fontes e Barbassa (2001), que representam valores médios de TO, TOI e área de lote, obtidos de quadras urbanas ocupadas ou não. Portanto, as comparações entre São Carlos e Ribeirão Preto são possíveis desde que tomados os devidos cuidados, a respeito dos diferentes objetos de estudo, diferentes maneiras de análise e coleta de dados.

Com relação à pesquisa realizada por Costa Jr. (2003), na SBHUPS em Jaboticabal, tem-se que em ambas as pesquisas foram utilizados como objeto de estudo, lotes urbanos ocupados e analisados em estratos, de acordo com a área. Portanto, a comparação entre as linhas de tendência e os valores obtidos por Costa Jr. (2003) e por esta pesquisa em Ribeirão Preto são possíveis e válidos.

As comparações entre Ribeirão Preto e Jaboticabal mostram que os lotes da SBHUPS apresentam menores valores de TO e TOI em relação à área, quando comparados com os lotes em Ribeirão Preto. Porém, apresentam maiores valores de TOI quando este parâmetro é comparado a TO, justamente devido a maior ocupação encontrada em Ribeirão Preto. Em ambos os casos, notam-se o declínio da porcentagem da TO e TOI em relação à área do lote,

além do crescimento da TOI com a TO e tendência à impermeabilização total para TO superior a 55% na SBHUPS e superior a 65% em Ribeirão Preto.

Para que os valores médios da TO e TOI para as cidades de São Carlos e Ribeirão Preto fossem analisados de maneira mais coerente, foi necessária a redistribuir das unidades amostrais desta pesquisa em três zonas de expansão de acordo com as regiões censitárias observadas nos cadastros do IBGE, da mesma forma como foi também realizado por Fontes e Barbassa (2001) para São Carlos, depois da exclusão dos lotes vagos nos dados obtidos para São Carlos.

Através da tabela 4.11, pode ser feita a comparação da TO média e TOI média para Ribeirão Preto e São Carlos, segundo as zonas: central, intermediária e periférica. Nota-se que os valores de TO encontrados para Ribeirão Preto são superiores aos encontrados em São Carlos, com diferenças entre 3,61% e 21,89%. Para TOI as diferenças ficam entre 1,91% e 4,79%. Nesta tabela, os dados obtidos por Fontes e Barbassa (2001) foram tratados de forma a excluir os lotes vagos das quadras. Portanto, para esta análise, foram consideradas, somente as áreas ocupadas obtidas para estes dois estudos. Com isto, observa-se a aproximação dos valores da TOI encontrados para as duas pesquisas.

Tabela 4.11 – Comparação da TO e TOI, somente de lotes ocupados, para as cidades de São Carlos (modificado de FONTES e BARBASSA - 2001) e Ribeirão Preto.

Zonas	São Carlos – FONTES (2001)		Ribeirão Preto	
	TO (%)	TOI (%)	TO (%)	TOI (%)
Central	48,50	89,32	70,39	92,38
Intermediária	44,55	81,25	57,17	86,04
Periférica	46,88	69,25	43,27	71,16

Na figura 4.14, apresenta-se a relação entre TOI e densidade populacional, em linhas de tendência, encontradas na presente pesquisa, em Ribeirão Preto, em São Carlos, por Fontes (2000) e no estudo realizado por Tucci *et al.* (1997). O estudo de Tucci *et al.* relacionou a área impermeável à densidade, em bacias urbanas de uso predominantemente residencial, em regiões metropolitanas, com dados obtidos a partir de fotografias aéreas e imagens de satélite.

A linha de tendência encontrada por Fontes (2000) foi desenhada, a partir de dados coletados em medições de 50 quadras, realizadas em visitas de campo. O uso predominante das quadras visitadas foi residencial.

Para esta pesquisa, a linha de tendência foi traçada a partir de dados coletados em visitas de campo, com medições em lotes urbanos ocupados. Como referido no item 4.1.3, para esta análise foram utilizados somente lotes residenciais e verticalizados.

Em todas as curvas, observa-se a tendência de estabilização da TOI em relação à densidade populacional, porém em valores diferentes. Na pesquisa de Fontes, nota-se a estabilização da TOI em torno de 80% e densidade de 110 hab/há; para Tucci *et al.*, em torno de 68% e densidade de 200 hab/há e, por fim, para Ribeirão Preto, observa-se a estabilização para densidade acima de 110 hab/ha, coincidindo com os valores encontrados por Fontes, porém com TOI em torno de 91%.

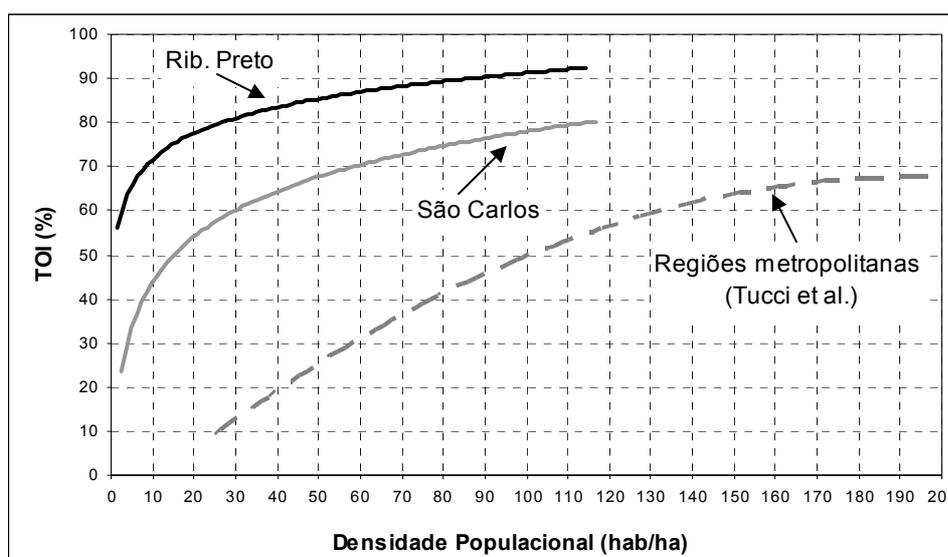


Figura 4.14 – Comparação entre as linhas de tendência relacionando TOI e densidade populacional, obtidas por Tucci *et al.* (1997), Fontes (2000) e a presente pesquisa.

A diferença entre as linhas de tendência obtidas por Fontes e esta pesquisa, nesta análise, pode ser explicada pelos diferentes objetos de estudo, uma vez que, o objeto de estudo de Fontes foram quadras urbanas, ocupadas ou não, de São Carlos e para esta pesquisa foram analisados somente lotes ocupados de Ribeirão Preto.

A diferença nas curvas encontradas por Tucci *et al.* (1997) e a presente pesquisa pode ser atribuída à utilização de metodologias diferentes na coleta de dados, diferentes fontes de dados e na definição de área impermeabilizada, além das altas taxas de densidade populacional encontradas nas regiões metropolitanas.

4.3. Aplicação dos resultados no cálculo de parâmetros de impermeabilização na Bacia Hidrográfica do Tanquinho (BHT) em Ribeirão Preto-SP

No item 4.1., foram apresentadas equações para a obtenção da média ponderada e os valores médios, por estrato, para os seguintes parâmetros: TOI, AIDC, AINC e área permeável. Estas equações e valores obtidos foram aplicados à bacia hidrográfica do

Tanquinho (BHT), com o objetivo de se obter uma estimativa atual e uma projeção futura destes parâmetros, para esta bacia. A BHT possui área de 20,37 Km², sendo que 14,91 Km² são urbanas, conforme se pode observar na figura 4.15.

O cálculo dos parâmetros para a BHT foi realizado em três situações diferentes: o primeiro, para a situação atual de ocupação da bacia (valores de 2004); o segundo, para uma situação futura em que os lotes vagos estariam ocupados; e, por fim, o terceiro, para uma situação futura onde tanto os lotes vagos quanto as áreas rurais estariam loteados e ocupados.

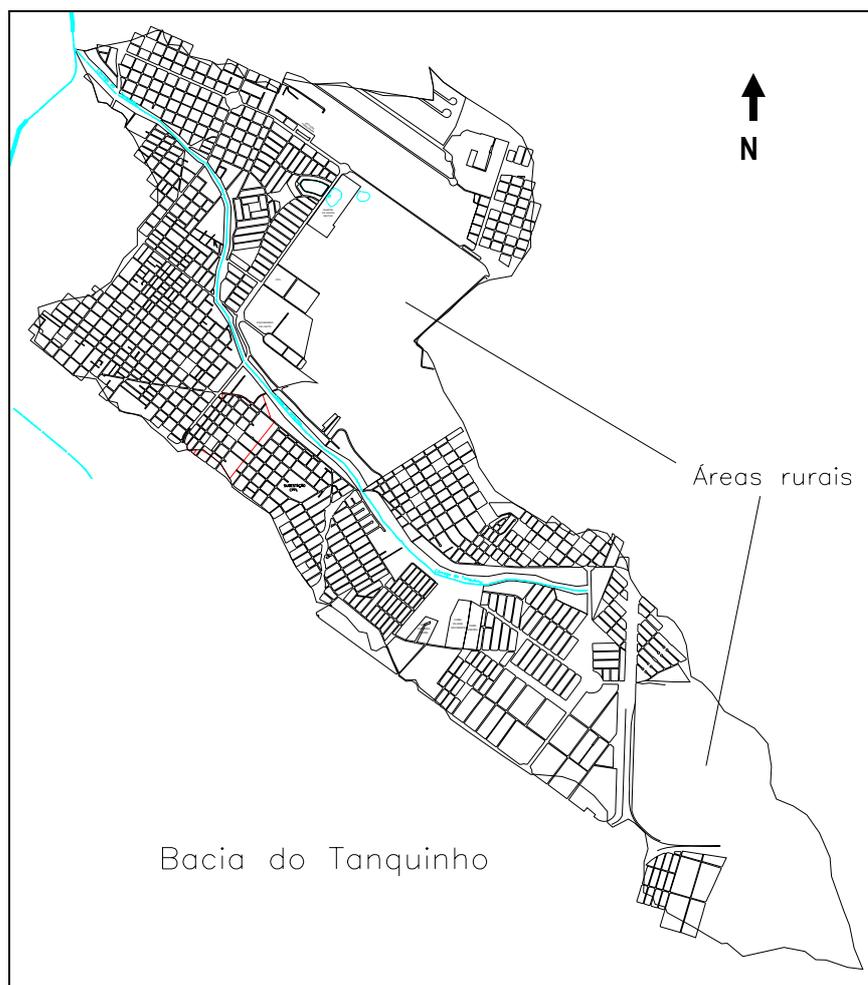


Figura 4.15 – Mapa da situação atual da Bacia hidrográfica do Tanquinho (Ribeirão Preto).
Fonte: Modificado da secretaria de planejamento urbano da PMRP (2003).

Primeiramente, através do cadastro da PMRP e mapas digitalizados da BHT, foram levantadas as áreas de lotes ocupados por estrato, de lotes vagos, de áreas rurais, de áreas verdes e áreas de arruamentos, além do número de lotes por estrato e a respectiva representatividade de cada estrato, bem como a forma de ocupação presente na bacia para a situação atual (valores referentes a 2004).

Juntamente com a quantificação das áreas, para cada uso específico encontrado na bacia, foram determinados os valores médios para cada estrato, contidos nas colunas 6 a 11 da tabela 4.1, os quais foram aplicados às equações (4.1), (4.2), (4.3) e (4.4), ponderando-se os valores médios dos parâmetros analisados para Ribeirão Preto pela área de cada uso presente na BHT.

Na tabela 4.12, apresenta-se a quantificação de áreas e número de lotes para cada estrato e a somatória desses valores para toda a BHT, para a situação atual (valores de 2004). Observa-se também os resultados da ponderação média referente a cada estrato ou uso, e os valores ponderados totais de TOI, AIDC, AINC e AP para a BHT. Na seqüência de cálculo, a seguir, é ilustrado como foi realizada a ponderação, aplicando-se a equação (4.1) e obtendo-se os valores da coluna 6 da tabela 4.12, referentes à ponderação média da TOI para a situação atual na BHT. Os demais parâmetros foram obtidos de maneira semelhante utilizando as equações (4.2), (4.3) e (4.4).

$$TOI_{bacia}(\%) = \frac{798*0,75}{20,37} + \frac{85,6*1,97}{20,37} + \frac{99,7*1,36}{20,37} + \frac{98,7*0,27}{20,37} + \frac{90,4*0,78}{20,37} + \frac{95,5*1,27}{20,37} + \frac{80,7*0,54}{20,37} + \frac{81,7*0,59}{20,37} + \frac{73,4*0,19}{20,37} + \frac{70,3*0,06}{20,37} + \frac{4,5*0,72}{20,37} + \frac{93*0,14}{20,37} + \frac{0,0*2,46}{20,37} + \frac{0,0*5,46}{20,37} + \frac{0,0*1,17}{20,37} + \frac{100*2,64}{20,37} \Rightarrow TOI_{bacia} = 47,75\%$$

Tabela 4.12 – Caracterização de áreas na BHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC (situação atual – valores de 2004).

Estrato/Uso	Lotes da BHT p/ estrato		Área da BHT p/ estrato		Valores médios ponderados por estrato em relação à BHT			
	número	(%)	(Km²)	(%)	TOI	AP	AIDC	AINC
1-Institucional	76	0,3	0,75	3,7	2,95	0,74	2,76	0,19
2-Com./ind.	1670	7,3	1,97	9,7	8,30	1,39	7,44	0,86
3-Misto	1203	5,3	1,36	6,7	6,68	0,02	6,68	0,00
4-Res<125	3049	13,3	0,27	1,3	1,32	0,02	1,31	0,01
5-Res125-200	4576	20,0	0,78	3,8	3,45	0,37	3,04	0,40
6-Res200-300	4972	21,7	1,27	6,2	5,94	0,28	5,59	0,30
7-Res300-400	1581	6,9	0,54	2,6	2,14	0,51	1,83	0,30
8-Res400-600	1249	5,5	0,59	2,9	2,37	0,53	2,14	0,24
9-Res600-1200	238	1,0	0,19	0,9	0,67	0,24	0,58	0,09
10-Res1200-2000	40	0,2	0,06	0,3	0,21	0,09	0,20	0,01
10-Res>2000	100	0,4	0,72	3,5	0,16	3,40	0,00	0,16
11-Vertical	167	0,7	0,14	0,7	0,62	0,05	0,61	0,00
12-Vagos	3909	17,1	2,46	12,1	0,00	12,06	0,00	0,00
13-Área rural	-	-	5,46	26,8	0,00	26,81	0,00	0,00
14-Área verde	-	-	1,17	5,7	0,00	5,74	0,00	0,00
15-Arruamentos	-	-	2,64	12,9	12,94	0,00	12,94	0,00
Total	22830	100	20,37	100				
Valores médios p/ toda bacia					47,75	52,26	45,14	2,55

Segundo a tabela 4.12, observa-se que a área permeável representa 52,26% da bacia, sendo superior a TOI de 47,74%. Quanto à conectividade hidráulica, nota-se que apenas 2,55% são AINC, o que representa 5,34% da área impermeabilizada. A superioridade de área permeável se deve ao fato de que atualmente 28,64% dos lotes estão vagos, ou seja, apresentam TO e TOI igual à zero. Estes lotes representam 15,61% da área total da bacia e, além disso, nota-se que 26,81% da bacia são ocupadas por área rural.

Na tabela 4.13, apresenta-se a quantificação de área e número de lotes por estrato, além das áreas rurais, áreas verdes e áreas de arruamento para a BHT, em uma situação futura onde os lotes vagos apresentados na situação anterior estariam ocupados. Para esta quantificação, a área destes lotes vagos e dos lotes residenciais, com área superior a 2000m², foi distribuída de forma proporcional nos outros estratos e áreas públicas, procurando representar uma situação futura de ocupação na bacia. Os valores da TOI, AIDC, AINC e AP foram obtidos por média ponderada, conforme ilustrado na situação anterior.

Tabela 4.13 – Caracterização de áreas na BHT e média ponderada de TOI, AP, AIDC e AINC (situação futura 1 – lotes vagos ocupados).

Estrato/Uso	Lotes da BHT p/ estrato		Área da BHT p/ estrato		Valores médios ponderados por estrato em relação à BHT			
	número	(%)	(Km ²)	(%)	TOI	AP	AIDC	AINC
1-Institucional	143	0,6	0,96	4,7	3,75	0,95	3,51	0,24
2-Com./ind.	2026	8,8	2,51	12,3	10,54	1,77	9,46	1,09
3-Misto	1470	6,4	1,73	8,5	8,49	0,03	8,49	0,00
4-Res<125	3695	16,1	0,35	1,7	1,68	0,02	1,67	0,01
5-Res125-200	5467	23,9	0,99	4,9	4,38	0,47	3,87	0,51
6-Res200-300	5930	25,9	1,61	7,9	7,55	0,36	7,10	0,38
7-Res300-400	1915	8,4	0,69	3,4	2,72	0,65	2,33	0,39
8-Res400-600	1516	6,6	0,75	3,7	3,02	0,68	2,71	0,30
9-Res600-1200	349	1,5	0,24	1,2	0,85	0,31	0,74	0,11
10-Res1200-2000	107	0,5	0,08	0,4	0,27	0,12	0,26	0,01
10-Res>2000	0	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
11-Vertical	212	0,9	0,17	0,8	0,78	0,06	0,78	0,00
12-Vagos	0	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
13-Área rural	-	-	5,46	26,8	0,00	26,81	0,00	0,00
15-Área verde	-	-	1,48	7,3	0,00	7,30	0,00	0,00
14-Vias imperm.	-	-	3,35	16,5	16,45	0,00	16,45	0,00
Total	22830	100	20,37	100				
Valores médios p/ toda bacia					60,49	39,51	57,38	3,04

Através da tabela 4.13, observa-se a diminuição da representatividade da área permeável em relação à situação anterior de 52,26% para 39,51% da bacia, tornando-se inferior a TOI que nesta situação representa 60,49%. Quanto à conectividade hidráulica, observa-se um pequeno aumento de AINC de 2,55% para 3,04%, porém representa apenas

5,02% da área impermeabilizada. Nota-se que, para esta situação, os 22.830 lotes presentes na bacia estão ocupados.

Na tabela 4.14, apresenta-se a quantificação de área e número de lotes por estrato, além das áreas verdes e áreas de arruamento para a BHT, em uma situação futura onde todas as áreas rurais existentes nas análises anteriores estariam loteadas e ocupadas. Para esta quantificação, as áreas rurais que sobraram na bacia, uma vez que os lotes vagos já foram ocupados na situação futura 1, foram distribuídas proporcionalmente entre os outros estratos e áreas públicas, com o intuito de representar uma situação futura de ocupação máxima para a bacia. Observa-se que a TOI, para esta situação, supera 82% para TO igual a 41,7%. O número de lotes aumenta de 22830 para 28951, devido ao parcelamento e ocupação das áreas rurais. Quanto às áreas permeáveis, observa-se a redução da representatividade para 17,35%, revelando a alta taxa de impermeabilização atual dos lotes ocupados.

Tabela 4.14 – Caracterização de áreas na BHT e ponderação média de TOI, AP, AIDC e AINC (situação futura 2 – lotes vagos e áreas rurais ocupados).

Estrato	Lotes da BHT p/ estrato		Área da BHT p/ estrato		Valores médios ponderados por estrato em relação à BHT			
	número	(%)	(Km ²)	(%)	TOI	AP	AIDC	AINC
1-Institucional	181	0,6	1,31	6,4	5,12	1,29	4,79	0,33
2-Com./ind.	2569	8,9	3,42	16,8	14,41	2,42	12,92	1,49
3-Misto	1864	6,4	2,37	11,6	11,60	0,04	11,60	0,00
4-Res<125	4686	16,2	0,47	2,3	2,30	0,03	2,28	0,01
5-Res125-200	6933	23,9	1,35	6,6	5,99	0,64	5,29	0,70
6-Res200-300	7520	26,0	2,20	10,8	10,32	0,49	9,71	0,52
7-Res300-400	2428	8,4	0,94	4,6	3,71	0,89	3,19	0,53
8-Res400-600	1922	6,6	1,03	5,0	4,12	0,92	3,71	0,41
9-Res600-1200	443	1,5	0,32	1,6	1,16	0,42	1,01	0,15
10-Res1200-2000	136	0,5	0,11	0,5	0,37	0,16	0,35	0,02
10-Res>2000	0	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
11-Vertical	269	0,9	0,23	1,2	1,07	0,08	1,07	0,01
12-Vagos	0	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
13-Área rural	-	-	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
15-Área verde	-	-	2,03	10,0	0,00	9,97	0,00	0,00
14-Vias imperm.	-	-	4,58	22,5	22,48	0,00	22,48	0,00
Total	28951	100	20,37	100,0				
Valores médios p/ toda bacia					82,65	17,35	78,40	4,16

Na figura 4.16, apresenta-se a comparação dos parâmetros de impermeabilização, analisados para as três situações de ocupação propostas para a BHT. Segundo as previsões de ocupação propostas, nota-se o aumento da TOI de 47,75% para 82,65% da área total da bacia e a diminuição das áreas permeáveis de 52,36% para 17,35% da área total da bacia. Quanto à conectividade hidráulica da bacia, nota-se o crescimento da AIDC acompanhando a TOI.

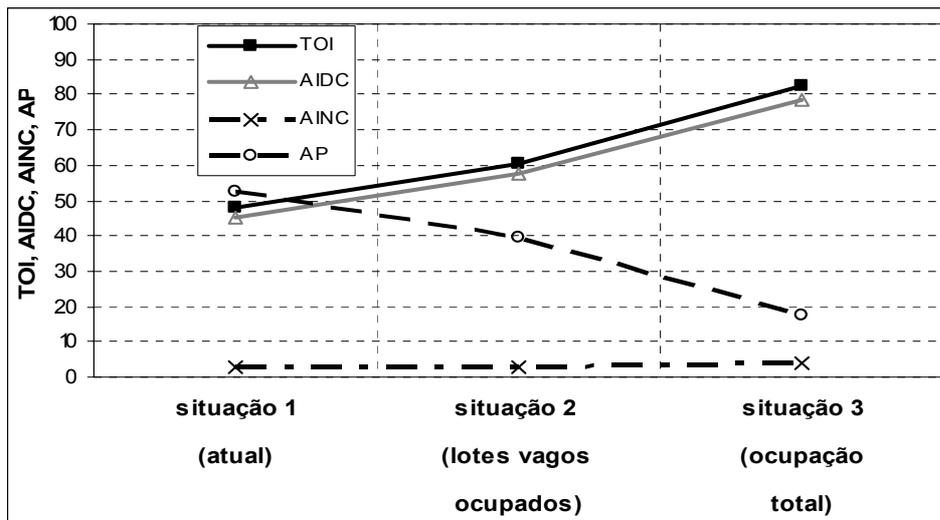


Figura 4.16 – Comparação da TOI, AIDC, AINC e área permeável para as diferentes situações propostas na bacia.

4.4. Cálculo de vazão em uma sub-bacia hidrográfica do Tanquinho (SBHT), para diferentes cálculos do coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial (C) está relacionado à parcela da chuva total que se transforma em chuva excedente. É função de uma série de fatores, tais como o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade da chuva, entre outros. Segundo Porto (1995), a adoção de um valor de C constante é uma hipótese pouco realista e deve ser feita com cuidado.

Para esta análise o valor de C foi determinado de três maneiras:

- Em função das características gerais de uso e ocupação presentes na sub-bacia, conforme os valores da tabela 2.2 apresentada no item (2.3.2.1) foi adotado C entre 0,5 e 0,6;
- Calculado o valor de C , ponderando-se as áreas às características específicas de ocupação e impermeabilização encontradas em cada estrato, conforme apresentado na tabela 2.3;
- E por fim, adotando-se o valor de C como sendo o valor médio de AIDC, calculado para a sub-bacia, conforme apresentado no item anterior para a BHT.

Para o cálculo das vazões de pico delimitou-se uma sub-bacia hidrográfica na BHT, conforme o projeto de galeria de águas pluviais fornecido pela Secretaria municipal de Infraestrutura de Ribeirão Preto (SMIERP). A área delimitada consiste em uma área urbana de aproximadamente $0,3 \text{ km}^2$ e composta por 526 lotes, conforme apresentado na figura 4.17.

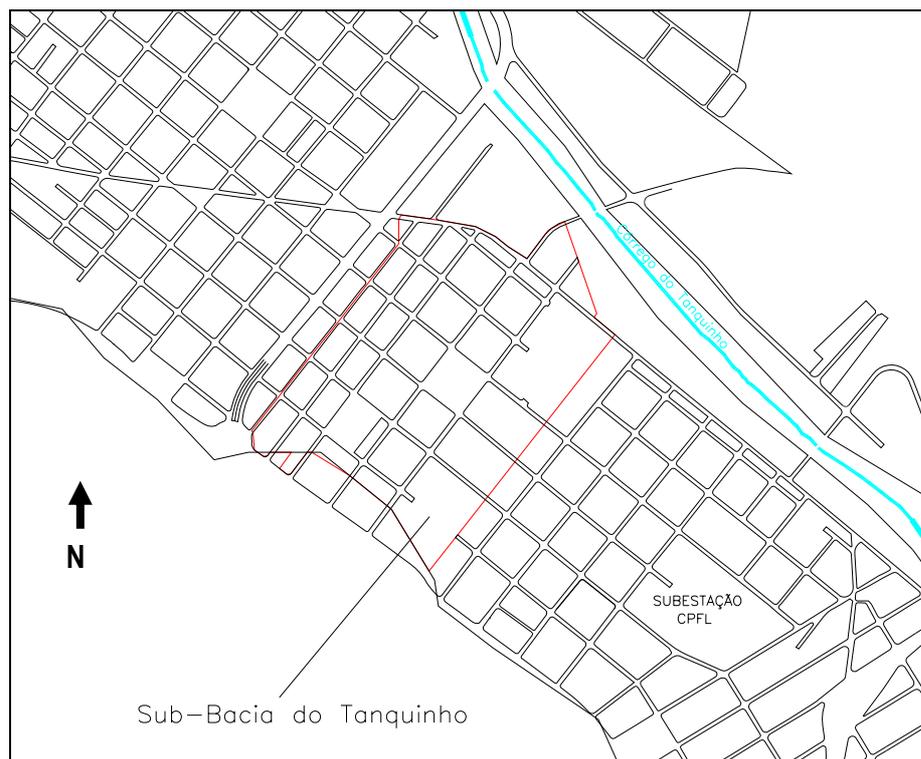


Figura 4.17 – Sub-bacia hidrográfica do Tanquinho (SBHT), área delimitada para cálculo de vazão.

Na tabela 4.15, apresenta-se a quantificação de áreas e a distribuição de lotes por estrato e a caracterização da sub-bacia em relação à média ponderada da TOI, AP, AIDC e AINC. Observa-se a alta taxa de impermeabilização desta área com TOI acima de 83% e AIDC representando 79,51% da SBHT. No cálculo das vazões para esta área, foram adotados valores para C iguais a 0,8 e 0,83, conforme aproximação dos valores de AIDC e TOI respectivamente.

Tabela 4.15 – Caracterização de áreas da SBHT e média ponderada da TOI, AP, AIDC e AINC, por estrato e total.

Estrato/Uso	Lotes da SBHT p/ estrato		Área da SBHT p/ estrato		Valores médios ponderados por estrato em relação à SBHT			
	número	(%)	(m ²)	(%)	TOI	AP	AIDC	AINC
1-Institucional	7	1,3	73151	24,5	19,54	4,94	18,30	1,24
2-Com./ind.	30	5,7	8889	3,0	2,55	0,43	2,28	0,26
3-Misto	24	4,6	9347	3,1	3,12	0,01	3,12	0,00
4-Res<125	22	4,2	2072	0,7	0,68	0,01	0,68	0,00
5-Res125-200	80	15,2	12701	4,3	3,84	0,41	3,39	0,45
6-Res200-300	243	46,2	63689	21,3	20,36	0,96	19,33	1,02
7-Res300-400	49	9,3	16387	5,5	4,43	1,06	3,80	0,63
8-Res400-600	33	6,3	15630	5,2	4,27	0,96	3,84	0,43
9-Res600-1200	6	1,1	5239	1,8	1,29	0,47	1,12	0,16
10-Res1200-2000	3	0,6	4778	1,6	1,13	0,47	1,07	0,06
11-Vertical	10	1,9	10146	3,4	3,16	0,24	3,14	0,02
12-Vagos	17	3,2	5523	1,8	0,00	1,85	0,00	0,00
13-Área verde	2	0,4	13193	4,4	0,00	4,42	0,00	0,00
14-Arruamentos	-	-	58007	19,4	19,42	0,00	19,42	0,00
Total	526	100	298752	100,0				
Valores médios p/ toda sub-bacia					83,78	16,22	79,50	4,28

Na tabela 4.16, apresenta-se outra forma de estimativa do coeficiente de escoamento superficial. Este cálculo é utilizado para bacias não homogêneas, na qual o valor de C para toda área desejada é calculado pela média ponderada, conforme as características de impermeabilização e valores de C adotados para as diferentes superfícies detalhadas, presente em cada estrato e na sub-bacia em geral. A partir da tabela 4.16, observa-se como foi realizada esta ponderação para os valores médios dos coeficientes para cada tipo de ocupação presente nos estratos. No resultado final são apresentados os valores médios de C, obtidos para toda a sub-bacia.

A seguir, apresenta-se o exemplo de cálculo ponderado realizado para o estrato de lotes institucionais. Para os demais estratos foi seguido este modelo, utilizando-se a equação (4.5):

$$C = \sum_{i=1}^{i=n} A_i * C_i \quad (4.5)$$

Onde:

C – coeficiente médio de escoamento superficial;

A_i – área referente a cada superfície específica detalhada na região de estudo, (%);

C_i – coeficiente de escoamento superficial correspondente à superfície detalhada.

Exemplo de cálculo de C para o estrato de lotes institucionais:

$$C_{Institucional} = 54,34 \cdot 0,825 + 20,40 \cdot 0,775 + 5,08 \cdot 0,2 + 20,18 \cdot 0,1 \Rightarrow C_{Institucional} = 0,64$$

Tabela 4.16 – Cálculo da média ponderada do coeficiente de escoamento superficial médio para a SBHT.

Estrato/Uso	Área total (m ²)	Área construída		Área livre imp. diret. Conecta.		Área livre imp. não conectada		Área livre permeável		C ponderado
		(%)*	Cadota.**	(%)*	Cadota.**	(%)*	Cadota.**	(%)*	Cadota.**	
1-Institucional	73151	54,34	0,825	20,40	0,775	5,08	0,2	20,18	0,1	0,64
2-Comer./indus.	8889	67,26	0,825	9,53	0,775	8,84	0,2	14,38	0,1	0,66
3-Misto/outros	9347	77,97	0,825	21,71	0,775	0,00	0,2	0,32	0,1	0,81
4-Res.<125	2072	77,45	0,825	20,63	0,775	0,58	0,2	1,33	0,1	0,80
5-Res.125-200	12701	54,34	0,825	25,44	0,775	10,58	0,2	9,64	0,1	0,68
6-Res.200-300	63689	56,76	0,825	33,92	0,775	4,80	0,2	4,51	0,1	0,75
7-Res.300-400	16387	48,82	0,825	20,40	0,775	11,46	0,2	19,32	0,1	0,60
8-Res.400-600	15630	49,53	0,825	23,94	0,775	8,21	0,2	18,32	0,1	0,63
9-Res.600-1200	5239	41,19	0,825	22,89	0,775	9,33	0,2	26,59	0,1	0,56
10-Res.>1200	4778	48,55	0,825	18,33	0,775	3,47	0,2	29,65	0,1	0,58
11-Verticalizados	10146	54,64	0,825	37,83	0,775	0,53	0,2	7,01	0,1	0,75
12-Vagos	5523	0	0,825	0	0,775	0	0,2	100	0,1	0,10
13-Áreas verdes	13193	0	0,825	0	0,775	0	0,2	100	0,1	0,10
14-Ruas/calçadas	58007	0	0,825	100	0,775	0	0,2	0	0,1	0,78
total	298752									0,66

* valores obtidos a partir da porcentagem média de área construída, AIDC, AINC e área livre permeável por estrato, apresentados para Ribeirão Preto (tabela 4.1);

** valores adotados de acordo com a média dos valores de C, baseados nas características detalhadas das superfícies (tabela 2.3).

No cálculo de vazão foi utilizado o Método Racional (equação 2.1), por ser o mais difundido método de cálculo de vazões de pico para pequenas bacias e por ser função do valor de C. Para o cálculo da intensidade da chuva foi utilizada a equação 2.2, desenvolvida para Ribeirão Preto pelo professor Dirceu Brasil Vieira (UNICAMP), com período de retorno de 10 anos para microdrenagem em artérias de tráfego, conforme a tabela 2.1, e o tempo de concentração de 18,6 minutos, calculado através da Fórmula de Kirpich (equação 2.3).

A área de estudo é apresentada na figura 4.17 e como já citado, foi delimitada conforme o projeto de microdrenagem fornecido pela SMIERP, contando com uma área urbana de aproximadamente 0,3 km², declividade média de 0,049 m/m, para 1061m de talvegue e 52 m de desnível.

A partir dos dados apresentados calculou-se a vazão de pico, utilizando-se o coeficiente de escoamento superficial estimado de três maneiras diferentes conforme valores mínimos, médios e máximos, como já citado. Na tabela 4.17, são apresentados os resultados dos cálculos de vazão para cada valor de C estimado. Através da figura 4.18, pode-se observar a diferença dos picos de vazão, de acordo com os hidrogramas calculados para três diferentes

valores de C: valor médio baseado nas características de ocupação da sub-bacia; valor médio obtido pela ponderação das ocupações específicas; e valor de C adotado segundo a porcentagem de AIDC observada na sub-bacia. Na análise dos hidrogramas apresentados na figura 4.18, utilizou-se os valores médios de C, como ocorre freqüentemente.

Tabela 4.17 – Cálculo da vazão utilizando diferentes valores de C estimados para a SBHT.

Cálculo de vazões para os diferentes valores de C								
C – baseado nas caracter. de ocupação da bacia			C – obtido p/ ponderação detalhada dos estratos			C - baseado na estimativa de impermeabilização e AIDC		
Coef. Esc - C		Q(m³/s)	Coef. Esc - C		Q(m³/s)	Coef. Esc - C		Q(m³/s)
C _{mín.}	0,5	5,76	C _{mín.}	0,56	6,48	C _{AIDC}	0,8	9,21
C _{méd.}	0,55	6,34	C _{méd.}	0,66	7,63	C _{TOI}	0,84	9,68
C _{máx.}	0,6	6,91	C _{máx.}	0,76	8,78			

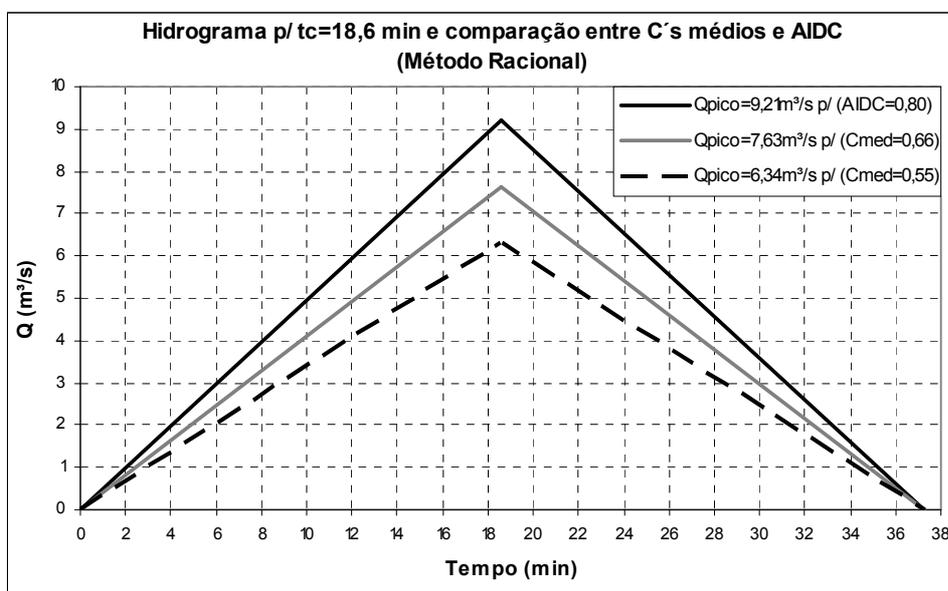


Figura 4.18 – Hidrograma na saída da sub-bacia obtido pelo Método Racional e Tr de 10 anos.

A versão original britânica do Método Racional utilizava como valor de C a porcentagem de AIDC, que representa a área da bacia que estaria contribuindo para a formação do escoamento superficial, pelo menos para chuvas com baixa intensidade (Lee e Heaney, 2003). Observa-se, através das análises realizadas, que o pico de vazão calculado para esta situação, só é menor do que o calculado em função da área impermeabilizada total representada pela TOI, porém neste caso não se leva em consideração as áreas de contribuição que podem infiltrar por passarem por áreas permeáveis (AINC).

Através da tabela 4.17, nota-se que o cálculo da vazão de pico, utilizando valores de C, segundo as características de ocupação da bacia, podem chegar a ser 37% menor do que a

vazão de pico calculada de acordo com a equação original, adotando-se C igual à porcentagem de AIDC.

4.5. Análises específicas por estrato

4.5.1. Análise dos lotes institucionais – Estrato 1

O estrato 1 corresponde aos lotes institucionais, ou seja, lotes com uso de interesse público como: hospitalar, assistência social, educacional, cultural, lazer e templos religiosos. Compreende um total de 592 unidades, que corresponde a 0,32% do número total de lotes e representa 3,3% da área total de lotes urbanos, evidenciando para esse tipo de uso grandes lotes com média de 8043m². Para este estrato foram amostrados 26 lotes.

A relação entre TO e TOI, para este estrato, pode ser analisada pela figura 4.19. Observa-se, a partir da linha de tendência, que quando a TO atinge cerca de 80%, a TOI já ocupa 100% do lote. Além de existirem lotes com TO menor que 80%, até o mínimo de 54,48%, que apresentam TOI de 100%. Pode-se observar também que dos 26 lotes amostrados, apenas três apresentam TOI menor que 50%.

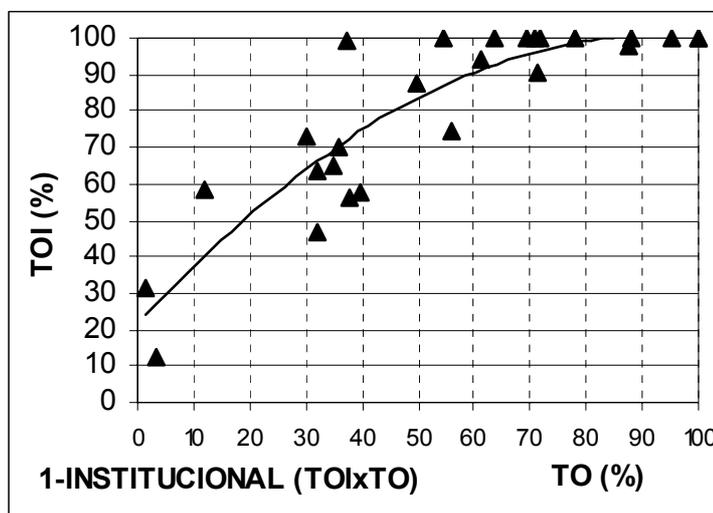


Figura 4.19 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes institucionais (estrato 1 – Rib. Preto).

A figura 4.20 apresenta o comportamento da relação entre TOI e área do lote. Percebe-se que há grande variação no tamanho dos lotes e na TOI, mas nota-se que para lotes menores que 1000m² a TOI excede 90% em quase todos os casos. Para os demais resultados tem-se TOI variando entre 31 e 87%, com exceção de um lote com área de 13679m² e TOI de 12%, a

qual corresponde a uma área de lazer com campo de futebol, quadras de areia, área para cultivo de hortaliças e poucas construções.

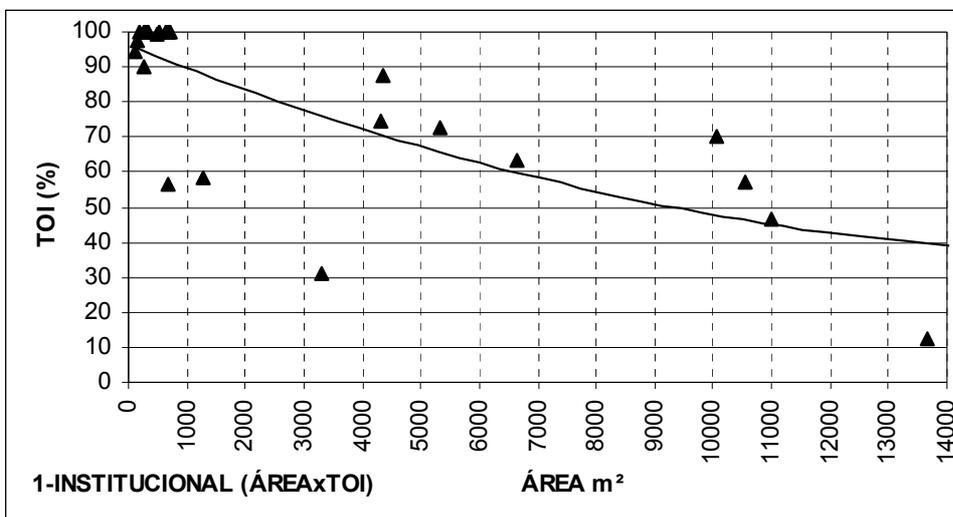


Figura 4.20 – Relação entre TOI (%) e área do lote para lotes institucionais (estrato 1 – Rib. Preto).

A figura 4.21 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote amostrado neste estrato. Nota-se que em muitos casos existem áreas permeáveis significativas, mas a presença de áreas construídas é predominante na maioria dos lotes, chegando a 100% em duas unidades amostrais.

As áreas livres impermeabilizadas também apresentam áreas significativas em quase todas as unidades amostrais, estando presente em todos os lotes com área livre, o que não ocorre com as áreas permeáveis. A figura 4.22 mostra como ocorre a distribuição entre áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres dos lotes. Nota-se predominância de áreas impermeabilizadas, justamente pela falta de áreas permeáveis em algumas amostras.

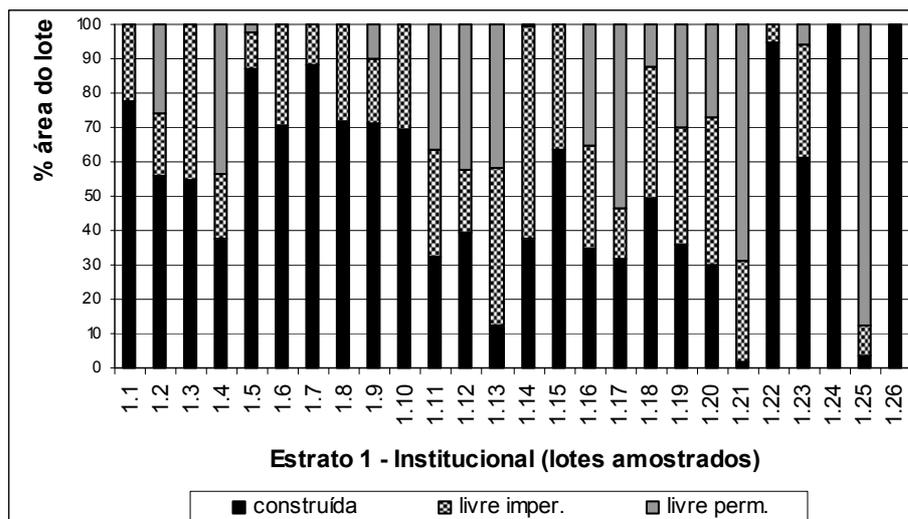


Figura 4.21 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável, para cada lote institucional amostrado (estrato 1 – Rib. Preto).

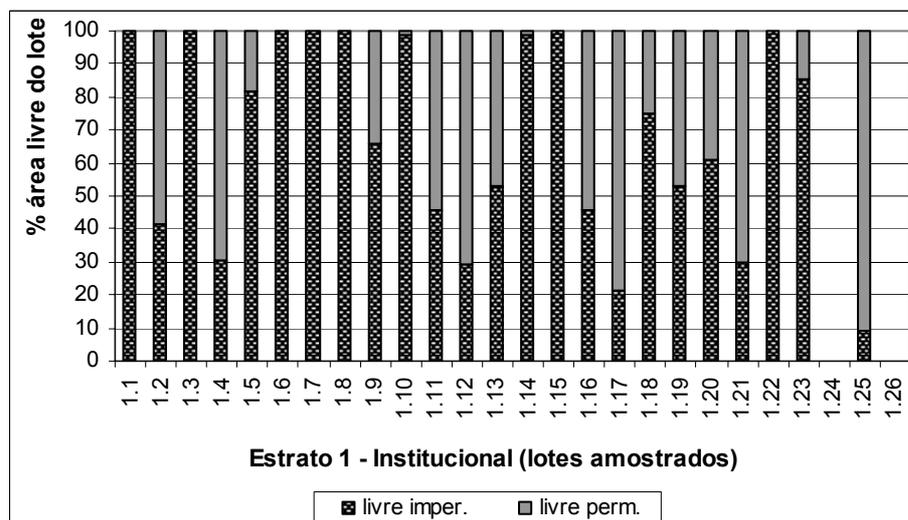


Figura 4.22 – Porcentagem de área impermeabilizada livre e área permeável presente nas áreas livres dos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica dos lotes institucionais pode ser analisada primeiramente a partir da figura 4.23. Nota-se que poucas unidades amostrais apresentam área impermeável não conectada (AINC) e apenas duas não apresentam área impermeável diretamente conectada (AIDC). Observa-se a alta conectividade dos lotes desse estrato com os sistemas públicos de drenagem.

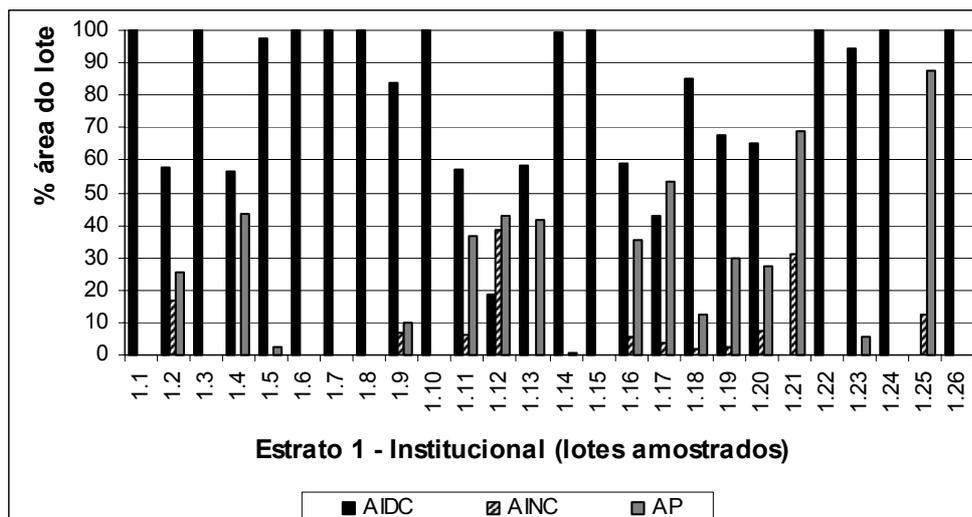


Figura 4.23 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável presente nos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib. Preto).

Através da figura 4.24, pode-se comparar a AIDC e a TOI para cada unidade amostral. Nota-se que em muitos casos as porcentagens referentes às unidades amostrais são as mesmas, devido à falta de AINC e que não há muita diferença entre esses dois parâmetros para os lotes institucionais.

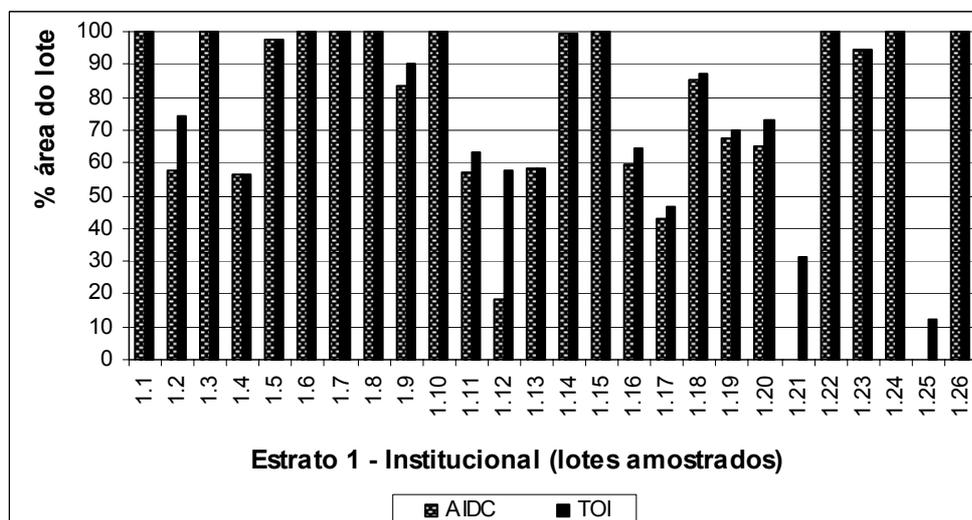


Figura 4.24 – Comparação da porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC) e TOI nos lotes institucionais amostrados (estrato 1 – Rib. Preto).

A figura 4.25 apresenta a relação entre TOI, AIDC e área do lote. Observa-se, a partir da linha de tendência, uma estabilização da diferença entre AIDC e TOI à medida que aumenta a área do lote.

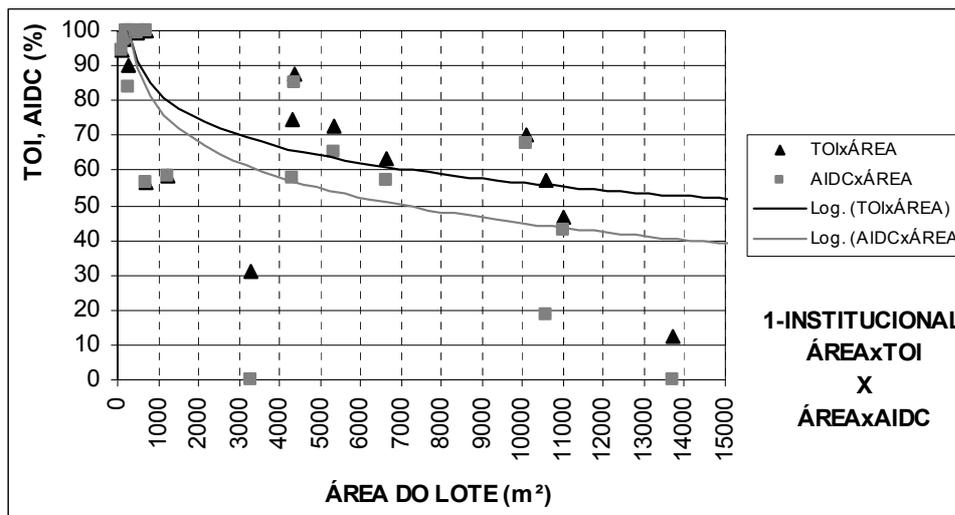


Figura 4.25 – Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote, para lotes institucionais (estrato 1 – Rib. Preto).

4.5.2. Análise dos lotes comerciais e industriais – Estrato 2

Os lotes industriais e comerciais, que compõem o estrato 2, compreendem um total de 8732 unidades, que corresponde a 4,7% do número total de lotes e 9,2% da área total de lotes urbanos. Para caracterização deste estrato foram amostrados 26 lotes conforme o planejamento amostral proposto.

Segundo a figura 4.26, observa-se que em mais de 80% das unidades amostrais a TOI se apresenta maior que 80% e a maioria das unidades amostrais apresentam TO superior a 50%. Nota-se que mais de 57% das unidades amostrais analisadas apresentam toda a área do lote impermeabilizada, o que mostra grande impermeabilização neste tipo de uso.

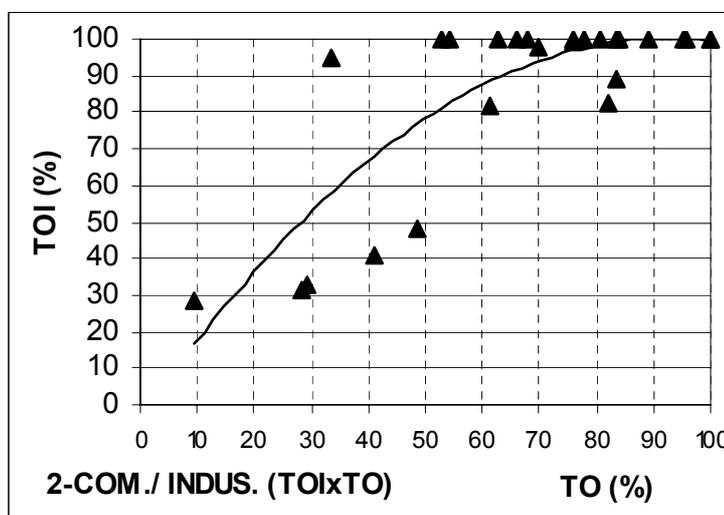


Figura 4.26 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib. Preto).

A figura 4.27 representa a relação entre TOI e área do lote. Nota-se que 88% das unidades amostrais apresentam área inferior a 1000m², além de altas taxas de impermeabilização, como já observado para este estrato. Através da linha de tendência, percebe-se a queda da TOI com o aumento da área do lote.

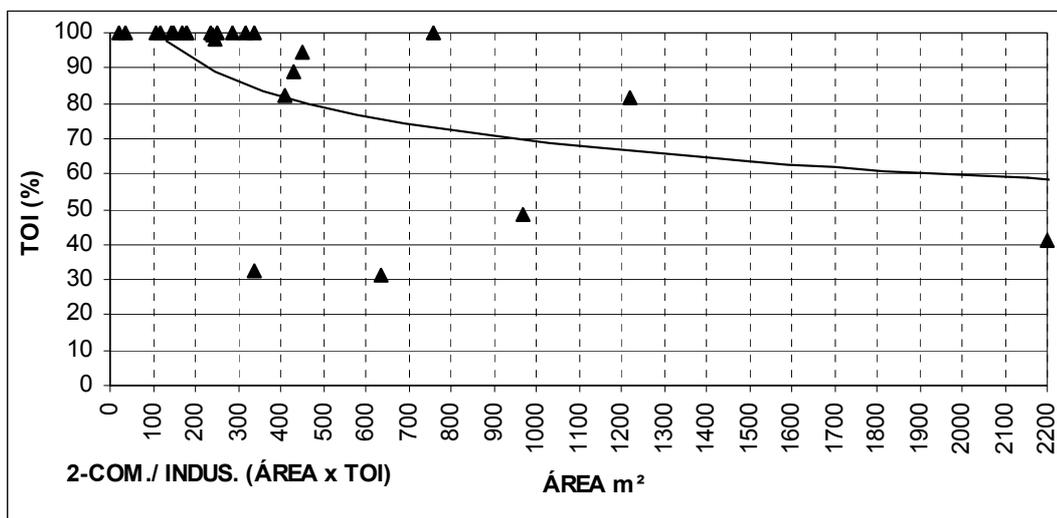


Figura 4.27 – Relação entre TOI (%) e área para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib. Preto).

A análise da porcentagem de área construída, área livre impermeável e área permeável podem ser feitas através da figura 4.28. Nota-se predominância de área construída na maioria das unidades amostrais e ausência de áreas permeáveis em 15 dos 26 lotes analisados.

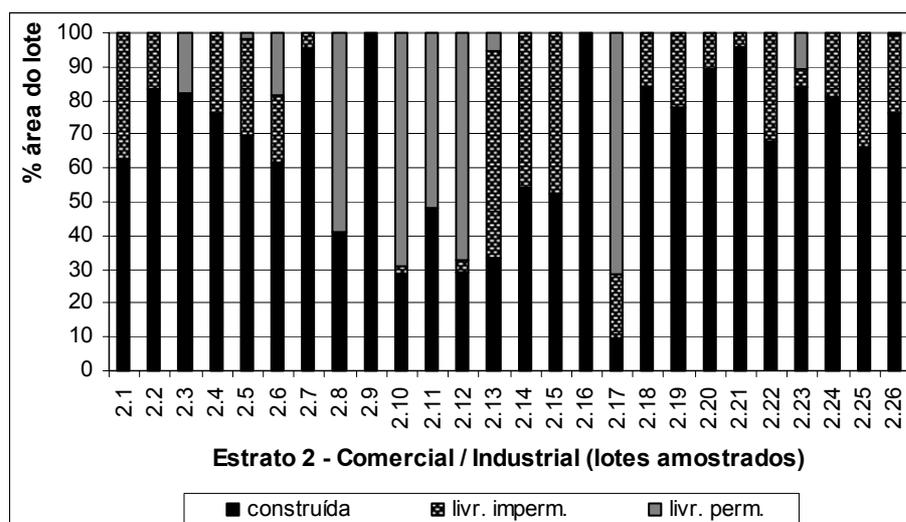


Figura 4.28 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote amostrado (estrato 2 – Rib. Preto).

Na análise da área livre, observa-se, segundo a figura 4.29, a predominância da impermeabilização, mesmo com alguns lotes fornecendo expressiva porcentagem de área permeável.

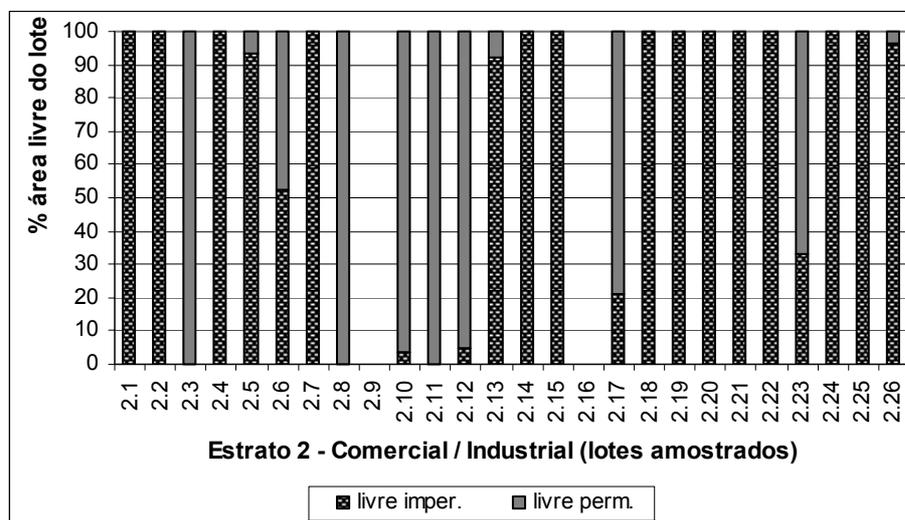


Figura 4.29 – Porcentagem de área impermeabilizada livre e área permeável presente nas áreas livres dos lotes amostrados (estrato 2 – Rib. Preto).

A partir da figura 4.30 que mostra a porcentagem de AIDC, AINC e AP presente nos lotes, pode-se analisar a conectividade hidráulica deste estrato. Verifica-se a predominância de AIDC, em muitos casos chegando a 100%; apenas em quatro casos há predominância de AINC, observando-se alta conectividade deste estrato.

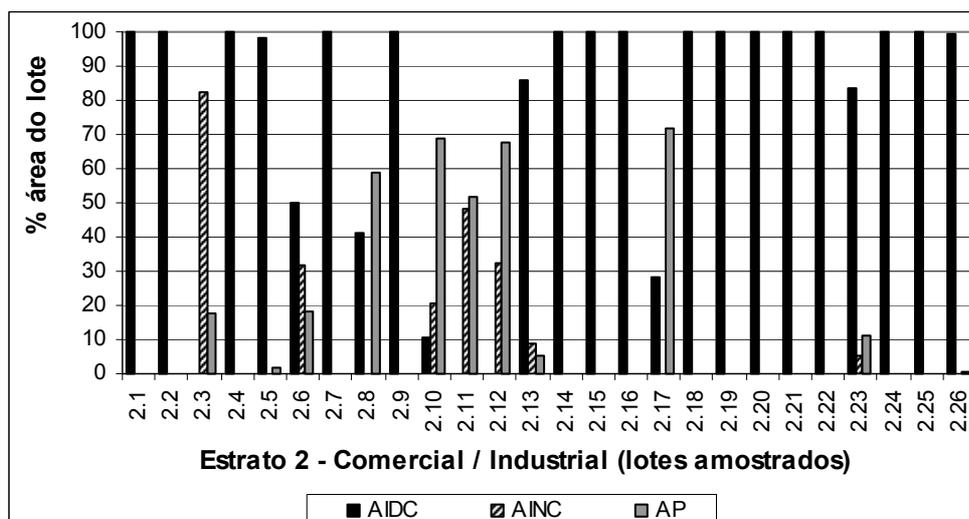


Figura 4.30 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 2 – Rib. Preto).

A figura 4.31 mostra a comparação AIDC e TOI. Nota-se que não há muita diferença entre estes dois parâmetros e em muitos casos as porcentagens são as mesmas, revelando alta conectividade deste tipo de uso do solo, mesmo com a ausência de AIDC em três unidades amostrais.

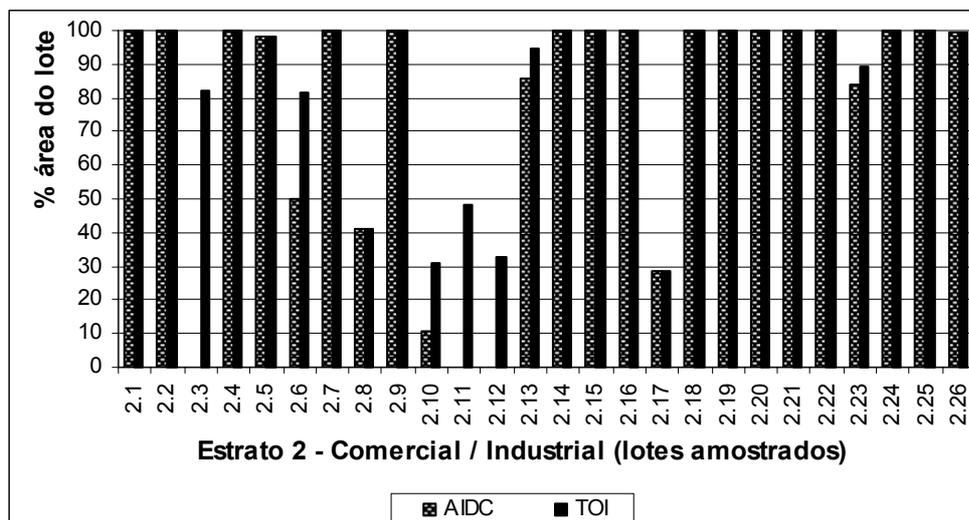


Figura 4.31 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI nos lotes comerciais e industriais amostrados (estrato 2 – Rib. Preto).

A figura 4.32 apresenta a relação entre TOI, AIDC e área do lote. Observa-se, a partir das linhas de tendências, a diminuição da porcentagem de AIDC e TOI, bem como o aumento da diferença entre AIDC e TOI com o aumento da área do lote.

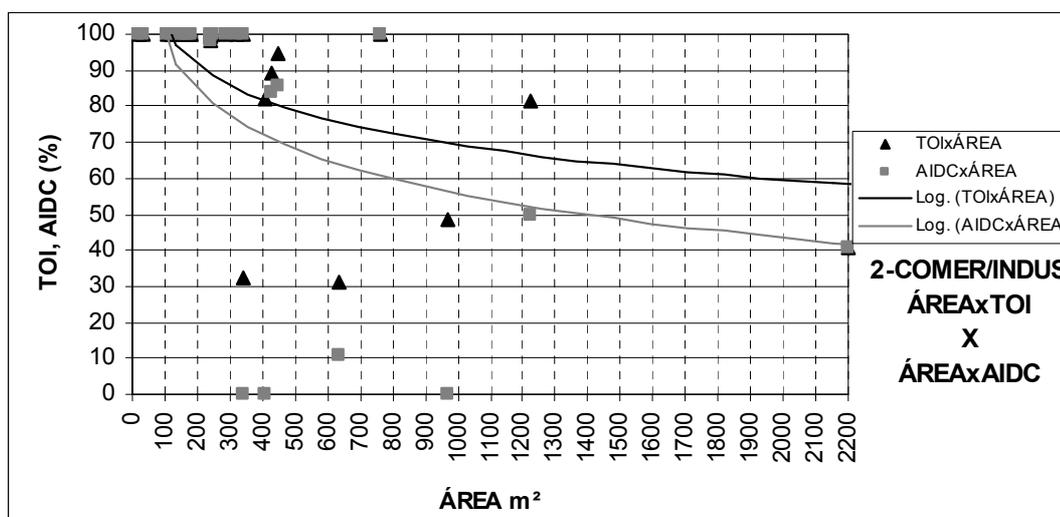


Figura 4.32 – Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote, para lotes comerciais e industriais (estrato 2 – Rib. Preto).

4.5.3. Análise dos lotes mistos e outros – Estrato 3

O estrato 3 corresponde a lotes mistos e outros, ou seja, aqueles que apresentam múltiplas utilizações ou que não se encaixam nas demais classificações. Compreendem um total de 7352 unidades correspondente a 3,98% do número total de lotes e 7,63% da área de lotes urbanos. Para caracterização desse estrato foram amostrados 20 lotes conforme o planejamento amostral.

A relação entre TOI e TO, para este estrato, pode ser analisada a partir da figura 4.33. Nota-se as altas taxas de impermeabilização e ocupação para este estrato, com TOI mínima de 96,45% e TO distribuída em uma faixa de 40 a 100%.

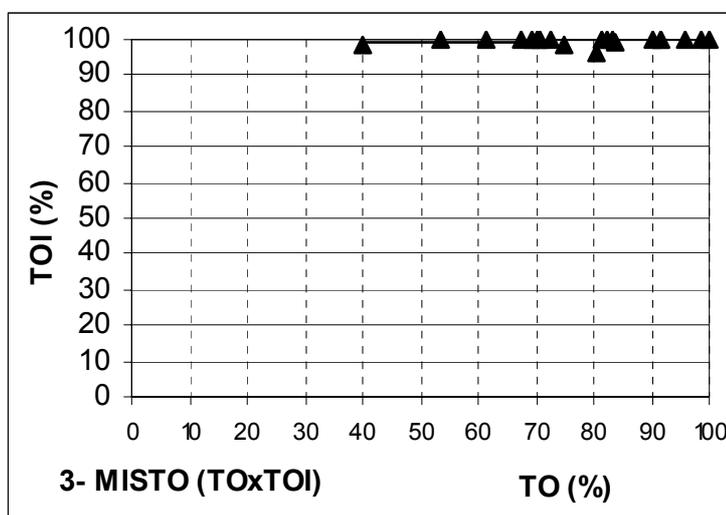


Figura 4.33 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lotes mistos e outros (estrato 3 – Rib. Preto).

Segundo a figura 4.34, que apresenta as relações entre TOI e área do lote, observa-se, através da linha de tendência que a TOI se mantém acima de 95% independente da área do lote.

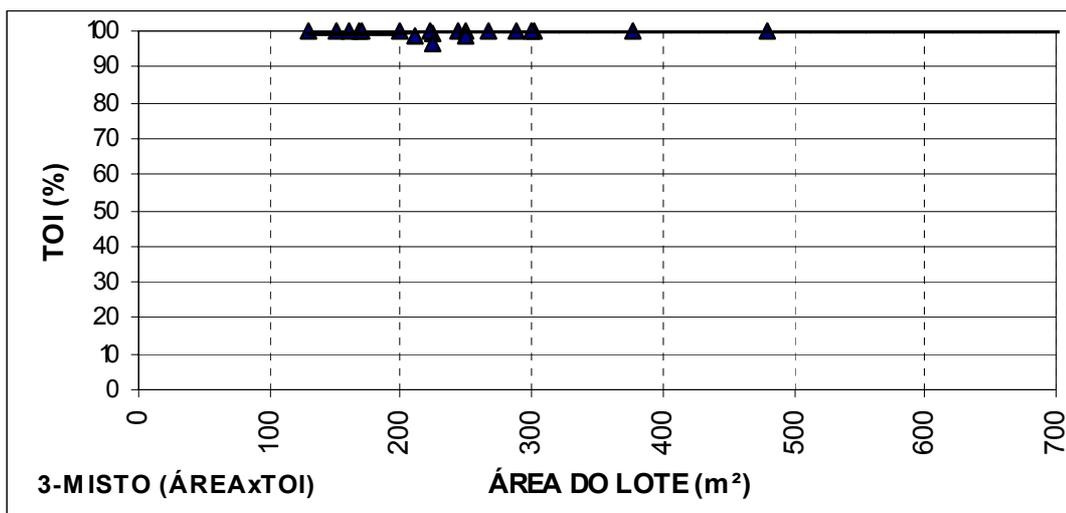


Figura 4.34 – Relação entre TOI (%) e área para lotes mistos e outros (estrato 3 – Rib. Preto).

Através da análise da porcentagem de área construída, área livre impermeável e área permeável, proposta na figura 4.35, para os lotes mistos e outros, verifica-se mais uma vez, uma alta taxa de impermeabilização e ocupação deste estrato, além da quase inexistência de áreas permeáveis.

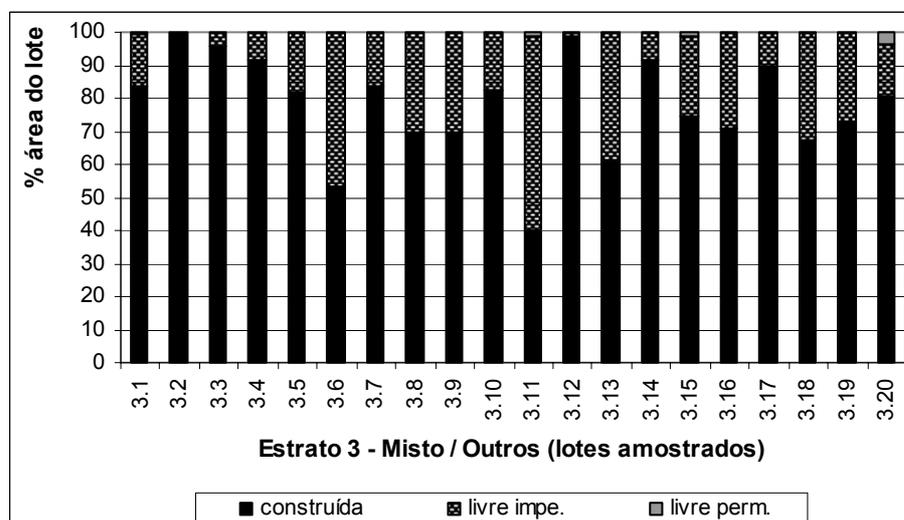


Figura 4.35 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para cada lote amostrado (estrato 3 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica dos lotes mistos e outros pode ser analisada através da figura 4.36. Observa-se inexistência de AINC, bem como inexpressível quantidade de área permeável. Com isso, tem-se AIDC equivalente a TOI, conforme observado na figura 4.37.

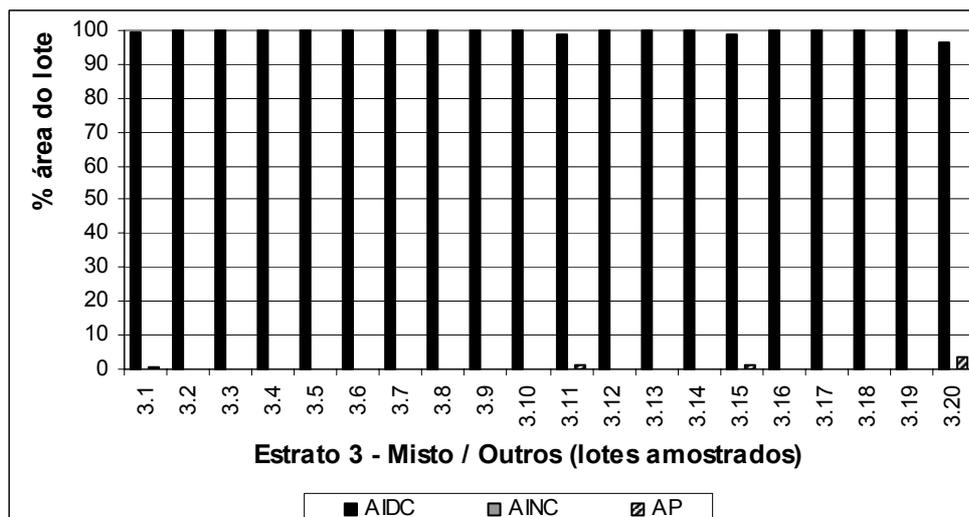


Figura 4.36 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 3 – Rib. Preto).

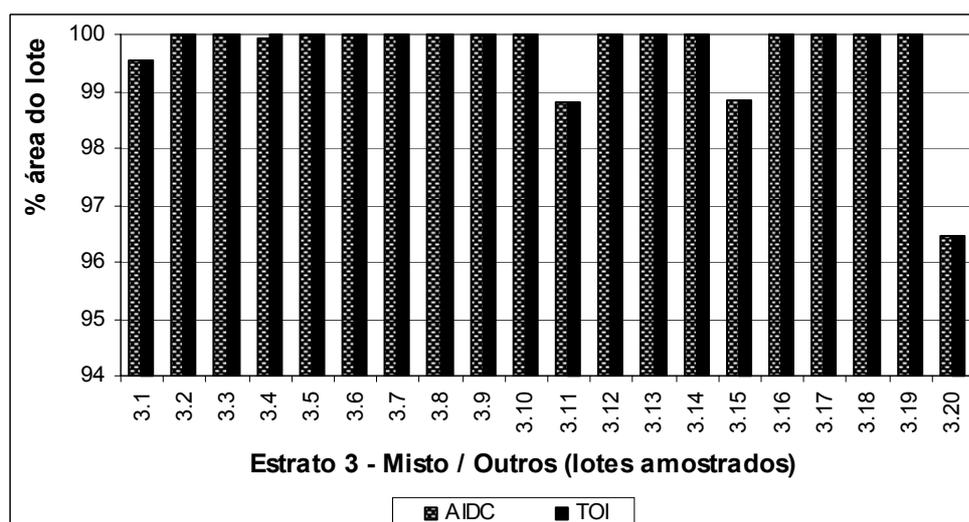


Figura 4.37 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI nos lotes mistos e outros amostrados (estrato 3 – Rib. Preto).

4.5.4. Análise dos lotes residenciais menores que 125 m² – Estrato 4

O estrato 4 corresponde aos lotes residenciais com área inferior a 125m². Compreendem um total de 14082 unidades o que corresponde a 7,62% do número total de lotes. Porém, devido ao tamanho reduzido dessas unidades, representam apenas 0,97% da área dos lotes urbanos. Para este estrato foram amostrados 15 lotes.

A TOI para os lotes residenciais com área menor que 125m² pode primeiramente ser visualizada através da figura 4.38, que apresenta a relação entre TO e TOI. Observa-se alta taxa de impermeabilização neste estrato, onde apenas uma unidade amostral não apresenta TOI igual a 100%. Nota-se que a TO está distribuída entre 51,75 e 98,75%.

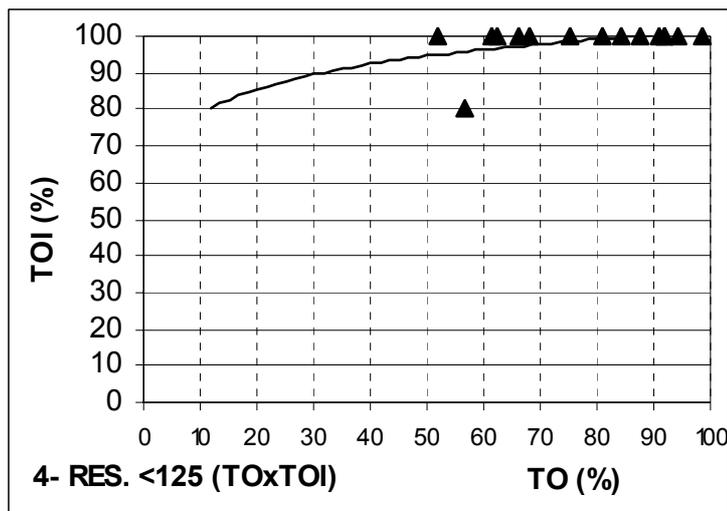


Figura 4.38 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área menor que 125m² (estrato 4 – Rib. Preto).

A figura 4.39 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Verifica-se que a densidade varia entre 59,21 e 88,66 habitantes/hectare (hab./ha.). Observa-se, a partir da linha de tendência, que quando a densidade atinge 76,53 hab/ha a TOI já ocupa 100% do lote.

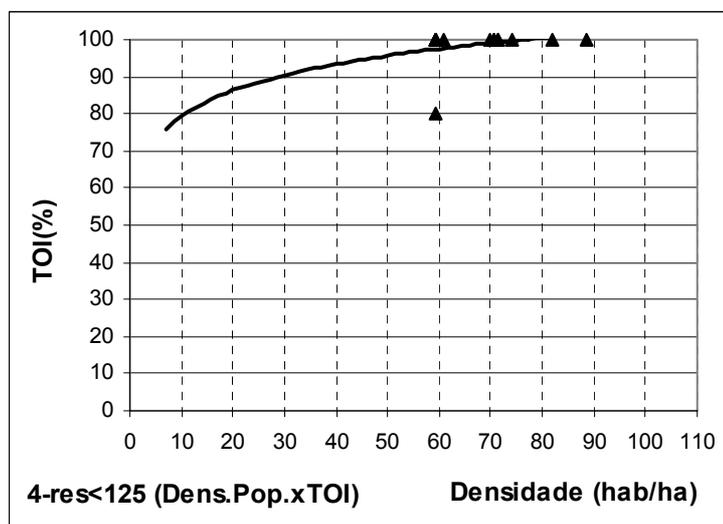


Figura 4.39 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área menor que 125m² (estrato 4 – Rib. Preto).

A figura 4.40 representa a relação entre TOI e área do lote. Nota-se que a TOI atinge o valor de 100% em todas as unidades amostrais, com exceção de uma, como já citado anteriormente. Verifica-se, pela linha de tendência, um suave declínio da TOI para os maiores lotes deste estrato.

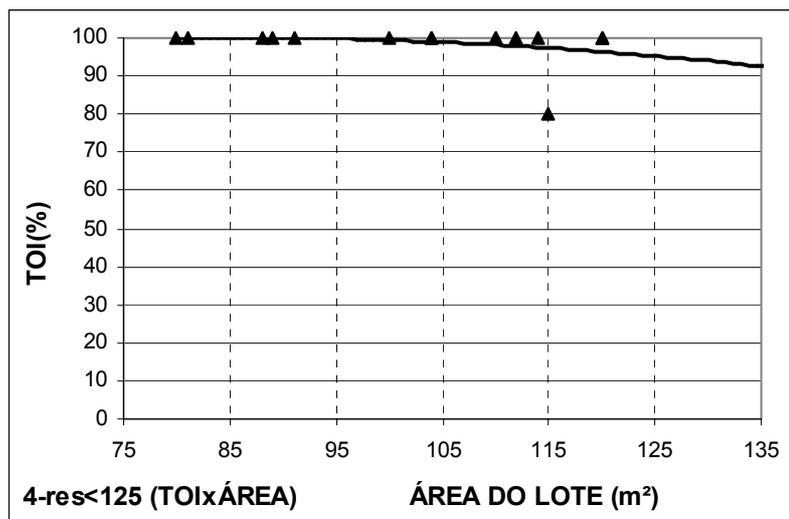


Figura 4.40 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial, com área menor que 125m² (estrato 4 – Rib. Preto).

A figura 4.41 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para os lotes amostrados neste estrato. Verificam-se as altas taxas de impermeabilização e ocupação e a existência de apenas uma unidade amostral com área permeável.

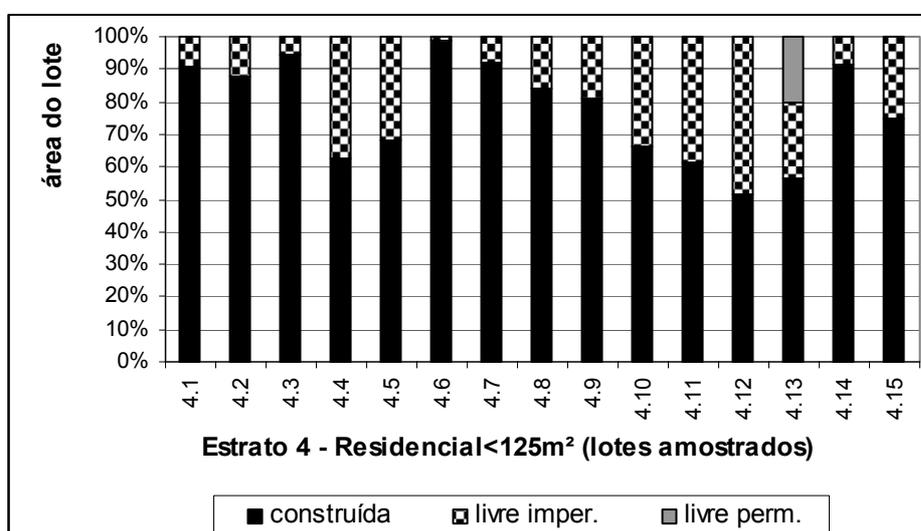


Figura 4.41 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para os lotes amostrados (estrato 4 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica do lote residencial com área menor que 125m² pode ser analisada a partir da figura 4.42. Nota-se que apenas uma unidades amostral apresenta AINC e área permeável. Em todas as outras a AIDC é de 100% da área do lote. Com isso, observa-

se, na figura 4.43, pouca diferença entre TOI e AIDC, quando analisadas com relação à área do lote.

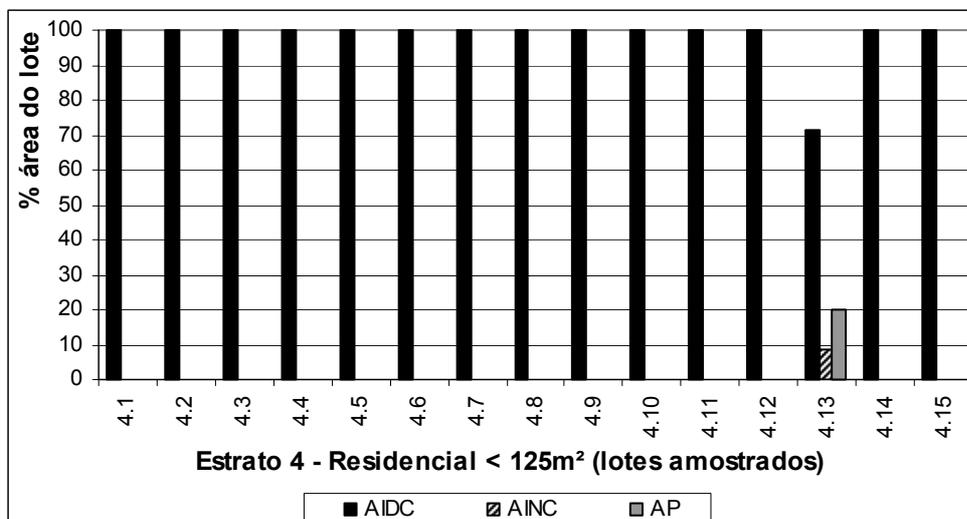


Figura 4.42 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 4 – Rib. Preto).

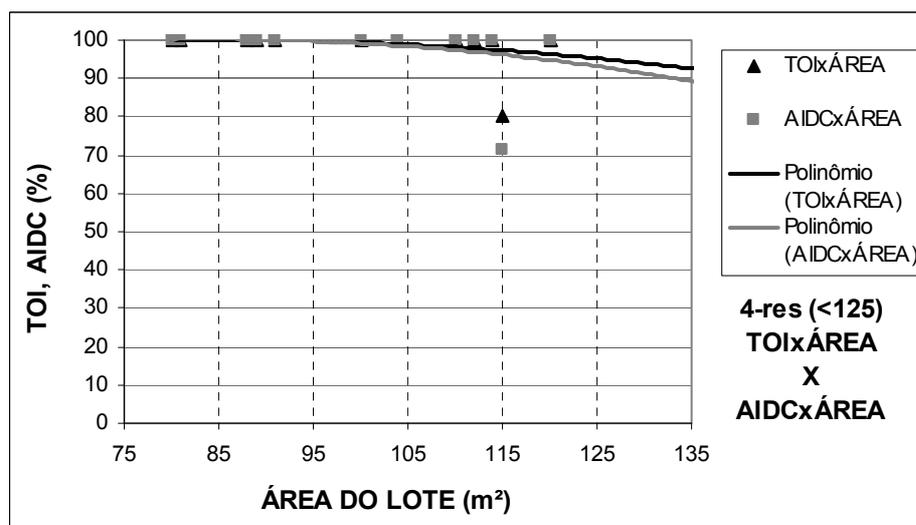


Figura 4.43 – Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote, para lote residencial com área menor que 125m² (estrato 4 – Rib. Preto).

4.5.5. Análise dos lotes residenciais entre 125 m² e 200 m² – Estrato 5

Os lotes residenciais com área entre 125 e 200m² que compõem o estrato 5 compreendem um total de 43065 unidades, que corresponde a 23,3% do número de lotes e 5,24% da área total de lotes urbanos. Este é o estrato com maior numero de unidades e foram amostrados 18 lotes conforme o planejamento amostral.

A TOI para os lotes residenciais com área entre 125 e 200m² pode primeiramente ser observada através da figura 4.44 que apresenta a relação entre TO e TOI. Observa-se que a

TO está distribuída entre 28 e 76,39% e que a menor TOI está em 46,25%, mas que mais de 83% das unidades amostrais apresentam TOI acima de 83,5%. A linha de tendência mostra que, para TO igual a 69%, obtém-se TOI igual a 100%, porém existem casos com TO menor que 69% que já apresentam TOI de 100%.

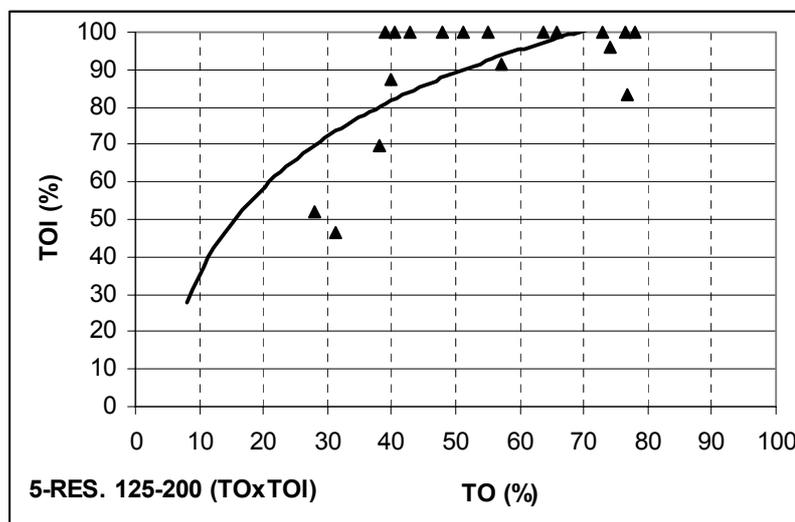


Figura 4.44 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 125 e 200m² (estrato 5 – Rib. Preto).

A figura 4.45 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Observa-se, em quatro casos, densidade menor que 26 hab/ha, nos demais este parâmetro varia entre 47,4 e 91,12 hab/ha. Através da linha de tendência, nota-se uma estabilização da TOI em torno de 95%, para densidades superiores a 90 hab/ha, embora existam casos com TOI igual a 100%.

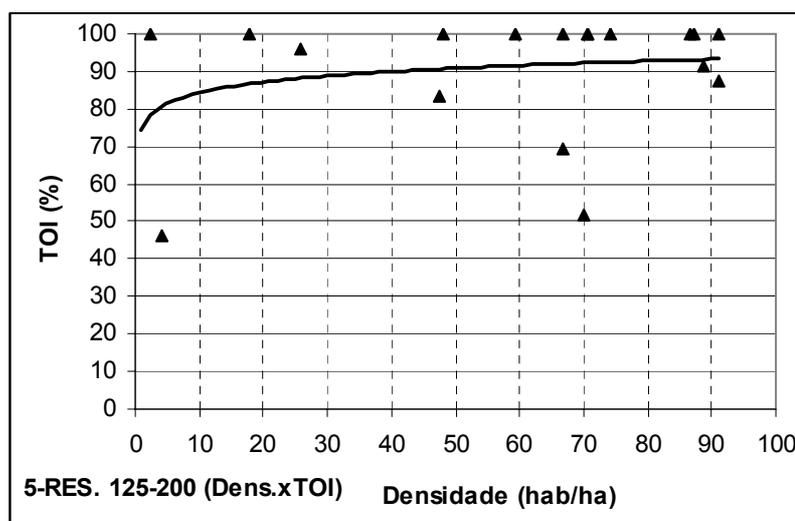


Figura 4.45 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 125 e 200m² (estrato 5 – Rib. Preto).

A figura 4.46 representa a relação entre TOI e área do lote. Observa-se que apesar de 61% das unidades amostrais deste estrato apresentarem TOI igual a 100%, nota-se, pela linha de tendência, a diminuição da TOI para lotes maiores.

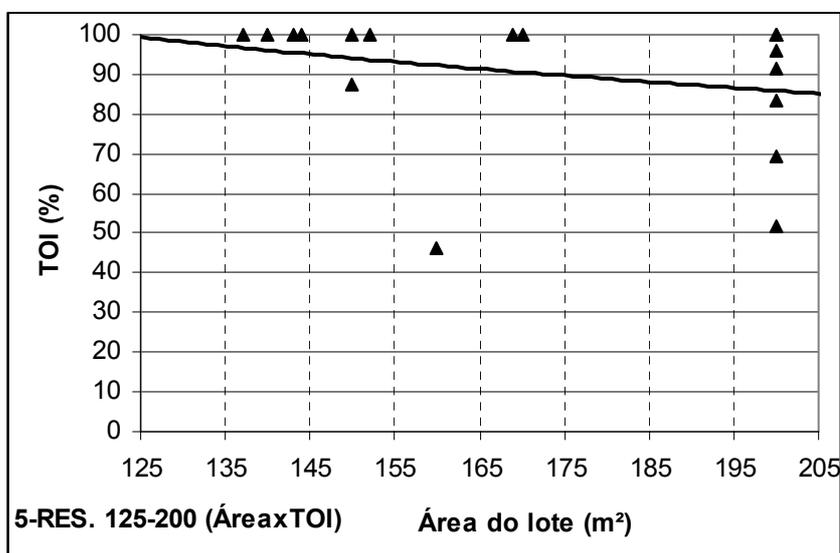


Figura 4.46 – Relação entre TOI (%) e área, para lote residencial com área entre 125 e 200m² (estrato 5 – Rib. Preto).

A figura 4.47 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 125 e 200m². Observa-se que 11 das 18 unidades amostrais não apresentam área permeável. Embora alguns casos apresentem significativa área permeável, dois casos são lotes de conjunto habitacional que ainda não foram reformados por seus moradores, portanto a tendência para estes lotes é o aumento da impermeabilização.

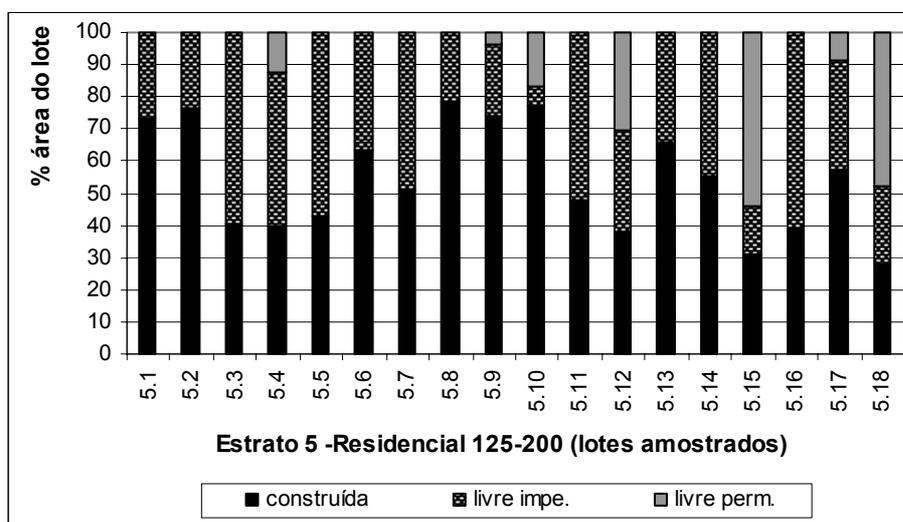


Figura 4.47 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 125 e 200m² (estrato 5 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica de lote residencial com área entre 125 e 200m² pode ser analisada a partir da figura 4.48. Observa-se a predominância de AIDC e também o aumento de área permeável com relação ao estrato anterior. Nota-se ainda, mesmo não sendo tão representativo, o aumento de AINC, uma vez que, três casos apresentam somente AINC e AP.

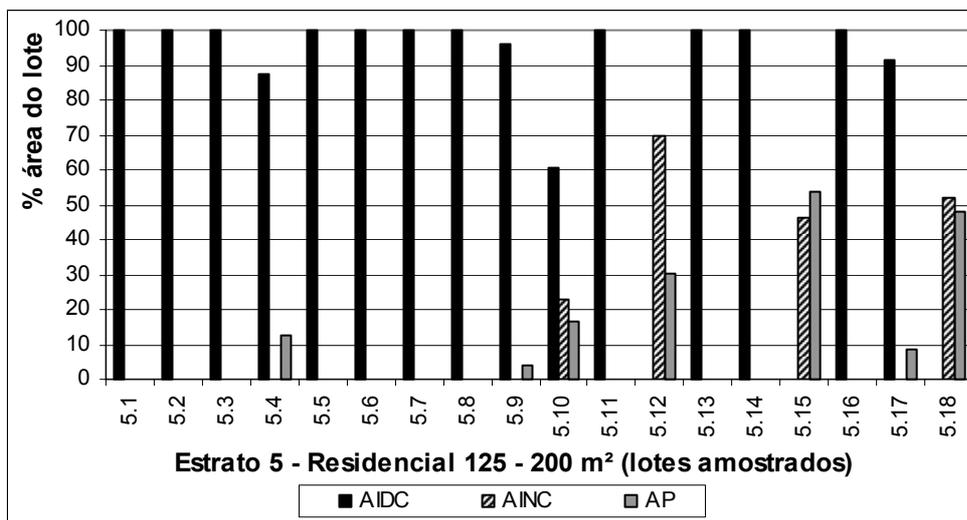


Figura 4.48 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 5 – Rib. Preto).

A figura 4.49 apresenta a relação e diferença entre TOI, AIDC e área do lote. A partir das linhas de tendências, observa-se a diminuição da porcentagem de AIDC e TOI, bem como o aumento da diferença entre AIDC e TOI com o aumento da área do lote.

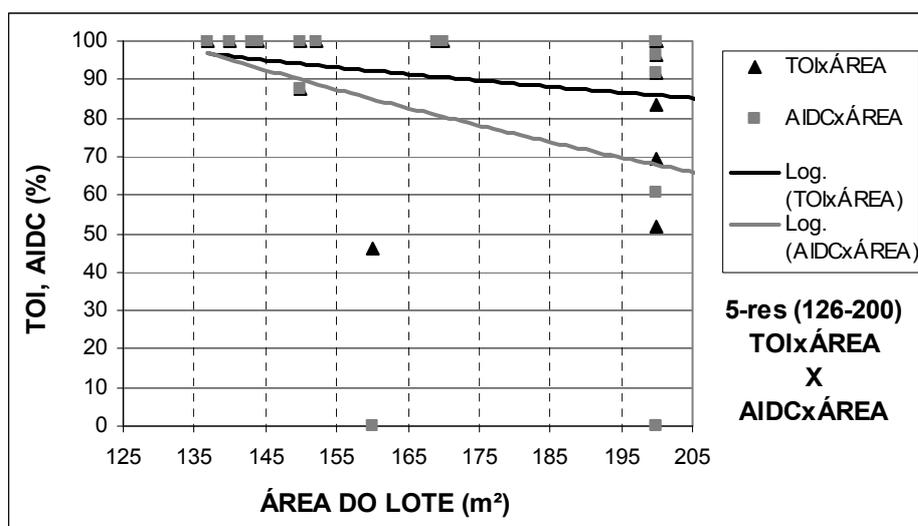


Figura 4.49 – Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote para lote residencial com área entre 125 e 200m² (estrato 5 – Rib. Preto).

4.5.6. Análise dos lotes residenciais entre 200 m² e 300 m² – Estrato 6

O estrato 6 corresponde aos lotes residenciais com área entre 200 e 300m². Compreendem um total de 28990 unidades o que corresponde a 15,68% do número total de lotes e 5,05% da área dos lotes urbanos. Para este estrato, foram amostrados 17 lotes conforme o planejamento amostral.

A TOI para os lotes residenciais com área entre 200 e 300m² pode primeiramente ser visualizada através da figura 4.50 que apresenta a relação entre TO e TOI. Nota-se com exceção de um caso, que apresenta TO igual 25,93% e TOI igual a 58,15%, que a TO está distribuída entre 38 e 81,20% e a TOI entre 91,6 e 100%. Pela linha de tendência, obtém-se TOI igual a 100%. a partir de 69% de TO, porém existem casos com TOI igual a 100% e TO menor que 69%.

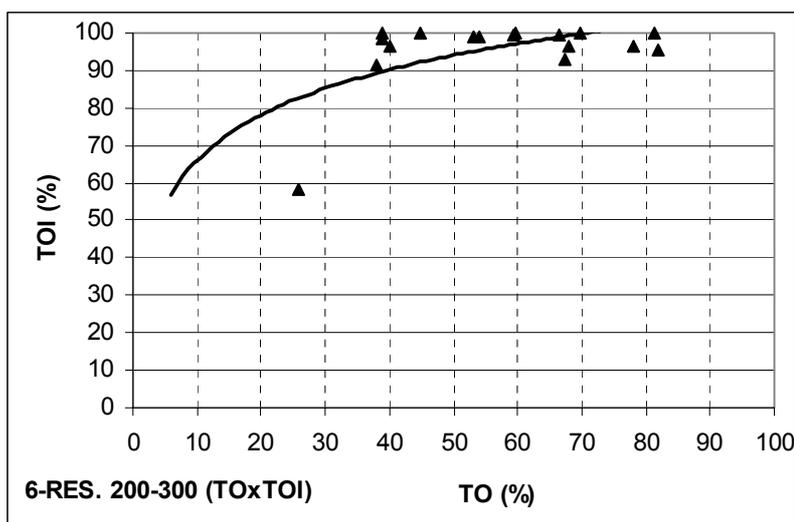


Figura 4.50 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

A figura 4.51 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Observa-se em três casos densidade menor que 20,16 hab/há. Nos demais este parâmetro varia entre 48,15 e 91,12 hab/ha. Quanto a TOI, observa-se valores superiores a 91,6%, com apenas uma exceção correspondente a um lote com baixa ocupação e impermeabilização, localizado em uma área com densidade de 89,76 hab./ha.

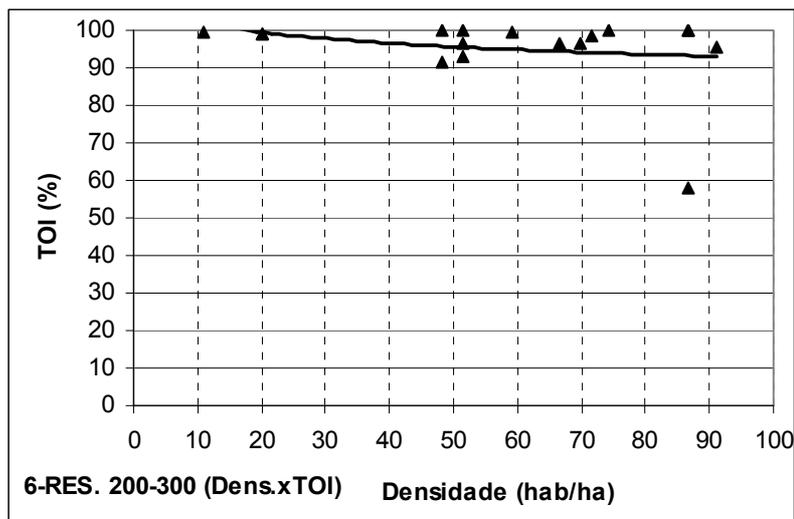


Figura 4.51 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

A figura 4.52 representa a relação entre TOI e área do lote. Nota-se, para este estrato, a redução do número de casos com TOI igual a 100%, em menos de 30% das unidades amostrais. Também, nota-se uma tendência à estabilização da TOI nos valores acima de 90%, com exceção de um caso. Observa-se, através da linha de tendência, um suave declínio da TOI com o aumento da área do lote.

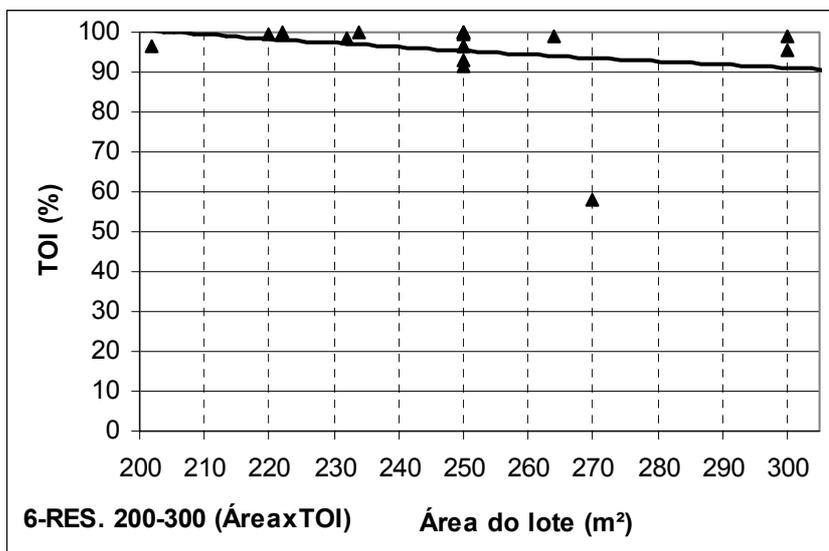


Figura 4.52 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

A figura 4.53 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável, para lote com área entre 200 e 300m². Embora ainda haja predominância de

área construída e área livre impermeável para a maioria dos lotes, nota-se a existência de área permeável em um maior número de amostras, mesmo em pequenas proporções, representadas por pequenos canteiros e jardins.

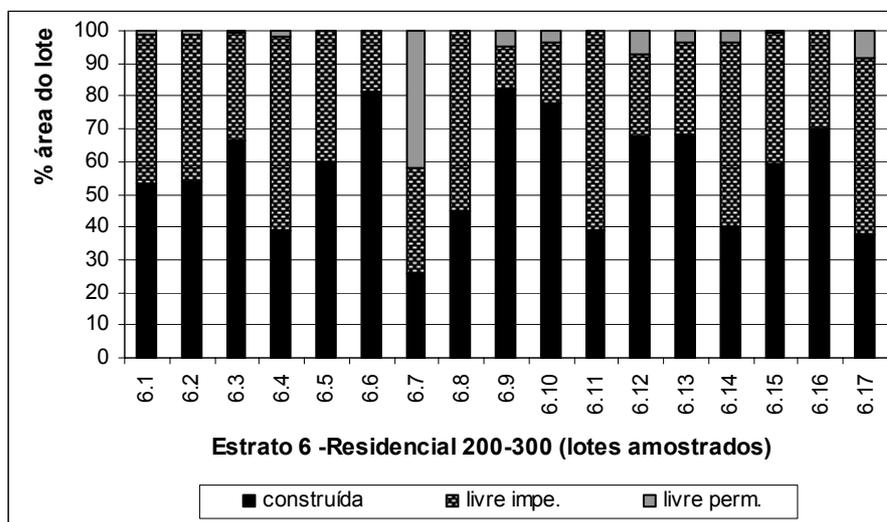


Figura 4.53 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

A figura 4.54 mostra a porcentagem de área permeável e impermeável na área livre dos lotes. Confirma-se a predominância de área impermeabilizada, porém com presença de área permeável em mais de 70% dos lotes.

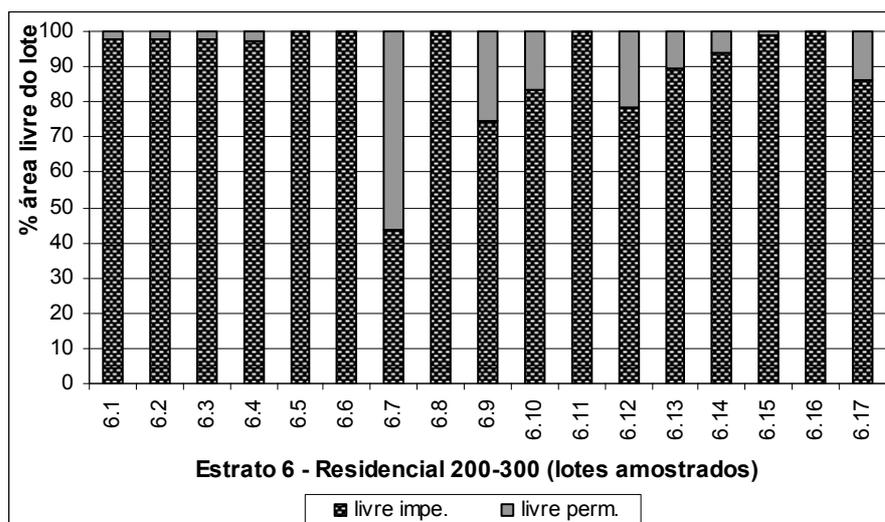


Figura 4.54 – Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica de lote residencial com área entre 200 e 300m² pode ser analisada a partir da figura 4.55. Nota-se a predominância de AIDC; embora o número de lotes com AP tenha aumentado. Apenas três lotes apresentam AINC. Observa-se alta conectividade dos lotes desse estrato, porém observou-se a diminuição da porcentagem de AIDC e TOI, bem como aumento da diferença entre AIDC e TOI, com o aumento da área do lote, segundo a linha de tendência da figura 4.56.

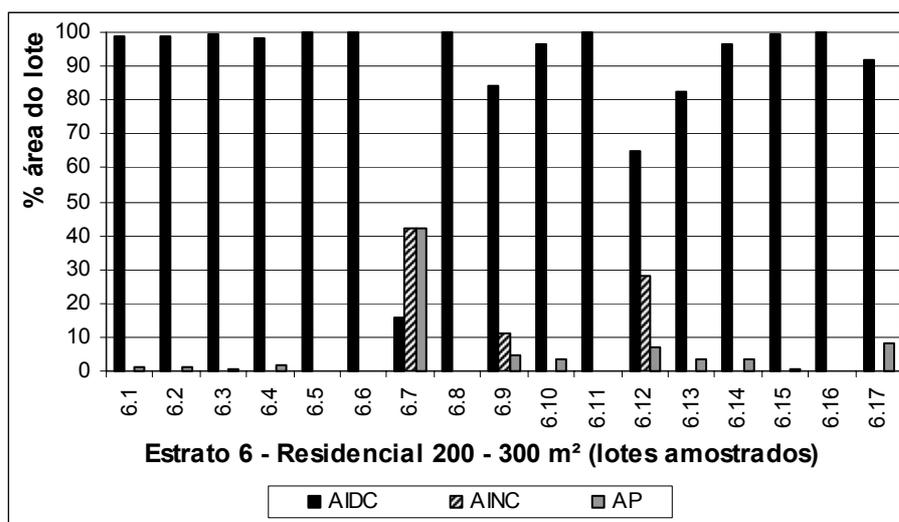


Figura 4.55 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 6 – Rib. Preto).

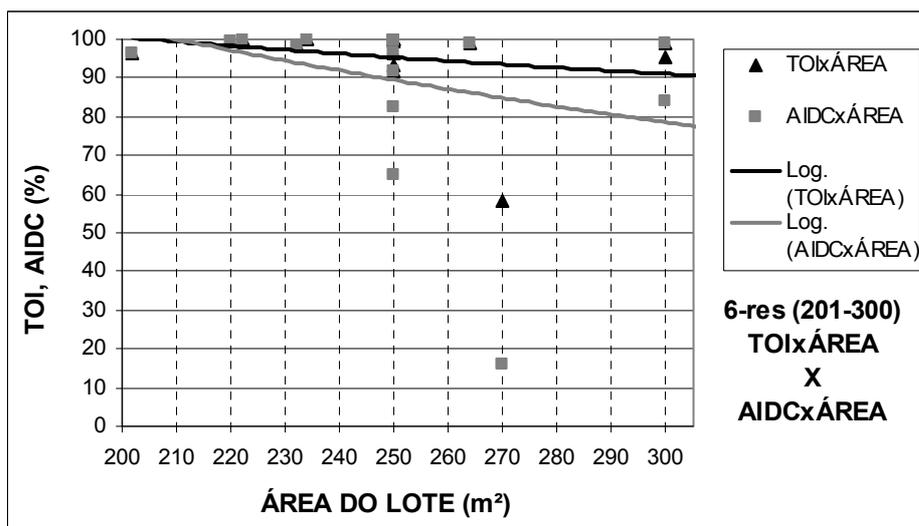


Figura 4.56 – Relações entre TOI (%), AIDC (%) e área do lote, para lote residencial com área entre 200 e 300m² (estrato 6 – Rib. Preto).

4.5.7. Análise dos lotes residenciais entre 300 m² e 400 m² – Estrato 7

Os lotes residenciais com área entre 300 e 400m² que compõem o estrato 7 compreendem um total de 8707 unidades, que corresponde a 4,71% do número de lotes e 2,1% da área total de lotes urbanos. Para a caracterização deste estrato foram amostrados 16 lotes.

A relação entre TOI e TO para este estrato pode ser analisada na figura 4.57. Nota-se grande variabilidade tanto da TO quanto da TOI, com variações entre 7,06 e 86,83% para TO e 7,06 e 98,91% para TOI. Observa-se que nenhum caso apresenta TOI de 100%.

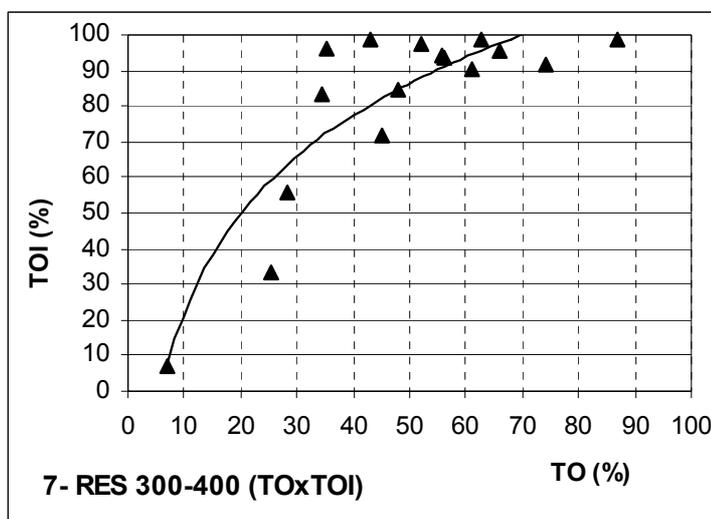


Figura 4.57 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

A figura 4.58 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Observa-se em metade dos casos uma densidade menor que 32 hab/ha, nos demais este parâmetro varia entre 47,4 e 91,12 hab/ha. Através da linha de tendência, nota-se a estabilização da TOI em torno de 83%, para densidades superiores a 90 hab/ha, embora 75% dos casos apresentem TOI superior a este valor.

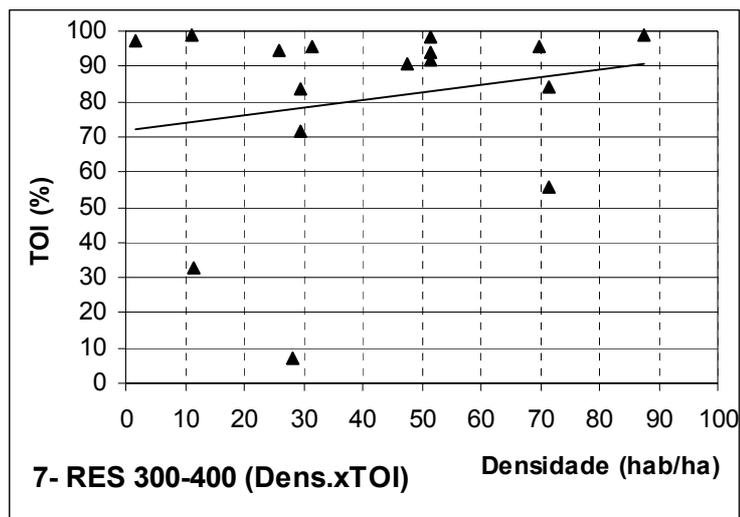


Figura 4.58 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial, com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

A figura 4.59 representa a relação entre TOI e área do lote. Observa-se TOI superior a 80% em 75% dos casos. Porém nota-se inexistência de unidades amostrais com TOI igual a 100%.

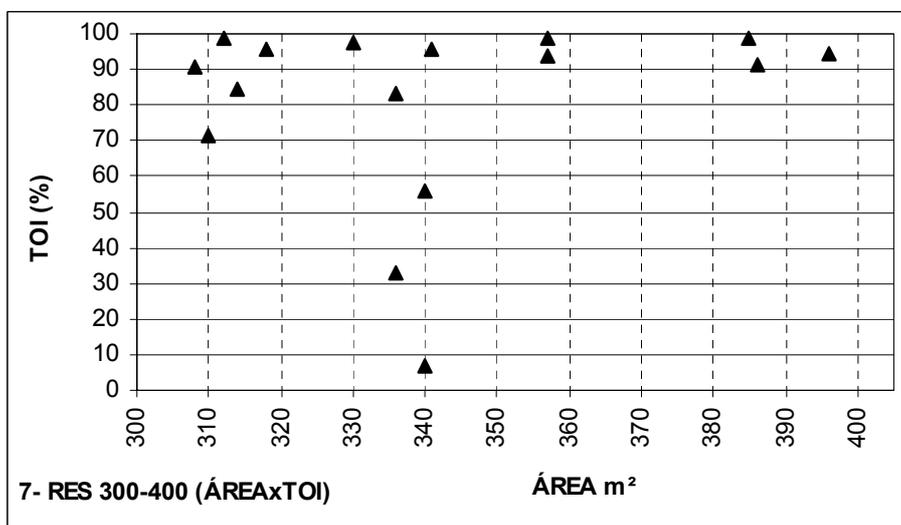


Figura 4.59 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

A figura 4.60 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 300 e 400m². Observa-se a presença de área permeável em todas as unidades amostrais, embora as áreas impermeabilizadas ainda sejam predominantes.

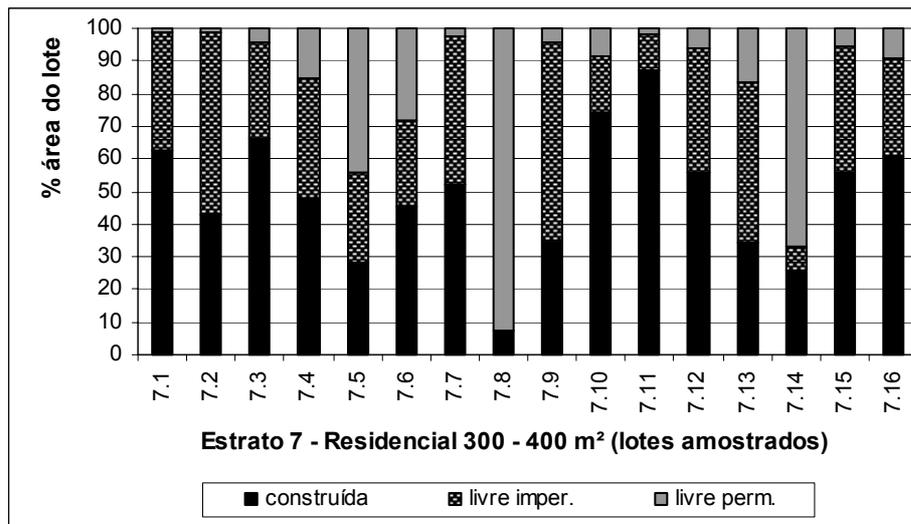


Figura 4.60 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

Na análise de área livre segundo a figura 4.61, observa-se a predominância da impermeabilização, mesmo com alguns lotes fornecendo expressiva porcentagem de área permeável e apresentando um aumento dessas áreas em relação ao estrato anterior.

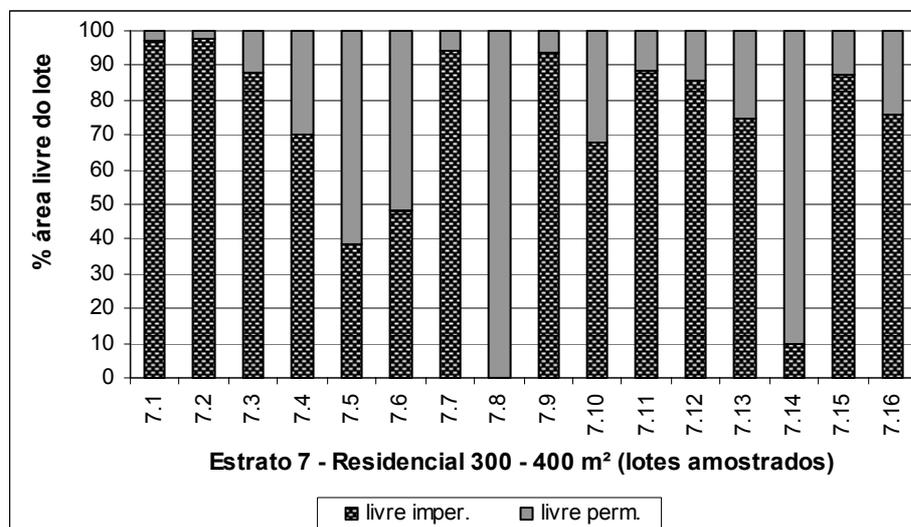


Figura 4.61 – Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica de lote residencial com área entre 300 e 400m² pode ser analisada a partir da figura 4.62. Nota-se que apesar da predominância de AIDC, houve um aumento da porcentagem de AP e AINC, quando comparado com os estratos residenciais anteriores. Observa-se que todos os casos apresentam AP, e mais de 40% apresentam AINC.

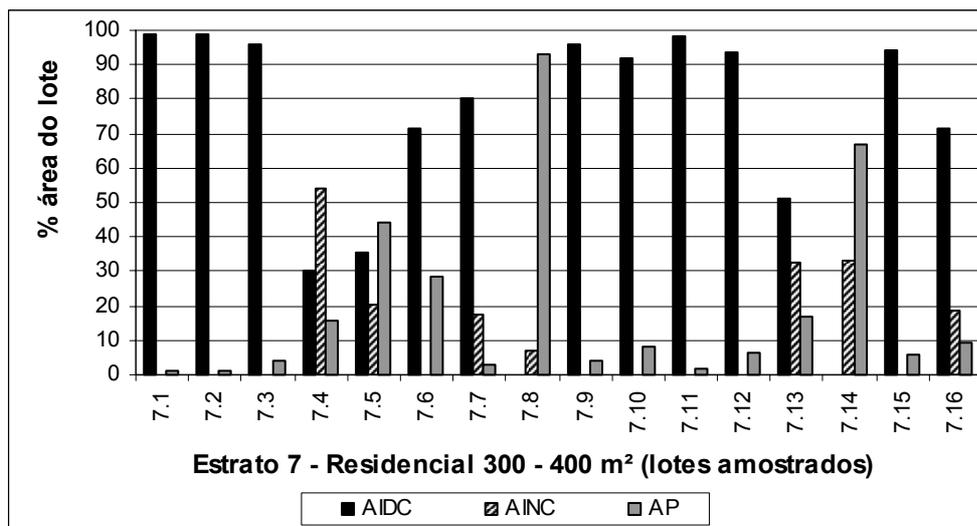


Figura 4.62 – Porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC), área impermeável não conectada (AINC) e área permeável (estrato 7 – Rib. Preto).

Com o aumento das áreas permeáveis e AINC, nota-se pela figura 4.63, uma diferença maior entre TOI e AIDC, embora em 56% dos casos a AIDC seja equivalente a TOI.

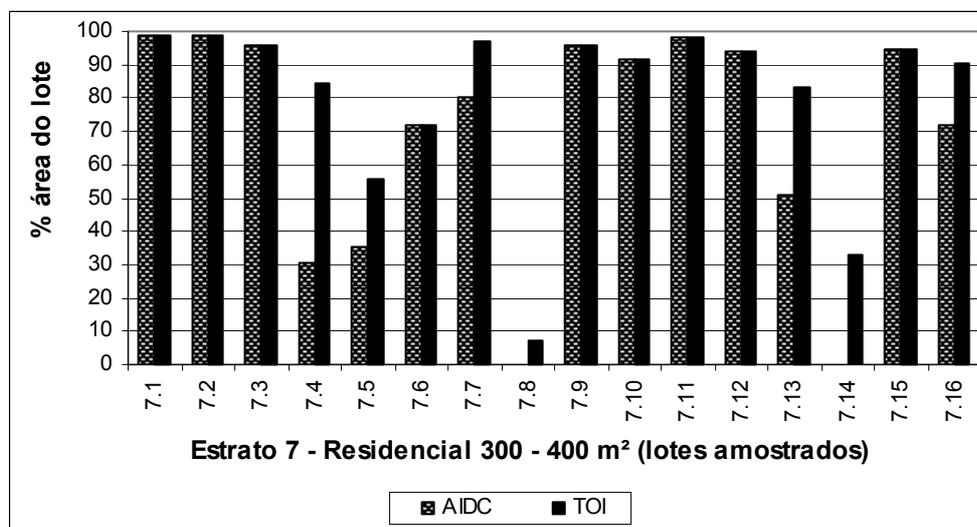


Figura 4.63 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 300 e 400m² (estrato 7 – Rib. Preto).

4.5.8. Análise dos lotes residenciais entre 400 m² e 600 m² – Estrato 8

O estrato 8 corresponde aos lotes residenciais com área entre 400 e 600m². Compreendem um total de 6145 unidades, o que corresponde a 3,32% do número total de lotes e 2,04% da área dos lotes urbanos. Para este estrato foram amostrados 15 lotes conforme o planejamento amostral.

A TOI para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m² pode primeiramente ser visualizada através da figura 4.64, que apresenta a relação entre TO e TOI. Observa-se que a TO está distribuída entre 28,54 e 80,87% e a TOI entre 46,67 e 100%, apresentando TOI igual a 100% em dois casos.

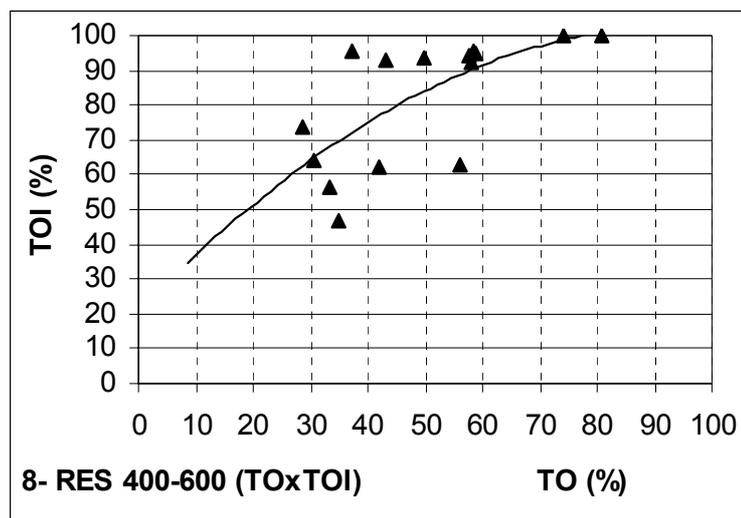


Figura 4.64 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

A figura 4.65 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Nota-se grande variabilidade da densidade para este estrato, com valores entre 9,41 e 82,03 hab./ha. Através da linha de tendência, observa-se estabilização da TOI em torno de 91%, para densidades superiores a 90 hab/ha, embora existam casos com TOI superior a este valor.

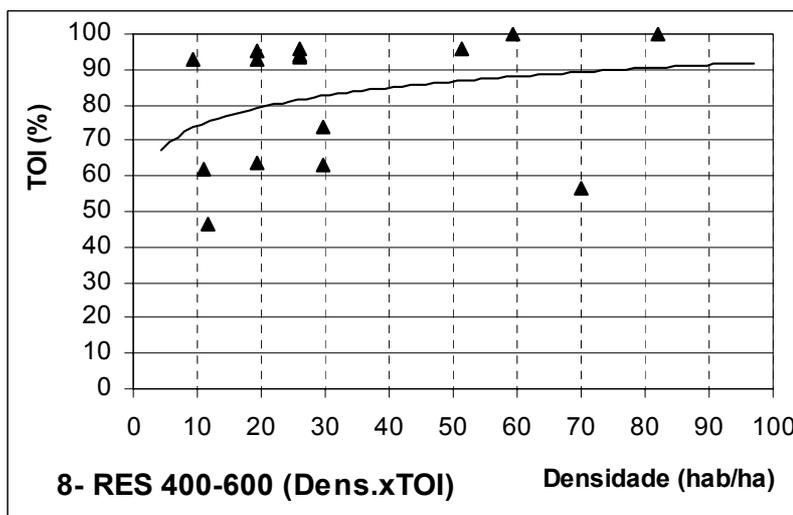


Figura 4.65 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

A figura 4.66 representa a relação entre TOI e área do lote. Nota-se que 60% dos casos apresentam TOI superior a 90%, porém em apenas dois casos a TOI é igual a 100%, observando-se ainda dois casos com TOI menor que 60%.

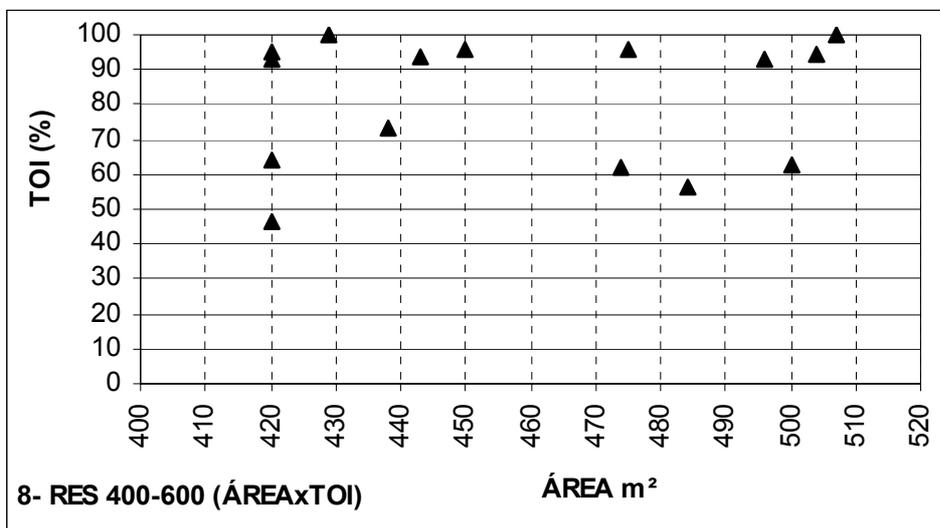


Figura 4.66 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

A figura 4.67 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 400 e 600m². Observa-se que apenas duas unidades amostrais não apresentam área permeável. Embora a quantidade de área impermeável seja predominante, alguns lotes apresentam mais de 36% de área permeável.

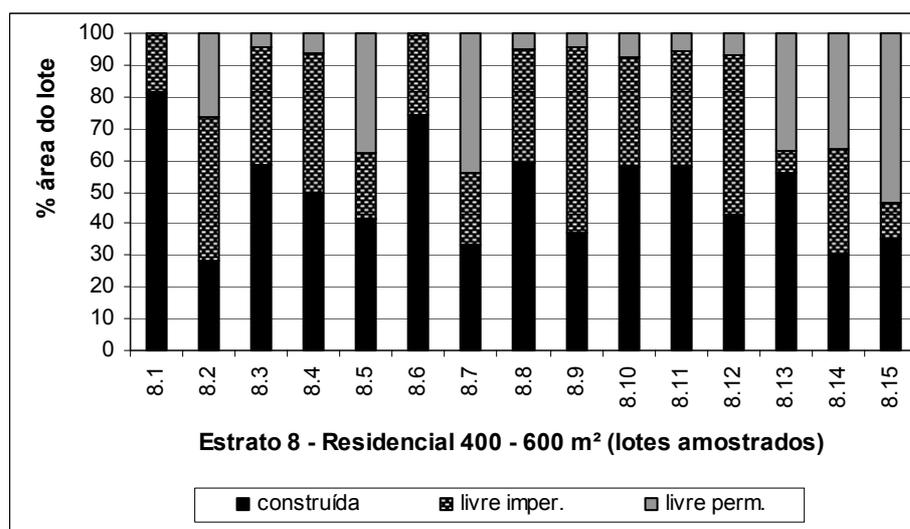


Figura 4.67 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

A figura 4.68 mostra a percentagem de área permeável e impermeável na área livre dos lotes. Observa-se que a percentagem mínima de área permeável fica em torno de 10%, com exceção de dois casos onde a TOI é igual a 100%, e a máxima fica em torno de 80%. Nota-se ainda a predominância de área impermeabilizada, na análise geral do estrato.

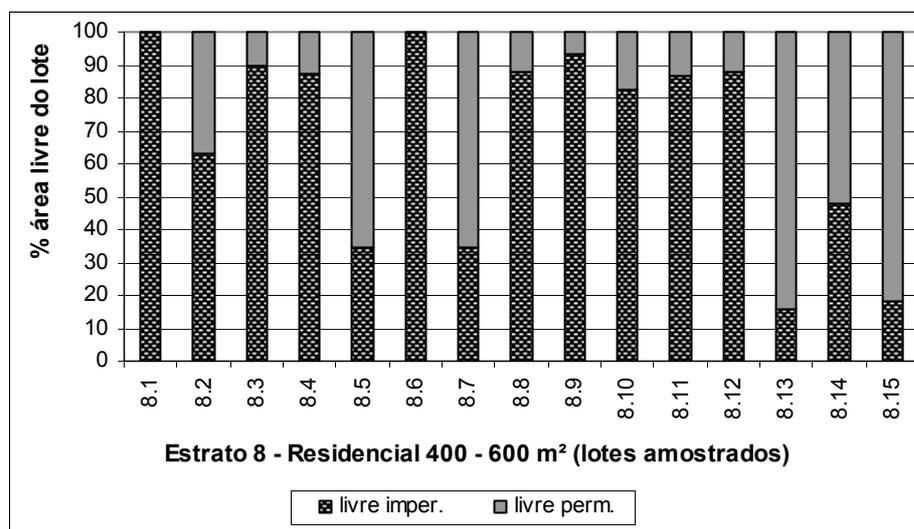


Figura 4.68 – Percentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

A partir da figura 4.69 que mostra a percentagem de AIDC, AINC e AP presente nos lotes, pode-se analisar a conectividade hidráulica para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m². Observa-se que mais de 45% dos casos apresenta AINC, mesmo que em uma pequena percentagem. Apesar disso, a conectividade hidráulica para este estrato continua alta, pois não há grande diferença entre AIDC e TOI, como pode ser observado na figura 4.70.

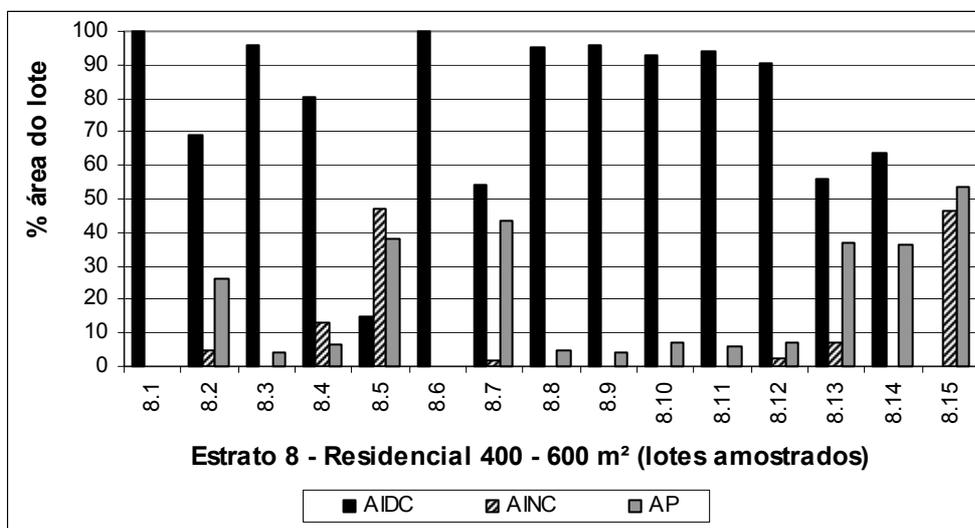


Figura 4.69 – Percentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

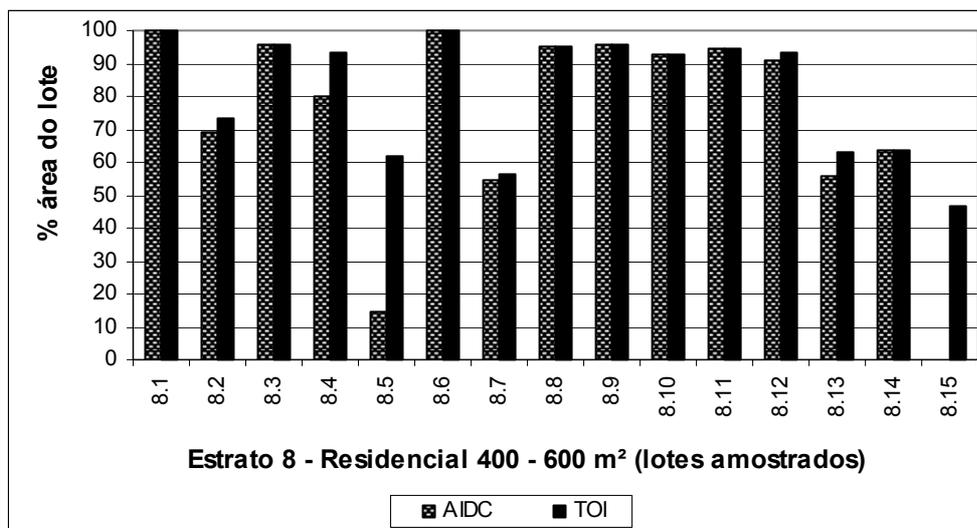


Figura 4.70 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 400 e 600m² (estrato 8 – Rib. Preto).

4.5.9. Análise dos lotes residenciais entre 600 m² e 1200 m² – Estrato 9

Os lotes residenciais com área entre 600 e 1200m² que compõem o estrato 9, compreendem um total de 2270 unidades, que corresponde a 1,23% do número de lotes e 1,28% da área total de lotes urbanos. Para este estrato, foram amostrados 15 lotes conforme o planejamento amostral.

A relação entre TOI e TO para este estrato pode ser analisada na figura 4.71. Observa-se grande variabilidade tanto da TO quanto da TOI, com TO variando entre 12,99 e 84,71% e a TOI variando entre 17,21 e 100%. Nota-se que em mais de 70% dos casos a TO varia entre 31,69 e 55,57% e a TOI com valores acima de 72%. Segundo a linha de tendência, espera-se TOI de 100% a partir de 73% de TO.

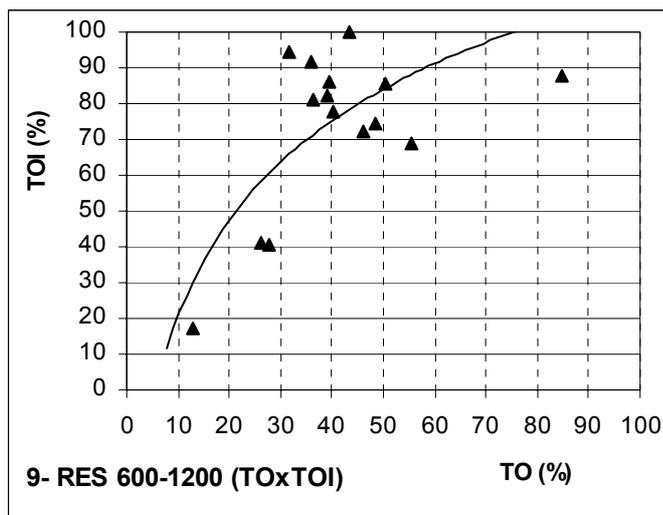


Figura 4.71 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

A relação entre TOI e densidade populacional está representada na figura 4.72. Observa-se mais uma vez grande variabilidade da TOI para este estrato e também da densidade, com valores entre 1,56 e 71,51 hab./ha. Pela linha de tendência, nota-se a estabilização da TOI em torno de 78% para densidades acima de 90 hab./ha, embora em mais de 50% dos casos a TOI apresente valor superior.

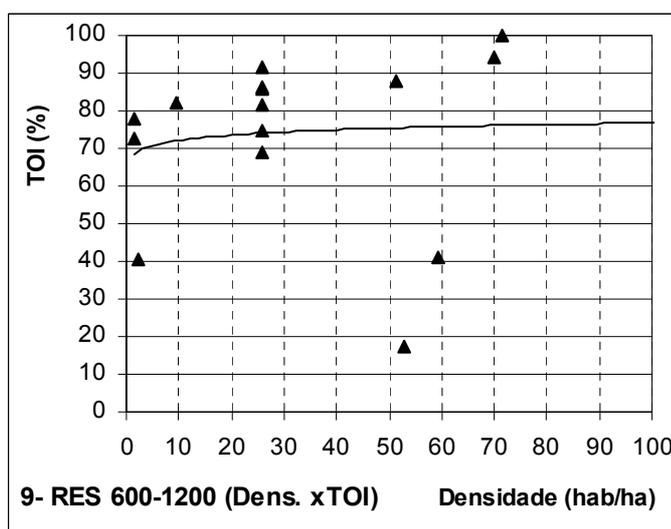


Figura 4.72 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

A figura 4.73 representa a relação entre TOI e área do lote. Nota-se, para este estrato, apenas um caso com TOI igual a 100%. Observa-se que a linha de tendência encontra-se em uma faixa com valores de TOI entre 78 e 70%, com suave declínio devido ao aumento do tamanho do lote.

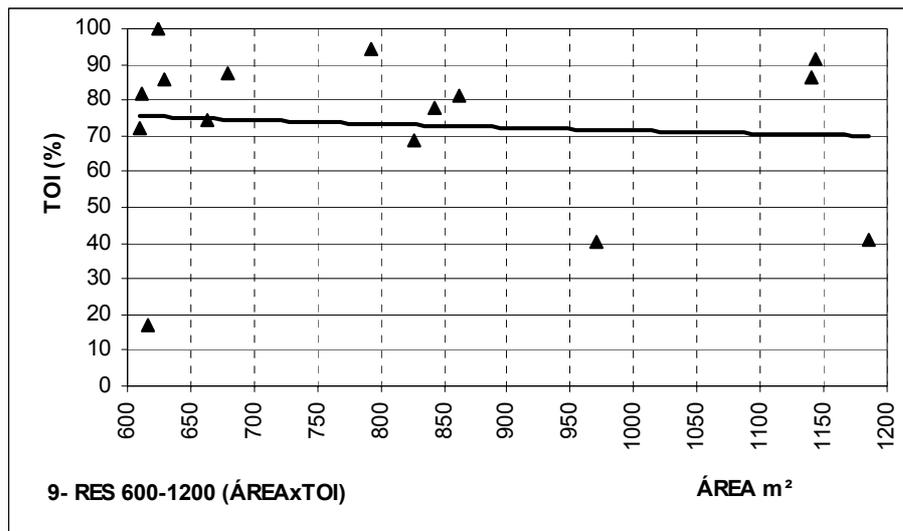


Figura 4.73 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

A figura 4.74 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 600 e 1200m². Observa-se uma distribuição mais igualitária na ocupação dos lotes, com maior presença de área permeável em relação aos estratos anteriores, mas o predomínio ainda é de área construída.

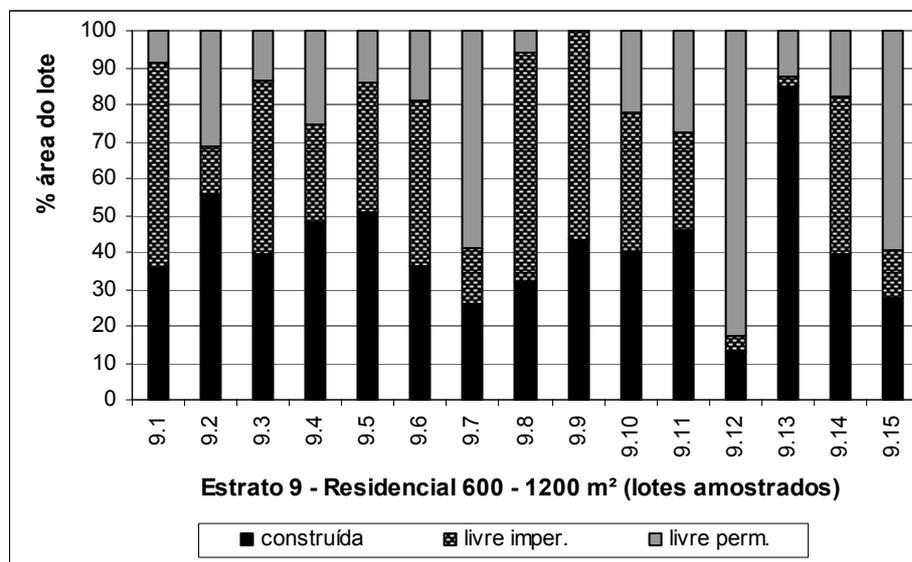


Figura 4.74 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

Na análise de área livre, segundo a figura 4.75, observa-se ausência de área permeável somente em um lote, mesmo assim nota-se de forma geral para este estrato, um equilíbrio entre áreas permeáveis e impermeáveis.

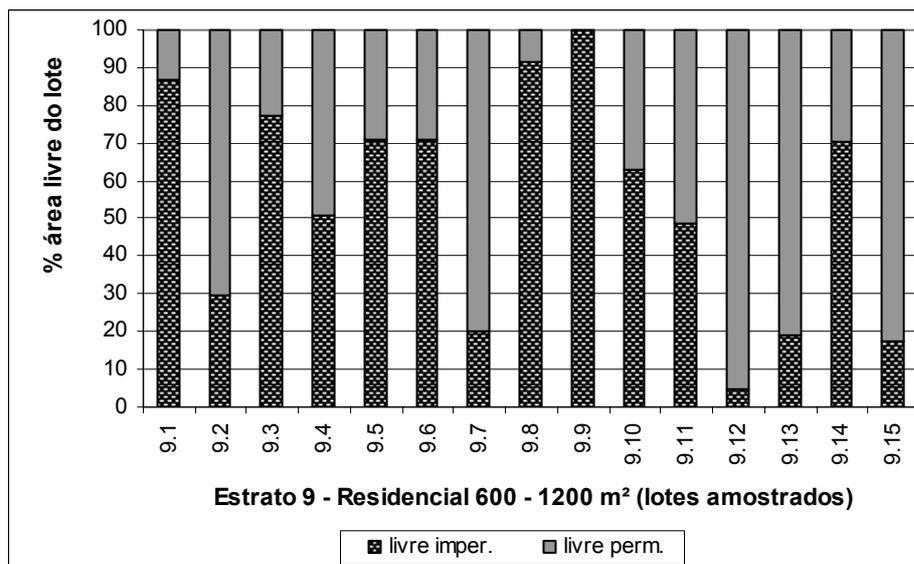


Figura 4.75 – Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica de lote residencial com área entre 600 e 1200m² pode ser analisada a partir da figura 4.76. Apesar da predominância de AIDC na maioria dos lotes, verifica-se a presença de AINC em mais de 73% deles. Nota-se o aumento do número de lotes residenciais com este parâmetro, à medida que se aumenta a área do lote.

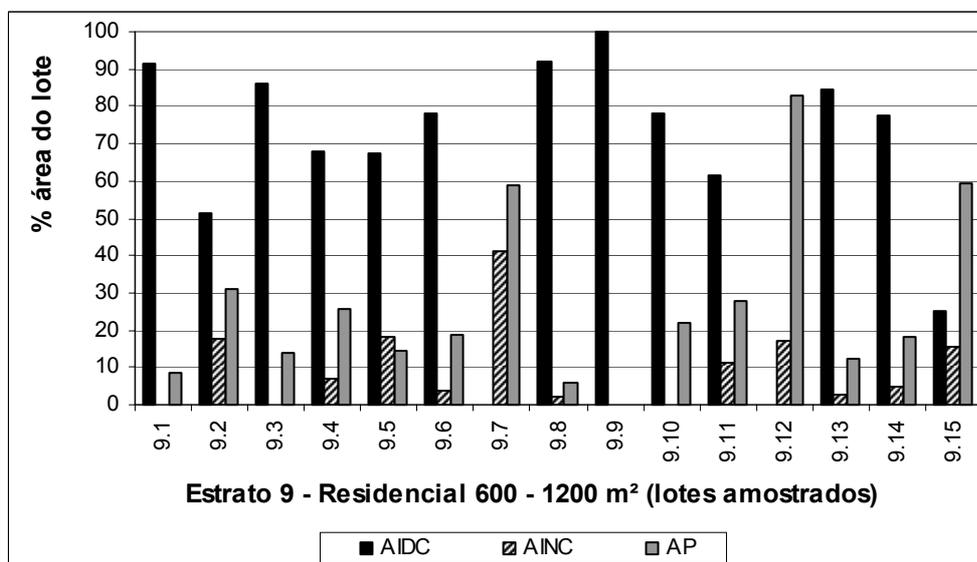


Figura 4.76 – Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes residenciais com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

Através da figura 4.77, podem ser comparados os parâmetros AIDC e TOI. Com o aumento de áreas permeáveis e AINC, nota-se maior diferença entre TOI e AIDC, apesar de

pequena. Mesmo com o aumento de AINC, observa-se que em quatro lotes a AIDC e TOI são iguais.

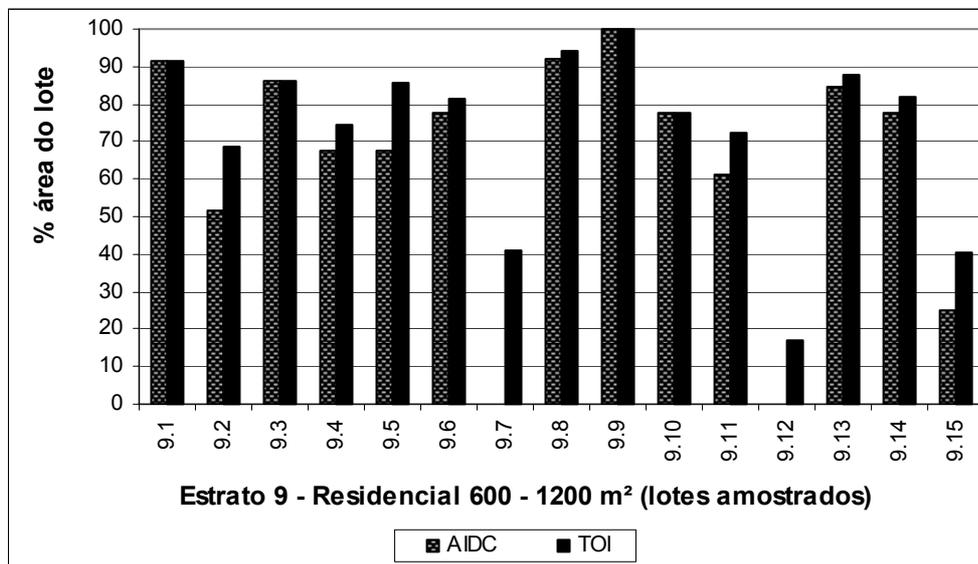


Figura 4.77 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes residenciais com área entre 600 e 1200m² (estrato 9 – Rib. Preto).

4.5.10. Análise dos lotes residenciais maiores que 1200 m² – Estrato 10

O estrato 10 corresponde aos lotes residenciais com área superior a 1200m², compreendem um total de 2416 unidades, o que corresponde a apenas 1,31% do número total de lotes. Porém, devido a grande área dos lotes, representam 11,73% da área total dos lotes urbanos. Este é o estrato com maior representatividade com relação à área, além de apresentar grande quantidade de área permeável. Foram amostrados 10 lotes conforme o planejamento amostral.

Constatou-se duas ocupações distintas neste estrato conforme se observa nas figuras 4.78 e 4.80: lotes com residências de alto padrão com área de até 2000m² e grandes lotes com características de lotes vagos, que poderão ou não ser loteados futuramente. Devido a sua representatividade, esses lotes não podem ser descartados desta pesquisa. Portanto, os lotes com área superior a 2000m² foram também analisados separadamente.

A TOI para os lotes residenciais, com área maior que 1200m², pode primeiramente ser estimada através da figura 4.78, que apresenta a relação entre TO e TOI. Nota-se que 70% dos casos apresentam TO e TOI muito baixas, com TO variando entre 0,87 e 6,04% e variação de TOI entre 1,33 e 10,11%. Isto ocorre, devido aos grandes lotes que poderão ser loteados futuramente. Os demais lotes são ocupados por residências unifamiliares de alto padrão que

apresentam TOI entre 57 e 81% e TO entre 46 e 52%. Observa-se que estas três unidades amostrais apresentam características de impermeabilização diferentes dos demais lotes deste estrato, sendo parecidas com as dos lotes do estrato anteriormente analisado.

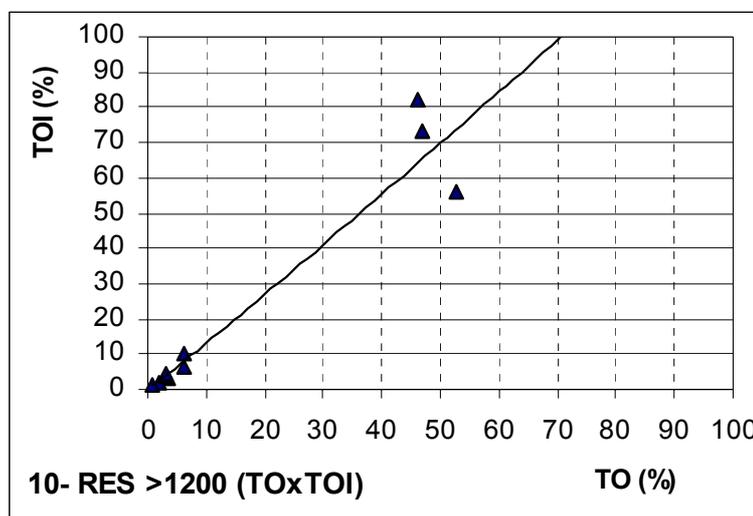


Figura 4.78 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote residencial com área maior que 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

A figura 4.79 mostra a relação entre TOI e densidade populacional. Observa-se grande variabilidade da densidade para este estrato, com valores entre 1,56 e 89,76 hab./ha. Nota-se a baixa TOI para este estrato, onde 70% das amostras não ultrapassam 10%. No entanto, nota-se que os lotes ocupados por residências de alto padrão apresentam TOI entre 57 e 81% como já foi citado anteriormente.

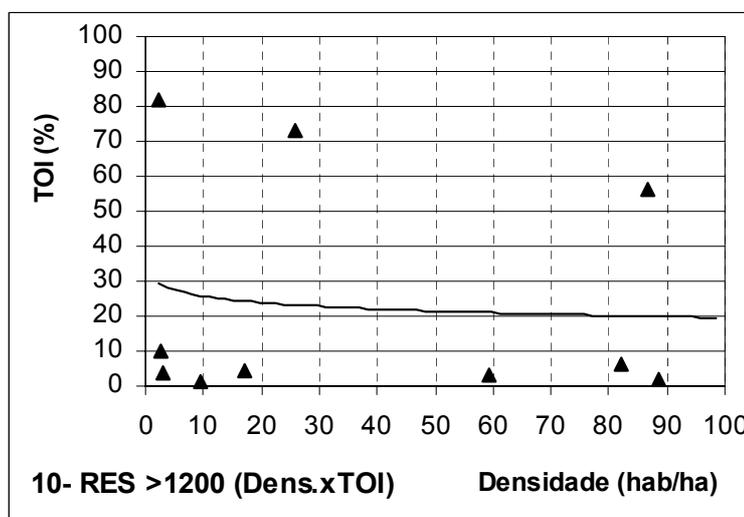


Figura 4.79 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lote residencial, com área maior que 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

A figura 4.80 representa a relação entre TOI e área do lote. Observa-se que os lotes urbanos com área entre 1200 e 1700m² apresentam TOI mais elevada e próxima da realidade observada para os outros estratos de lotes urbanizados. Nos demais casos, dois são residências de alto padrão em condomínios fechados de chácaras, dentro da área urbana. Os demais, são grandes glebas dentro da área urbana que poderão ser loteadas futuramente. Nota-se, pela baixa impermeabilização e ocupação, que estes lotes se assemelham a lotes vagos.

Através das figuras 4.81 e 4.82, observa-se como são diferentes as características de impermeabilização para os lotes com área inferior a 2000m², justificando a análise separada deste estrato.

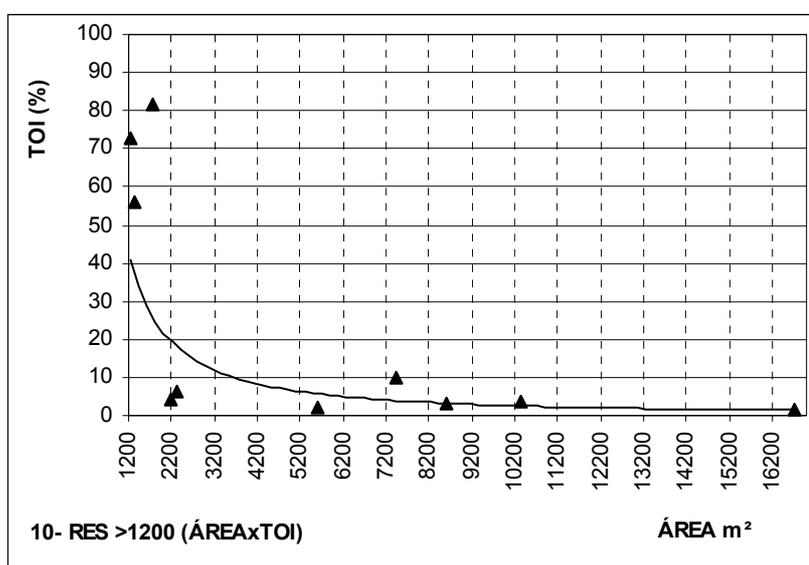


Figura 4.80 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área superior a 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

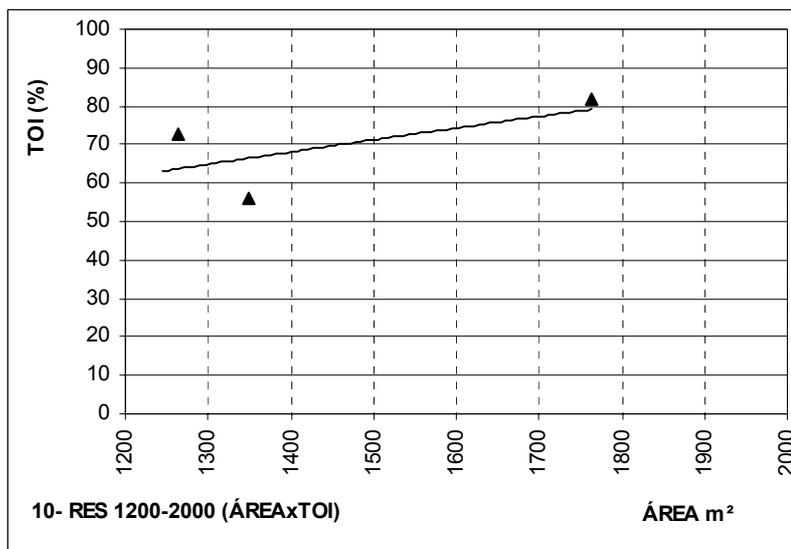


Figura 4.81 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área entre 1200 e 2000m² (estrato 10 – Rib. Preto).

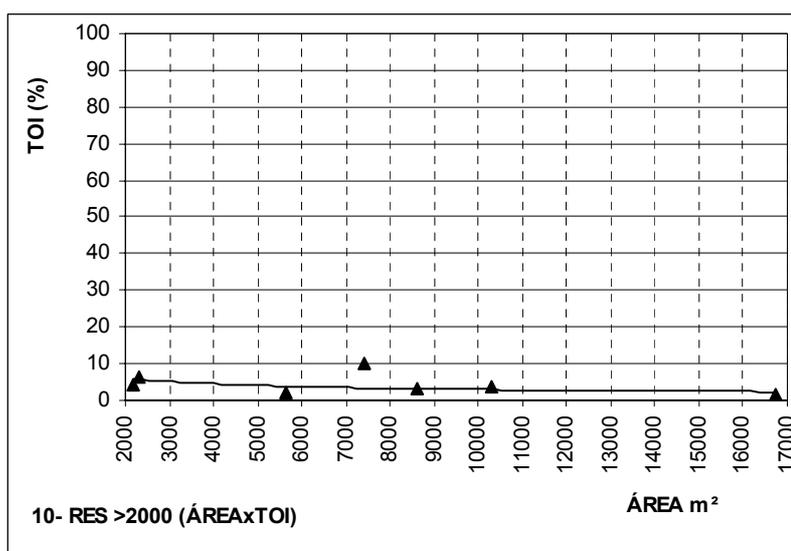


Figura 4.82 – Relação entre TOI (%) e área para lote residencial com área superior a 2000m² (estrato 10 – Rib. Preto).

A figura 4.83 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área superior a 1200m². Nota-se a predominância de área permeável nos grandes lotes com características de lotes vagos. Nos três casos, com maior porcentagem de área construída, representados pelas três primeiras barras, também se nota a presença significativa de área permeável, com valores entre 20% e 42% da área do lote.

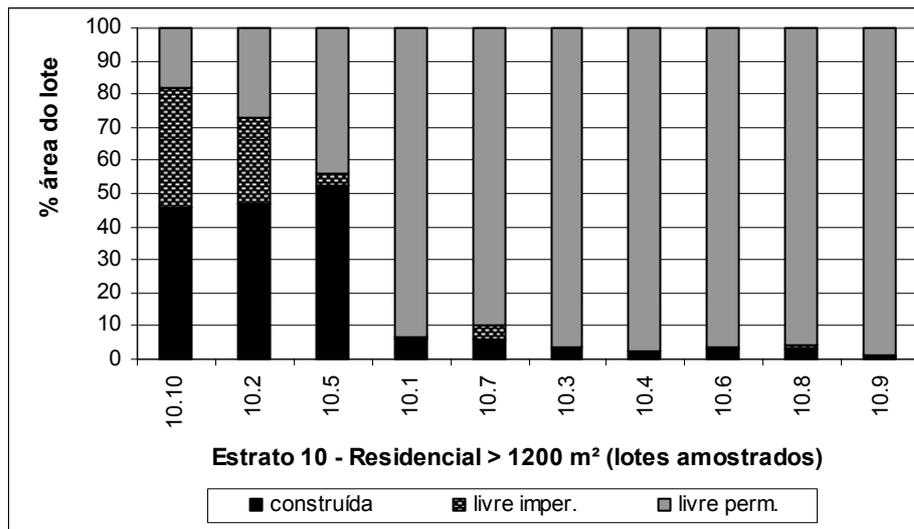


Figura 4.83 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lote com área superior a 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

Pela análise de área livre segundo a figura 4.84, nota-se uma baixa representatividade de áreas impermeáveis nos lotes com área superior à 2000m², representados pelas últimas sete barras. Nos lotes com área inferior a 2000m², representados pelas três primeiras barras, nota-se também a predominância de área permeável, embora as áreas impermeáveis também sejam expressivas.

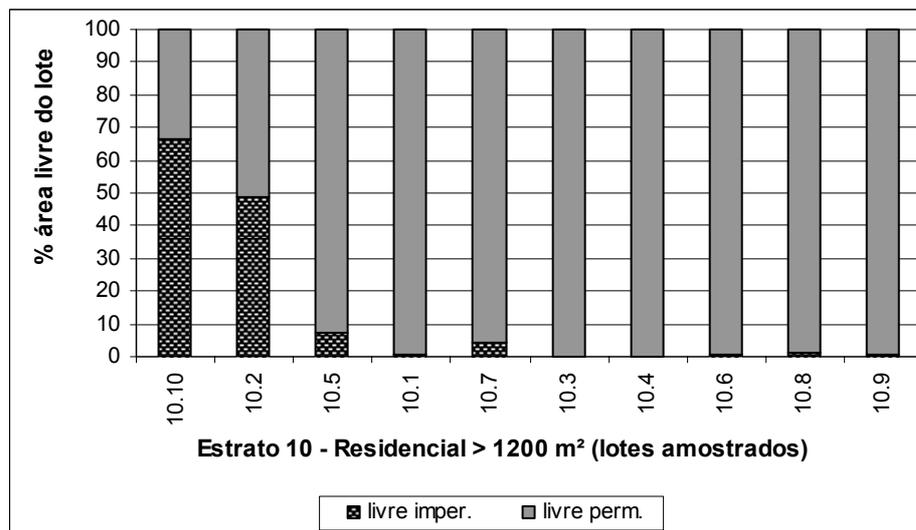


Figura 4.84 – Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes residenciais com área superior a 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica de lote residencial com área superior a 1200m² pode ser analisada a partir da figura 4.85. Nota-se mais uma vez a predominância de áreas permeáveis, além da ausência de AINC em apenas um caso. Nos lotes com área entre 1200 e 200m²

observa-se a predominância de AIDC, o que revela pouca diferença entre TOI e AIDC para estes casos, como é apresentado na figura 4.86. Nos demais casos, se nota mais uma vez, que têm características de lotes vagos.

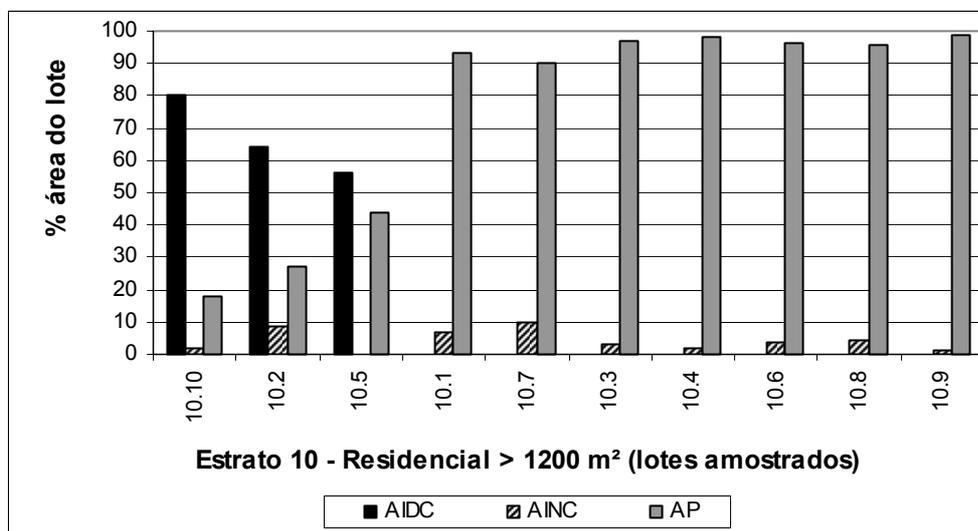


Figura 4.85 – Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável, para os lotes residenciais com área superior a 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

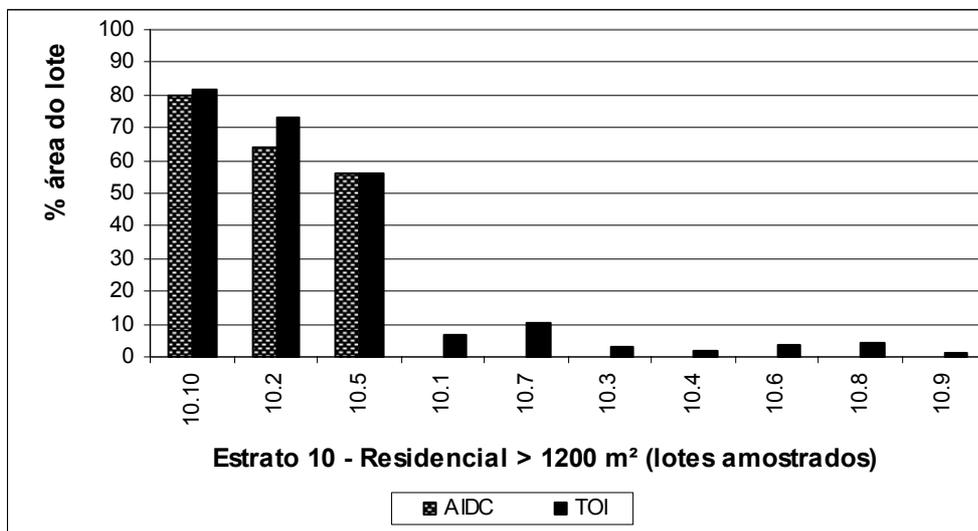


Figura 4.86 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI, para os lotes residenciais com área superior a 1200m² (estrato 10 – Rib. Preto).

4.5.11. Análise dos lotes verticalizados – Estrato 11

O estrato 11 corresponde aos lotes em altura, ou seja, com edificações acima de três pavimentos, independente do uso. Compreende um total de 3094 unidades, correspondente a

1,67% do número de lotes e 6,97% da área total de lotes urbanos. Para este estrato foram amostrados 20 lotes conforme o planejamento amostral.

A relação entre TOI e TO para os lotes verticalizados pode ser analisada na figura 4.87. Observa-se grande variabilidade da TO, entre 21 e 100%. Para TOI, nota-se que o menor valor para este parâmetro é 61,5%. Verifica-se que, em apenas um caso, toda a área do lote é ocupada.

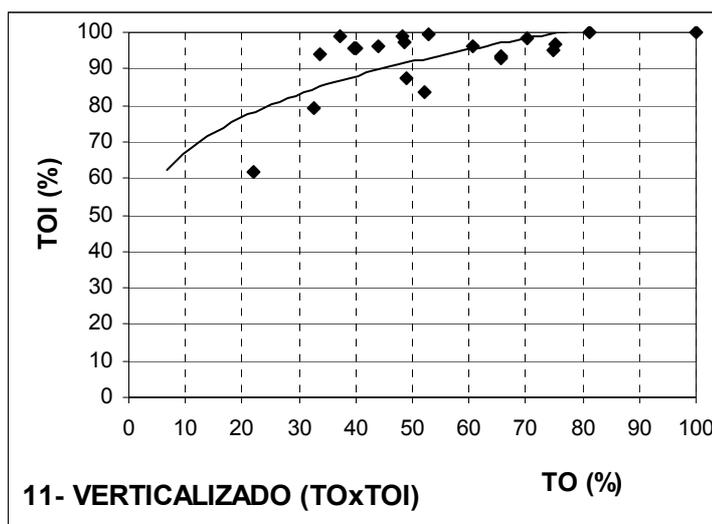


Figura 4.87 – Relação entre TOI (%) e TO (%) para lote verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

A relação entre TOI e a densidade populacional é representada na figura 4.88. Observa-se uma alta taxa de impermeabilização deste estrato, com mais de 90% dos casos apresentando TOI superior a 80%. Quanto à densidade, nota-se grande variabilidade, entre 21 e 87,52 hab./ha.

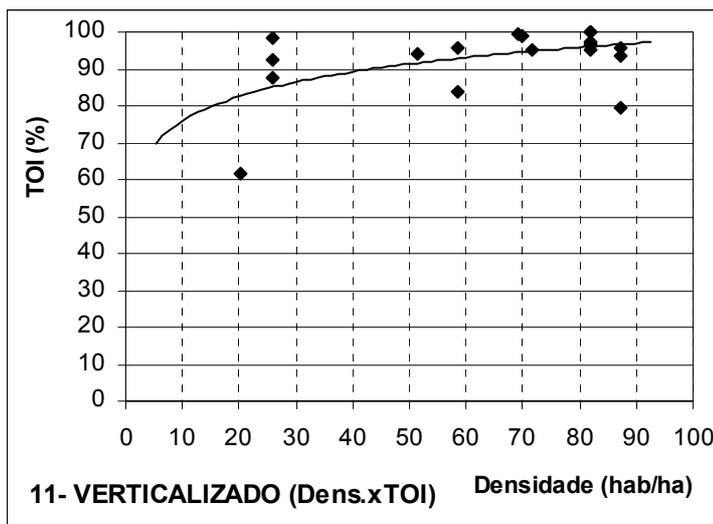


Figura 4.88 – Relação entre TOI (%) e densidade populacional (habitantes/hectare) para lotes verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

A figura 4.89 representa a relação entre TOI e a área do lote. Observa-se novamente uma alta taxa de impermeabilização. Através da linha de tendência, nota-se suave declínio da TOI em relação ao aumento da área e a estabilização deste parâmetro em torno de 80%.

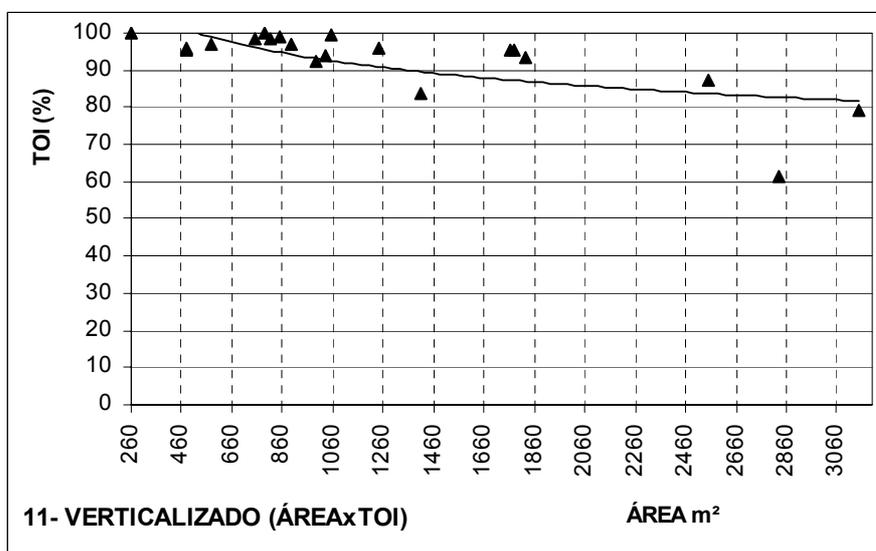


Figura 4.89 – Relação entre TOI (%) e área para lote verticalizado (estrato 11 – Rib. Preto).

A figura 4.90 mostra a porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lotes verticalizados. Observa-se, com exceção de uma unidade amostral, que todos os lotes apresentam áreas permeáveis, embora em pequenas quantidades. Nota-se uma baixa porcentagem de área permeável, com média de 7%. Há um caso em que o lote foi

100% ocupado por área construída, este é um edifício antigo de uma época em que era permitida essa forma de ocupação.

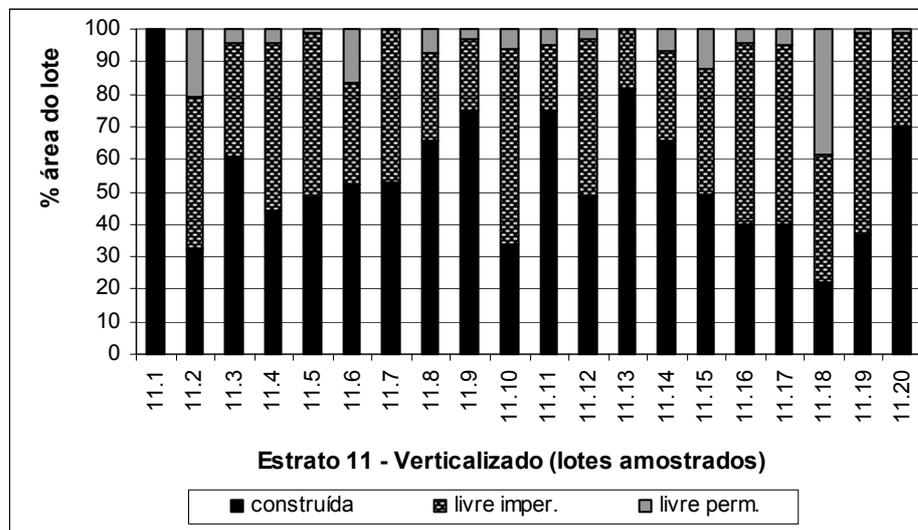


Figura 4.90 – Porcentagem de área construída, área impermeabilizada livre e área permeável para lotes verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

A figura 4.91 mostra a porcentagem de área permeável e impermeável na área livre dos lotes. Confirma-se a predominância de área impermeabilizada, porém com presença de área permeável em todos os lotes que possuem área livre.

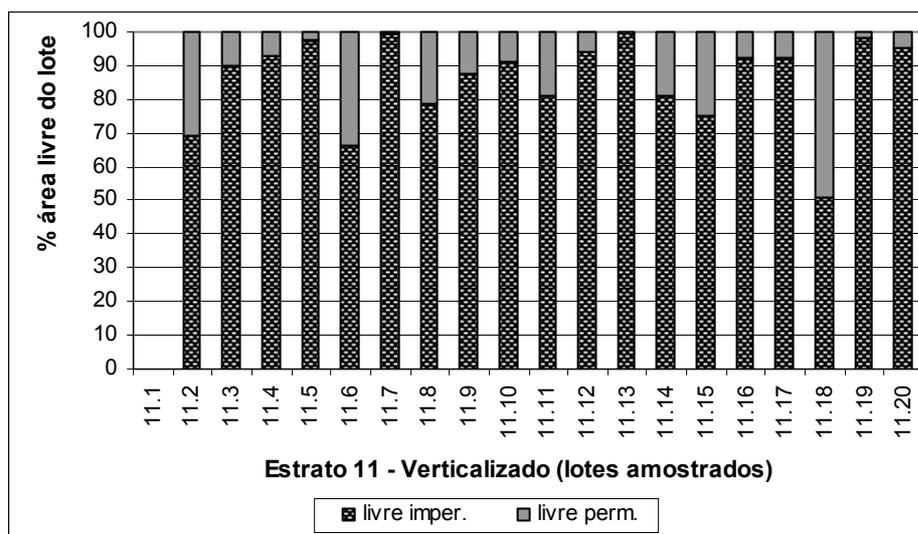


Figura 4.91 – Porcentagem de área impermeável e área permeável presente em áreas livres dos lotes verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

A conectividade hidráulica dos lotes verticalizados pode ser analisada a partir da figura 4.92. Observa-se a presença predominante de AIDC em todas as unidades amostrais, as áreas permeáveis estão presentes em mais de 90% dos lotes, porém apenas um caso apresenta AINC. Este quadro faz com que a diferença entre TOI e AIDC não seja nula em apenas um caso, como pode ser observado na figura 4.93, que apresenta a comparação entre TOI e AIDC.

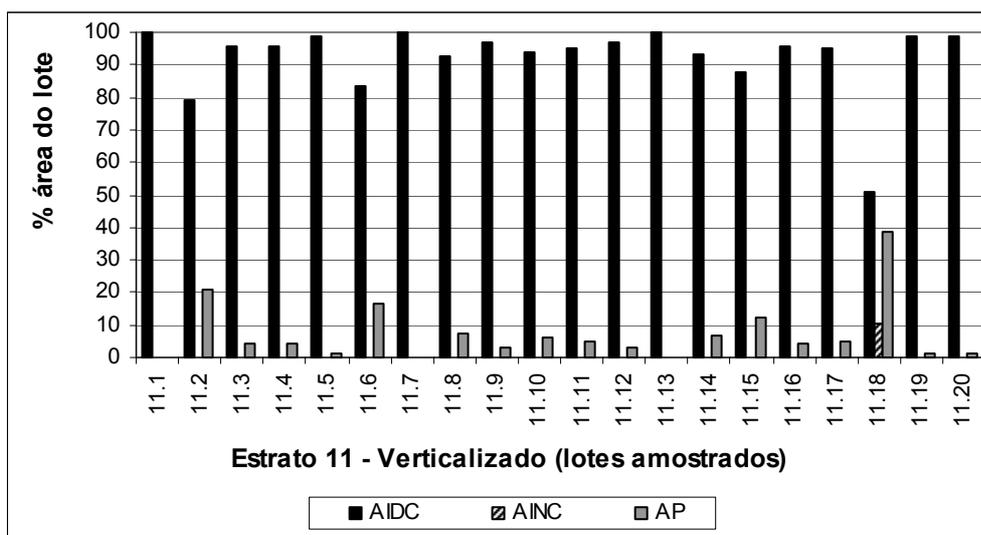


Figura 4.92 – Porcentagem de AIDC, AINC e área permeável para os lotes verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

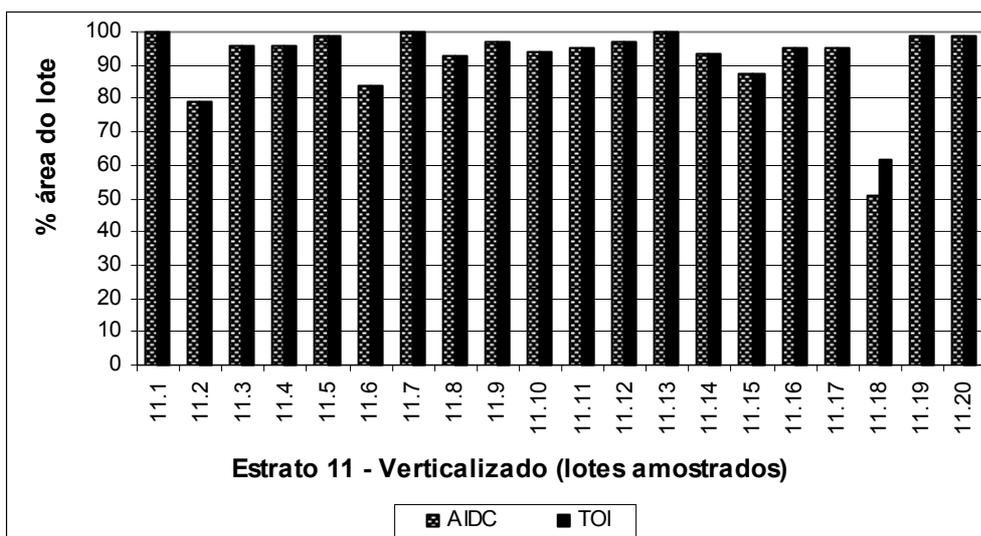


Figura 4.93 – Comparação da porcentagem de AIDC e TOI para os lotes verticalizados (estrato 11 – Rib. Preto).

5. CONCLUSÕES

A impermeabilização e suas características como a conectividade hidráulica são importantes parâmetros para caracterização dos impactos e do meio urbano. Dessa forma pretendeu-se com esta pesquisa avaliar e quantificar a impermeabilização do solo em lotes urbanos de diferentes tamanhos e usos, no município de Ribeirão Preto – SP, fornecendo parâmetros importantes aos estudos hidrológicos requeridos no planejamento do sistema de drenagem urbana e dimensionamento de projetos hidráulicos.

Os dados para realização desta pesquisa foram obtidos através de diferentes bases de dados: Cadastro Técnico Municipal (CTM-PMRP), mapas e fotografias aéreas, fornecidos pela Secretária de Planejamento de Ribeirão Preto, dados populacionais do IBGE, e pesquisa de campo. Com esta base de dados foi realizada a quantificação detalhada das áreas e superfícies dos lotes, inclusive das áreas impermeáveis e conectividade hidráulica dessas áreas.

A pesquisa teve de ser embasada em um planejamento amostral, desenvolvido com o uso de amostragem estratificada aleatória e proporcional. Foram visitados 198 lotes urbanos ocupados para coleta de dados. As visitas foram definidas por sorteio e o número para coleta de campo definido no estudo estatístico. Os lotes urbanos foram separados em estratos, de forma a agrupar lotes com características semelhantes de uso e ocupação.

A realização deste estudo possibilitou a descrição e caracterização dos lotes urbanos no município de Ribeirão Preto-SP, com relação à taxa de ocupação (TO), taxa de ocupação e impermeabilização (TOI) e quantificação dos lotes quanto às áreas impermeáveis diretamente conectadas (AIDC) e não conectadas (AINC).

As análises de uso e ocupação revelaram a grande representatividade de lotes vagos, contando com 59.402 lotes de um total de 184.847, ou seja, 32,1% do total, o que representa 63,92 Km² e 44,4% da área urbana do município. Esta situação apresenta um grande potencial de crescimento urbano sem que haja expansão do limite urbano, além da possibilidade de impermeabilização de grande área urbana que deve ser observada durante o planejamento da drenagem urbana.

Os estratos correspondentes aos lotes residenciais com área até 400 m² representam 13,3% da área urbana do município. Porém, esses lotes somam 94.844, representando 75,6% dos lotes ocupados, portanto são nesses lotes onde habitam a grande maioria da população.

Esta quantificação é apresentada na tabela 4.2, e mostra que a área reservada para ocupação residencial não é muito representativa.

Os lotes ocupados para uso misto e residencial, com área inferior a 125 m², são os que apresentaram maior taxa de ocupação individual por lote, com médias superiores a 77%. Quanto à impermeabilização, também são esses os lotes que apresentaram maior TOI e AIDC por lote, com valores médios superiores a 98%, tanto para TOI, quanto para AIDC. Porém os lotes residenciais com área inferior a 125 m² não contribuem significativamente na impermeabilização urbana, devido a pouca representatividade em relação à área total de lotes ocupados, conforme apresentado nas tabelas 4.9 e 4.10. Os demais lotes também apresentam elevadas taxas de ocupação e impermeabilização individuais, exceto os lotes residenciais com área superior a 2.000 m², que apresentam características de grandes lotes vagos que possivelmente poderão ser desmembrados e ocupados em lotes menores.

Excluindo os lotes residenciais com área superior a 2.000 m², que apresentam baixos valores de TO, TOI e AIDC, conforme apresentado na tabela 4.1, nos demais lotes os valores médios da TO variam entre 41,19% e 77,97%, as médias da TOI são superiores a 70% e os valores médios de AIDC são superiores a 64%. Dessa forma, observou-se que 54,72% da área de lotes urbanos apresentam valores médios de TOI superiores a 70%. O restante são lotes vagos que poderão ser ocupados e impermeabilizados seguindo esta tendência. Também, observou-se que a impermeabilização do lote tende a ser menor, quanto maior for a área do lote, como apresentado nas figuras 4.3 e 4.4, confirmando os resultados obtidos por Costa Jr. (2003).

Quanto à contribuição de cada estrato na impermeabilização e na conectividade da área urbana ocupada total, observou-se que o estrato que mais contribui com a impermeabilização urbana é o de lotes comerciais e industriais, responsável por 14,27% de impermeabilização na área urbana ocupada (tabela 4.9). Quanto à conectividade, o estrato de lotes mistos conecta 13,62% da área urbana (tabela 4.10). Outro estrato que contribui significativamente na impermeabilização urbana e conectividade hidráulica é o de lotes verticalizados, responsável pela impermeabilização de 11,65% da área urbana ocupada (tabelas 4.9 e 4.10).

Observou-se a variabilidade e a dependência da TO, TOI e AIDC com relação aos estratos propostos de acordo com o uso do solo e com a área do lote. Nos itens 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 e 4.1.4, mostrou-se como são as relações entre os valores médios dos parâmetros analisados. As relações obtidas entre essas variáveis médias são importantes e significativas, pois mostram forte dependência entre TO, TOI, AIDC e área do lote. Dessa forma estes

parâmetros podem ser estimados de acordo com as equações empíricas usadas para representar essas relações médias, como apresentados nas figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.10.

A relação entre TOI e densidade demográfica não apresentou bom ajuste, devido a vários fatores, como, o fato de que um determinado setor censitário pode abrigar diversos tipos de usos e ocupações.

Sugere-se que na estimativa da TOI em função da área do lote, os lotes institucionais, verticalizados e residenciais com área superior a 2.000 m² sejam tratados separadamente devido às características específicas de ocupação apresentadas por esses estratos.

As áreas impermeáveis diretamente conectadas apresentaram percentual altíssimo, acima de 64%. Prova disso, foi que as diferenças entre os valores médios de TOI e AIDC não apresentaram grande expressividade, conforme representado pelas figuras de 4.8 a 4.10 e nas análises detalhadas de cada estrato. Neste estudo propõe-se a estimativa deste parâmetro em função da TOI e área do lote, de acordo com as equações empíricas que representam as relações médias entre estes parâmetros, representadas na figura 4.10.

A utilização do conceito de área impermeável diretamente conectada (AIDC) torna as previsões de vazões mais seguras e confiáveis, não só pelo método usado na quantificação, como também por se trabalhar com as características urbanas brasileiras.

Outro aspecto abordado nesta pesquisa foi a aplicabilidade das relações obtidas a uma bacia ou região qualquer. Dessa forma, foi escolhida a bacia hidrográfica do Tanquinho para a estimativa da área impermeável e conectividade hidráulica, em três situações diferentes de ocupação da bacia: situação atual de ocupação (dados de 2004), situação futura 1, onde os lotes vagos estariam ocupados e, situação futura 2, onde toda área rural e lotes vagos estariam ocupados. Na figura 4.16, mostra-se resumidamente a evolução da TOI, AIDC, AINC e AP na bacia, para as três situações propostas. Verificou-se a grande potencialidade de evolução da impermeabilização do solo desta região, que deve ser considerada no planejamento urbano e sistemas de drenagem.

A partir das relações obtidas, é possível avaliar a impermeabilização e conectividade em toda bacia de maneira geral, conforme apresentado no item 4.3, ou de maneira distribuída em regiões previamente definidas como sub-bacias, quadras ou até o próprio lote. Com o auxílio de geoprocessamento pode-se armazenar grandes quantidades de dados urbanísticos, referentes às diversas regiões específicas na qual se deseja estudar, possibilitando a obtenção dos parâmetros necessários para a avaliação da impermeabilização de maneira distribuída.

Em uma sub-bacia no córrego do Tanquinho foi utilizado o método Racional para calcular a vazão de pico, no ponto de saída dessa sub-bacia. Neste cálculo foram utilizados

diferentes valores para o coeficiente de escoamento superficial. Este foi estimado de três maneiras diferentes: conforme as características gerais de ocupação da sub-bacia; de forma ponderada entre as características específicas de ocupação e impermeabilização de cada estrato e; assumindo como C os valores médios encontrados de TOI e AIDC estimados para a sub-bacia.

As vazões calculadas assumindo-se C igual a 0,84, ou seja equivalente a TOI atingiram um pico de 9,68 m³/s. Quando calculadas com C igual a 0,8, equivalente a AIDC, os picos de vazão atingiram 9,21 m³/s. Os menores picos foram atingidos quando os valores de C foram estimados a partir das características gerais de uso e ocupação da sub-bacia, com o valor médio de C avaliado em 0,55 e o pico de vazão atingindo 6,34 m³/s, ou seja, 34,5% menor do que a vazão calculada com C equivalente a TOI e, 31,2% menor do que a vazão calculada com C equivalente a AIDC. Quando o valor de C é estimado segundo a TOI pode-se estar superestimando a contribuição para o escoamento superficial, pois nessa situação estariam contribuindo áreas impermeáveis que não estão diretamente conectadas. Dessa forma, sugere-se que o valor de C seja adotado conforme o valor estimado de AIDC e, que embora se apresente menor do que o estimado segundo a TOI, é maior do que os valores costumeiramente adotados segundo as características gerais das bacias.

Pretendeu-se com este trabalho contribuir para um melhor entendimento da ocupação, impermeabilização do solo e suas características, a partir do lote, principalmente no que diz respeito a AIDC que representa um importante atributo da impermeabilização, sendo responsável pelo escoamento superficial direto inicialmente produzido na bacia.

Com isto, espera-se que possam ser traçados cenários de urbanização confiáveis que auxiliem no planejamento urbano e dos sistemas de drenagem, além de fornecer parâmetros que possam subsidiar dados para estudos hidrológicos, controle de inundações e demais impactos causados pela urbanização.

6. BIBLIOGRAFIA

ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana – um instrumento de planejamento e gestão urbana**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Mauad, 1998. 93 p.

ASFORA, M. C. **Considerações sobre as enchentes na bacia do rio Una - Pernambuco**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003, Curitiba. Anais eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2003. 1 CD.

BARBASSA, A. P. **Simulação do efeito da urbanização sobre a drenagem pluvial na cidade de São Carlos**. Tese de doutorado (engenharia hidráulica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

BARBASSA, A. P. **Influências das Áreas Impermeáveis e da Variação Espacial da Precipitação - Modelo Hidrológico Urbano Distribuído (MHDU II)**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999, Belo Horizonte MG. Anais Eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 1999. 1 CD.

BENZE, B. **Assessorias para o planejamento amostral** – Laboratório de Estatística Aplicada do Departamento de Estatística da UFSCar, São Carlos, 2004.

BEZZON, J. C. F. **Política e planejamento do desenvolvimento urbano da cidade de Ribeirão Preto no período de 1983 a 2002: análise e crítica do modelo de verticalização periférica ancorada e informatizada**. Dissertação de Mestrado (arquitetura e urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2002.

BOOTH, D. B.; JACKSON, C. R. Urbanization of aquatic systems: degradation thresholds, stormwater detection, and limits of mitigation. **Journal of the American Water Resources Association**, 22(5), p. 1077-1089, 1997.

BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. (1993). Pervious and impervious runoff in urban catchments. **Hydrological Sciences Journal**, 38(6), p. 463-478, 1993.

BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. (1994). Predicting pervious and impervious storm runoff from urban drainage basins. **Hydrological Sciences Journal**, 39(4), p. 321-332, 1994.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. 1ª edição. Rio Claro: Laboratório de planejamento municipal - Deplan - IGCE - UNESP, 2003.

CAMPANA, A. N. **Impactos da urbanização nas cheias urbanas**. Tese de Doutorado (engenharia de recursos hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CHOW, V. T. **Handbook of Applied Hydrology**. New York: Mc Graw-Hill - USA, 1964.

CORDEIRO, J. S. **Gerenciamento e controle de sistemas de saneamento**. São Carlos: UFSCar / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2003. 15 p. Notas de Aula.

COSTA Jr, L. L. **Avaliação da ocupação e impermeabilização do solo e do emprego de medidas de controle de inundação no lote – Bacia Hidrográfica Ponte Seca – Jaboticabal SP**. Dissertação de Mestrado (engenharia urbana) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

COSTA Jr, L. L.; BARBASSA, A. P. **Avaliação da aplicabilidade de dispositivos de controle de inundação no lote**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003a, Curitiba. Anais eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2003. 1 CD.

COSTA JR., L. L.; BARBASSA, A. P. **Caracterização da ocupação e impermeabilização do solo de sub-bacias hidrográficas da cidade de Jaboticabal – SP**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003b, Curitiba. Anais eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2003. 1 CD.

CRUZ, M. A. S. **Controle do escoamento no lote com retenção**. Dissertação de Mestrado (engenharia de recursos hídricos) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos

Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CRUZ, M. A. S; TUCCI, C. E. M. Quantificação e controle do impacto da urbanização em nível de lote. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2000. p. 383-394.

DAEE Departamento de Água e Energia Elétrica / CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. 1ª edição. São Paulo: DAEE, 1980.

DAEE Departamento de Água e Energia Elétrica. **Drenagem Urbana**. São Paulo: DAEE, 1984.

DUPAS, M. A. **Pesquisando e normalizando**. São Carlos: edufscar, 2004. 71 p.

ESTEVES, J. C.; VIECILI, F. L.; POMPÊO, C. A. Análise do coeficiente de deflúvio em área urbana. In: VILLANUEVA, A.; GOLDENFUM, J.; SILVEIRA, L.; CYBIS, A.; MARQUES, D. (Org.). **Soluções para a Drenagem Urbana em Países da América Latina: I Seminário de Drenagem Urbana do Mercosul e V Seminário Nacional de Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2001. p. 249-254.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado: Urbanismo**. 6ª edição. São Paulo: Pioneira, 1988.

FONTES, A. R. M. **Estudo Analítico da Morfologia Urbana no Processo de Urbanização visando o Planejamento de Sistemas de Drenagem na cidade de São Carlos**. Dissertação de Mestrado (engenharia urbana) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. **Diagnóstico e prognóstico da ocupação e impermeabilização urbanas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, volume 8, no. 2, p. 137-147.abr/jun 2003.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. **Análise de Parâmetros Urbanísticos de Drenagem Pluvial**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14., V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 5., 2001, Aracaju – SE. Anais Eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2001. 1 CD.

HALL, M. J. **Urban hydrology**. London and Swindon – UK, Elsevier Applied Science Publishers, 1986.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados populacionais de Ribeirão Preto - 2000**. IBGE. Ribeirão Preto, 2004. 3 CDs. 615 Mb.

KRAFTA, R. e CONSTANTINOU, E. Cidades brasileiras, seu controle e os caos. In: TUCCI, C.; MARQUES, M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2000. p. 405-420.

LEE, J. G.; HEANEY, J. P. Estimation of urban imperviousness and its impacts on stormwater systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, 39(4), p. 321-332, 2003.

LEOPOLD, L. B. **Hydrology for Urban Land Planning**. Washington: US Govt. Print. Off. (Geological Survey circular 554), 1968.

LIMA-QUEIROZ, J. C.; BALABRAM, P. R.; BAPTISTA, M. B. **Urbanização e alguns de seus impactos na cidade de Belo Horizonte**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003, Curitiba. Anais eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2003. 1 CD.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**. 1ª edição. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil LTDA. 1978.

LOPES, R. **A cidade intencional: O planejamento estratégico de cidades**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Mauad, 1998. 183 p.

LUBIANCA Jr., W. **Caderno de encargos de drenagem urbana**. In: XXVI Assembléia Nacional da ASSEMAE, 26, jun. 1998, Vitória. Anais, ASSEMAE, 1998. p. 199-202.

MAGALHÃES, L. P. C.; MIGUEZ, M. G.; MASCARENHAS, F. C. B. **Modelo hidráulico-hidrológico distribuído aplicado à bacia do rio Joana/RJ**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003, Curitiba. Anais eletrônicos. Porto Alegre: ABRH, 2003. 1 CD.

MARICATO, E. As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias. In: _____. **A cidade do pensamento único**: Desmanchando consensos. Petrópolis, ed. Vozes, 2000.

MASCARÓ, J. L. **Manual de loteamento e Urbanização**. 2ª edição. Porto Alegre: Sagra, 1997.

MONTEIRO, R. C.; REIS, F. A. G. R.; SILVA, M. M. **Relatório técnico**: situação e perspectiva do uso dos recursos hídricos no município de Ribeirão Preto (SP). Rio Claro: UNESP, 1999. Relatório técnico.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. 1ª edição. Fortaleza: edições UFC, 1981.

PACHECO, M. L. B. M. S. **Fundamentos da Drenagem Urbana**. São Paulo, 2002. Notas.

PILAR, J. V.; DEPETTRIS, C. A. Estimación de la impermeabilidad de una cuenca urbana mediante el procesamiento de imágenes satelitales. In: VILLANUEVA, A.; GOLDENFUM, J.; SILVEIRA, L.; CYBIS, A.; MARQUES, D. (Org.). **Soluções para a Drenagem Urbana em Países da América Latina**: I Seminário de Drenagem Urbana do Mercosul e V Seminário Nacional de Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2001a. p. 249-254.

PILAR, J. V.; DEPETTRIS, C. A. Uso de medidas no estructurales para controlar el aumento de las áreas impermeables en la ciudad de Resistencia. In: VILLANUEVA, A.; GOLDENFUM, J.; SILVEIRA, L.; CYBIS, A.; MARQUES, D. (Org.). **Soluções para a Drenagem Urbana em Países da América Latina**: I Seminário de Drenagem Urbana do Mercosul e V Seminário Nacional de Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2001b. p. 229-232.

PORTO, R. L. Escoamento Superficial Direto. In: TUCCI, C.; PORTO, R.; BARROS, M. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 1995. p. 107-166.

PORTO, R.; ZAHED F., K.; TUCCI, C. E.M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. (Org.). **Hidrologia ciência e aplicação**. 3^a edição. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2002. p. 805-848.

RIZZATTI, A. S.; PASSALACQUA, A. **Alternativa de estrutura hidráulica para diminuição das vazões de projetos de galerias de águas pluviais**. In: XXIV Assembléia Nacional da ASSEMAE, 24., jun. 1997, Brasília. Anais, ASSEMAE, 1997. p. 229-234.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE RIBEIRÃO PRETO. **Cadastro Técnico Municipal: manual cadastral**. Ribeirão Preto: Terrafoto, 2004a.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE RIBEIRÃO PRETO. **Cadastro Técnico Municipal: dados cadastrais**. Ribeirão Preto, 2004b.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE RIBEIRÃO PRETO. **Mapas do município (uso do solo, base de referencias, hidrografia)**. Ribeirão Preto, 2004c.

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRA-ESTRUTURA DE RIBEIRÃO PRETO. **Projeto de galeria de águas pluviais**. Ribeirão Preto, 2004.

SILVA, J. B.; COLICHIO Jr, **Macro drenagem urbana estudo em implantação em Ribeirão Preto SP**. In: XXIV Assembléia Nacional da ASSEMAE, 24, jun. 1997, Brasília. Anais, ASSEMAE, 1997. p. 235-252.

SILVA, N. N. **Amostragem Probabilística**. São Paulo: EDUSP, 1998.

SILVEIRA, A. L. L. Impactos hidrológicos da urbanização em Porto Alegre. In: TUCCI, C.; MARQUES, M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2000a. p. 153-164.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia Urbana no Brasil. In: TUCCI, C.; MARQUES, M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2000b. p. 511-526.

SILVEIRA, A. L. L.; DESBORDES, M. Modelo hidrológico urbano distribuído com poucos parâmetros. In: TUCCI, C.; MARQUES, M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2000. p. 175-198.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. (Org.). **Hidrologia ciência e aplicação**. 3ª edição. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 2002. p. 35-52.

SINGER, P. **O uso do solo na economia capitalista**. São Paulo: Universidade de São Paulo – Faculdade de arquitetura e urbanismo, 1979. 13 p. Notas de Aula.

TASSI, R. **Efeito dos micro-reservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. Dissertação de Mestrado (engenharia de recursos hídricos) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. 1ª edição. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, ed. UFRGS, 1995. 428 p.

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção**. In: XXVI Assembléia Nacional da ASSEMAE, 26, jun. 1998a, Vitória. Anais, ASSEMAE, 1998a. p. 231-240.

TUCCI, C. E. M. Modelos Precipitação – Vazão. In: _____. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: ABRH, ed. UFRGS, 1998b. p. 227-235.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. 1ª edição. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, ed. UFRGS, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 3ª edição. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, ed. UFRGS, 2002. 943 p.

UNITED NATIONS - Brasil. **Population Reports - 2002**. Disponível em: <<http://www.fnuap.org.br/estrut/serv/indicadores>>. Acesso em: 07 abr. 2005.

U.S. Census Bureau. **Census - 2003**. Disponível em: <<http://www.census.gov/>>. Acesso em: 07 abr. 2005.

VAZ FILHO, P.; CORDEIRO, J. S. **Análise crítica de diâmetro de ramais de ligação em sistemas de microdrenagem urbana**. In: XXX Assembléia Nacional da ASSEMAE, 30, Jun. 2000, Belém. Anais, ASSEMAE, 2000. p. 171-179.

VIANNA, A. V. N. **Análise de sustentabilidade ecológica de projetos urbano. Avaliação do método PESMU aplicado a fundos de vale em Ribeirão Preto-SP**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Urbana) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. 2ª edição. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil LTDA, 1980.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. 1ª edição. São Paulo: CETESB, 1978.

ANEXOS

Anexo 1:**Tabela - Separação dos lotes de acordo com o uso do solo e Cadastro Técnico Municipal de Ribeirão Preto/SP.**

Usos do solo	Estrato	População	verticalizados*
uso 0 - lotes vagos	lote vago	59402	0
uso 1 - lotes residenciais (total)	residencial	136200	30525
uso 2 - industrial	industrial / comercial	560	18
uso 3 - comercial	industrial / comercial	6179	1173
uso 4 - serviços	industrial / comercial	3766	1193
uso 5 - misto	misto / outros	7514	834
uso 6 - religioso	institucional	238	6
uso 7 - assistência social	institucional	90	2
uso 8 - saúde/hospital	institucional	33	10
uso 9 - ensino/educação	institucional	199	22
uso 10 - cultura/lazer	institucional	80	8
uso 11 - comércio de alimentação	industrial / comercial	577	34
uso 12 - hotel/hospedagem	industrial / comercial	86	18
uso 13 - outros	misto / outros	2318	1646
total		217242	35489

Anexo 3:
Tabela – Dados coletados nas visitas de campo.

Ident lote	uso	Área lote (m²)	Área constr. projeção horizontal (m²)			Área livre (m²)				Análises (%)					Dens. Pop. hab./ha
			ACNC	ACDC	Total	AIDC	AINC	AP	Total	TO	TOI	AIDC	AINC	AP	
1.1	6	252	0	196	196	56	0	0	56	77,8	100,0	100,0	0,0	0,0	58,5
1.2	6	4319	487	1937	2424	561	225	1109	1895	56,1	74,3	57,8	16,5	25,7	25,9
1.3	6	692	0	377	377	315	0	0	315	54,5	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
1.4	6	690	0	260	260	130	0	300	430	37,7	56,5	56,5	0,0	43,5	70,6
1.5	6	150	0	131	131	15,5	0	3,5	19	87,3	97,7	97,7	0,0	2,3	74,3
1.6	6	300	0	212	212	88	0	0	88	70,7	100,0	100,0	0,0	0,0	71,8
1.7	6	200	0	176	176	24	0	0	24	88,0	100,0	100,0	0,0	0,0	66,7
1.8	6	300	0	215	215	85	0	0	85	71,7	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
1.9	6	250	0	178	178	31	16,5	24,5	72	71,2	90,2	83,6	6,6	9,8	86,8
1.10	7	635	0	441	441	192,2	0	1,8	194	69,4	99,7	99,7	0,0	0,3	59,2
1.11	7	6644	356	1781	2137	2023	50	2434	4507	32,2	63,4	57,3	6,1	36,6	19,5
1.12	8	10555	2815	1360	4175	605	1275	4500	6380	39,6	57,4	18,6	38,7	42,6	88,7
1.13	8	1264	0	153	153	586	0	525	1111	12,1	58,5	58,5	0,0	41,5	71,5
1.14	8	482	0	181	181	296,8	0	4,2	301	37,6	99,1	99,1	0,0	0,9	71,8
1.15	9	338	0	215	215	123	0	0	123	63,6	100,0	100,0	0,0	0,0	25,9
1.16	9	29883	1195	9221	10416	8476	415	10576	19467	34,9	64,6	59,2	5,4	35,4	87,4
1.17	9	11000	0	3520	3520	1190	400	5890	7480	32,0	46,5	42,8	3,6	53,5	70,6
1.18	9	4352	90	2070	2160	1642	0	550	2192	49,6	87,4	85,3	2,1	12,6	59,2
1.19	9	10070	230	3369	3599	3447	0	3024	6471	35,7	70,0	67,7	2,3	30,0	66,7
1.20	9	5329	309	1300	1609	2180	90	1450	3720	30,2	72,8	65,3	7,5	27,2	11,6
1.21	10	3300	54	0	54	0	970	2276	3246	1,6	31,0	0,0	31,0	69,0	59,2
1.22	10	720	0	684	684	36	0	0	36	95,0	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
1.23	10	118	0	72	72	39,16	0	6,84	46	61,0	94,2	94,2	0,0	5,8	86,8
1.24	10	540	0	540	540	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
1.25	10	13679	480	0	480	0	1190	12009	13199	3,5	12,2	0,0	12,2	87,8	9,4
1.26	9	680	0	680	680	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
2.1	2	110	0	69	69	41	0	0	41	62,7	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
2.2	2	169	0	141	141	28	0	0	28	83,4	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
2.3	2	409	336	0	336	0	0	73	73	82,2	82,2	0,0	82,2	17,8	59,2
2.4	3	250	0	190	190	60	0	0	60	76,0	100,0	100,0	0,0	0,0	25,9
2.5	3	244	0	170	170	69,2	0	4,8	74	69,7	98,0	98,0	0,0	2,0	82,0
2.6	4	1221	373	377	750	230	16	225	471	61,4	81,6	49,7	31,9	18,4	26,0
2.7	3	150	0	143	143	7	0	0	7	95,3	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
2.8	3	2200	0	902	902	0	0	1298	1298	41,0	41,0	41,0	0,0	59,0	59,2
2.9	3	20	0	20	20	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
2.10	3	638	131	50	181	17	0	440	457	28,4	31,0	10,5	20,5	69,0	69,9
2.11	3	969	469	0	469	0	0	500	500	48,4	48,4	0,0	48,4	51,6	0,8
2.12	3	338	99	0	99	0	11	228	239	29,3	32,5	0,0	32,5	67,5	86,8
2.13	3	450	0	150	150	236	40	24	300	33,3	94,7	85,8	8,9	5,3	70,6
2.14	3	286	0	155	155	131	0	0	131	54,2	100,0	100,0	0,0	0,0	74,3
2.15	3	340	0	179	179	161	0	0	161	52,6	100,0	100,0	0,0	0,0	28,3
2.16	3	35	0	35	35	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	2,5
2.17	3	10794	0	1022	1022	2052	0	7720	9772	9,5	28,5	28,5	0,0	71,5	2,5
2.18	3	238	0	200	200	38	0	0	38	84,0	100,0	100,0	0,0	0,0	69,9
2.19	3	180	0	140	140	40	0	0	40	77,8	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
2.20	3	146	0	130	130	16	0	0	16	89,0	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
2.21	3	120	0	115	115	5	0	0	5	95,8	100,0	100,0	0,0	0,0	87,4
2.22	4	177	0	120	120	57	0	0	57	67,8	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
2.23	4	430	0	360	360	0	23	47	70	83,7	89,1	83,7	5,3	10,9	4,5
2.24	4	759	0	614	614	145	0	0	145	80,9	100,0	100,0	0,0	0,0	31,5

(cont.)

Ident lote	uso	Área lote (m²)	Área constr. projeção horizontal (m²)			Área livre (m²)				Análises (%)					Dens. Pop. hab./ha
			ACNC	ACDC	Total	AIDC	AINC	AP	Total	TO	TOI	AIDC	AINC	AP	
2.25	4	318	0	210	210	108	0	0	108	66,0	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
2.26	11	243	0	185	185	56	0	2	58	76,1	99,2	99,2	0,0	0,8	29,6
3.1	5	225	0	188	188	36	0	1	37	83,6	99,6	99,6	0,0	0,4	82,0
3.2	5	129	0	129	129	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
3.3	5	151	0	145	145	6	0	0	6	96,0	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
3.4	5	289	0	264,6	264,6	24,2	0	0	24,4	91,6	100,0	99,9	0,0	0,0	59,2
3.5	5	244	0	199	199	45	0	0	45	81,6	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
3.6	5	250	0	134	134	116	0	0	116	53,6	100,0	100,0	0,0	0,0	47,4
3.7	5	1900	0	1586	1586	314	0	0	314	83,5	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
3.8	5	480	0	336	336	144	0	0	144	70,0	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
3.9	5	301	0	209	209	92	0	0	92	69,4	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
3.10	5	267	0	220	220	47	0	0	47	82,4	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
3.11	5	250	0	100	100	147	0	3	150	40,0	98,8	98,8	0,0	1,2	88,7
3.12	5	168	0	166	166	2	0	0	2	98,8	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
3.13	5	300	0	184	184	116	0	0	116	61,3	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
3.14	5	170	0	156	156	14	0	0	14	91,8	100,0	100,0	0,0	0,0	74,3
3.15	5	210	0	157	157	50,6	0	2,4	53	74,8	98,9	98,9	0,0	1,1	31,5
3.16	5	378	0	267	267	111	0	0	111	70,6	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
3.17	5	200	0	180	180	20	0	0	20	90,0	100,0	100,0	0,0	0,0	47,4
3.18	5	222	0	150	150	72	0	0	72	67,6	100,0	100,0	0,0	0,0	66,7
3.19	5	160	0	116	116	44	0	0	44	72,5	100,0	100,0	0,0	0,0	48,2
3.20	13	224	0	180	180	36,05	0	7,95	44	80,4	96,5	96,5	0,0	3,5	82,0
4.1	1	81	0	73,5	73,5	7,5	0	0	7,5	90,7	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
4.2	1	104	0	91	91	13	0	0	13	87,5	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
4.3	1	89,1	0	84	84	5,1	0	0	5,1	94,3	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
4.4	1	112	0	70	70	42	0	0	42	62,5	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
4.5	1	104	0	71	71	33	0	0	33	68,3	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
4.6	1	80	0	79	79	1	0	0	1	98,8	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
4.7	1	110	0	101	101	9	0	0	9	91,8	100,0	100,0	0,0	0,0	69,9
4.8	1	88	0	74	74	14	0	0	14	84,1	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
4.9	1	100	0	81	81	19	0	0	19	81,0	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
4.10	1	110	0	73	73	37	0	0	37	66,4	100,0	100,0	0,0	0,0	88,7
4.11	1	91	0	56	56	35	0	0	35	61,5	100,0	100,0	0,0	0,0	60,8
4.12	1	114	0	59	59	55	0	0	55	51,8	100,0	100,0	0,0	0,0	74,3
4.13	1	115	0	65	65	17	10	23	50	56,5	80,0	71,3	8,7	20,0	59,2
4.14	1	120	0	110	110	10	0	0	10	91,7	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
4.15	1	120	0	90	90	30	0	0	30	75,0	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
5.1	1	137	0	100	100	37	0	0	37	73,0	100,0	100,0	0,0	0,0	87,4
5.2	1	144	0	110	110	34	0	0	34	76,4	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
5.3	1	143	0	58	58	85	0	0	85	40,6	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
5.4	1	150	0	60	60	71,1	0	18,9	90	40,0	87,4	87,4	0,0	12,6	91,1
5.5	1	152	0	65	65	87	0	0	87	42,8	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
5.6	1	140	0	89	89	51	0	0	51	63,6	100,0	100,0	0,0	0,0	70,6
5.7	1	170	0	87	87	83	0	0	83	51,2	100,0	100,0	0,0	0,0	91,1
5.8	1	150	0	117	117	33	0	0	33	78,0	100,0	100,0	0,0	0,0	2,3
5.9	1	200	0	148	148	44,4	0	7,6	52	74,0	96,2	96,2	0,0	3,8	26,0
5.10	1	200	45,4	108,1	153,5	13,5	0	33	46,5	76,8	83,5	60,8	22,7	16,5	47,4
5.11	1	200	0	96	96	104	0	0	104	48,0	100,0	100,0	0,0	0,0	66,7
5.12	1	200	76	0	76	0	63	61	124	38,0	69,5	0,0	69,5	30,5	66,7
5.13	1	169	0	111	111	58	0	0	58	65,7	100,0	100,0	0,0	0,0	74,3

(cont.)

Ident lote	uso	Área lote (m²)	Área constr. projeção horizontal (m²)			Área livre (m²)				Análises (%)					Dens. Pop. hab./ha
			ACNC	ACDC	Total	AIDC	AINC	AP	Total	TO	TOI	AIDC	AINC	AP	
5.14	1	200	0	110	110	90	0	0	90	55,0	100,0	100,0	0,0	0,0	48,2
5.15	1	160	50	0	50	0	24	86	110	31,3	46,3	0,0	46,3	53,8	4,1
5.16	1	200	0	78	78	122	0	0	122	39,0	100,0	100,0	0,0	0,0	18,0
5.17	1	200	0	114	114	69,2	0	16,8	86	57,0	91,6	91,6	0,0	8,4	88,7
5.18	1	200	56	0	56	0	48	96	144	28,0	52,0	0,0	52,0	48,0	69,9
6.1	1	264	0	140	140	121,5	0	2,5	124	53,0	99,1	99,1	0,0	0,9	20,2
6.2	1	300	0	162	162	135,2	0	2,75	138	54,0	99,1	99,1	0,0	0,9	20,2
6.3	1	220	0	146	146	72,5	0	1,5	74	66,4	99,3	99,3	0,0	0,7	59,2
6.4	1	232	0	90	90	138,4	0	3,6	142	38,8	98,4	98,4	0,0	1,6	71,5
6.5	1	250	0	149	149	101	0	0	101	59,6	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
6.6	1	234	0	190	190	44	0	0	44	81,2	100,0	100,0	0,0	0,0	86,8
6.7	1	270	70	0	70	43	44	113	200	25,9	58,1	15,9	42,2	41,9	86,8
6.8	1	250	0	112	112	138	0	0	138	44,8	100,0	100,0	0,0	0,0	74,3
6.9	1	300	30	216	246	36,4	4	13,6	54	82,0	95,5	84,1	11,3	4,5	91,1
6.10	1	250	0	195	195	46	0	9	55	78,0	96,4	96,4	0,0	3,6	51,4
6.11	1	250	0	97	97	153	0	0	153	38,8	100,0	100,0	0,0	0,0	51,4
6.12	1	250	62,5	106,2	168,7	56,2	7,8	17,3	81,3	67,5	93,1	65,0	28,1	6,9	51,4
6.13	1	250	0	170	170	35,6	0	8,4	80	68,0	96,6	82,2	0,0	3,4	69,9
6.14	1	202	0	81	81	113,8	0	7,2	121	40,1	96,4	96,4	0,0	3,6	66,7
6.15	1	250	0	148	148	101	0	1	102	59,2	99,6	99,6	0,0	0,4	11,1
6.16	1	222	0	155	155	67	0	0	67	69,8	100,0	100,0	0,0	0,0	48,2
6.17	1	250	0	95	95	134	0	21	155	38,0	91,6	91,6	0,0	8,4	48,2
7.1	1	385	0	242	242	138,8	0	4,2	143	62,9	98,9	98,9	0,0	1,1	87,4
7.2	1	312	0	134	134	174	0	4	178	42,9	98,7	98,7	0,0	1,3	11,1
7.3	1	318	0	210	210	94,7	0	13,3	108	66,0	95,8	95,8	0,0	4,2	69,9
7.4	1	314	56	95	151	0	114	49	163	48,1	84,4	30,3	54,1	15,6	71,5
7.5	1	340	26	70	96	50	44	150	244	28,2	55,9	35,3	20,6	44,1	71,5
7.6	1	310	0	140	140	82	0	88	170	45,2	71,6	71,6	0,0	28,4	29,6
7.7	1	330	25	147	172	117	32	9	158	52,1	97,3	80,0	17,3	2,7	1,6
7.8	1	340	24	0	24	0	0	316	316	7,1	7,1	0,0	7,1	92,9	28,3
7.9	1	341	0	120	120	207	0	14	221	35,2	95,9	95,9	0,0	4,1	31,5
7.10	1	386	0	286	286	67,6	0	32,4	100	74,1	91,6	91,6	0,0	8,4	51,4
7.11	1	357	0	310	310	41,5	0	5,5	47	86,8	98,5	98,5	0,0	1,5	51,4
7.12	1	357	0	200	200	134,8	0	22,2	157	56,0	93,8	93,8	0,0	6,2	51,4
7.13	1	336	61	54	115	117,3	48	55,7	221	34,2	83,4	51,0	32,4	16,6	29,6
7.14	1	336	86	0	86	0	25	225	250	25,6	33,0	0,0	33,0	67,0	11,6
7.15	1	396	0	220	220	154	0	22	176	55,6	94,4	94,4	0,0	5,6	25,9
7.16	1	308	47	141	188	80	11	29	120	61,0	90,6	71,8	18,8	9,4	47,4
8.1	1	507	0	410	410	97	0	0	97	80,9	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
8.2	1	438	0	125	125	177	20	116	313	28,5	73,5	68,9	4,6	26,5	29,6
8.3	1	475	0	278	278	176,5	0	20,5	197	58,5	95,7	95,7	0,0	4,3	25,9
8.4	1	443	0	220	220	135	59	29	223	49,7	93,5	80,1	13,3	6,5	26,0
8.5	1	474	170	28	198	42	54	180	276	41,8	62,0	14,8	47,3	38,0	11,1
8.6	1	429	0	318	318	111	0	0	111	74,1	100,0	100,0	0,0	0,0	59,2
8.7	1	484	0	161	161	102,6	8,8	211,6	323	33,3	56,3	54,5	1,8	43,7	69,9
8.8	1	420	0	247	247	152	0	21	173	58,8	95,0	95,0	0,0	5,0	19,3
8.9	1	450	0	167	167	264	0	19	283	37,1	95,8	95,8	0,0	4,2	51,5
8.10	1	420	0	244	244	145	0	31	176	58,1	92,6	92,6	0,0	7,4	19,3
8.11	1	504	0	291	291	184	0	29	213	57,7	94,2	94,2	0,0	5,8	25,9
8.12	1	496	0	213	213	236,5	12,5	34	283	42,9	93,1	90,6	2,5	6,9	9,4

(cont.)

Ident lote	uso	Área lote (m²)	Área constr. projeção horizontal (m²)			Área livre (m²)				Análises (%)					Dens. Pop. hab./ha
			ACNC	ACDC	Total	AIDC	AINC	AP	Total	TO	TOI	AIDC	AINC	AP	
8.13	1	500	0	280	280	0	35	185	220	56,0	63,0	56,0	7,0	37,0	29,6
8.14	1	420	0	128	128	140	0	152	292	30,5	63,8	63,8	0,0	36,2	19,3
8.15	1	420	147	0	147	0	49	224	273	35,0	46,7	0,0	46,7	53,3	11,6
9.1	1	1143	0	410	410	637	0	96	733	35,9	91,6	91,6	0,0	8,4	25,9
9.2	1	826	105	354	459	70	39	258	367	55,6	68,8	51,3	17,4	31,2	25,9
9.3	1	1140	0	450	450	534	0	156	690	39,5	86,3	86,3	0,0	13,7	25,9
9.4	1	663	30	290	320	159	15	169	343	48,3	74,5	67,7	6,8	25,5	25,9
9.5	1	629	78	240	318	185	36	90	311	50,6	85,7	67,6	18,1	14,3	26,0
9.6	1	862	0	312	312	359	30	161	550	36,2	81,3	77,8	3,5	18,7	26,0
9.7	1	1186	310	0	310	0	176	700	876	26,1	41,0	0,0	41,0	59,0	59,2
9.8	1	792	0	251	251	479	16	46	541	31,7	94,2	92,2	2,0	5,8	69,9
9.9	1	624	0	270	270	354	0	0	354	43,3	100,0	100,0	0,0	0,0	71,5
9.10	1	842	0	338	338	318	0	186	504	40,1	77,9	77,9	0,0	22,1	1,6
9.11	1	609	67	213	280	161	0	168	329	46,0	72,4	61,4	11,0	27,6	1,6
9.12	1	616	80	0	80	0	26	510	536	13,0	17,2	0,0	17,2	82,8	53,0
9.13	1	680	0	576	576	0	20	84	104	84,7	87,6	84,7	2,9	12,4	51,4
9.14	1	612	10	230	240	244	18	110	372	39,2	82,0	77,5	4,6	18,0	9,4
9.15	1	970	150	120	270	124	0	576	700	27,8	40,6	25,2	15,5	59,4	2,4
10.10	1	1764	30	782	812	632	0	320	952	46,0	81,9	80,2	1,7	18,1	2,4
10.2	1	1265	75	519	594	294	35	342	671	47,0	73,0	64,3	8,7	27,0	25,9
10.5	1	1350	0	711	711	48	0	591	639	52,7	56,2	56,2	0,0	43,8	86,8
10.1	1	2302	139	0	139	0	11	2152	2163	6,0	6,5	0,0	6,5	93,5	82,0
10.7	1	7417	447	0	447	0	303	6667	6970	6,0	10,1	0,0	10,1	89,9	2,5
10.3	1	8623	286	0	286	0	0	8337	8337	3,3	3,3	0,0	3,3	96,7	59,2
10.4	1	5617	119	0	119	0	0	5498	5498	2,1	2,1	0,0	2,1	97,9	88,7
10.6	1	10320	320	0	320	0	50	9950	10000	3,1	3,6	0,0	3,6	96,4	3,0
10.8	1	2176	70	0	70	0	26	2080	2106	3,2	4,4	0,0	4,4	95,6	17,3
10.9	1	16723	146	0	146	0	77	16500	16577	0,9	1,3	0,0	1,3	98,7	9,4
11.1	4	260	0	260	260	0	0	0	0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
11.2	1	3150	0	1025	1025	1470	0	655	2125	32,5	79,2	79,2	0,0	20,8	87,4
11.3	1	477	0	290	290	167,6	0	19,35	187	60,8	95,9	95,9	0,0	4,1	87,4
11.4	1	1240	0	544	544	646	0	50	696	43,9	96,0	96,0	0,0	4,0	82,0
11.5	1	748	0	362	362	376	0	10	386	48,4	98,7	98,7	0,0	1,3	69,9
11.6	1	1412	0	734	734	448	0	230	678	52,0	83,7	83,7	0,0	16,3	58,5
11.7	1	1054	0	556	556	495	0	3	498	52,8	99,7	99,7	0,0	0,3	69,3
11.8	1	990	0	650	650	267	0	73	340	65,7	92,6	92,6	0,0	7,4	25,9
11.9	1	576	0	432	432	126,5	0	17,5	144	75,0	97,0	97,0	0,0	3,0	82,0
11.10	1	1032	0	347	347	623,5	0	61,5	685	33,6	94,0	94,0	0,0	6,0	51,5
11.11	1	482	0	360	360	99	0	23	122	74,7	95,2	95,2	0,0	4,8	82,0
11.12	1	892,5	0	435	435	431	0	26,5	457,5	48,7	97,0	97,0	0,0	3,0	82,0
11.13	1	787	0	640	640	147	0	0	147	81,3	100,0	100,0	0,0	0,0	82,0
11.14	1	1825	0	1200	1200	505	0	120	625	65,8	93,4	93,4	0,0	6,6	87,4
11.15	1	2548	0	1250	1250	978	0	320	1298	49,1	87,4	87,4	0,0	12,6	26,0
11.16	1	1767	0	700	700	987	0	80	1067	39,6	95,5	95,5	0,0	4,5	58,5
11.17	1	1778	0	710	710	986	0	82	1068	39,9	95,4	95,4	0,0	4,6	71,5
11.18	1	2831	130	490	620	951	170	1090	2211	21,9	61,5	50,9	10,6	38,5	20,2
11.19	5	850	0	315	315	527	0	8	535	37,1	99,1	99,1	0,0	0,9	69,9
11.20	1	812	0	569	569	231	0	12	243	70,1	98,5	98,5	0,0	1,5	26,0