KELLY PAIVA INOUE

**Proposição de um método para subsidiar o prognóstico de custos
de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais com base
em indicadores físicos**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia.

**São Paulo
2009**

KELLY PAIVA INOUE

**Proposição de um método para subsidiar o prognóstico de custos
de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais com base
em indicadores físicos**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia.

Área de atuação:

Engenharia de Construção Civil

Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios

Orientador:

Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

**São Paulo
2009**

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de janeiro de 2009.

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

Inouye, Kelly Paiva

Proposição de um método para subsidiar o prognóstico de custos de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais com base em indicadores físicos / K.P. Inouye. – Ed. rev. – São Paulo, 2009.

313 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Urbanização(custos) 2.Infra-estrutura urbana 3.Conjuntos habitacionais 4.Loteamento I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

À Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano – CDHU, e principalmente ao Eduardo Trani, pela disponibilização das informações relacionadas aos estudos de caso, bem como pelas oportunidades concedidas para a realização de entrevistas e discussões com especialistas.

Ao pessoal do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Fátima Regina Gonçalves Sanches Domingues, Alcione Anaya Lopes, Engrácia Maria Bartuciotti, pelo apoio nos assuntos burocráticos e funcionais, e Patrícia Rodrigues de Freitas, Edson Timóteo de Oliveira e Rogério Toledo pelo apoio nas questões de informática.

Aos colegas da Poli, Artemária Andrade, Clarice Menezes Degani, Antônio Acácio de Melo Neto, Auriciane Fachini, Fabiana Ribeiro, Fábila Marcondes, Fernanda Marchiori, Fernanda Araújo, Flávio Maranhão, Gersa Aguiar, Heitor Haga, Jamil José Salim Neto, José Carlos Paliari, Juan Francisco Temoche Esquivel, Júlio César Sabadini, Leonardo Miranda, Leonardo Grilo, Luciana Oliveira, Luís Otávio Cocito, Manuela Modesto Dantas, Odair Barbosa de Moraes, Patricia Aulicino, Renata Bertolo, Rodrigo Rosa Tomazetti, Rogério Santovito, Ricardo Cruvinel Dornelas, Sérgio Ângulo. A todos agradeço por tornarem tão agradável o nosso ambiente de trabalho; a alguns pelas trocas de idéias, pelas motivações, pelo companheirismo e ajuda mútua; a outros agradeço por serem como são, pois muito me ensinaram e tornaram esse período de doutorado não só um período para se adquirir conhecimento técnico e científico, mas também de evolução pessoal.

Ao Prof. Uiraci Espinelli Lemes de Souza, por quem tenho imensa admiração, não só por causa da sua incrível inteligência racional e emocional, como também, e principalmente, pelo seu constante olhar humano sobre as minhas dificuldades e situações de desafios. Muito obrigada, Uiraci, por ter se tornado, ao longo de todos estes anos, uma motivação e um exemplo a seguir.

À Fabiana Ribeiro, pelas orações e pela partilha das angústias, das esperanças e das muitas alegrias da vida acadêmica ao longo de sua permanência na sala asteróide.

Ao Profs. Drs. José Benedito Sacomano e Renato Vairo Belhot, por terem me aberto a porta da iniciação científica.

À minha mãe, pelo exemplo de determinação e fé, que tem me inspirado e sustentado em muitos momentos cruciais, pelas orações e acompanhamento a cada passo dado ao longo da caminhada que culmina com a defesa deste trabalho.

Ao meu pai, pelo constante incentivo à busca pelos meus sonhos e por me ensinar que todas as conquistas são resultantes de muita coragem, luta e fé e que jamais devo desanimar diante das contrariedades.

À Kátia, ao Dinho, ao Anselmo, à Dilene e aos meus sogros pelo apoio e participação em muitas realizações; por torcerem e se rejubilarem com minhas conquistas; e por me ampararem nos momentos de dificuldade.

Aos meus parentes e amigos, que embora queira agradecer um a um, devo agradecer de modo geral, por se deixarem ser presentes de Deus na minha vida e por, de um modo ou de outro, terem contribuído para esta conquista.

À Comunidade Católica Shalom, pela oportunidade de servir, que tanto me faz feliz. Agradeço, em especial, à Greice Suziane, ao Messias Albano, às minhas acompanhadoras Raquel e Jussara, a todo o Ministério de Pastoreio, por serem minhas referências e meu refúgio em muitos momentos, por terem acreditado, esperado e intercedido por um grande milagre que está para chegar e que virá a mudar toda a minha vida.

Ao Fred, à Grazi e à Greice pela presença amiga sempre tão carinhosa, por se disporem a sempre nos ajudar nos momentos em que precisamos, por partilharem conosco as nossas esperanças, os nossos desafios, as nossas realizações e por se deixarem envolver pelo laço eterno que agora nos une.

Ao meu marido, Ricardo, meu melhor amigo e maior paixão, pelo companheirismo e constante incentivo; pelas orações e orientações pessoais e profissionais; pela paciência, dedicação e compreensão; e que, pelo exemplo de vida, despertou-me, e desperta, para valores eternos como família, amigos e verdade. Amor, o tempo só tem me feito te amar mais e melhor!

Enfim, a Deus, o único sentido autêntico de viver e de tudo fazer!

RESUMO

Esta tese propõe um método que auxiliará o prognóstico de custos de urbanização para a implantação de conjuntos habitacionais horizontais, considerando-se que cada item que compõe estes custos pode ser colocado em função de indicadores quantitativos que, por sua vez, variam em função da influência de alguns fatores físicos relacionados à gleba ou às opções de projeto.

O método foi desenvolvido baseado tanto em uma abordagem teórica (usando conhecimentos advindos dos estudos bibliográficos e das entrevistas com especialistas) quanto em estudo de casos (51 conjuntos habitacionais foram estudados e proveram os bancos de dados analisados).

Neste texto, inicialmente, descreve-se a metodologia de pesquisa e os principais conceitos para a compreensão do tema. Em seguida, expõem-se as partes que compõem a urbanização de conjuntos habitacionais que foram analisadas e os indicadores propostos para as avaliarem. As principais características da gleba e dos projetos que influenciam cada indicador são, então, discutidas. Por fim, a validação do método proposto é apresentada. Vários apêndices foram elaborados com informações sobre: os itens da urbanização abordados na pesquisa; os indicadores propostos; e outros métodos que auxiliam o prognóstico de custos descritos na bibliografia.

Os resultados do método proposto serão bastante úteis ao definirem relações entre diretrizes de projeto e seus custos. Assim, eles subsidiarão encontrar meios/diretrizes para reduzir custos e, por outro lado, permitirão prognosticar os custos gerados pelas diretrizes que se deve atender.

ABSTRACT

This thesis develops a method that will help to forecast urbanization costs for horizontal inhabitation human settlements. It considers that each part of a settlement that means costs can be evaluated in terms of quantitative indicators. Moreover, for such indicators, it is considered to be possible to understand the effect of terrain and design options features on them.

The method was developed based both on a theoretical approach (using knowledge coming from literature and interviews of specialists) as on case studies (51 Human settlements were studied and provided the basis to collect data to be processed and analyzed).

The paper firstly describes the research methodology and the main concepts related to the subject. Then it describes the human settlements urbanization parts and the indicators that evaluated each of them. The main settlements features influencing each indicator are discussed. Method validation is the focus at the end of the text. Several appendixes are provided with information about: the human settlement parts and design; the adopted indicators; other cost forecast methods described in the literature.

The information provided by the method will be helpful in terms of defining the relationship between design directives and costs. Then, it will help to find ways to reduce costs; on the other hand, it also allows forecasting costs related to a group of directives that one have to attend.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Contextualização e Justificativa.....	1
1.2.	Objetivos.....	7
1.2.1.	Objetivo geral.....	7
1.2.2.	Objetivos específicos.....	7
1.3.	Metodologia.....	8
1.3.1.	Abordagem analítica dos custos de urbanização de glebas - Modelo dos fatores.....	8
1.3.2.	Método e materiais.....	9
1.3.2.1.	Levantamento preliminar de informações.....	10
1.3.2.2.	Definição dos fatores, elaboração dos indicadores e aplicação a casos reais.....	11
1.3.2.3.	Apreciação por especialistas e profissionais e experimentação para comparação dos resultados obtidos com o uso do método proposto e com a aplicação de outro método.....	12
1.4.	Limites de validade do trabalho.....	13
2.	URBANIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE CONJUNTOS HABITACIONAIS HORIZONTAIS.....	14
2.1.	Gleba.....	14
2.2.	Urbanização.....	15
2.3.	Parcelamento do solo.....	15
2.3.1.	Loteamento.....	16
2.3.2.	Desmembramento, desdobro e remembramento.....	18
2.4.	Infraestrutura.....	18
2.5.	Lotes.....	21
2.5.1.	Terminologia.....	21
2.5.2.	Critérios para concepção das áreas habitacionais.....	22
2.6.	Sistema de Lazer/ Áreas Verdes/ Áreas Livres de Uso Público.....	23
2.6.1.	Terminologia.....	23
2.6.2.	Critérios para concepção.....	24
2.7.	Área “Non-Aedificandi”.....	25
2.8.	Áreas Institucionais Públicas.....	27
2.8.1.	Terminologia.....	27
2.8.2.	Critérios para concepção.....	28
2.9.	Área de Viário.....	29
2.9.1.	Terminologia.....	29
2.9.2.	Critérios de concepção.....	33
3.	MÉTODOS PARA PROGNÓSTICO DE CUSTOS DE URBANIZAÇÃO.....	36
3.1.	Método usado para o cálculo dos índices de custo de urbanização publicados na revista Construção Mercado (PINI).....	36
3.2.	Método usado pela CDHU.....	39
3.3.	Método apresentado em Caminos e Goethert (1984).....	40

3.4.	Método apresentado em Suen (2005).....	42
3.5.	Residential Area Cost Analysis Model – RACAM	45
4.	TERRAPLENAGEM.....	46
4.1.	Custos da terraplenagem.....	50
4.2.	Indicador para limpeza e remoção do solo vegetal.....	50
4.2.1.	Resultados obtidos para área de lote.....	54
4.2.2.	Discussão sobre os resultados obtidos para área de lotes.....	56
4.2.3.	Resultados obtidos para viário.....	56
4.2.4.	Discussão sobre os resultados obtidos para viário	60
4.3.	Indicadores para corte e aterro.....	61
4.3.1.	Resultados obtidos para corte e aterro nos lotes	66
4.3.2.	Resultados obtidos para corte e aterro no sistema viário	68
4.4.	Indicador para quantidade de grama.....	72
4.4.1.	Resultados obtidos para a quantidade de grama da terraplenagem	73
5.	REDE PÚBLICA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	75
5.1.	Custos da rede de drenagem	76
5.2.	Indicadores para elementos da drenagem superficial.....	78
5.2.1.	Indicadores para avaliação da demanda por guias e sarjetas	78
5.2.1.1.	Resultados obtidos para guias e sarjetas.....	78
5.2.1.2.	Discussão sobre os resultados obtidos para guias e sarjetas	81
5.2.2.	Indicadores para avaliação da demanda por sarjetões.....	81
5.3.	Indicadores para elementos do sistema de drenagem subterrânea.....	82
5.3.1.	Indicador para galeria de águas pluviais.....	84
5.3.1.1.	Resultados obtidos para galeria de águas pluviais.....	84
5.3.2.	Indicadores para bocas-de-lobo e poços de visita.....	85
5.3.2.1.	Resultados obtidos para bocas de lobo	85
5.3.2.2.	Resultados obtidos para poços de visita	87
6.	REDE PÚBLICA DE COLETA DE ESGOTO.....	88
6.1.	Custos da rede de coleta pública de esgoto	89
6.2.	Indicador para avaliação da demanda de tubulação de esgoto	92
6.2.1.	Resultados obtidos para tubulação de esgoto.....	92
6.2.2.	Discussão dos resultados obtidos para tubulação de esgoto	94
6.3.	Indicador para avaliação da demanda de abertura e reaterro de valas	94
6.3.1.	Resultados obtidos para abertura e reaterro de valas	94
6.3.2.	Discussão dos resultados obtidos para abertura e reaterro de valas	95
6.4.	Indicador para avaliação da demanda por escoramento de valas	95
6.5.	Indicador para avaliação da demanda por poços de visita e similares.....	95
6.5.1.	Resultados obtidos para poços de visita e similares	96
6.5.2.	Discussão dos resultados obtidos para poços de visita e similares	96

7.	REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	98
7.1.	Custos da rede de abastecimento de água	99
7.2.	Indicador para avaliação da demanda de tubulação de água	101
7.2.1.	Resultados obtidos para tubulação de água	101
7.2.2.	Discussão dos resultados para tubulação de água	102
7.3.	Avaliação da demanda de abertura e reaterro de valas.....	103
7.3.1.	Resultados obtidos para abertura e reaterro de valas	103
7.3.2.	Discussão dos resultados para abertura e reaterro de valas.....	104
8.	PAISAGISMO	105
8.1.	Custos do Paisagismo.....	106
8.2.	Indicador para avaliação da demanda de arborização das vias.....	108
8.2.1.	Resultados obtidos para arborização das vias.....	109
8.3.	Indicador para avaliação da demanda por grama das áreas de lazer e institucionais	109
8.3.1.	Resultados obtidos para grama	110
8.3.2.	Discussão dos resultados para grama.....	111
8.4.	Indicador para avaliação da demanda de arborização das áreas de lazer	111
9.	PAVIMENTAÇÃO	113
9.1.	Custos da pavimentação	114
9.2.	Indicador para avaliação da demanda de pavimentação.....	116
10.	MÉTODO PROPOSTO.....	118
10.1.	Estimativa do viário.....	118
10.1.1.	Comprimento do sistema viário.....	118
10.1.2.	Largura ponderada do leito carroçável	119
10.1.3.	Área de viário	120
10.2.	Estimativa da área habitacional.....	120
10.3.	Estimativa da terraplenagem	121
10.3.1.	Área de limpeza e remoção do solo vegetal.....	121
10.3.2.	Corte e aterro nos lotes.....	122
10.3.3.	Corte e aterro no viário.....	125
10.3.4.	Bota-Fora e Empréstimo.....	127
10.3.5.	Grama para contenção de taludes	128
10.4.	Estimativa da rede de drenagem superficial.....	128
10.5.	Estimativa da galeria, bocas de lobo (BL) e poços de visita (PV) da rede de drenagem subterrânea	130
10.6.	Estimativa da rede pública de coleta de esgoto.....	133
10.6.1.	Estimativa da tubulação da rede de esgoto	133
10.6.2.	Estimativa de abertura e reaterro de vala.....	134
10.6.3.	Estimativa de PVs e similares para rede de esgoto.....	135
10.6.4.	Estimativa dos ramais de ligação e do cadastro da rede de esgoto	136
10.7.	Estimativa da rede pública de abastecimento de água.....	136

10.7.1.	Estimativa da tubulação da rede de água	136
10.7.2.	Estimativa de abertura e reaterro de vala.....	138
10.7.3.	Estimativa dos ramais de ligação e do cadastro da rede de esgoto	139
10.8.	Estimativa do paisagismo	139
10.8.1.	Estimativa de árvores no sistema viário	139
10.8.2.	Estimativa de grama das áreas de lazer e institucionais.....	140
10.8.3.	Estimativa de árvores das áreas de lazer.....	141
10.9.	Estimativa da pavimentação	142
11.	AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO POR PARTE DOS ESPECIALISTAS.....	143
11.1.	Caracterização do grupo de especialistas consultados	144
11.2.	Resultados da avaliação dos especialistas.....	144
12.	EXPERIMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	148
12.1.	Estimativa dos custos obtidos pela aplicação do método proposto x índice de custo publicado na Construção Mercado x orçamento	148
12.2.	Comentários dos resultados do comparativo	150
13.	CONCLUSÕES	151
14.	APÊNDICE A.....	153
14.1.	Método usado para o cálculo dos índices de custo de urbanização publicadoS na Revista Construção Mercado (PINI).....	153
14.1.1.	Serviços de topografia	153
14.1.2.	Terraplenagem.....	155
14.1.3.	Drenagem de águas pluviais (galerias).....	157
14.1.4.	Drenagem de águas pluviais (guias e sarjetas)	159
14.1.5.	Pavimentação	162
14.1.6.	Iluminação pública	164
14.1.7.	Rede pública de água.....	166
14.1.8.	Rede pública de esgoto.....	167
14.2.	Método usado pela CDHU.....	168
14.2.1.	Cálculo da área ocupável.....	169
14.2.2.	Cálculo do potencial de ocupação	169
14.2.2.1.	Cálculo do potencial de ocupação para condomínios.....	169
14.2.2.2.	Cálculo do potencial de ocupação para parcelamento do solo	170
14.2.3.	Estimativa do volume de terraplenagem.....	174
14.2.4.	Estimativa de plantio de grama.....	177
14.2.5.	Estimativa de pavimentação	179
14.2.6.	Estimativa de guias e sarjetas	179
14.2.7.	Estimativa dos custos de urbanização.....	180
14.3.	Método apresentado em Caminos e Goethert (1984)	180
14.3.1.	Abastecimento de água.....	184
14.3.2.	Rede de esgoto.....	188
14.3.3.	Pavimentação e drenagem das águas pluviais.....	191

14.4.	Método apresentado em Suen (2005).....	195
14.4.1.	Variáveis de Provisão de Infra-estrutura	195
14.4.2.	Padrão de Desenvolvimento Residencial.....	197
14.4.3.	Resultados Obtidos.....	198
14.4.4.	Padrão de Desenvolvimento Residencial e Provisão de Infra-estrutura.....	201
14.4.5.	Especificações da Regressão Logarítmica	202
15.	APÊNDICE B.....	204
16.	APÊNDICE C.....	212
17.	APÊNDICE D	228
18.	APÊNDICE E.....	257
19.	APÊNDICE F.....	268
20.	APÊNDICE G	273
21.	APÊNDICE H.....	291
22.	APÊNDICE I.....	297
22.1.	Exemplo de aplicação dos indicadores	297
22.2.	Avaliação do método proposto	299
22.2.1.	O método é de fácil entendimento?	299
22.2.2.	O método é rápido de ser aplicado?.....	299
22.2.3.	Para cada um dos indicadores propostos indique seus comentários, destacando quais os pontos positivos e quais os pontos que deveriam ser melhorados.	299
23.	APÊNDICE J	300
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	304

ANEXO A – PLANTAS DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS ESTUDADOS

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Exemplo do desmembramento dos custos de um dos serviços (no caso, terraplenagem) de urbanização em função das características físicas do terreno e opções de projeto.</i>	9
<i>Figura 3 – Parcelamento em malha convencional (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)</i>	31
<i>Figura 4 – Parcelamento com cul-de-sac convencional (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)</i>	31
<i>Figura 5 – Padrão em malha convertido em cul-de sacs para veículos, mas não para pedestres (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)</i>	32
<i>Figura 6 – Parcelamentos com cul-de-sacs conectados por vias de pedestres (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)</i>	32
<i>Figura 7 - Índices de custo de urbanização (fonte: Construção Mercado, 2006)</i>	36
<i>Figura 8 - Modelo de parcelamento para casas térreas (Fonte: Canteiro, 1981).</i>	38
<i>Figura 9 - Modelo de parcelamento para edifícios (Fonte: Canteiro, 1981).</i>	38
<i>Figura 10: Ilustração das etapas do método de estimativa preliminar de custos de empreendimentos habitacionais da CDHU</i>	40
<i>Figura 11 - Estrutura primária de traçado urbano usada em Caminos e Goethert (1984) para a proposição dos modelos teóricos de referência.</i>	42
<i>Figura 12 – Exemplos para comparação dos indicadores de forma propostos por Inouye (2003) e Suen (2005)</i>	44
<i>Figura 13 - Habitações convencionais apoiadas sobre estrutura de embasamento de aço, em desenvolvimento pelo IPT (Fahah et. al, 2003).</i>	49
<i>Figura 14 - Desenho urbano em malha.</i>	51
<i>Figura 15 - Desenho urbano ramificado.</i>	51
<i>Figura 16 - Conjunto A</i>	53
<i>Figura 17 - Conjunto B</i>	53
<i>Figura 18 – Exemplo de implantação dos lotes perpendiculares e vias paralelas às curvas de nível (ilustração a) e de implantação dos lotes paralelos e vias perpendiculares (ilustração b) (figura adaptada de Mascará, 1991)</i>	65
<i>Figura 19 - Curvas de nível típicas de terrenos planos.</i>	83
<i>Figura 20 - Curvas de nível típicas de terrenos acidentados.</i>	83
<i>Figura 21 - Curvas de nível típicas de uma depressão sem saída.</i>	83
<i>Figura 22 - Curvas de nível típicas de um promontório.</i>	83
<i>Figura 23 - Curvas de nível típicas de área de fundo de vale.</i>	83
<i>Figura 24 - Curvas de nível típicas de áreas com coxilhas.</i>	83
<i>Figura 25 - Exemplo de erosão em via não-pavimentada (Bauru, 2007)</i>	113
<i>Figura 26 - Erosão em empreendimento sem rede de drenagem e pavimentação adequada quando da implantação do conjunto habitacional (Farah, 2003)</i>	113
<i>Figura 27 – Gleba para exemplificação do cálculo da terraplenagem</i>	124
<i>Figura 28 – Exemplo de um parcelamento para a gleba da Figura 27.</i>	124
<i>Figura 29 - Terreno plano.</i>	131
<i>Figura 30 - Área de fundo de vale.</i>	131
<i>Figura 31 – Terrenos ondulados</i>	131
<i>Figura 32 - Esquema geral de uma rede ramificada (Fonte: Porto, 2004)</i>	137
<i>Figura 33 - Esquema geral de uma rede malhada (Fonte: Porto, 2004)</i>	137
<i>Figura 34 - Ilustração da rede de galerias pluviais para o caso de edifícios (nota da autora).</i>	157
<i>Figura 35 - Ilustração da rede de galerias pluviais para o caso das casas térreas (nota da autora).</i>	158
<i>Figura 36 - Ilustração da rede de drenagem (guias e sarjetas) para o caso dos edifícios (nota da autora)</i>	160
<i>Figura 37 – Ilustração da rede de drenagem (guias e sarjetas) para o caso das casas térreas (nota da autora)</i>	161

<i>Figura 38 – Ilustração da área de pavimentação para o caso de edifícios (nota da autora).</i>	162
<i>Figura 39 – Ilustração da área de pavimentação considerada para o caso de casas (nota da autora).</i>	163
<i>Figura 40 – Ilustração da rede de iluminação pública para o caso dos edifícios (nota da autora)</i>	165
<i>Figura 41 - Ilustração d a rede de iluminação pública para o caso das casas (nota da autora)</i>	165
<i>Figura 42 – Matriz dos 20 modelos básicos de referência apresentados em Caminos e Goethert (1984). Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados (malha, malha com área de uso público, ramificado, ramificado com área condominial e ramificado com área condominial e vias de acesso aos lotes mais largas).</i>	182
<i>Figura 43 – Porcentagens de utilização do solo e quantidade de vias de circulação (Caminos e Goethert, 1984)</i>	183
<i>Figura 44 – Modelos teóricos apresentados em Caminos e Goethert (1984) para a rede de abastecimento de água. Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados. Em cada planta da área de referência, são ilustradas as redes no padrão mínimo e médio.</i>	186
<i>Figura 45 – Quantidade de tubos, válvulas, hidrantes e ligações domiciliares para os modelos ilustrados na Figura 44.</i>	187
<i>Figura 46 – Modelos teóricos apresentados em Caminos e Goethert (1984) para a rede coletora de esgoto. Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados. Em cada planta da área de referência, são ilustradas as redes no padrão mínimo e médio.</i>	189
<i>Figura 47 – Quantidade de tubos, PVs e conexões para os modelos ilustrados na Figura 46.</i>	190
<i>Figura 48 – Seções adotadas para as vias. As dimensões estão em centímetros (Fonte: Caminos e Goethert, 1978).</i>	192
<i>Figura 49 – Modelos teóricos apresentados em Caminos e Goethert (1984) para a rede de drenagem e a pavimentação das vias. Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados. Em cada planta da área de referência, são ilustradas as redes no padrão mínimo e médio.</i>	193
<i>Figura 50 – Comprimento de vias, guias, sarjetas e tubulação subterrânea; e número de bocas de lobo e PVs relativos aos modelos apresentados na Figura 49.</i>	194
<i>Figura 51 - Quadra de referência para lotes de 7 x 22m</i>	213
<i>Figura 52 – Quadra de referência para lotes de 10 x 20m</i>	213
<i>Figura 53 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente à s curvas de nível em terrenos com declividade média menor que 2,5%</i>	214
<i>Figura 54 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $2,5\% \leq D \leq 7\%$.</i>	215
<i>Figura 55 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $7\% < D \leq 10\%$.</i>	216
<i>Figura 56 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $10\% < D \leq 15\%$.</i>	217
<i>Figura 57 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $D > 15\%$.</i>	218
<i>Figura 58 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $D > 15\%$.</i>	219
<i>Figura 59 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $10 < D \leq 15\%$.</i>	220
<i>Figura 60 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $7 < D \leq 10\%$.</i>	221
<i>Figura 61 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $2,5\% \leq D \leq 7\%$.</i>	222
<i>Figura 62 – Perfis de referencia para lotes implantados perpendicularmente às curvas de nível</i>	223
<i>Figura 63 – Perfis de referência para lotes implantados perpendicularmente às curvas de nível</i>	224
<i>Figura 64 – Perfis de referência para vias implantadas paralelamente às curvas de nível</i>	225

<i>Figura 65- Modelo de guia e sarjeta (fonte: Fernandes, 2002)</i>	236
<i>Figura 66- Sarjetão típico em paralelepípedos (Fonte: Fernandes,2002)</i>	236
<i>Figura 67 – Esquema considerado para os valores de A e B para cálculo da capacidade de escoamento das vias (Fonte: CDHU, 1998)</i>	237
<i>Figura 68 –Tipos de Bocas-de-lobo (fonte: Prefeitura de São Paulo, 1999)</i>	239
<i>Figura 69 – Exemplo de uma situação recomendada, uma situação não recomendada e uma situação usual para a localização de bocas-de-lobo (Prefeitura de São Paulo, 1999).</i>	239
<i>Figura 70 - Esquema geral de uma rede de drenagem de águas pluviais (adaptado da Figura 3.4 de Mascaró, 1987)</i>	243
<i>Figura 71 - Apoio direto (Fonte: NBR 9814)</i>	248
<i>Figura 72 - Apoio sobre leito de material granular fino – areia, pó de pedra, brita nº1 ou cascalho triturado (Fonte: NBR 9814).</i>	249
<i>Figura 73 - Apoio sobre laje e berço de concreto (Fonte: NBR 9814).</i>	249
<i>Figura 74- Tipo de berço para assentamento de tubos de PVC (NBR14486).</i>	252
<i>Figura 75 - Coletores assentados em regiões que o solo natural oferece boa condição de suporte e não ocorra presença do lençol freático (Fonte: SEMASA, 2007).</i>	252
<i>Figura 76 - Coletores assentados em regiões onde as condição de suporte e o tipo de solo não aconselham um apoio direto (Fonte: SEMASA, 2007).</i>	253
<i>Figura 77 - Coletores assentados em regiões litorâneas, ribeirinhas e fundos de vale, em solos moles e na presença de água do lençol freático (Fonte: SEMASA, 2007).</i>	253
<i>Figura 78- Carga sobre tubo flexível enterrado (Fonte: ABTC, 2003)</i>	255
<i>Figura 79- Reação do solo de envolvimento lateral em tubos flexíveis enterrados (Fonte: ABTC, 2003)</i>	255
<i>Figura 80- Carga sobre tubo rígido enterrado (Fonte: ABTC, 2003)</i>	255
<i>Figura 81- Partes constitutivas do sistema convencional (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).</i>	259
<i>Figura 82 - Traçado de rede do tipo perpendicular (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).</i>	265
<i>Figura 83 - Traçado de rede do tipo em leque (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).</i>	266
<i>Figura 84 - Traçado de rede do tipo radial ou distrital (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).</i>	266
<i>Figura 85 – Localização dos coletores na via pública (Fonte: Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000)</i>	267
<i>Figura 86 - Esquema geral de uma rede ramificada (Fonte: Porto, 2004)</i>	271
<i>Figura 87 - Esquema geral de uma rede malhada (Fonte: Porto, 2004)</i>	271
<i>Figura 88 – Ilustração de arborização urbana (CESP, 1988)</i>	280
<i>Figura 89 – Ilustração de arborização de áreas privadas (CESP, 1988)</i>	281
<i>Figura 90 – Utilização de árvores de pequeno porte nas faces leste e sul e de médio porte nas faces oeste e norte do sistema viário (Fonte: CESP, 1985)</i>	282
<i>Figura 91 - Ilustração da arborização de canteiros centrais de avenidas (CESP, 1988)</i>	284
<i>Figura 92 - Interferências causadas pela arborização do sistema viário urbano (Fonte: CESP, 1988).</i>	284
<i>Figura 93 – Exemplo de interferência das raízes das árvores nas canalizações subterrâneas (CESP, 1988)</i>	285
<i>Figura 94 – Esquema em planta de muro de proteção para dificultar o avanço das raízes das árvores no sentido das redes subterrâneas (Mascaró, 2005)</i>	285
<i>Figura 95 - Exemplo de interferência das raízes das árvores nos pavimentos (Fonte: arquivo próprio)</i>	286
<i>Figura 96 - Exemplos de uso de árvores de folhas caducas gerando interferências com a rede de drenagem (Fonte: arquivo próprio)</i>	286
<i>Figura 97 – Distâncias mínimas recomendadas entre redes aéreas e árvores (Mascaró, 2005)</i>	287
<i>Figura 98 – Ilustração de proteção das mudas das árvores (amarrilho, tutor e grade de proteção) (CDHU –memorial de projeto)</i>	290
<i>Figura 99 – Ilustração de proteção das mudas de palmeiras (CDHU –memorial de projeto)</i>	290

<i>Figura 100 - Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível (Marques, 2002)</i>	292
<i>Figura 101 - Seção Transversal Típica de Pavimento Rígido (Marques, 2002)</i>	292
<i>Figura 102 – Exemplo de um bloco de concreto sem articulação e de sua aplicação</i>	295
<i>Figura 103 - Exemplo de um bloco sextavado e de sua aplicação</i>	296
<i>Figura 104 – Exemplos de blocos intertravados e suas aplicações</i>	296

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Caracterização da produção de loteamentos do Estado de São Paulo</i>	4
<i>Tabela 2: Dados Brasil, com referência à produção de SP e extrapolados para o país, estimados com base na participação do PIB.</i>	5
<i>Tabela 3 - Proporções das áreas livres segundo a forma de apropriação da gleba (CDHU,1998)</i>	25
<i>Tabela 4 - Largura e declividade para as vias de circulação (Lei de EHIS do Município de São Paulo)</i>	34
<i>Tabela 5 – Limites de declividade para as vias (CDHU,1998)</i>	35
<i>Tabela 6- Resultados da simulação usando índice de forma das quadras proposto por Inouye (2003) e dos lotes proposto por Suen (2003)</i>	44
<i>Tabela 7 – Tipo de desenho urbano, declividade da gleba, área de lotes, área aproveitável da gleba e valores obtidos para o indicador “LOTES”.</i>	55
<i>Tabela 8- Compacidade das quadras dos conjuntos habitacionais</i>	57
<i>Tabela 9 - Área média das quadras ($A_{\text{média-quadras}}$)</i>	58
<i>Tabela 10 – Base de dados para análise do indicador proposto para o comprimento do viário</i>	58
<i>Tabela 11 – Resultados da regressão (tendo-se o “VIÁRIO” como variável dependente) com os múltiplos fatores: Compacidade_{quadra} (X1) e $A_{\text{média-quadras}}$ (X2)</i>	59
<i>Tabela 12 – Resultados obtidos para a largura média ponderada do leito carroçável</i>	60
<i>Tabela 13 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para os lotes ($POND_{\text{lotes}}$)</i>	65
<i>Tabela 14 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para as vias ($POND_{\text{vias}}$)</i>	66
<i>Tabela 15 – Levantamento dos indicadores $TRP_{\text{lotes}}/A_{\text{lotes}}$ e $POND_{\text{lotes_equivalente}}$</i>	67
<i>Tabela 16 – Levantamento dos indicadores $TRP_{\text{vias}}/A_{\text{vias}}$ e $POND_{\text{vias_equivalente}}$</i>	69
<i>Tabela 17 – Levantamento das porcentagens de corte e aterro</i>	71
<i>Tabela 18- Área de grama para contenção de taludes, área a ser terraplenada, declividade média da gleba e valor do indicador $GRAMA_{TRP}$.</i>	73
<i>Tabela 19 – Incidência de cada elemento da rede de drenagem sobre seu custo total</i>	77
<i>Tabela 20- Comprimento de guias e sarjeta, comprimento de ruas e valor do indicador $DRE_{\text{guias\&sarjetas}}$</i>	79
<i>Tabela 21 – Resultados preliminares obtidos para sarjetões</i>	82
<i>Tabela 22 - Comprimento de galeria de águas pluviais, comprimento de ruas e resultados do indicador DRE_{galeria} agrupados por relevo e faixa de declividade</i>	84
<i>Tabela 23 - Comprimento de galeria de águas pluviais, quantidade de bocas-de-lobo e resultados do indicador DRE_{BL} agrupados por relevo e faixa de declividade</i>	86
<i>Tabela 24 - Comprimento de galeria de águas pluviais, quantidade de poços-de-visita e resultados do indicador DRE_{PV} agrupados por relevo e faixa de declividade</i>	87
<i>Tabela 25 - Incidência de cada elemento da rede coletora de esgoto sobre seu custo total</i>	91
<i>Tabela 26 – Comprimento de rede de esgoto, comprimento de ruas e resultados do indicador ESG_{tubos}</i>	93
<i>Tabela 27 – Profundidade, volume de escavação+reaterro, comprimento de rede e resultados do ESG_{vala}</i>	94
<i>Tabela 28 – Quantidade de poços de visita e similares, comprimento de rede de esgoto e resultados do indicador $ESG_{PV\&similares}$</i>	96
<i>Tabela 29 – Incidência de cada elemento da rede de água sobre seu custo total</i>	100
<i>Tabela 30 – Comprimento da rede de água, comprimento da rede viária e valor do indicador AAG_{tubos}</i>	102
<i>Tabela 31 - Volume de abertura de vala, comprimento de rede de água e resultados do indicador AAG_{vala}</i>	104
<i>Tabela 32 – Incidência de cada elemento do paisagismo sobre seu custo total</i>	108

Tabela 33 – Quantidade de árvores do sistema viário, comprimento de ruas e valor do indicador $PAI_{\text{árvores_viário}}$	109
Tabela 34 – Características da área de lazer e institucional, valor do indicador PAI_{grama}	111
Tabela 35 – Quantidade de árvores do sistema de lazer, área de lazer valor do indicador $PAI_{\text{árvores_lazer}}$	112
Tabela 36 – Incidência dos custos de cada serviço no custo total de pavimentação em alguns conjuntos habitacionais (valores em porcentagem em relação ao custo total)	115
Tabela 37 – Compacidade das quadras	118
Tabela 38 – Área média das quadras	119
Tabela 39 – Largura Leito Carroçável	120
Tabela 40 – Valor Área lotes/Área aproveitável da gleba mínimo, mediano e máximo da amostra de conjuntos habitacionais analisada.	121
Tabela 41 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para os lotes ($POND_{\text{lotos}}$)	122
Tabela 42 – Porcentagem de corte e aterro sobre o volume total de terraplenagem mínima, mediana e máxima da amostra de conjuntos habitacionais analisada.	123
Tabela 43 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para as vias ($POND_{\text{vias}}$)	126
Tabela 44 – Indicadores de guias e sarjetas ($DRE_{\text{guias\&sarjetas}}$)	129
Tabela 47 – Indicadores de Bocas-de-lobo (DRE_{BL})	132
Tabela 48 – Indicadores de Poço-de-visita (DRE_{pv})	132
Tabela 49 – Indicadores de tubos de esgoto (ESG_{tubos})	133
Tabela 50 – Indicadores de valas para rede de esgoto (ESG_{vala})	134
Tabela 52 – Indicadores de tubos da rede de água (AAG_{tubos})	137
Tabela 53 – Indicadores de vala da rede de água (AAG_{vala})	138
Tabela 54 – Indicadores de árvores no sistema viário ($PAI_{\text{árvores-viário}}$)	139
Tabela 55 – Indicadores de grama das áreas de lazer e institucionais (PAI_{grama})	140
Tabela 56 – Indicadores de árvores das áreas de lazer ($PAI_{\text{árvore_lazer}}$)	141
Tabela 57 – Estimativa dos custos obtidos pela aplicação do método proposto	148
Tabela 58 – Estimativa obtida da aplicação do índice de custo publicado na Construção Mercado de março de 2008 (Construção Mercado Nº 80)	149
Tabela 59 – Custos obtidos a partir dos memoriais de projeto e dos custos unitários da CDHU	149
Tabela 60 – Comparativo entre o custo da urbanização do conjunto habitacional teste e as estimativas do método proposto e da Construção Mercado Nº 80	149
Tabela 61 – Índice de ocupação	170
Tabela 62 – Percentual de área de viário sobre a área ocupável do terreno	171
Tabela 63 – Índice de estacionamento	173
Tabela 64 – Índice quantitativo de corte	175
Tabela 65 – Índice quantitativo de plantio de grama	177
Tabela 66 – Coeficientes de correlação entre as variáveis de provisão de infra-estrutura (Suen, 2005)	199
Tabela 67 – Ponderação do Fator de Infraestrutura e as Variáveis de Provisão de Infraestrutura das zonas residenciais em Ames, Iowa (Suen, 2005)	200
Tabela 68 – Coeficientes de correlação entre o fator de infraestrutura e as variáveis de provisão de infra-estrutura (Suen, 2005)	201
Tabela 69 – Coeficientes de correlação entre o comprimento médio das ruas por lote (SL_k), a densidade de lotes nas quadras (RD_k) e o índice da forma do lote (PS_k) (Suen, 2005)	202

<i>Tabela 70 – Resumo dos valores obtidos para $TRP_{\text{lotes}}/\text{Área}_{\text{lotes}}$ dos modelos apresentados nas figuras 3 – 13 e suas respectivas ponderações em relação ao menor valor</i>	226
<i>Tabela 71 – Resumo dos valores obtidos para $TRP_{\text{vias}}/\text{Área}_{\text{vias}}$ dos modelos apresentados nas figuras 3 – 14 e suas respectivas ponderações em relação ao menor valor</i>	227
<i>Tabela 72 - Velocidades limites para os sistema de drenagem (fonte:CDHU, 1998)</i>	230
<i>Tabela 73 - Valores usuais de Coeficiente de escoamento superficial (fonte:CDHU, 1998)</i>	231
<i>Tabela 74 – Frequência das chuvas de projeto para galerias de águas pluviais.</i>	233
<i>Tabela 75 – Capacidade de captação em função do tipo de boca de lobo</i>	240
<i>Tabela 76 - Espaçamento máximo recomendado para poços de visita (CETESB, 1980)</i>	242
<i>Tabela 77 - Largura da vala em função do tipo de escoramento e da cota de corte (Fonte: NBR 12266).</i>	246
<i>Tabela 78 - Largura da vala em função do diâmetro nominal do tubo (Fonte: CDHU, 1998).</i>	247
<i>Tabela 79 - Dimensões do lastro de brita e do berço de concreto em função do diâmetro nominal do tubo (Fonte: CDHU, 1998).</i>	250
<i>Tabela 80 – Tipo de plantio recomendado em função da largura da rua e da situação de ocupação dos lotes (conforme diretrizes da Prefeitura de Porto Alegre apresentadas em Mascaró, 2005)</i>	283
<i>Tabela 81 - Espaçamentos mínimos indicados no guia de arborização da CESP (1988)</i>	288
<i>Tabela 82 – Características gerais da gleba</i>	298

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação das estimativas usando a mediana do indicador 'LOTES' e as áreas de lotes obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra	55
Gráfico 2 - Comparação das estimativas usando o indicador 'Viario' com as quantidades obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra	59
Gráfico 3 - Correlação entre metros cúbicos de corte e aterro por área da gleba e declividade ponderada da gleba	62
Gráfico 4 - Correlação entre o indicador do volume de terraplenagem na área de lotes ($TRP_{\text{lotes}}/A_{\text{lotes}}$) e a ponderação dos fatores que o influenciam ($POND_{\text{lotes-equivalente}}$)	68
Gráfico 5 - Correlação entre o indicador do volume de terraplenagem na área das vias ($TRP_{\text{vias}}/A_{\text{vias}}$) e a ponderação dos fatores que o influenciam ($POND_{\text{vias-equivalente}}$)	70
Gráfico 6 - Correlação entre $GRAMA_{TRP}$ e a Declividade da gleba	73
Gráfico 7 - Comparação das estimativas usando o indicador 'GramatRP' e as quantidades obtidas dos projetos de terraplenagem dos conjuntos habitacionais da amostra	74
Gráfico 8- Comparação das estimativas usando o indicador $DRE_{\text{guias\&sarjetas}}$ (para os casos de desenho urbano em malha, ramificado e misto) com as quantidades de guias e sarjetas obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra	80
Gráfico 9 – Comparativo do comprimento de galeria real com o comprimento estimado usando o indicador proposto	85
Gráfico 10 – Comparativo da quantidade de bocas-de-lobo real com a quantidade estimada usando o indicador proposto	86
Gráfico 11 – Comparativo da quantidade de poços-de-visita real com a quantidade estimada usando o indicador proposto	87
Gráfico 12 – Distribuição dos especialistas em área de atuação	144
Gráfico 13 – Resultados da avaliação, pelos especialistas, do método proposto quanto a ser de fácil entendimento	145
Gráfico 14 - Resultados da avaliação, pelos especialistas, do método proposto quanto a ser rápido de ser aplicado	145

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

De acordo com o Programa de Assentamentos Humanos das Nações Unidas (UN-HABITAT, 2005), o processo de urbanização estabelecido no mundo aumentou a pobreza e induziu o crescimento dos assentamentos informais. Conforme as estimativas do Programa, 924 milhões de pessoas (31,6 por cento da população urbana do mundo) vivem neste tipo de assentamento.

Assentamentos informais, afirma UN-HABITAT (2005), não levam em conta as necessidades humanas básicas, afetando a saúde de seus moradores e o desenvolvimento sócio-econômico, pois as habitações ilegais, geralmente, são assentadas em um ambiente precário e inseguro, com escassez ou inexistência de redes de serviços urbanos (conforme mostrado na Foto 1 e na Foto 2) e seus moradores sofrem com a falta da seguridade¹ da posse da terra.

Foto 1. Exemplo de assentamento em um ambiente precário, com nenhuma rede de serviços urbanos. (Fonte: Environment & Urbanization, 2005)

Foto 2. Exemplo de assentamento informal estabelecido em terreno predisposto a desastre natural (Fonte: Farah, 2003).

Complementando as colocações supracitadas, Mani et. al. (2005) colocam que os assentamentos humanos modernos (rurais e urbanos) refletem um grande grau de características do ambiente construído, obtidas através da alteração do ambiente natural. Tais assentamentos, particularmente os assentamentos urbanos, são responsáveis por questões que ameaçam globalmente a sustentabilidade dos assentamentos humanos.

¹ Conjunto de medidas, leis, normas, providências que tem como objetivo dar à sociedade e ao indivíduo o maior grau possível de garantia, seja sob o aspecto social, econômico, cultural, moral ou recreativo.

Dada a atual tendência de crescimento da população global, conforme Mani et. al (2005), o mundo provavelmente terá 7 bilhões de habitantes antes de 2010, sendo que uma porção esmagadora do aumento desta população se concentrará em países em desenvolvimento, com porções significativas absorvidas pelas áreas urbanas.

No âmbito do Brasil, a situação atual enquadra-se na problemática mundial supracitada. Segundo Bastos et al (1999) a urbanização brasileira é caracterizada pela expansão desordenada na periferia dos grandes centros urbanos e de loteamentos destituídos de infraestrutura básica. Vastas extensões do território das cidades foram parceladas e ocupadas sem se levar em conta padrões mínimos de qualidade ambiental e à margem de qualquer regulação urbanística que garantisse segurança quanto à posse da terra e um mínimo de qualidade de vida, principalmente para a população de baixa renda.

Para se ter uma idéia da magnitude dessa problemática no país, somente em 1999, segundo dados citados pela Associação de Empresas Loteadoras do Estado de São Paulo (AELO, 2004a), quase metade das prefeituras do País enfrentou o problema de loteamentos irregulares ou clandestinos². Em São Paulo, por exemplo, cerca de 30% dos domicílios estariam construídos em terras invadidas. Conforme estudo do Departamento de Regularização de Parcelamento do Solo, Resolo, da Prefeitura de São Paulo, os loteamentos clandestinos ocupam um quinto do território da cidade. Apesar dessa situação se apresentar, muitas vezes, mais crítica nos grandes centros urbanos do país, ela não se restringe apenas a essas áreas. De acordo com o relatório de um projeto nacional nomeado “*Qualicidades: Cidades com qualidade para um Brasil melhor*” (Correio Brasiliense, 2005), cerca de 200 cidades brasileiras, de todas as regiões, crescem marcadas pelo caos urbano. Tais municípios são caracterizados por alto dinamismo de “crescimento canceroso”, que se traduz em favelização e infra-estrutura escassa, entre outros problemas.

Apesar da ampla e urgente demanda habitacional, ilustrada pelos dados supracitados, há falta de recursos financeiros para seu provimento. De janeiro de 2003 a julho de 2005, de acordo com o relatório de investimentos do Ministério das Cidades (2005), o Governo Federal destinou R\$ 12,2 bilhões para habitação no Brasil, indicando uma média de, aproximadamente, R\$ 5 bilhões por ano. Conforme Folha de São Paulo (2004), o país precisa

² O **loteamento irregular** é feito sem aprovação da Prefeitura, em desacordo com o projeto ou sem cumprir o prazo de término das obras. O loteamento irregular não é inscrito e nem registrado no Cartório de Registro de Imóveis. Já o **loteamento clandestino** é feito por pessoas que não são donas da área que foi loteada. O loteamento irregular pode ser regularizado. O loteamento clandestino não pode ser regularizado, pois é criminoso. Este tipo de loteamento deve ser denunciado à Polícia (<http://www.consumidorbrasil.com.br/consumidorbrasil/textos/ebomsaber/loteamento/dicas.htm>).

de R\$ 12 a 13 bilhões ao ano, por vinte anos, para enfrentar o problema do déficit habitacional que, segundo dados relatados pela Fundação João Pinheiro (2001), era expresso pela necessidade de aproximadamente 6.7 milhões³ de novas habitações em 1999 e passou para 7,9 milhões em 2006, conforme dados revisados por esta mesma Fundação (2008).

Dado o panorama apresentado, considerando a necessidade de uma produção de baixo custo, conhecendo o perfil da demanda habitacional, e a fim de criar assentamentos que considerem as questões colocadas para um desenvolvimento sustentável, conforme Hasan et. al. (2005), organizações mundiais, tais como as Nações Unidas, vêm colocando como metas centrais o aumento do suprimento e redução do custo do terreno dotado de infra-estrutura para a habitação, estendendo a provisão de água e esgoto e melhorando significativamente as vidas dos habitantes; ou seja, vêm focando a urbanização adequada, através de loteamentos regulares, para a implantação da habitação propriamente dita.

Paralela à visão das organizações que defendem a vida, e correndo no mesmo sentido, cita-se também a visão do mercado imobiliário privado, representada pela colocação de Scopel (2004), segundo o qual, a compra de um lote em um loteamento formalmente licenciado é uma excelente opção para quem quer dar o primeiro passo rumo à aquisição da casa própria, tanto no segmento de baixa renda como no de alta. Em todos os casos, de acordo com Scopel, a pessoa irá projetar sua residência conforme seu desejo, construindo-a de acordo com suas possibilidades e disponibilidades, em etapas, por exemplo. Pode, ainda, reformá-la ou ampliá-la no futuro, dependendo somente de sua própria vontade e capacidade. Ou seja, a casa poderá sempre, e ao longo do tempo, ter o perfil dos moradores, tanto interna como externamente.

Concordante com a visão de Scopel (2004), Caminos e Goethert (1984) colocam que a provisão de unidades habitacionais pode partir da iniciativa individual ou familiar, através do processo de auto-construção dirigida ou espontânea e de sistemas de ajuda mútua, mas que as provisões de redes de infraestrutura urbana, ao contrário, representam um interesse coletivo. Colocam ainda que se as redes não são planejadas e implantadas adequadamente quando o assentamento está se desenvolvendo, é muitas vezes impossível ou anti-econômico provê-las posteriormente.

³ Segundo a Fundação João Pinheiro, o “déficit” habitacional é composto: pelas situações de coabitação familiar (ou seja, situações em que famílias residem num mesmo domicílio com outra família, denominada “principal”) e de ônus excessivo com aluguel; de domicílios rústicos (aqueles que não apresentam paredes de alvenaria ou de madeira aparelhada); de domicílios improvisados (locais construídos com fins não residenciais e utilizados como moradia, tais como, carcaça de carros, abrigos de papelão etc); pela necessidade de reposição do estoque de moradias.

Outra informação que confirma a alternativa de lotes urbanizados, como uma forte via para tratar a questão do “déficit” habitacional, é o perfil de sua produção nacional nos últimos anos, que tem sido prioritariamente voltada para o público das classes mais necessitadas. A partir de dados obtidos dos certificados de aprovação emitidos pelo GRAPROHAB (Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo), a produção de lotes urbanizados referentes a empreendimentos de interesse social (Renda familiar até 08 salários mínimos) variaram entre 63% e 81% da produção de Loteamentos no Estado de São Paulo entre 1998 e 2003, conforme é explicitado na Tabela 1, sendo que a média apresentada pelos dados de 1998 a 2002 é de 73%.

Tabela 1: Caracterização da produção de loteamentos do Estado de São Paulo

<i>ITENS/ANO</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003*</i>
<i>Área total loteada (m²)</i>	70.405.440,23	52.644.748,18	74.602.301,00	52.063.852,03	86.448.142,54	33.514.201,41
<i>Área total em lote (m²)</i>	37.815.591,43	27.600.473,20	34.183.057,09	28.892.515,65	45.307.788,28	18.037.777,42
<i>Lotes produzidos (unid)</i>	133.006	97.724	184.086	72.887	141.405	52.625
<i>Aproveitamento da área total em lotes (%)</i>	53,71%	52,43%	45,82%	55,49%	52,41%	53,82%
<i>Área média dos lotes produzidos (m²)</i>	284,31	282,43	185,69	396,40	320,41	342,76
<i>Quantidade de empreendimentos aprovados (unid)</i>	411	344	565,	270,	597	225
<i>Lotes produzidos com área ≤ 280 m² (unid)</i>	98.270	76.034	149.887	47.435	95.595	33.068
<i>Estimativa da produção de loteamentos populares (EHIS)</i>	73,88 %	77,80%	81,42%	65,08%	67,60%	62,84%
<i>Estimativa de áreas verdes/sistema de lazer doados (m²)</i>	14.081.088,05	10.528.949,64	14.920.460,20	10.412.770,41	17.289.828,51	6.702.840,28
<i>Estimativas de áreas institucionais doadas (m²)</i>	3.520.272,01	2.632.237,41	3.730.115,05	2.603.192,60	4.322.457,13	1.675.710,07
<i>Estimativas de sistemas viários criados (m²)</i>	14.081.088,05	10.528.949,64	14.920.460,20	10.412.770,41	17.289.828,51	6.702.840,28
<i>Extensão do sistema viário (km))</i>	1.280,10	957,18	1.356,41	946,62	1.571,80	609,35
<i>Estimativa de população atendida</i>	665.030,00	488.620,00	920.430,00	364.435,00	707.025,00	263.125,00
<i>Estimativa de investimento em saneamento básico (milhares de Reais)</i>	R\$166.412,86	R\$62.216,52	R\$88.166,36	R\$61.530,01	R\$102.167,17	R\$39.607,69
<i>Estimativa de investimento em eletrificação (milhares de Reais)</i>	R\$230.417,80	R\$172.291,90	R\$244.152,99	R\$170.390,79	R\$282.924,47	R\$109.682,84
<i>Estimativa de investimento total (milhares de reais)</i>	R\$945.389,79	R\$690.011,83	R\$854.576,43	R\$722.312,89	R\$1.132.694,71	R\$450.944,44

*Os valores determinados para o ano de 2003 consideram os empreendimentos aprovados até o mês de julho (inclusive).

Fonte: AELO (2004b) - Dados obtidos através dos certificados de aprovação emitidos pelo GRAPROHAB.

Além disso, o setor de Loteamento Urbano representa importante segmento da indústria imobiliária, movimentando grande massa de trabalhadores, o que significa a geração e manutenção anual de mais de 730.000 (setecentos e trinta mil) empregos, e contribui indiretamente para a manutenção anual e geração de mais de 2.000.000 (dois milhões) de empregos no Brasil, de acordo com pesquisas realizadas pela AELO, SECOVI/SP e Sinduscon-SP. Conforme entrevista, realizada em maio de 2004, com o vice-presidente da AELO (Camargo, 2004), essas estimativas são extrapolações matemáticas para o Brasil, considerando-se a produção formal do Estado de São Paulo. Na Tabela 2 são apresentadas essas informações de âmbito nacional.

Tabela 2: Dados Brasil, com referência à produção de SP e extrapolados para o país, estimados com base na participação do PIB.

<i>ITENS/ANO</i>	<i>1.998</i>	<i>1.999</i>	<i>2.000</i>	<i>2.001</i>	<i>2.002</i>	<i>MÉDIA ANUAL</i>
<i>Área total loteada (m²)</i>	128.009.891,32	95.717.723,96	135.640.547,27	94.661.549,15	157.180.259,16	122.241.994,17
<i>Área total em lotes (m²)</i>	68.755.620,78	50.182.678,55	62.151.012,89	52.531.846,64	82.377.796,88	63.199.791,15
<i>Quantidade de lotes produzidos (uni)</i>	241.829,09	177.680,00	334.701,82	132.521,82	257.100,00	228.766,55
<i>Área média dos lotes produzidos (m²)</i>	284,31	282,43	185,69	396,40	320,41	293,85
<i>Quantidade de empreendimentos aprovados (uni)</i>	747,27	625,45	1.027,27	490,91	1.085,45	795,27
<i>Estimativa da produção voltada para interesse social (loteamento popular)</i>	73,88%	77,80%	81,42%	65,08%	67,60%	73,16%
<i>Estimativa de empregos diretos gerados pelo setor</i>	773.853	568.576	1.071.046	424.070	822.720	732.053
<i>Estimativa de empregos indiretos gerados pelo setor</i>	2.205.481	1.620.442	3.052.481	1.208.599	2.344.752	2.086.351

Fonte: AELO (2004b)

Considerando a relevância dessa etapa do desenvolvimento habitacional e urbano no âmbito social, econômico e ambiental, e sob a indução das organizações nacionais e internacionais, segundo CEROI (Cities Environment Reports on the Internet, 2000), alguns pesquisadores e profissionais vêm discutindo alternativas mais viáveis para a concepção e produção do loteamento, propondo melhores práticas e avaliando casos reais, de modo a definir parâmetros para auxiliar a tomada de decisão que leve ao tal aumento de produção e redução dos custos do objeto em estudo.

Em relação à sustentabilidade e às técnicas alternativas de planejamento do desenho urbano, Churchill; Baetz (1999) colocam que um considerável volume de literatura existente tem tratado dessas questões; mas, no entanto, o atual modo de se projetar tem, tradicionalmente, focado apenas a maximização do número de lotes que podem ser implantados em um

parcelamento do solo. Nesta abordagem, o projetista usa princípios tais como a adoção do mínimo de vias permitido, recuos e estacionamentos ditados pelas leis municipais para criar a rede viária e o parcelamento dos lotes individuais. Esse processo, conforme tais autores, costuma obstruir a concepção de variadas alternativas de desenho urbano. Prover alternativas de projeto é benéfico, pois estimula a criatividade e permite que partes interessadas analisem uma variedade de planos ao invés de simplesmente fazer um projeto e revisá-lo até que ele se enquadre em todos os requerimentos dos códigos vigentes. Com o advento do programa computacional Computer-Assisted Drawing (CAD), acelerou-se o processo do projeto permitindo que o desenhista faça ajustes e revisões rapidamente. Apesar deste melhoramento, o processo ainda depende da experiência do projetista e do exercício intelectual para se conceberem alternativas que considerem padrões/conceitos que favoreçam tanto a qualidade quanto o custo do empreendimento. Desse modo, detecta-se a forte necessidade do uso de um sistema que dê suporte à tomada de decisão por parte dos projetistas, a fim de se acelerar a avaliação das diferentes alternativas possíveis sem a prévia necessidade da elaboração de seus projetos, considerando-se os impactos que elas gerarão e, até mesmo, induzindo a adoção de certas posturas de projeto de forma mais objetiva.

Em relação aos custos, modelos computacionais têm sido desenvolvidos para auxiliar a análise de parcelamentos do solo concebidos (Curtis; Schollosser, 1986). No entanto, como será discutido com mais detalhe posteriormente, essas ferramentas computacionais têm sido úteis para os casos onde vários projetos já tenham sido criados e um plano ótimo tenha que ser escolhido, mas eles não auxiliam o projetista na concepção, propriamente dita, dos planos iniciais, fornecendo diretrizes, por exemplo. Muitos dos métodos analisados nesta tese assumem que as informações detalhadas relativas à topografia da gleba estejam disponíveis e acuradas, sendo comum também assumirem que a gleba já tenha sido submetida ao estudo de viabilidade econômica.

Notou-se, assim, a carência de parâmetros claros e objetivos que subsidiassem o prognóstico dos custos usando-se informações disponíveis nas fases de pré-viabilidade do empreendimento, quando se têm apenas informações básicas sobre as características do terreno e da tipologia habitacional que se quer implantar.

Dado o panorama descrito, a pesquisa aqui apresentada propõe indicadores que auxiliarão na discussão e na implementação das várias teorias que vêm sendo desenvolvidas na área de planejamento urbano, de gestão da produção de empreendimentos habitacionais horizontais, da concepção e da avaliação do desenho urbano e das obras de infra-estrutura desses

empreendimentos, pois darão subsídios para a avaliação da viabilidade dos custos estabelecidos e de posturas adotadas na fase de concepção do projeto, através de respostas a questões do tipo: dadas as limitações das características do terreno, quais as quantidades máximas e mínimas dos serviços necessários para sua urbanização? O custo estabelecido está coerente com essa faixa de variação? Optando por certo desenho urbano onde se favoreça a qualidade ambiental e que seja compatível com o terreno em estudo, qual o impacto que se terá nos custos? Qual o impacto sobre o volume de movimentação de terra e sobre a quantidade de rede de água/esgoto/drenagem que certos padrões urbanísticos induzidos pela legislação vigente produz? Essas e outras questões correlatas poderão ser respondidas de forma simples, rápida e mais acurada, a partir dos indicadores que serão propostos neste trabalho.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Baseando-se nas idéias apresentadas anteriormente, a pesquisa aqui discutida surge com o objetivo geral de **elaborar um método que auxilie o prognóstico de custos de loteamentos e conjuntos habitacionais horizontais, considerando-se que cada item que compõe estes custos possa ser colocado em função de indicadores quantitativos que, por sua vez, variam em função da influência de alguns fatores físicos relacionados à gleba ou às opções de projeto.**

Para tanto, centraram-se esforços no estudo das partes que compõem os conjuntos habitacionais, consideradas mais relevantes ao desenvolvimento das análises desses custos, dando-se, assim, atenção às redes: viária, drenagem pluvial, abastecimento público de água, coleta pública de esgotos sanitários, bem como ao paisagismo e à terraplenagem, necessários à adequada urbanização da gleba, onde serão implantadas as habitações. Os conceitos relacionados a cada um destes termos técnicos serão apresentados ao longo deste texto.

1.2.2. Objetivos específicos

O objetivo global supracitado está sendo cumprido na medida em que objetivos específicos vão sendo sucessivamente alcançados, quais sejam:

- 1) **criar rede de indicadores que caracterizem a demanda dos elementos de infraestrutura** por unidade habitacional, ou por metro quadrado construído de habitação, ou, ainda, por metro quadrado de gleba a ser urbanizada;
- 2) **levantar/organizar banco de indicadores a partir de estudos de projetos de conjuntos habitacionais horizontais** elaborados pelo poder público;
- 3) **correlacionar os indicadores criados na etapa sugerida no item (1) aos fatores que os determinam**, prognosticando os reflexos de diferentes posturas de projeto quanto à demanda por serviços de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais.

1.3. METODOLOGIA

1.3.1. Abordagem analítica dos custos de urbanização de glebas - Modelo dos fatores

A percepção de que um dado indicador, que caracteriza um certo serviço, varia na medida em que pelo menos um dos aspectos desse serviço varia, está sendo bem difundida através de vários trabalhos sobre produtividade na construção civil [dentre eles, pode-se citar Souza (2001)], que fazem uso de princípios advindos do Modelo dos Fatores (THOMAS, KRAMMER, 1987).

Simplificadamente, o Modelo dos Fatores indica que resultados de um processo são associáveis aos fatores presentes, isto é, resultados diferentes (tais como melhores ou piores produtividades, custos etc.) seriam explicáveis pela maior ou menor presença de fatores influenciadores.

Dentro desse contexto, neste trabalho, a quantidade de terraplenagem, por exemplo, é considerada dependente de alguns fatores que podem estar presentes em intensidades distintas (tais como: porcentagem de lotes posicionados perpendicularmente às curvas de nível).

Essa idéia foi aqui aplicada, procurando-se identificar as causas da variação daquelas parcelas que compõem o custo de urbanização. O esquema geral que envolve a elaboração desses indicadores está ilustrada na Figura 1, onde se expressa que cada item que compõe os custos do conjunto pode ser colocado em função de indicadores quantitativos que, por sua vez, variam em função da influência de alguns fatores físicos relacionados à gleba ou às opções de projeto.

Figura 1 – Exemplo do desmembramento dos custos de um dos serviços (no caso, terraplenagem) de urbanização em função das características físicas do terreno e opções de projeto.

Na pesquisa aqui apresentada serão analisados os seguintes serviços: terraplenagem, drenagem de águas pluviais, abastecimento de água, coleta de esgoto, pavimentação e paisagismo.

1.3.2. Método e materiais

O método de pesquisa a ser seguido está ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Método de pesquisa

1.3.2.1. Levantamento preliminar de informações

O levantamento preliminar de informações partiu de estudos bibliográficos que serviram como base para um melhor entendimento sobre a concepção e o prognóstico dos custos das redes de infraestrutura (água, esgoto e drenagem) e de outros elementos necessários à urbanização (paisagismo, terraplenagem e pavimentação). Tal conhecimento tornou possível identificar os elementos que compõem as redes de infra-estrutura urbana e as possíveis características do desenho urbano ou do terreno natural que provocam a variação da demanda destes elementos, bem como a indicação daqueles elementos mais relevantes para as análises dos custos. Além disso, pôde-se verificar a existência de linhas de pesquisa que também buscavam identificar a relação da quantidade desses elementos com as referidas características.

As principais fontes utilizadas para o levantamento bibliográfico foram:

- periódicos internacionais, tais como: Journal of Urban Planning and Development, Construction Management and Economics, Urban Water entre outros;
- anais dos principais congressos nacionais e internacionais relativos a este tema, tais como: IASH World Congress on Housing, Annual Rinker International Conference on Building Construction e CIB W55/65;
- teses, dissertações, manuais e livros disponíveis nas bibliotecas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), bem como da internet.

Através de entrevistas com profissionais e especialistas, buscou-se entender os métodos e parâmetros usados pelas empresas para a estimativa preliminar dos custos de urbanização dos empreendimentos habitacionais horizontais.

O estudo de projetos também serviu como base para um melhor entendimento do processo de concepção e dimensionamento dos elementos de urbanização de conjuntos habitacionais, resultando na elaboração, levantamento e análise dos indicadores propostos nesta pesquisa. Através de pesquisa realizada no arquivo da produção habitacional da CDHU - Companhia Habitacional de Desenvolvimento Urbano, (disponível em: <http://www.cdhu.sp.gov.br/http/indexhtm.htm>), compôs-se uma primeira e ampla lista de empreendimentos horizontais executados ou em execução no Estado de São Paulo. Muitos deles, no entanto, ao serem buscados no arquivo técnico da CDHU, não estavam disponíveis.

Por fim, obtiveram-se os projetos de 51 conjuntos habitacionais, ilustrados através das plantas de urbanismo reunidas no Anexo A e listados no APÊNDICE J, que compõem a seguinte amostra: 45 projetos de terraplenagem, 29 projetos de rede de drenagem, 21 projetos de rede de abastecimento de água, 21 projetos de rede coletora de esgoto, 24 projetos de paisagismo e 7 projetos de pavimentação. A amostra para pavimentação foi bastante reduzida devida o próprio universo desse item da infraestrutura ser reduzido no arquivo técnico da CDHU. A Companhia possui poucos empreendimentos em que a pavimentação tenha sido feita, pois, geralmente, este item é provido posteriormente pela prefeitura local.

A seleção dos conjuntos habitacionais, que compuseram a amostra (Anexo A), considerou as seguintes características:

- porte do empreendimento;
- características físicas da gleba, tais como: declividade, tamanho, forma e presença de áreas *non-aedificandi*; e
- configuração das vias, classificadas como pertencentes a um sistema: em malha, ramificado e misto.

Foram escolhidos conjuntos que formassem uma amostra variada em termos das características supracitadas.

1.3.2.2. Definição dos fatores, elaboração dos indicadores e aplicação a casos reais

O levantamento das quantidades de cada elemento que compõem as redes e os serviços em estudo permitiu seu orçamento, usando-se um banco de dados de custos unitários da própria CDHU, ou a partir de índices de custos unitários publicados periodicamente por meios formais. Tal orçamento possibilitou a identificação daqueles elementos de maior incidência sobre o custo da rede/serviço analisado. Para esses elementos, então, elaboraram-se indicadores que os expressam de forma a facilitar sua análise, por exemplo, colocando-os em função do comprimento da rede viária ou do comprimento da própria rede em questão. O levantamento do comprimento das vias foi feito a partir da leitura do seu estaqueamento existente na planta do respectivo item em estudo e a posterior comparação destes valores com os dados fornecidos nos memoriais de urbanismo. As quantidades dos elementos (tais como:

poços de visita, bocas-de-lobo, tubos etc.) foram obtidas das planilhas de quantitativos dos memoriais dos projetos.

O entendimento do processo de concepção e dimensionamento dos elementos da urbanização de conjuntos habitacionais, bem como dos métodos de prognóstico de seus custos, norteou o levantamento dos potenciais fatores influenciadores da variação dos indicadores supracitados. Por exemplo, o fator determinante na variação da demanda por guias e sarjetas (elementos da rede de drenagem) é o tipo de desenho viário (malha, ramificado e misto; tais classificações são explicadas no capítulo de drenagem). Os conjuntos habitacionais da amostra foram organizados de acordo com seu tipo de desenho urbano e os valores mínimos, medianos e máximos de guias e sarjetas para cada tipo foram obtidos. A experiência do projetista ou orçamentista, bem como as premissas do projeto, pode balizar a escolha de um desses valores, mas, quase na totalidade dos casos, o uso do valor mediano mostrou-se adequado para o prognóstico preliminar da demanda dos elementos analisados.

Este processo de definição e análise dos fatores e dos indicadores foi bastante minucioso, a fim de se obter resultados consistentes. Em alguns casos, como o da terraplenagem, tal processo se apresentou bem moroso, mas acredita-se que todos os fatores relevantes a estes casos foram considerados e abordados de maneira criteriosa. Pode-se comentar, no entanto, baseando-se em experimentações, fundamentadas em análises estatísticas básicas, e na análise pessoal, suportada pelo estudo dos projetos e pela revisão bibliográfica, que os indicadores elaborados são passíveis de serem aprimorados, bem como suas diretrizes de apropriação.

1.3.2.3. Avaliação por especialistas e profissionais e experimentação para comparação dos resultados obtidos com o uso do método proposto e com a aplicação de outro método

Como meio para se providenciar uma validação do método proposto nesta tese, usam-se dois caminhos distintos:

- 1º) submissão do método à apreciação por parte dos especialistas no assunto;
- 2º) determinação do custo de urbanização, usando o método aqui proposto e o método que se considera o mais divulgado no meio técnico, para um conjunto habitacional que não compõe a amostra usada para o desenvolvimento dos indicadores e escolhido aleatoriamente.

No 1º caminho, o principal questionamento se referiu à simplicidade e rapidez de aplicação do método proposto. No 2º caminho, buscou-se testar sua acurácia.

1.4. LIMITES DE VALIDADE DO TRABALHO

Citam-se, a seguir, algumas limitações do método proposto nesta tese:

- o método é aplicável a casos de loteamentos/conjuntos habitacionais horizontais unifamiliares⁴;
- as amostras usadas para a elaboração dos indicadores são compostas por conjuntos habitacionais da CDHU⁵; por isso, refletem os padrões habitacionais adotados por esta companhia;
- os limites de validade para cada indicador e os fatores influenciadores são dados pelos limites de variação encontrados para as amostras.

Deve-se comentar, no entanto, que:

- a lógica envolvida na elaboração dos indicadores é aplicável a qualquer caso de urbanização (loteamentos e condomínios para tipologias habitacionais uni ou multifamiliares de qualquer padrão);
- acredita-se que, conceitualmente, os indicadores são, pelo menos em grande parte, os mais indicados para quaisquer avaliações urbanísticas;
- dentro de certos limites, as próprias conclusões e diretrizes advindas dos indicadores propostos são válidas para outras topologias e padrões habitacionais;
- acredita-se que o método proposto possa ser facilmente adaptável a outros casos.

⁴ Para efeitos deste trabalho, a autora entende como conjunto habitacional horizontal unifamiliar: o agrupamento de edificações individuais, de até dois pavimentos, para uso habitacional, concebido de forma planejada e dotado de infra-estrutura básica. Entende-se como infra-estrutura básica a presença das condições urbanas mínimas para o desenvolvimento das atividades humanas. O conceito de infra-estrutura básica é apresentado no Capítulo 2.

⁵ Optou-se por estudar conjuntos habitacionais produzidos pela CDHU em função de se ter o total apoio desta empresa para a elaboração deste trabalho e pela própria riqueza de experiências por que tal empresa já passou, já que essa Companhia é o maior agente promotor de moradia popular no Brasil e se constitui uma das maiores companhias habitacionais do mundo. Desde que iniciou suas atividades, ela construiu e comercializou mais de 400 mil habitações, em milhares de conjuntos habitacionais em centenas de municípios.

2. URBANIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE CONJUNTOS HABITACIONAIS HORIZONTAIS

Neste capítulo, apresentam-se discussões sobre a terminologia, os conceitos e os aspectos relevantes relativos às partes que compõem um conjunto habitacional e à sua concepção. Em alguns casos resumem-se, em outros se ampliam, as colocações feitas na dissertação de mestrado da pesquisadora (Inouye, 2003). A terminologia e os conceitos mais específicos aos projetos de terraplenagem, drenagem pública pluvial, paisagismo, pavimentação, distribuição de água e coleta de esgoto serão apresentados nos capítulos relativos a cada um destes itens.

2.1. GLEBA

CEPAM (1990) apresenta a definição para **gleba** como sendo a área de terra que não foi objeto de parcelamento para fins urbanos e com superfície superior a quinze mil metros quadrados.

IBAPE/SP (1994) amplia tal definição considerando gleba urbanizável uma grande extensão de terreno que, por suas características físicas e de localização próxima à área urbana ou a loteamentos implantados, e destinação legal, permita aproveitamento mais eficiente, com a sua transformação economicamente viável através de loteamento, desmembramento ou implantação de conjunto habitacional. Diógenes Gasparini (1988) apud CEPAM (1990), no entanto, diz simplesmente que gleba é toda área em que se pode, nos termos da lei, implantar um loteamento ou um desmembramento para fins urbanos.

Essa última definição apresenta-se como a mais condizente com a pesquisa ora apresentada, já que o termo **gleba será usado, aqui, para expressar a área onde será implantado um conjunto habitacional.**

Uma gleba, para se tornar apta a receber um conjunto habitacional, é submetida a um processo de urbanização. Tal processo inicia-se com uma etapa intitulada parcelamento do solo, através da qual originam-se os lotes onde serão edificadas as habitações (no caso de loteamento, também serão originadas as áreas de lazer, de viário e institucionais); e prossegue com a implantação da infra-estrutura que propiciará habitabilidade à área que foi objeto de parcelamento. Estes termos são discutidos a seguir.

2.2. URBANIZAÇÃO

O termo **urbanização** é definido, no dicionário da língua portuguesa elaborado por Bueno (1986), como sendo o ato ou o efeito de urbanizar, onde o termo urbanizar é entendido como o ato de tornar civilizado.

Moreira (1991) coloca que urbanização (*urbanization, urbanisation, urbanización*) tanto pode ser entendida como a aplicação dos conhecimentos e técnicas do planejamento urbano a uma determinada área, como a concentração de população em cidades e a conseqüente mudança sócio-cultural dessas populações, ou, ainda, o aumento da população urbana em detrimento da rural.

No meio jurídico, no entanto, encontra-se restrição quanto ao uso do termo urbanização nos contextos supracitados, pois, segundo Silva (1981) apud Freitas (1996), urbanização seria *"um fenômeno espontâneo de crescimento das aglomerações urbanas em relação à população rural"*; e **"urbanificação"**, por sua vez, seria *"a forma de ordenação urbanística do solo ou atividade deliberada de beneficiamento ou re-beneficiamento do mesmo para fins urbanos, quer criando áreas urbanas novas pelo beneficiamento do solo ainda não urbanificado, quer modificando o solo já urbanificado"*.

CDHU (1998) apresenta uma visão mais técnica quando coloca que a **urbanização de uma gleba** é um *"processo de intervenção no espaço que cria áreas de múltiplos usos, tanto públicas como privadas, tais como áreas de sistema viário, de lazer, de uso institucional, de comércio e de habitação"*. Os **projetos de urbanização**, segundo essa mesma empresa, contemplam os projetos de urbanismo, terraplenagem, paisagismo, drenagem, abastecimento de água, esgotamento sanitário, eletricidade e telefonia.

Considera-se, neste trabalho, a idéia atribuída ao termo urbanização de uma gleba apresentada pela CDHU (1998) adequada, por ser essa idéia largamente difundida no meio técnico.

2.3. PARCELAMENTO DO SOLO

O **parcelamento** regular do solo, segundo Mukai et al (1987), *"técnica e juridicamente, é a divisão da terra em unidades juridicamente independentes, dotadas de individualidade*

própria, para fins de edificação”. Essas unidades resultantes do parcelamento do solo, de que trata o autor, são os chamados lotes, cuja definição será discutida no item 2.5.

Michigan State (1967), que usa o termo em inglês “*land division*”, coloca que parcelamento do solo significa dividir ou desmembrar uma parte ou totalidade da gleba, pelo proprietário ou representante, para fins de venda, locação por período superior a 1 ano, ou de implementação de empreendimento imobiliário que resulta em frações menores que 40 acres⁶ e que satisfaça aos requisitos prescritos pela legislação vigente.

No Código de Urbanismo Francês (MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 2003), em seu artigo R315-1, é apresentada a seguinte definição para parcelamento do solo, que em francês é denominado “*lotissement*”: constitui um parcelamento do solo toda divisão de uma propriedade fundiária em vista da implantação de edificações.

Através da Lei Federal 6.766/79, coloca-se que o parcelamento do solo pode se dar por **loteamento ou desmembramento** de uma gleba. A Lei de EHS do Município de São Paulo⁷ complementa dispondo que, além do loteamento e desmembramento, há as seguintes formas de parcelamento: **desdobro e remembramento**. Todas essas formas de parcelamento são conceituadas a seguir.

2.3.1. Loteamento

Na Lei Federal 6.766/79 dispõe-se que, no **loteamento**, “tem-se abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes”.

Bueno, A. P. F (2003) complementa dizendo que o **loteamento** urbano é a divisão voluntária do solo em unidades edificáveis (lotes), com abertura de vias e logradouros públicos; é a espécie de parcelamento que tem como finalidade a urbanização.

⁶ 1 acre = 4.046,8564224 m²

⁷ Quando do projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social, a principal lei incidente, no município de São Paulo, é a Lei de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social – Lei de EHS. Este documento apresenta um conjunto de decretos (Decretos 31.601/92; 33.824/93; 34.049/94; 35.433/95; 35.553/95; 35.839/96; 35.892/96; 36.366/96) que regem os principais critérios a serem seguidos em tais empreendimentos.

O Ministère de L'equipement, des Transports et du Logement (2003) apresenta a diferenciação de **“loteamento como processo”**, considerando a tarefa de fazer a divisão da terra em lotes para a construção de habitações individualizadas, e **“loteamento como resultado”**, contemplando a terra já dividida em lotes para a construção de habitações individualizadas ou para habitações já realizadas.

Os loteamentos geralmente tratados pelas legislações são os chamados loteamentos convencionais. No entanto, há no mercado um outro tipo de loteamento, comumente denominado **loteamento fechado**.

O **loteamento fechado**, segundo Marini (2003), *“difere do loteamento convencional tão somente no tocante às áreas de domínio público; de resto, é parcelamento de solo que tem previsão legal através da Lei 6.766/79. O direito atribuído aos adquirentes de lote, nessa espécie de loteamento, decorre de ato da Administração, que pode ser conferido através da permissão de uso ou da concessão de uso pelo Município”*.

Ainda nesse mesmo trabalho, Marini afirma que: *“a permissão, ou a concessão de uso, pela Prefeitura Municipal, das vias e praças e espaços livres aos proprietários dos lotes, gera para eles a obrigação de mantê-los e conservá-los, além de outras obrigações decorrentes do uso em comum desses espaços livres, tais como coleta de lixo, rede elétrica e de iluminação, pavimentação, rede de água e esgotos etc. Outras obrigações surgem, ainda, pela própria circunstância de ser um loteamento fechado, tais como a manutenção de portaria, serviços de vigilância e segurança, rede telefônica de comunicação interna etc”*.

O autor supracitado prossegue a discussão esclarecendo que o diferencial entre o **condomínio**, previsto na Lei 4591/64, e o **loteamento fechado** é que *“o primeiro se caracteriza pela necessidade de vinculação da venda da propriedade à construção, ainda que futura. Não se pode afirmar a existência de condomínio desprovido de construção. No segundo, a venda da propriedade tem por objeto única e exclusivamente o terreno, não havendo qualquer vinculação de construção à propriedade adquirida. O terreno é objeto central da venda, sendo qualquer construção nele realizada mero acessório”*.

2.3.2. Desmembramento, desdobro e remembramento

Quanto ao parcelamento do solo por **desmembramento**, a Lei 6.766/79 coloca que, nesse processo, “há aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes” ou seja, no desmembramento, as vias e as quadras já estão definidas.

Quanto ao **desdobro**, segundo a Lei de EHS da cidade de São Paulo, este é o “parcelamento de lote resultante de loteamento ou desmembramento anteriormente aprovado”.

O **remembramento** de glebas ou lotes, segundo essa mesma lei, é a “soma das áreas de duas ou mais glebas ou lotes, para a formação de novas glebas ou lotes”.

2.4. INFRAESTRUTURA

Em relação ao termo **infra-estrutura urbana**, Zmitrowicz; Neto (1997) apresentam uma conceituação ampla para este termo, pois, segundo eles, a infra-estrutura pode ser conceituada como um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo estas funções serem vistas sob os aspectos social, econômico e institucional. Sob o aspecto social, a infra-estrutura urbana visa promover adequadas condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. No que se refere ao aspecto econômico, a infra-estrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviços. E sob o aspecto institucional, entende-se que a infra-estrutura urbana deva propiciar os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas. Os autores prosseguem discutindo que o sistema de infra-estrutura urbana é composto de subsistemas, e cada um deles tem como objetivo final a prestação de um serviço, o que é fácil de perceber quando se nota que qualquer tipo de infra-estrutura requer, em maior ou menor grau, algum tipo de operação e alguma relação com o usuário, o que caracteriza a prestação de um serviço. Por outro lado, ainda que o objetivo dos subsistemas de infra-estrutura seja a prestação de serviços, sempre há a necessidade de investimentos em bens ou equipamentos, que podem ser edifícios, máquinas, redes de tubulações ou galerias, túneis, e vias de acesso, entre outros.

Esses equipamentos são classificados, segundo a lei 6766/79, como equipamentos públicos urbanos.

Os subsistemas que compõem a parte física da infra-estrutura urbana, de acordo com Zmitrowicz; Neto (1997), compreendem os seguintes elementos básicos:

- **redes de serviços**, compostas pela malha de tubulações, cabos, ou pavimentos que se distribuem pela cidade, viabilizando os serviços.
- **ligações domiciliares**, que são ramais que ligam as redes de serviços às instalações prediais.
- **equipamentos complementares**, que são partes individualizadas e importantes dos diferentes subsistemas. No abastecimento de água, a adução, a potabilização e a reserva; nas redes de esgoto, os emissários e as plantas depuradoras. No subsistema de gás encanado, as fábricas de gás artificial ou os poços de gás natural, os gasodutos e a rede de armazenagem. No subsistema de abastecimento de energia elétrica e iluminação pública, as centrais, termo ou hidroelétricas, suas redes de transmissão e as estações para média tensão.

Moreira (1991) apresenta uma idéia mais restrita para o termo quando define “infra-estrutura urbana (em inglês, *urban infrastructure*; em francês *infrastructure urbaine*; em espanhol, *infraestructura urbana*) como sendo o conjunto de redes básicas de condução e distribuição: rede viária, água potável, redes de esgotamento, energia elétrica, gás, telefone, entre outras, que viabilizam a mobilidade das pessoas, o abastecimento e a descarga, a dotação de combustíveis básicos, a condução das águas, a drenagem e a retirada dos despejos urbanos”. Em tal definição enfatiza-se o caráter físico da infra-estrutura.

Abiko (1995b) apresenta uma visão concordante com a de Moreira (1991), definindo de forma clara que “*infra-estrutura compreende a rede física propriamente dita*”. Abiko prossegue nesse trabalho esclarecendo que os serviços públicos urbanos correspondem à gestão, à operação, à tarifação e à manutenção das redes que representam o serviço público.

No âmbito deste trabalho, adota-se uma visão concordante com a apresentada nos dois últimos trabalhos citados.

De acordo com a Lei 6766/79, a **infra-estrutura básica** dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS) consiste, no mínimo, de:

- vias de circulação;
- escoamento das águas pluviais;

- rede para o abastecimento de água potável;
- soluções para o esgotamento sanitário;
- soluções para a energia elétrica domiciliar.

Na Lei de EHIS do Município de São Paulo encontram-se maiores especificações para a infraestrutura básica para EHIS. De acordo com essa lei, os loteamentos destinados a empreendimentos desse tipo devem ser projetados e executados de forma a assegurar as seguintes condições mínimas de infra-estrutura:

- sistema de drenagem de águas pluviais em todas as vias, atendendo às normas emanadas do órgão competente da Prefeitura quando não conflitantes com o disposto na Lei de EHIS;
- pavimentação das vias coletoras⁸ e de todos os trechos de via com declividade longitudinal superior a 10% (dez por cento);
- tratamento primário das vias não pavimentadas, constituído por solo-brita ou outra solução que assegure proteção contra a erosão e garanta a trafegabilidade mesmo em períodos de chuva;
- faixa de passeio revestido com largura mínima de 0,60m;
- rede de coleta de esgotos, projetada e executada de acordo com as Normas Técnicas oficiais;
- rede de abastecimento de água potável, de acordo com as Normas Técnicas oficiais.

Podem ser propostas soluções alternativas às condições supracitadas, desde que comprovada a garantia pelo empreendedor e mediante aprovação pelos órgãos técnicos competentes da Prefeitura, de desempenho no mínimo similar ao obtido quando atendidas as disposições estabelecidas pela lei.

⁸ O conceito de via coletora é apresentado no item 2.9 este trabalho.

2.5. LOTES

2.5.1. Terminologia

Uma definição genérica pode ser encontrada no dicionário da língua portuguesa, elaborado por Ferreira (1993), onde o lote é considerado como a área de terreno para construções ou pequena agricultura.

Moreira (1971) define lotes como porções de terra individuadas e com registros imobiliários autônomos. Nesta definição, a condição de terreno, com localização e configuração definidas e constituindo unidade independente de propriedade, é realçada.

Quando Silva (1981) apud CEPAM (1990) considera lote a porção de terreno com frente para logradouro público⁹, em condições de receber edificação residencial, comercial, institucional ou industrial, e, quando Marini (2003) coloca que lotes são unidades edificáveis resultantes de loteamento, tais autores inserem a idéia de acessibilidade e edificabilidade dos lotes.

Na Lei de EHIS, do Município de São Paulo, ressalta-se que o lote deve: ser resultante de loteamento, desmembramento ou desdobro; e apresentar pelo menos uma divisa lindeira à via de circulação.

Na Lei 6766/79 (alterada pela Lei nº 9.785/99) o lote é considerado o terreno servido de infraestrutura básica, cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe. Neste conceito, o principal foco é a questão da habitabilidade.

Vale ressaltar que, no caso de condomínios, o lote abrange tanto a parte privada individualizada do mesmo quanto uma cota da parte comum (Mon Immeuble – au service de la copropriété, 2003). Neste conceito, considera-se como parte do lote não apenas a parte privada como também uma parcela das áreas coletivas.

⁹ **Logradouro público** – segundo a Lei 6.031/88, que dispõe sobre o uso e ocupação do solo no Município de Campinas, logradouro público é todo e qualquer espaço de uso comum do povo. Na Lei 9.503/97, que dispõe sobre o Código de Trânsito Brasileiro, definiu-se logradouro público como sendo o espaço livre destinado pela municipalidade à circulação, parada ou estacionamento de veículos, ou à circulação de pedestres, tais como calçada, parques, áreas de lazer, calçadas.

2.5.2. Critérios para concepção das áreas habitacionais

No Manual do GRAPROHAB - Grupo de Análise de Projetos Habitacionais, vigente até março de 2003, dispunha-se que: “na somatória da área de lotes devem constar todos os lotes e as áreas reservadas às faixas não edificáveis pertencentes aos lotes”. Em GRAPROHAB (2003), essa idéia é explicitada quando se coloca que: “*no caso de existirem áreas correspondentes às faixas ‘non aedificandi’ dentro dos lotes, estas áreas não poderão ser incluídas nos itens ‘áreas verdes’ ou ‘sistema de lazer’, pois estes itens tratam exclusivamente de áreas públicas que serão doadas à municipalidade e, portanto, as faixas ‘non aedificandi’ dentro dos lotes devem estar consideradas somente no item ‘área dos lotes’ do quadro de áreas*” sugerido no referido manual.

Indicam-se, a seguir, os critérios legais relativos à concepção de áreas habitacionais. Estes foram subdivididos em função de serem cabíveis a lotes unifamiliares ou a lotes multifamiliares horizontais.

Quanto aos critérios relativos a **lotes unifamiliares**, segundo a Lei 6.766/79, os lotes devem possuir: “área mínima de 125m² e frente mínima de 5m, salvo quando a legislação estadual ou municipal determinar maiores exigências, ou quando o loteamento se destinar à urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes”.

Quanto aos critérios relativos a **lotes multifamiliares horizontais**, a CDHU (1998) indica que, em seus empreendimentos, em glebas com áreas inferiores a 15.000m², nas quais a distância maior entre seus limites e o acesso à via pública seja inferior a 500m, pode ocorrer apropriação exclusivamente condominial, desde que o condomínio resultante tenha no máximo 160 unidades habitacionais e atenda aos critérios definidos pelo programa do projeto¹⁰.

¹⁰ O programa de projeto, de acordo com a CDHU (1998), consiste na sistematização do conjunto de necessidades funcionais e sociais que caracterizam um tema de projeto. A elaboração de programa para projeto de urbanismo consiste na simulação matemática da distribuição das áreas, para os usos do solo necessários. Tem-se como objetivo a adequação entre a distribuição de usos, custos e o perfil social e econômico da demanda.

2.6. SISTEMA DE LAZER/ ÁREAS VERDES/ ÁREAS LIVRES DE USO PÚBLICO

2.6.1. Terminologia

Segundo a CDHU (1998), as áreas, de propriedade pública, destinadas ao **sistema de lazer**, são compostas por: áreas verdes e terrenos destinados a equipamentos de recreação (quadras de esporte, parques de recreação infantil, equipamentos de apoio como vestiários, banheiros etc). Observe-se que as **áreas verdes** devem possibilitar a implantação de passeios e equipamentos de recreação que não configurem edificações.

Em GRAPROHAB (2003), encontra-se conceituação, para o Estado de São Paulo, concordante com CDHU (1998), onde se diz que áreas verdes são áreas com restrição de uso, onde a prioridade é pela manutenção e restauração florestal, devendo ser computadas nestas áreas as áreas de reserva legal (Lei nº 4.771 /65, art. 16), áreas de preservação permanente (Lei nº 4.771 /65, como explicitado no item 2.7 deste texto), áreas de primeira categoria da região metropolitana (Leis nº 898/75 e 1.172/76) e áreas florestais com impedimentos legais. O sistema de lazer, por sua vez, são áreas previstas ao uso público podendo incorporar áreas verdes exigidas pelo poder público municipal, praças, áreas permeáveis de lazer, esporte, pomares e áreas com vegetação exótica; não sendo permitidas as incorporações de faixas non aedificandi sob linha de alta tensão, ao longo de faixas de domínio de rodovia, ferrovia e canteiros entre avenidas e calçadas.

Em Lima et al (1994) encontra-se uma expansão desse conceito, onde **área verde** é aquela na qual *“há predomínio de vegetação arbórea, englobando as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais de avenidas e os trevos e rotatórias de vias públicas, que exercem apenas funções estéticas e ecológicas, devem, também, conceituar-se como área verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas não devem ser consideradas como tal, pois as calçadas são impermeabilizadas”*.

Apesar do termo área verde ser amplamente difundido, CEPAM (1990) sugere usar o termo **áreas livres de uso público**, pois os termos área verde e área de lazer são aplicáveis também a áreas de propriedade particular. Áreas livres de uso público são definidas, pela CEPAM (1990), como áreas de livre acesso ao público, para recreação e lazer ao ar livre, que deveriam, portanto, ser basicamente descobertas e ajardinadas.

CSIR Building and Construction Technology (2001) utiliza o termos em inglês *“public open spaces”* para referir-se a tais áreas; seriam estas lugares de encontro de pessoas no

assentamento humano, representando uma extensão da moradia ou uma transição dos espaços mais públicos para aqueles mais privados. Neste mesmo trabalho, os espaços livres de uso público são classificados em “*hard open space*” e “*soft open space*”. Os “hard open spaces” são aqueles espaços públicos que requerem edificação para jogos, esporte e recreação; os “soft open spaces” são áreas não edificáveis ou “green spaces” (áreas verdes) que, quase sempre, apresentam vegetação natural.

Considerando as colocações até aqui apresentadas, pode-se entender que as áreas destinadas aos sistemas de lazer, obrigatoriamente presentes em parcelamentos do solo, são áreas que compreendem tanto espaços onde é implantado algum tipo de construção para fins de esporte, de recreação etc, quanto espaços livres de edificações. Estes últimos apresentando-se como aquelas áreas onde se usaram conceitos e técnicas de paisagismo como também aquelas áreas de vegetação natural, com pouca, ou nenhuma, intervenção humana. Em muitos casos, os espaços livres de uso público englobam áreas “non-aedificandi”, definidas por legislações vigentes, como será discutido no item 2.7.

2.6.2. Critérios para concepção

Em relação às áreas livres de uso público, a Lei 6.766/79 (alterada pela Lei 9785/99) dispõe que as áreas destinadas a espaços livres de uso público serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal para a zona em que se situem.

Em muitas legislações municipais e estaduais (Decreto Estadual 13.069/78; Lei de EHS do Município de São Paulo, por exemplo), dispõe-se que, em parcelamentos do solo, devem ser destinados, no mínimo, 10% da área total da gleba para espaços livres de uso público.

A CDHU (1998) dá diretrizes para que, em seus empreendimentos, as áreas verdes relativas aos 10% possibilitem a implantação de passeios e equipamentos de recreação que não configurem edificações. Para que tal implantação seja tecnicamente adequada, tais áreas devem conter partes em que as declividades sejam inferiores a 15%. A Companhia apresenta limites máximos para ocupação destas áreas livres para a implantação desses equipamentos e passeios, segundo a forma de apropriação da gleba (Tabela 3).

Tabela 3 - Proporções das áreas livres segundo a forma de apropriação da gleba (CDHU,1998)

APROPRIAÇÃO DA GLEBA	PERCENTUAL MÁXIMO DA ÁREA LIVRE DESTINÁVEL PARA RECREAÇÃO E PASSEIOS
<i>Em lotes unifamiliares</i>	15%
<i>Em lotes multifamiliares</i>	30%
<i>Em lotes unifamiliares e multifamiliares</i>	20%

2.7. ÁREA “NON-AEDIFICANDI”

Em relação ao termo **área “non-aedificandi”**, segundo CEPAM (1990), essas áreas podem ser de propriedade privada, mas não podem receber edificações, por questões de segurança ou para facilitar a operação de redes de equipamentos públicos ou, ainda, para preservar margens de rios ou lagos. Na Lei 6766/79 é discriminado que: *“ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa ‘non aedificandi’ de 15 metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação local. O poder público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, reserva de faixa non aedificandi destinada a equipamentos urbanos¹¹”*. No Código Florestal (Lei federal 4.771/65, alterada pela Lei federal 7803/89), são definidas como de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água, desde o seu nível mais alto, em faixa marginal cuja largura mínima seja: de 30 metros para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura; de 50 metros para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura; de 100 metros para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura; de 200 metros para os cursos d’água que tenham de 200 a 600 metros de largura; de 500 metros para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 metros;
- ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais;
- nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros;
- no topo de morros, montes, montanhas e serras;

¹¹ Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.

- e) nas encostas, ou partes destas, com declividade superior a 45° (equivalente a 100%) na linha de maior declive¹²;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas de tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais;
- h) em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação.

A Resolução do CONAMA nº 4 de 18 de setembro de 1985, revogada pela Resolução CONAMA 302 de março de 2002, enquadrava as Áreas de Preservação Permanente como Reservas Ecológicas e definiu critérios e parâmetros para as Áreas de Preservação Permanente de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais; de nascentes; topos de morro, montes e montanhas; bordas de chapadas e declarou como de preservação permanente as encostas com declividade superior a 100% ou 45°.

Atualmente, a Lei Federal 4771/65, alterada pela lei 7803/89 e medida provisória 2.166-67 de 24 de agosto de 2001, e Resolução CONAMA 302/02 e 303/02 definem as faixas de preservação permanente da seguinte forma:

Tabela 1 – Áreas de Preservação Permanente (APP)

CRITÉRIOS							
LARGURA DO CURSO D'ÁGUA (m)					RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS ÁREA DO ESPELHO D'ÁGUA (ha)		
	menos 10	10 a 50	50 a 200	200 a 600	URB. CONS*.		RURAL
					> 20	<20	
APP	30	50	100	200	30	100	15
SITUAÇÃO	NASCENTES	LAGOS NATURAIS	DECLIVIDADES	TOPO MORROS (elevação > 50 m e declividade >30%)		MONTANHAS/ SERRAS (elevação > 300 m; independe da declividade)	
				TERÇO-SUPERIOR/LINHA DE CUMEADA		TERÇO-SUPERIOR/LINHA DE CUMEADA	
APP	50 m	50 m	> 100%				

* Área urbana consolidada (Resolução do CONAMA 302 e 303/02)

¹² A autora entende que, neste item, considera-se, para o cálculo da declividade, o ponto no pé e no topo da encosta medidos em sua parte mais íngreme.

A CDHU (1998) indica um valor mais restritivo para a declividade citada no item (e): “*áreas com declividades acima de 25% não são recomendadas para a implantação de edificações*”. Esta companhia também dispõe que “*no caso da existência de vegetação significativa no local (seja por porte ou espécie), deve-se incorporá-la ao projeto*”; ou seja, as áreas com este tipo de vegetação devem ser preservadas. Deste modo, tanto as áreas com declividades de 25% como as com vegetação significativa devem ser consideradas, segundo a CDHU, como **áreas não ocupáveis**.

O IBAPE/SP (1994) conceitua área “non-aedificandi”, de forma mais jurídica, como sendo: “*a área gravada por restrições legais ou contratuais do loteamento, desde que devidamente averbadas junto ao Registro de Imóveis, onde não é permitido construir*”.

Considerando as colocações anteriores, entendem-se por “áreas non-aedificandi” as áreas não edificáveis, isto é, áreas que não podem receber edificações por questão de segurança (faixas de domínio de rodovias e ferrovias, por exemplo), ou para facilitar a operação de redes de equipamentos urbanos (como a rede pública de coleta de esgoto passando em fundos de lotes, por exemplo), ou, ainda, por questões ambientais (por exemplo, margens de águas correntes e dormentes, preservação de vegetação significativa), tais áreas, geralmente, são inseridas nas áreas públicas (sistema público de lazer ou área pública institucional), mas podem também estar nas áreas privadas (lotes).

2.8. ÁREAS INSTITUCIONAIS PÚBLICAS

2.8.1. Terminologia

As áreas institucionais públicas, conforme CEPAM (1990), “*são áreas públicas destinadas a equipamentos que requerem edificações e acesso controlado*”. Na Lei de EHS do Município de São Paulo, encontram-se especificados quais equipamentos são esses: “*as áreas institucionais são as áreas destinadas à instalação de **equipamentos comunitários***”. Tais equipamentos, conforme indicado na Lei 6.766/79, são “*equipamentos públicos de educação, cultura, saúde, lazer e similares*”. Na Lei de uso e ocupação do solo do Município de Fortaleza, apresenta-se, ainda, que equipamentos comunitários são espaços destinados a:

a) Campos de esporte e "play-grounds" abertos à utilização pública gratuita e restrita;

b) Edificações e instalações destinadas a atividades de assistência médica e sanitária, promoção de assistência social, educação, abastecimento, cultura, esporte e lazer, administradas diretamente pelo poder público ou por instituição com ele conveniada.

CSIR Building and Construction Technology (2001) usa o termo “public facilities”, em assentamentos residenciais, para referir-se àqueles serviços básicos que não podem ser supridos diretamente pela unidade habitacional. Tais equipamentos satisfazem necessidades comunitárias e individuais específicas – incluindo proteção e segurança, comunicação, recreação, esporte, educação, saúde, administração pública, religião, atividades culturais e sociais.

A Lei 6.766/79 dispõe que a parcela a ser destinada para esses equipamentos será proporcional à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem. Couto (1981) apud Freitas (1996) apóia a idéia de se estabelecer que as áreas para a implantação de tais equipamentos sejam proporcionais à densidade da população, realçando que: *“esses equipamentos, como a própria expressão dá a entender, servem à comunidade que habitará os lotes criados pelo parcelamento urbano e, por isso mesmo, devem ser proporcionais à densidade de ocupação prevista para a gleba, tendo por satisfazer às necessidades assistenciais e hedonísticas da coletividade. Equipamentos comunitários, portanto, segundo o autor, vêm a ser os aprestos do sistema social da comunidade previstos para atender a suas necessidades de educação, cultura, saúde e lazer”*.

Apesar de, conceitualmente, as áreas institucionais públicas englobarem aquelas áreas destinadas ao sistema de lazer, na prática, em projetos de conjuntos habitacionais, explicita-se o valor do espaço reservado para tal sistema.

2.8.2. Critérios para concepção

Conforme várias legislações municipais e estaduais, devem ser destinados, no mínimo, 5% da área total da gleba para áreas institucionais públicas.

Na Lei 3.744/83, o Estado de São Paulo estabelece que: “em todos os conjuntos habitacionais cuja construção seja de responsabilidade, direta ou indireta, de empresas das quais o Estado seja o acionista majoritário, devem ser construídos centro comunitário, parque infantil e creche”. Através da Lei 10.317/99, o Estado complementa a Lei 3.744/83, exigindo também escola e posto de saúde. Na Lei 9.040/94, no entanto, o Estado estabelece a quantidade

mínima de unidades habitacionais para se exigir a reserva de área para escola pública, pois, segundo essa lei: “os conjuntos habitacionais a serem construídos, com mais de 500 unidades, com recursos totais ou parciais do Estado, deverão conter, nos respectivos projetos, previsão, reserva de local e planta de imóvel destinado à instalação de escola pública”.

2.9. ÁREA DE VIÁRIO

2.9.1. Terminologia

Segundo a Lei de EHIS do Município de São Paulo, via de circulação é o espaço destinado à circulação de veículos ou pedestres, sendo que:

- **via oficial** de circulação de veículos ou pedestres é aquela aceita, declarada ou reconhecida como oficial pela prefeitura;
- **via particular** de circulação de veículos ou pedestres é aquela de propriedade privada, mesmo quando aberta ao público.

As vias podem ser classificadas, de acordo com alguns documentos (Lei de EHIS do Município de São Paulo; LEI Nº 2.590/96; Código de Trânsito Brasileiro; CDHU, 1998, Zmitrowicz; Neto, 1997), como:

- **coletoras:** são aquelas destinadas a coletar e distribuir o tráfego que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando a circulação dentro das regiões da cidade, ligando vias locais de setores ou bairros com as vias arteriais, servindo também ao tráfego de veículos de transporte coletivo;
- **locais:** apresentam utilização mista, isto é, são utilizadas tanto por veículos como por pedestres, sendo que os veículos são, predominantemente, os dos próprios moradores da rua, pois sua função básica é a de formar o itinerário de veículos das vias coletoras às habitações. Assim, as vias devem ser projetadas para o trânsito local, de forma que não possam vir, por seu traçado geométrico, a constituir alternativa para o tráfego de passagem;
- **arteriais:** são, em geral, denominadas avenidas, interligando áreas distantes; podem possuir volume e velocidade de tráfego elevados. O tráfego, em suas pistas, dá-se numa única direção. Essas vias têm interseções em nível, geralmente, controladas por

semáforos, acessibilidade a ruas transversais e a vias secundárias (ramificações das vias arteriais), possibilitando o trânsito entre regiões da cidade;

- **expressas:** são de alta velocidade, unidirecionais, não possuem cruzamentos e podem ter também mais de duas pistas de rolamento e acostamento, não sendo indicadas para tráfego de pedestres;
- **de pedestres:** são as de uso restrito a pedestres e dotadas de equipamentos adequados para esta finalidade;
- **mistas:** são destinadas preponderantemente à circulação de pedestres, sendo projetadas de forma a permitir a circulação de veículos leves de passageiros apenas para acesso aos lotes, e a eventual entrada de caminhões e veículos pesados.

As vias urbanas que servem para o trânsito de veículos constituem-se, basicamente, de (Lei de EHS do Município de São Paulo; Mascaró, 1987; Código de trânsito brasileiro):

- **leito carroçável:** espaço do sistema viário destinado à circulação de veículos, destinando-se, também, ao escoamento das águas pluviais, através do conjunto meio-fio/sarjeta e boca-de-lobo, e deste para a galeria de águas pluviais;
- **passeios ou calçadas:** as calçadas são a parte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins. Os passeios são a parte da calçada ou da pista de rolamento (neste último caso, separada por pintura ou elemento físico separador), livre de interferências, destinada à circulação exclusiva de pedestres e, excepcionalmente, de ciclistas.

No meio técnico costuma-se chamar de **caixa da rua** o conjunto: leito carroçável e passeios.

Vasconcellos (1998) frisa que o traçado urbano definido pelas avenidas, ruas e caminhos de pedestres, além da acessibilidade às diferentes partes da cidade, deve cumprir diversas outras funções, dentre as quais a de conter todas as redes de infra-estrutura urbana e os elementos que as compõem, tais como: poços de visita, bocas-de-lobo, grades, caixas, postes, hidrantes, colunas, enfim, elementos necessários para colocar o plano de redes em comunicação com a superfície da rua.

Quanto a sua forma, as vias podem ser classificadas em: malha (Figura 3), ramificada (aberta ou com *cul-de-sac*- Figura 4) ou alça (tipo de rua bem próximo ao de *cul-de-sac*, diferindo desta por possuir dois pontos de acesso).

Figura 3 – Parcelamento em malha convencional (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)

Figura 4 – Parcelamento com *cul-de-sac* convencional (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)

O termo francês “*cul de sac*”, literalmente, significa “*fundo do saco*” e se refere às ruas sem saída. O dicionário Oxford English Dictionary define esse termo como sendo uma rua, uma pista ou uma passagem com seu final fechado, lugar sem saída exceto pela entrada. De acordo com Southworth; Ben-Joseph (2004), a princípio, ruas em “*cul-de-sac*” eram estreitas, curtas e davam acesso a apenas poucas residências, tendo a intenção de prover um isolamento para os residentes da rua, permitindo maior segurança e trânsito de veículos a baixa velocidade. Atualmente, as ruas *cul-de-sac* são mais largas, longas e dão acesso a uma maior quantidade de residências. Este tipo de concepção, segundo esses autores, tem sido bastante incentivado pela engenharia de tráfego e pelos padrões de parcelamento estabelecidos nos Estados Unidos, devido a pesquisas desenvolvidas na década de 50 mostrarem que parcelamentos com este tipo de rua favoreciam a diminuição substancial dos acidentes de trânsito, quando comparado com parcelamentos que tinham ruas em malha. Esses autores também colocam que esse padrão de parcelamento é popular entre os loteadores, não só porque vende bem, mas também porque os custos da implantação de sua infraestrutura são significativamente mais baixos que os parcelamentos tradicionais em malha, que podem requerer mais de 50% a mais de construção de ruas. Além disso, as vias *cul-de-sacs*, segundo os autores, adaptam-se melhor à topografia do terreno e requerem menores larguras para as ruas, calçadas e sarjetas. Em Radburn, uma cidade de Nova Jersey, por exemplo, a introdução de ruas *cul-de-sac* reduziu em 25% a área de ruas e o comprimento das redes de infraestrutura, tais como de distribuição de água e coleta de esgoto, quando comparado a um desenho urbano em malha típico. Stein

(1957) apud Southworth; Ben-Joseph (2004) afirmam que a economia resultante das ruas e das redes, nesse tipo de parcelamento, paga a construção dos parques e espaços públicos. Tais autores prosseguem citando várias outras vantagens desse tipo de parcelamento relacionadas às questões ambientais e de segurança.

Apesar de todas as vantagens supracitadas, Southworth; Ben-Joseph (2004) colocam vários pontos desfavoráveis aos padrões convencionais de parcelamentos com *cul-de-sac*, dos quais citam-se: restrição de trajeto para os moradores, ocasionando problemas de tráfego nos horários de pico e monotonia por ter que passar sempre pelo mesmo lugar; aumento das distâncias a serem percorridas pelos pedestres etc. Tais autores, considerando os pontos positivos e negativos dos parcelamentos convencionais em malha e dos com *cul-de-sacs*, propõem tipos alternativos de parcelamento que estão ilustrados na Figura 5 e na Figura 6.

Figura 5 – Padrão em malha convertido em *cul-de sacs* para veículos, mas não para pedestres (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)

Figura 6 – Parcelamentos com *cul-de-sacs* conectados por vias de pedestres (fonte: Ben-Joseph; Southworth, 2004)

2.9.2. Critérios de concepção

A antiga Lei Federal 6.766/79 estabelecia taxas mínimas para as áreas de uso público como área de viário, área verde e área institucional (que deviam perfazer 35% da área da gleba). Esta lei, após alterações da Lei 9.785/99, no entanto, suprime essas taxas e apenas estabelece que *“as áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal para a zona em que se situem”*.

Visto que cabe aos municípios o estabelecimento de critérios a serem considerados quando da concepção do sistema viário em empreendimentos de conjuntos habitacionais, optou-se, neste trabalho, por considerar a legislação paulistana, já que esta legislação mostra-se rica no detalhamento dos critérios a serem considerados na concepção de projetos de conjuntos habitacionais. Outros fatores que levaram a esta escolha, que se podem citar, foram: a magnitude e a complexidade da produção habitacional do Município de São Paulo e o fato de muitos outros municípios discutirem e se inspirarem nas legislações paulistanas para redigirem as suas próprias.

Quanto àqueles critérios relacionados ao projeto do sistema viário, apresentados na Lei de EHIS do Município de São Paulo, podem-se citar:

- as vias devem ser localizadas de forma a preservar a vegetação de maior porte e preservar as condições das áreas mais frágeis do ponto de vista ambiental, considerando a declividade, o tipo do solo e as condições de drenagem;
- devem ser destinados, no mínimo, 20% da área total objeto do projeto para o sistema viário. Quando a área destinada ao sistema viário não atingir a taxa estipulada, a diferença deve ser destinada a áreas verdes, atendidas as condições apresentadas por lei para essas áreas;
- as interseções entre vias de circulação de veículos devem ter declividade máxima de 5%, em trechos de pelo menos 5m medidos a partir dos seus alinhamentos;
- as vias sem saída devem possibilitar manobra de retorno de veículos, com raio de giro de 6m, nas vias mistas, e de 11m, nas demais vias;

- nos trechos em curva deve ser prevista sobre-largura do leito carroçável, de acordo com as normas estabelecidas pelo órgão municipal de tráfego;
- o comprimento das quadras não deve ser superior a 200m;
- nas vias coletoras, o órgão responsável pelo estabelecimento de diretrizes poderá exigir a previsão de baias para paradas de veículos de transporte coletivo;
- nas vias locais, em intersecções com outras vias, é obrigatória a previsão, em projeto, e a execução de dispositivos destinados à redução da velocidade dos veículos. Essas vias devem ser projetadas de forma a dar acesso a, no máximo, 300 unidades habitacionais;
- as vias mistas devem ter uma extensão máxima de 100m e traçado que permita que a distância a ser percorrida, entre qualquer edificação e uma via local ou coletora, seja no máximo de 75m; tais vias podem ser implantadas como calçadão, sem leito carroçável, devendo, nesses casos, ser prevista a implantação de guias rebaixadas nas intersecções dessas vias com outras; estas vias devem ser projetadas de forma a dar acesso, no máximo, a 75 unidades habitacionais, quando se tratar de EHIS que envolvam a edificação de unidades habitacionais. Em trechos em que não há acesso direto a unidades habitacionais, é admitida largura mínima de 4m;
- as vias de pedestres devem ser executadas de forma que a distância a ser percorrida, entre qualquer edificação e uma via local, coletora ou arterial, seja, no máximo, de 50m; e o desnível entre a soleira de qualquer unidade habitacional e uma via local, coletora ou arterial, deve ser, no máximo, de 14m;
- as dimensões para as vias devem seguir as diretrizes contidas na Tabela 4.

Tabela 4 - Largura e declividade para as vias de circulação (Lei de EHIS do Município de São Paulo)

TIPO DE VIA	LARGURA MÍN. VIA (m)	LARGURA MÍN. LEITO CARROÇÁVEL (m)	LARGURA MÍN. PASSEIO (m)	⁽¹⁾ DECLIVIDADE LONGITUDINAL MÁX. (%)	DECLIVIDADE LONGITUDINAL MIN. (%)
⁽²⁾ <i>Coletora 1</i>	12,00	9,00	2,00	⁽³⁾ 12	0,5
<i>Coletora 2</i>	15,5	11,5	2,00	⁽³⁾ 12	0,5
<i>Local</i>	8,00	6,00	0,6	⁽³⁾ 15	0,5
<i>Mista</i>	6,00	⁽⁴⁾ 5,5	-	⁽³⁾ 15	0,5
<i>Pedestre</i>	4,00	-	-	-	0,5

NOTAS:

(1) Declividade longitudinal de via: relação entre a diferença de nível e a distância horizontal entre dois pontos situados no eixo da via.

(2) Na lei de EHS do Município de São Paulo, não são apresentados os conceitos adotados para Via Coletora 1 e Via Coletora 2. Pode-se entender que Vias Coletoras 2 são aquelas que dão acesso às vias expressas; e as Coletoras 1 são aquelas que dão acesso às arteriais.

(3) Podem ser admitidas, excepcionalmente, declividades de até 15% nas vias coletoras e de até 18% nas vias locais e mistas, em trechos isolados cuja extensão não ultrapasse 50m.

(4) Quando houver leito carroçável.

Em cidades do Estado de São Paulo que não possuem Código de Obras e Edificações (COE), nem Lei de Zoneamento, nem Plano Diretor ou qualquer outro dispositivo legal que trace diretrizes específicas para o tipo de empreendimento aqui estudado, prevalecem diretrizes apresentadas por legislação estadual.

No Decreto Estadual 13.069/78, dispõe-se que:

- deve ser estabelecida uma hierarquia para dimensionamento das ruas, tendo como mínimo o leito carroçável de 6 metros;
- a declividade máxima deve ser de 10%, para ruas sem revestimento, e de 15%, para ruas com revestimento;
- as áreas “non-aedificandi”, ao longo das faixas de domínio de rodovias e ferrovias, podem ser incorporadas às ruas de 15 metros de largura.

CDHU (1998) coloca, em suas diretrizes para a concepção das vias, que a declividade longitudinal máxima deve ser de 10% e a mínima é de 0,5%, a fim de possibilitar condições adequadas de segurança e para drenagem das águas pluviais e esgotamento sanitário. Quando permitido pela legislação municipal, no entanto, poderão ser adotados os limites para a declividade das vias pavimentadas explicitadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Limites de declividade para as vias (CDHU,1998)

VIA	LIMITE DESEJÁVEL	LIMITE MÁXIMO PARA TRECHOS MAIORES QUE 50M	LIMITE MÁXIMO PARA TRECHOS MENORES QUE 50M
Coletora	8%	12%	14%
Local	10%	14%	16%
Mista	12%	16%	18%

3. MÉTODOS PARA PROGNÓSTICO DE CUSTOS DE URBANIZAÇÃO

Considerando a bibliografia relacionada com métodos de prognóstico de custos de conjuntos habitacionais e a partir das entrevistas realizadas com os profissionais, apresentam-se, neste capítulo, as informações consideradas mais relevantes ao entendimento destes (informações mais detalhadas podem ser encontradas no APÊNDICE A), bem como uma discussão sobre cada um.

3.1. MÉTODO USADO PARA O CÁLCULO DOS ÍNDICES DE CUSTO DE URBANIZAÇÃO PUBLICADOS NA REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO (PINI)

Na Revista Construção Mercado (editora PINI) são publicados, mensalmente, índices de custos para urbanização de uma gleba, tal como ilustrado na Figura 7.

Avaliação de Glebas											
MÊS E ANO	SERVIÇOS DE TOPOGRAFIA	CUSTO DE URBANIZAÇÃO (R\$ POR 1000 M² DE ÁREA ÚTIL)									
		TERRAPLENAGEM			REDE DE ÁGUA POTÁVEL	REDEDE ESGOTO	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS		PAVIMENTAÇÃO	REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	TOTAL
		LEVE	MÉDIO	PESADO			GALERIAS	GUÍAS E SARJETAS			
Jun/05	944,42	713,85	2.424,60	6.701,56	3.559,15	6.958,53	2.985,89	2.430,79	8.485,44	1.423,44	36.627,67
jul	946,95	715,08	2.430,75	6.720,02	3.562,38	6.966,52	2.983,66	2.370,15	8.617,34	1.423,44	36.736,29
ago	987,20	715,08	2.430,75	6.720,02	3.562,43	6.967,79	2.982,93	2.352,28	8.619,03	1.423,44	36.760,95
set	990,03	732,32	2.516,90	6.978,48	3.573,02	7.028,93	2.983,18	2.317,62	8.769,52	1.423,44	37.313,44
out	992,79	732,32	2.516,90	6.978,48	3.529,85	7.018,69	2.981,04	2.273,76	8.728,94	1.428,58	37.181,35
nov	993,41	732,32	2.516,90	6.978,48	3.521,31	7.023,30	3.004,46	2.278,63	8.755,99	1.431,15	37.235,95
dez	997,85	732,93	2.519,98	6.987,71	3.516,20	7.004,76	3.002,20	2.287,30	9.016,41	1.431,15	37.496,49
jan	997,85	733,55	2.523,06	6.996,94	3.522,29	7.015,50	3.002,82	2.300,83	9.275,14	1.436,29	37.804,27
fev	998,71	733,55	2.523,06	6.996,94	3.525,35	7.041,15	3.004,21	2.311,12	9.325,86	1.438,86	37.898,81
mar	991,13	734,16	2.526,13	7.006,17	3.525,97	7.049,29	3.003,44	2.311,12	9.361,39	1.438,86	37.947,66
abr	992,00	734,16	2.526,13	7.006,17	3.480,23	7.076,13	3.010,99	2.342,53	9.359,69	1.441,43	37.969,46
mai	1.039,00	747,70	2.544,60	7.036,94	3.574,68	7.281,49	3.055,20	2.431,34	9.417,18	1.535,46	38.663,59
Jun/06	1.049,62	747,70	2.544,60	7.036,94	3.543,01	7.283,99	3.110,99	2.439,46	9.435,78	1.561,15	38.753,24
VARIAÇÕES % REFERENTES AO ÚLTIMO MÊS											
mês	1,02	0,00	0,00	0,00	-0,89	0,03	1,83	0,33	0,20	1,67	0,23
acum. ano	5,19	2,02	0,98	0,70	0,76	3,99	3,62	6,65	4,65	9,08	3,35
acum. 12 meses	11,14	4,74	4,95	5,00	-0,45	4,68	4,19	0,36	11,20	9,67	5,80
Observação: Os custos de urbanização apresentados foram dimensionados para um módulo de mil m² de área útil (área de lotes), e foram calculados com base no trabalho "Avaliação de Glebas - Subsídios para Pré-Planos" da empresa Guilherme Martins Engenharia de Avaliações S/C Ltda. e faz parte da 3ª edição (1980) do livro "Construções. Terrenos" - Editora Pini. Os valores são atualizados mensalmente através de pesquisa em São Paulo, Capital.											

Figura 7 - Índices de custo de urbanização (fonte: Construção Mercado, 2006)¹³

¹³ A coluna "total" é obtida somando-se os valores das outras colunas, inclusive os indicados para terraplenagem leve, médio e pesado.

Tais índices são baseados em modelos propostos por Canteiro (1981)¹⁴, através dos quais são analisadas as despesas, para a urbanização de um módulo de 1.000m² de área útil (área de lotes), relativas aos seguintes serviços: topografia; terraplenagem; rede de água; rede de esgoto; drenagem (galerias; guias e sarjetas); pavimentação; rede de energia elétrica.

Para a determinação das quantidades de serviços por módulo (1.000m² de área de lote), Canteiro adota uma gleba básica de 10.000m², na qual se gera um parcelamento básico para casas térreas (Figura 8) e um para edifícios (Figura 9). As áreas utilizadas como base de cálculo, levando-se em conta estas duas alternativas, foram as seguintes:

- 1 quadra de 100m x 100m (10.000 m²) para os cálculos para edifícios (Figura 9);
- 2 quadras de 4.500m² (45m x 100m) cada uma, separadas por uma rua de 1.000 m² (10m x 100m) e divididas em lotes correspondentes a cada casa térrea (Figura 8).

O custo para cada item da urbanização da gleba é, então, a média entre os resultados obtidos para os edifícios e as casas.

O estudo deste método está detalhado no APÊNDICE A.

¹⁴ Observa-se que, na tabela extraída da revista Construção Mercado (Figura 7), cita-se que este livro é a 3ª edição datada de 1980; entretanto, pela catalogação da Câmara Brasileira do Livro, ele é datado 1981.

Figura 8 - Modelo de parcelamento para casas térreas (Fonte: Canteiro, 1981).

Figura 9 - Modelo de parcelamento para edifícios (Fonte: Canteiro, 1981).

Comenta-se, a respeito deste método, que, para a estimativa do custo, baseia-se em um parcelamento que não inclui áreas de lazer nem institucional e em uma média entre resultados obtidos para casas e prédios. Sabe-se que as quantidades de

elementos de urbanização para parcelamentos de tipologias habitacionais verticais diferem muito daquelas necessárias aos parcelamentos horizontais.

Além disso, Canteiro (1981) considera apenas a terraplenagem nas vias, já que seu intuito era de calcular a incidência dos custos de urbanização sem intervenção nos lotes. Quando se trata da implantação de conjuntos habitacionais, no entanto, é necessário o conhecimento da terraplenagem também na área dos lotes.

Ainda para o serviço de terraplenagem, Canteiro (1981) adota três faixas de valores (terraplenagem leve, média e pesada), para as quais se indica apenas o volume por metro quadrado como parâmetro de classificação. Não há indicações, no entanto, de quais características do terreno levam a classificar a terraplenagem como leve, média ou pesada. Como será mostrado no Capítulo “Terraplenagem”, fatores como inclinação da gleba, posição das quadras e ruas em relação às curvas de nível, dentre outros, determinam essa classificação e devem ser levados em conta quando da estimativa da quantidade de terraplenagem. Ademais, o custo final da urbanização da gleba é obtido a partir da média entre essas três faixas de terraplenagem, o que leva a uma grande margem de erro na estimativa, já que a variação entre a faixa mínima e máxima é bem ampla e este serviço costuma exercer grande impacto sobre o custo final.

3.2. MÉTODO USADO PELA CDHU

Através de entrevista e estudo de material interno da CDHU, pôde-se entender um dos métodos básicos usados por esta empresa, para estimativas preliminares dos custos de urbanização usados no **estudo de pré-viabilidade** dos seus empreendimentos habitacionais.

Para a elaboração do método em questão, a CDHU partiu de um levantamento de dados de empreendimentos realizados pela empresa. Usando esses dados, a empresa determinou índices físicos e urbanísticos médios, tomando-se como parâmetros, basicamente, a proposta de ocupação – tanto em termos de tipologia da edificação, quanto em termos de parcelamento da área, e a declividade média encontrada no terreno. Tal método, sumarizado na Figura 10, é apresentado a seguir.

Figura 10: Ilustração das etapas do método de estimativa preliminar de custos de empreendimentos habitacionais da CDHU

Através da pesquisa aqui desenvolvida, sabe-se que os índices tratados neste método da CDHU podem variar conforme as configurações urbanísticas adotadas (parcelamento em malha, ramificado ou misto), onde há maior ou menor aproveitamento do viário, por exemplo.

Para a estimativa do custo da rede de drenagem, este método considera que as guias e sarjetas correspondem a 25% do custo total com drenagem. O estudo de 15 empreendimentos (apresentados no item 5.1 do Capítulo de Drenagem) mostrou, no entanto, que a incidência destes elementos sobre o custo total da rede pública de drenagem variou de 12,66% a 73,86%. Acredita-se que com a elaboração de indicadores, que forneçam as quantidades dos elementos necessários a cada uma das redes de infraestrutura em estudo, obtêm-se estimativas de seus custos mais adequadas.

Uma questão a se ressaltar é que outros itens, além dos abordados neste método, devem ser considerados na estimativa dos custos da urbanização, como, por exemplo, a rede pública de distribuição de água, a rede pública de coleta de esgoto, o paisagismo etc.

3.3. MÉTODO APRESENTADO EM CAMINOS E GOETHERT (1984)

O método para a avaliação dos custos de urbanização proposto por Caminos e Goethert (1984) foi baseado em pesquisa de campo, experiência e observações realizadas em diferentes lugares durante o desenvolvimento de diferentes trabalhos.

Tais trabalhos são provenientes dos arquivos do programa “*Urban Settlement Design in Developing Countries*”, desenvolvido na Escola de Arquitetura e Planejamento do Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Tal método tem por finalidade auxiliar os estudos iniciais e críticos do projeto, quando se necessitam avaliações rápidas, aproximadas, comparativas e gerais.

Para sua proposição, os autores partiram dos seguintes pressupostos:

- o custo dos serviços depende, principalmente, do padrão de implantação, que pode ser total ou parcial, denominado nos modelos, como “*nivel estandar*” (termo em espanhol) e “*nivel minimo*” (Figura 42 ilustrada na página 182), e da otimização do traçado das redes de serviço;
- a otimização do traçado das redes de serviços depende, sobretudo, da otimização do traçado urbano;
- a otimização do traçado urbano depende, principalmente, das porcentagens de utilização do solo e dos comprimentos dos sistemas de circulação;
- existem sempre traçados ótimos em relação a determinadas necessidades sociais e econômicas;
- os sistemas de infra-estrutura e de serviços têm duas componentes: linhas de distribuição e coleta, que compreendem as redes, e áreas servidas, que representam os setores urbanos e lotes (denominados nos modelos como “*parcelas*” e pertencentes ao espaço “*privado*”);
- as redes encontram-se, usualmente, nas linhas de circulação, ou seja, vias arteriais, vias locais e vias de pedestres (denominadas, nos modelos, como “*calles*”). A circulação, ou o sistema viário urbano, define as redes de distribuição e coleta e é o seu lugar geométrico;
- a combinação dos dois componentes, redes e áreas servidas, constitui o desenho urbano. Assim, as redes de infra-estrutura e de serviços são definidas como o sistema de linhas dentro dos limites de uma superfície do plano; e as áreas servidas são definidas como superfícies incluídas dentro dos limites das

redes ou linhas de infra-estrutura e serviços (vide estrutura primária do traçado urbano ilustrada na Figura 11).

Figura 11 - Estrutura primária de traçado urbano usada em Caminos e Goethert (1984) para a proposição dos modelos teóricos de referência.

O prognóstico de custos obtido através deste método baseia-se em traçados que estão inseridos em uma gleba de 400m x 400m. Todas as ruas internas são de 10m de largura. Não se consideram, ainda, aspectos relevantes como a incidência de área non-aedificandi, a variação da inclinação da gleba, dentre outros aspectos. Não se tem também a estimativa para a terraplenagem. Tal item, como já mencionado anteriormente, é bastante relevante quanto aos custos de implantação de um conjunto habitacional.

3.4. MÉTODO APRESENTADO EM SUEN (2005)

O estudo apresentado em Suen (2005) teve como objetivo examinar o impacto dos padrões de desenvolvimento residencial (caracterizados pela densidade habitacional e a forma agregada dos lotes) na provisão das redes de infra-estrutura, a partir de características mensuráveis. Para isto, o autor teve como base cidades localizadas no condado de Story, Estado de Iowa, nos Estados Unidos.

Os sistemas de infra-estrutura estudados por Suen são representados principalmente por: ruas, rede de água, rede de esgoto, rede de drenagem, hidrantes e poços de visita

(PVs). Estes elementos foram expressos por indicadores chamados de “*Infrastructure provision variables*” que estão explicitados no APÊNDICE A. Um estudo estatístico foi utilizado para agrupar todos esses indicadores em apenas um que caracterizasse toda a provisão de infraestrutura de uma área residencial (“*Infrastructure factor score*”).

Em uma segunda fase, Suen investiga o padrão de desenvolvimento residencial no nível das quadras, tomando como base todas as quadras das cidades estudadas e sendo caracterizado pela densidade de lotes e a forma agregada dos lotes de uma dada quadra (variáveis independentes). Os indicadores de provisão de infraestrutura desenvolvidos na primeira fase do estudo também foram analisados, a fim de se avaliar a provisão da infraestrutura nas quadras residenciais.

Em uma terceira fase, realizou-se um estudo sobre as relações existentes entre as variáveis dependentes e independentes encontradas. Isto conduziu ao desenvolvimento de um modelo de regressão logarítmica, que expressa o relacionamento entre a provisão da infra-estrutura e o padrão de desenvolvimento residencial.

Apesar de este método de estimativa das quantidades dos elementos de infraestrutura necessárias para a urbanização de uma área residencial ser bastante objetiva, um dos indicadores nele usado (forma agregada dos lotes) é questionável. Na dissertação de mestrado que precedeu esta tese de doutorado (Inouye, 2003) já se apresentava uma investigação do efeito da forma das quadras sobre o comprimento de rua por unidade habitacional através do **índice de compacidade das quadras** dos conjuntos habitacionais. Este índice compreende o mesmo conceito usado no indicador de forma dos lotes que Suen (2005) apresenta em seu modelo. A princípio, as duas abordagens parecem congruentes, já que, em parcelamentos tradicionais, quanto maior for a frente do lote há uma tendência de se terem menores medidas de fundo. Comparando matematicamente essas duas abordagens, no entanto, percebeu-se que a análise do indicador considerando o **perímetro das quadras** [proposto em Inouye (2003) e aperfeiçoado nesta tese de doutorado], **ao invés do lote** [proposto em Suen (2005)], parece ser mais coerente, pois, no primeiro caso, são considerados não somente a forma do lote como sua configuração dentro da quadra. Tal idéia pode ser

verificada ao se compararem quadras com mesmo número de lotes iguais, mas dispostos de forma diferente (Figura 12 e Tabela 6).

Figura 12 – Exemplos para comparação dos indicadores de forma propostos por Inouye (2003) e Suen (2005)

Tabela 6- Resultados da simulação usando índice de forma das quadras proposto por Inouye (2003) e dos lotes proposto por Suen (2003)

Exemplo	Indicador proposto por Inouye (2003)		Indicador proposto por Suen (2005)	
	A	B	A	B
Perímetro (P)	320	280	1120	1120
Área (A)	4800	4800	4800	4800
$\frac{P}{\sqrt{A}}$	4,62	4,04	16,17	16,17

Como explicitado na Tabela 6, o indicador proposto por Suen (2005) apresenta o mesmo valor independentemente de como os lotes estão dispostos na quadra.

No exemplo A, tem-se 360 metros de via para 16 lotes habitacionais, o que implica em 22,5 metros de via para cada unidade habitacional. No exemplo B, tem-se 320 metros de via para os mesmos 16 lotes, o que implica em 20 metros de via para cada unidade habitacional. Assim, o indicador proposto, em que se considera toda a quadra e não cada lote, parece ser mais coerente do que o proposto por Suen (2005).

Outro comentário que se faz é que, tendo-se a mesma densidade habitacional, quanto maior o tamanho das quadras menor a quantidade de cruzamentos de ruas, por exemplo, e isso tem impacto tanto na quantidade de ruas quanto na quantidade de outros elementos, tais como: poços de visita das redes subterrâneas de drenagem pública das águas pluviais e das redes de esgoto. Acredita-se, portanto, que outros fatores devem ser investigados conjuntamente para se analisar suas influências sobre a provisão das redes de infra-estrutura.

3.5. RESIDENTIAL AREA COST ANALYSIS MODEL – RACAM

Cutis e Schlosser (1986) apresetam um modelo de análise de custos de áreas residenciais intitulado “Residential Area Cost Analysis Model – RACAM” traduzido em um programa computacional que calcula os custos de construção, operação e manutenção de alternativas de projeto de parcelamentos de solo em empreendimentos residenciais. O programa calcula o custo inicial e/ou o custo anual para os sistemas de esgoto, de drenagem, de água, de telefonia, de distribuição de gás e de energia elétrica, bem como os custos relativos às ruas, calçadas, iluminação pública e áreas públicas de lazer. Baseando-se nos resultados que o programa apresenta, o engenheiro pode selecionar uma alternativa de parcelamento para elaborar o projeto detalhado.

Ferramentas como esta, no entanto, podem ser úteis para os casos onde vários projetos já tenham sido criados e um plano ótimo tenha que ser escolhido, mas eles não auxiliam o projetista na criação, propriamente dita, dos planos iniciais nem o planejador a fazer análises preliminares dos custos desses planos quando ainda no seu processo de concepção.

Nesse modelo, assume-se que as informações detalhadas relativas à topografia da gleba estejam disponíveis e acuradas. Seu uso demanda também o conhecimento de detalhes relativos a cada projeto envolvido na infraestrutura da gleba.

Comenta-se ainda que na análise das alternativas do parcelamento e, por conseqüência, na escolha da alternativa ótima, não se considerou o volume de terraplenagem gerado.

4. TERRAPLENAGEM

Como discutido em artigos técnicos com a participação da autora (INOUE; SOUZA, 2003, INOUE; SOUZA, 2004), quando se fala em empreendimentos de conjuntos habitacionais horizontais, ganha destaque o serviço de terraplenagem, ou terraplanagem, já que este, além de ter grande influência no custo de produção dos conjuntos residenciais, compreende alterações nos processos naturais de movimentação de terra, geração e disposição de materiais excedentes, no caso da existência de bota-fora, bem como extração de terra de outras regiões para complementar a falta desse material no local, no caso da necessidade de empréstimo.

Conforme declaração de Mônica Gasparini, líder de equipe do Departamento de Terras da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo – CDHU, “os custos com terraplenagem e contenções de solo muitas vezes inviabilizam empreendimentos de interesse social”, haja vista a significância desses itens nos custos desses empreendimentos.

Kessler (1982), considerando informações relativas a conjuntos habitacionais promovidos pela COHAB-RS, coloca que a terraplenagem e a pavimentação correspondem, aproximadamente, a 47% dos custos com os serviços de implantação da infra-estrutura. A partir de dados da Serviobras, publicados em Leal (2002), considerando apenas os serviços de implantação da infra-estrutura, tem-se que as obras de terraplenagem e pavimentação correspondem a cerca de 41% dos custos.

Considerando dados de custos de 18 empreendimentos habitacionais da CDHU, somente a terraplenagem corresponde a, aproximadamente, 19% dos gastos com a implantação da infra-estrutura.

Apesar da relevância da terraplenagem sobre os custos de implantação dos empreendimentos habitacionais, segundo o arquiteto de São Paulo Gabriel Matravölgyi (Estadão, 2004), “por ser muito abrangente e variar demais, o serviço (terraplenagem) não é considerado no cálculo do valor unitário do metro quadrado pelos principais índices de construção do país”. Segundo entrevista com Luiz Eduardo de Oliveira Camargo, vice-presidente da AELO (Associação das Empresas Loteadoras do Estado de São Paulo), a estimativa preliminar da demanda por terraplenagem, geralmente, se dá através de visita técnica à gleba e depende muito da experiência e/ou sensibilidade do profissional, o qual julga se a terraplenagem será simples ou complexa.

De acordo com o próprio Camargo, tal método incorre em altas margens de erro, o que exige o uso de um alto coeficiente de segurança sobre a estimativa.

Além da questão do custo, outro aspecto importante da terraplenagem é o seu impacto ambiental. Ben-Joseph (2004) coloca que um dos estágios mais problemáticos no processo de implantação da obra envolve a limpeza e nivelamento do terreno. O uso de equipamentos pesados e o desejo de cortar custos, executando movimento de terra massivo, freqüentemente resulta em completa alteração da paisagem e degradação do meio ambiente.

Moretti (1997) afirma também que “as deficiências no projeto e na implantação das obras de terraplenagem geram grandes problemas de degradação dos assentamentos humanos”.

Como deficiências de projeto, Moretti cita a concepção de ruas de acessos locais largas e tipologias habitacionais que dificultam a minimização do movimento de terra. As deficiências de implantação das obras dão-se, conforme colocado por Freitas et. al. (2001), através de ocorrência: de escorregamentos, pela eventual intervenção em taludes e em área de empréstimo; de escorregamentos em corpos de bota-fora; de diminuição da quantidade de água que se infiltra no solo devido à retirada da vegetação; e da movimentação de solo e, conseqüentemente, da aceleração do processo erosivo na superfície pela intensificação do escoamento das águas.

Mascaró (1991) cita, como principal causa desse processo erosivo, nas urbanizações, a implantação de ruas com declividades excessivas.

Farah et al. (2003), no entanto, afirma que a busca por manter baixos greides das ruas resulta em movimentos de terra pronunciados e determina, nas faixas lindeiras, lotes com grandes desníveis em relação às vias, com testadas que são, na realidade, taludes de corte ou de aterro, às vezes com vários metros de altura. Procurando atenuar, ainda, os violentos desníveis entre o viário e os lotes, utiliza-se o denominado “desbaste de quadra”, através de novos cortes e movimentos de terra, que acabam deixando expostas camadas de solo menos resistentes, dando origem a intensos processos erosivos e a outras instabilizações mais perigosas de terreno, como mostra a Foto 3.

Foto 3 - Erosão em loteamento devido à execução de desbaste de quadra para atenuação de desnível entre lotes e vias

Para se ter uma idéia da magnitude do impacto ambiental da terraplenagem, cita-se pesquisa realizada pelo IPT (1993 apud Freitas et al., 2001) onde se estimou que, das calhas dos rios Tietê e Pinheiros, na Região Metropolitana de São Paulo, no início da década de 90, tinha-se uma retirada anual de cerca de 5.000.000 m³ de material de assoreamento, predominantemente constituído por partículas de solo transportadas de loteamentos, às vezes, remotos.

Outro exemplo que se pode citar, nesse sentido, é o apresentado por Farah et al. (2003) e Freitas et al. (2001), relacionado ao caso da terraplenagem do Conjunto Habitacional Santa Etelvina, implantado através da COHAB-SP (Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo). Neste caso, o volume de terraplenagem ultrapassou 5.000.000 m³. Os autores ilustram a magnitude deste resultado mencionando que o volume de terra movimentado para a construção do conjunto de Santa Etelvina equivale a, aproximadamente, 21% do que foi necessário para a implantação da usina hidrelétrica de Itaipu, considerada a maior hidrelétrica do mundo.

Nota-se, portanto, a relevância de ações que busquem a minimização do volume e das áreas terraplenadas. Acredita-se que a pesquisa, aqui apresentada, proporcionará discussões relevantes sobre o tema e dará subsídios objetivos e quantitativos para a

avaliação de projetos de conjuntos habitacionais, auxiliando na busca por essa minimização.

Em termos de delimitação do escopo que se irá abordar neste capítulo, a autora considera que os custos de terraplenagem na região das edificações sejam relevantes quando se adotam edificações com piso apoiado diretamente no solo e, portanto, o trabalho foca este tipo de situação, pois, no caso em que a base das habitações não é lançada diretamente no terreno (Figura 13), segundo Fahah et. Al. (2003), o volume de terra a ser movimentado pode ser resumido a valores muito discretos, podendo-se, até mesmo, dispensar quaisquer cortes e aterros. Além de estar limitado à terraplenagem para implantação de edificações horizontais sobre fundações rasas, o modelo proposto se refere a solos de 1ª categoria, já que se devem tomar cuidados especiais quando da ocorrência de materiais de 2ª ou 3ª categoria).

Figura 13 - Habitações convencionais apoiadas sobre estrutura de embasamento de aço, em desenvolvimento pelo IPT (Fahah et. al, 2003).

A terminologia e a discussão dos aspectos relevantes do estudo realizado sobre terraplenagem, podem ser consultadas no APÊNDICE B.

4.1. CUSTOS DA TERRAPLENAGEM

Quanto aos itens considerados nos custos da terraplenagem, conforme estudo de memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, citam-se: limpeza e remoção do solo vegetal, corte, aterro, bota-fora, empréstimo e plantio de grama para proteção de taludes.

Para todos os outros serviços, como pode ser verificado nos capítulos 5 ao 9, faz-se uma análise da incidência dos custos de cada item do serviço sobre seu custo total, a fim de se focar no estudo de apenas alguns itens. Diferentemente destes casos, para a terraplenagem, todos os itens serão analisados; por isso, a análise de suas incidências não foi necessária.

4.2. INDICADOR PARA LIMPEZA E REMOÇÃO DO SOLO VEGETAL

A quantidade de limpeza e remoção do solo vegetal é obtida tendo-se a área a ser terraplenada. Assim, a estimativa da demanda por este item pode ser expressa por:

Limpeza e remoção solo vegetal = área a ser terraplenada

Limpeza e remoção solo vegetal = = área de lote + área de viário¹⁵

Equação 1

Quando ainda não se tem o parcelamento do solo definido (situação típica do uso dos conhecimentos contidos nesta tese) é necessário estimar a área de lotes e de viário com base em indicadores.

No caso dos lotes, propõe-se o seguinte indicador:

¹⁵ Eventualmente, tem-se terraplenagem também nas áreas institucionais. Neste caso, acrescenta-se tal área à soma.

$$Lotes = \frac{\text{Área lotes}}{\text{Área aprov gleba}}$$

Equação 2

onde:

$$\text{Área aprov gleba} = \text{Área total da gleba} - \text{Área non-aedificandi}$$

Equação 3

Os fatores indicados como possíveis influenciadores da variação do indicador “*LOTES*” foram: o **desenho urbano** e a **declividade média da gleba**.

Para se analisar a influência do desenho urbano, considerou-se a seguinte classificação:

- **desenho urbano EM MALHA:** quando apresentar a totalidade das vias em malha ou possuir terminações em *cul-de-sac* em quantidades pouco representativas (Figura 14);
- **desenho urbano RAMIFICADO:** quando apresentar a totalidade ou grande parte das vias possuindo terminação com *cul-de-sac* e/ou em alça (Figura 15);
- **desenho urbano MISTO:** quando possuir quantidade significativa tanto de vias em malha como com *cul-de-sac*/alça, ou ainda, quando possuir uma avenida para a qual convirja outras ruas do conjunto sem que estas sejam *cul-de-sac*/alça.

Figura 14 - Desenho urbano em malha.

Figura 15 - Desenho urbano ramificado.

Quanto ao comprimento de viário, toma-se por referência o seguinte indicador:

$$Viário = \frac{\text{comprimento de via}}{\text{Área aproveitável da gleba}} \quad \text{Equação 4}$$

A partir do estudo bibliográfico e dos projetos, foram levantados diversos fatores que pudessem influenciar na variação do indicador “*Viário*”. Aqueles que se mostraram de maior relevância, no entanto, foram a forma das quadras e a área média das mesmas. Estes fatores são explicados a seguir.

Em relação à **forma da quadra**, sabe-se da geometria que formatos que levam a um perímetro menor para uma certa área são aqueles circulares.

A fim de comparar a forma das quadras de um conjunto habitacional com o círculo, pode-se relacionar o perímetro de um círculo de mesma área da quadra com o perímetro desta, através do seguinte indicador:

$$compacidade_{quadras} = \frac{2 \times \sqrt{3,14 \times A_{quadras}}}{P_{quadras}} \quad \text{Equação 5}$$

onde:

$A_{quadras}$: área total das quadras (inclusive áreas institucionais e de lazer) do conjunto.

$P_{quadras}$: perímetro total (soma dos perímetros das quadras) que está em contato com as vias internas ao conjunto.

As quadras reais podem ter maiores compacidades geradas, não somente em função da sua proximidade com o formato circular, mas também, em função de uma parte de seu perímetro não demandar viário. Por exemplo, a parte de uma quadra encostada na divisa de uma gleba, ou parte de uma quadra habitacional diretamente associada a uma quadra de lazer, pode não demandar uma via perimetral, reduzindo a relação de vias por m² aproveitável da gleba. A Figura 16 e a Figura 17 ilustram o raciocínio associado à existência menor ou maior de vias. No conjunto A (Figura 16), por exemplo, as quadras estão com boa parte de seu perímetro limítrofe à gleba, o que

contribui com o aproveitamento das vias externas para dar acesso às áreas habitacionais do conjunto em questão, diminuindo a necessidade de vias internas. Além disso, o seu desenho urbano favorece unir várias áreas (habitacionais, de lazer e institucional) em uma única quadra, diminuindo a necessidade de se ter vias em boa parte de seus perímetros. Já no conjunto B (Figura 17), o desenho urbano implicou na necessidade de se ter vias contornando toda a área das quadras. Assim, no conjunto A, têm-se apenas 320 metros de vias internas, enquanto, no conjunto B, têm-se 1350 metros de vias para a mesma área da gleba.

Figura 16 - Conjunto A

Figura 17 - Conjunto B

Em relação à questão do **tamanho das quadras**, como regra geométrica, para um mesmo formato, quanto maior a área menor o perímetro por unidade de área. No Conjunto Habitacional A (Figura 16), ao se unirem as áreas habitacionais, de lazer e institucional, obteve-se uma área média de quadra bem maior do que no Conjunto Habitacional B (Figura 17), resultando em uma grande variação do indicador “*Viário*”.

Para a análise deste fator, pode-se considerar a área média das quadras ($A_{\text{média-quadras}}$) (incluindo áreas institucionais e de lazer).

Quanto à largura das vias, trabalha-se com o seguinte indicador:

$$\text{Largura vias} = \text{Largura média ponderada do leito carroçável} + 2 \times \text{largura média ponderada de calçada}$$

Equação 6

Neste caso, o raciocínio desenvolvido se baseia no balizamento das expectativas quanto a largura esperada para o conjunto habitacional que está sendo analisado.

4.2.1. Resultados obtidos para área de lote

A partir do arquivo técnico da CDHU foi possível obter uma amostra bem variada em termos de tamanho da gleba, declividade, desenho urbano, tipologias habitacionais, intervenientes (incidência de olhos d’água, córregos, vegetação natural significativa, diferentes situações de entorno etc). A Tabela 7 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos, os valores obtidos para o indicador “*LOTES*” e suas respectivas faixas de variação.

No Gráfico 1, mostra-se a relação entre os resultados obtidos com a multiplicação da mediana encontrada para o indicador “*LOTES*” pela “*Área aprov gleba*” e as áreas de lotes apresentadas nos memoriais de projeto dos conjuntos que compuseram a mostra do estudo. A relação, explicitada nesse gráfico, indica que a mediana supracitada é uma boa referência para a estimativa da área de lotes quando se conhece a área aproveitável da gleba.

Tabela 7 – Tipo de desenho urbano, declividade da gleba, área de lotes, área aproveitável da gleba e valores obtidos para o indicador “*LOTES*”.

<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Desenho urbano</i>	<i>Declividade da gleba (%)</i>	<i>Área de lotes (m2)</i>	<i>Área aprov gleba (m2)</i>	<i>LOTES (m²/m²)</i>	<i>Min (m²/m²)</i>	<i>Med (m²/m²)</i>	<i>Max (m²/m²)</i>
<i>Alambari A</i>	Malha	14,0	15.024,41	25.614,90	0,59			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	Malha	10,0	18.406,79	37.654,76	0,49			
<i>Alvaro de Carvalho B</i>	Malha	3,0	11.592,37	24.162,97	0,48			
<i>AnhembíE</i>	Malha	4,0	58.020,40	106.851,44	0,54			
<i>Arealva A</i>	Malha	5,0	23.151,47	39.375,17	0,59			
<i>Artur Nogueira</i>	Malha	7,0	59.901,04	108.275,36	0,55			
<i>AvaréE</i>	Misto	3,0	15.506,30	26.819,45	0,58			
<i>Bebedouro F</i>	Malha	6,3	99.023,90	202.618,82	0,49			
<i>Igarata B</i>	Ramificado	25,0	3.395,48	5.655,93	0,60	0,48	0,56	0,62
<i>Iguape A</i>	Malha	0,0	37.587,37	62.501,21	0,60			
<i>Itapira C</i>	Ramificado	24,0	5.963,97	11.789,85	0,51			
<i>Itariri D</i>	Misto	1,0	7.560,52	12.190,60	0,62			
<i>Monte Azul Paulista</i>	Misto	6,0	51.535,39	90.066,49	0,57			
<i>Pompeia B</i>	Ramificado	5,0	9.162,00	14.777,34	0,62			
<i>São M. Paulista "H"</i>	Ramificado		58.105,45	109.434,34	0,53			
<i>Taiuva A</i>	Misto	6,5	24.185,92	45.346,50	0,53			
<i>Tatui C</i>	Misto	7,0	43.873,81	79.304,01	0,55			
<i>Valentim GentileI</i>	Malha	2,5	10.148,76	16.662,26	0,61

Gráfico 1 - Comparação das estimativas usando a mediana do indicador ‘*LOTES*’ e as áreas de lotes obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra

4.2.2. Discussão sobre os resultados obtidos para área de lotes

Considerando os resultados obtidos não se comprovou relação determinante entre os fatores propostos que possivelmente os influenciariam (desenho urbano e declividade da gleba). A aplicação da mediana de toda a amostra, no entanto, mostrou-se bem razoável para as estimativas preliminares.

Deve-se comentar que o indicador aqui proposto para a área de lotes, onde se considerou a área aproveitável da gleba, apresenta-se bem mais coerente do que o uso do índice de aproveitamento máximo da gleba para uso habitacional (65% da gleba bruta¹⁶) que é comumente usado nas fases de pré-viabilidade para a estimativa desta área. Pela amostra desta pesquisa, vê-se que, mesmo descontando as áreas que não poderão ser usadas (áreas non-aedificandi), o valor máximo apresentado para a relação entre área de lotes e área aproveitável foi de 62%; assim, caso se considerasse a relação com a gleba bruta, este valor seria ainda menor, distanciando-se ainda mais dos 65% comumente utilizado.

4.2.3. Resultados obtidos para viário

A partir dos dados presentes nos memoriais dos conjuntos e das plantas cadastrais foi possível realizar o levantamento das áreas e perímetros totais das quadras de cada um dos vinte conjuntos analisados. As quadras em questão não correspondem somente às áreas habitacionais, mas também às áreas de sistemas de lazer e institucionais.

No levantamento do perímetro das quadras, não foi considerado perímetro a parte que pertencia ao limite da gleba, isto é, o perímetro levantado é somente aquele que faz divisa com vias do interior do terreno. Assim, permitiu-se que os resultados refletissem melhor a quantidade de viário.

Já no levantamento das áreas das quadras, houve diversos casos em que duas ou mais quadras estavam unidas entre si ou às áreas de lazer e institucional. Nestes casos, tais quadras foram consideradas como uma única quadra.

¹⁶ Ao se reservar a área mínima para áreas públicas (35% da área da gleba), preconizada pela legislação (vide Capítulo 2), tem-se, no máximo, 65% da gleba para se destinar às áreas habitacionais.

É importante ressaltar ainda que, em alguns casos, haviam áreas isoladas muito pequenas, como canteiros centrais e trechos de quadras pertencentes a outras fases do empreendimento analisado, que não alteravam a demanda por viário, mas distorciam a média de área e o perímetro das quadras. Nesses casos, tais áreas isoladas foram excluídas da análise. Exemplos disso aconteceram nos conjuntos Monte Azul Paulista (quadras A, B e C) e Anhembi E (sistema de lazer 2).

Os resultados para o indicador $Compacidade_{quadras}$ estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8- Compacidade das quadras dos conjuntos habitacionais

<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Área Total</i> <i>(m²)</i>	<i>Perímetro</i> <i>total</i> <i>(m)</i>	<i>Compacidade</i> <i>$_{quadras}$</i> <i>(m/m)</i>	<i>Mín</i>	<i>Med</i>	<i>Máx</i>
<i>Alambari A</i>	18.338,45	1.366,13	0,35			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	26.172,38	1.569,15	0,37			
<i>Anhembi E</i>	75.838,41	4.637,84	0,21			
<i>Arealva A</i>	27.525,93	1.920,20	0,31			
<i>Artur Nogueira</i>	74.542,12	4.738,73	0,20			
<i>Atibaia D</i>	52.234,03	2.548,96	0,32			
<i>Avaré E</i>	20.027,10	968,90	0,52			
<i>Bebedouro F</i>	130.784,26	7.798,25	0,16			
<i>Guararema C</i>	28.308,79	1.732,02	0,34			
<i>Igarata B</i>	5.001,06	194,30	1,29	0,16	0,35	1,29
<i>Iguape A</i>	43.739,12	2.297,99	0,32			
<i>Itapira C</i>	10.182,43	318,85	1,12			
<i>Itariri D</i>	11.095,80	271,62	1,17			
<i>Magda A</i>	23.416,30	1.433,24	0,38			
<i>Monte Azul Paulista</i>	58.308,07	3.513,94	0,24			
<i>Pompeia B</i>	10.838,64	635,30	0,58			
<i>Taiuva A</i>	31.721,38	1.787,55	0,35			
<i>Tatui C</i>	84.077,27	2.759,93	0,37			
<i>Valentim Gentil EI</i>	18.770,74	949,78	0,51			

Os valores do indicador $A_{média-quadras}$ para os conjuntos habitacionais da amostra estão na Tabela 9.

Na Tabela 10, apresenta-se a base de dados considerada na análise do indicador proposto para o comprimento do viário. A partir da análise desses dados, utilizando software de estatística para regressão com múltiplos fatores, geraram-se os coeficientes da Tabela 11.

Tabela 9 - Área média das quadras ($A_{\text{média-quadras}}$)

Conjunto Habitacional	$A_{\text{média-quadras}}$ (m^2)	Mínimo (m^2)	Mediana (m^2)	Máxima (m^2)
<i>Alambari A</i>	2.619,78			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	3.271,55			
<i>Anhembi E</i>	5.055,89			
<i>Arealva A</i>	2.117,38			
<i>Artur Nogueira</i>	5.324,44			
<i>Atibaia D</i>	5.803,78			
<i>Avaré E</i>	5.006,78			
<i>Bebedouro F</i>	3.736,69			
<i>Guararema C</i>	9.436,26			
<i>Igarata B</i>	5.001,06	2.117,38	4.485,24	10.182,40
<i>Iguape A</i>	4.373,91			
<i>Itapira C</i>	10.182,43			
<i>Itariri D</i>	3.993,20			
<i>Magda A</i>	4.683,26			
<i>Monte Azul Paulista</i>	4.485,24			
<i>Pompeia B</i>	3.612,88			
<i>Taiuva A</i>	3.965,17			
<i>Tatui C</i>	8.407,73			
<i>Valentim Gentil E</i>	3.754,15			

Tabela 10 – Base de dados para análise do indicador proposto para o comprimento do viário

Conjunto Habitacional	Viário ($m/100m^2$)	Compacidade_{quadras} (m/m)	A_{quadras} ($10000m^2$)
<i>Alambari A</i>	3,2	0,35	0,26
<i>Alfredo Marcondes C</i>	2,7	0,37	0,33
<i>Anhembi E</i>	2,6	0,21	0,51
<i>Arealva A</i>	2,9	0,31	0,21
<i>Artur Nogueira</i>	2,5	0,20	0,53
<i>Atibaia D</i>	2,4	0,32	0,58
<i>Avaré E</i>	2,3	0,52	0,50
<i>Bebedouro F</i>	2,8	0,16	0,37
<i>Guararema C</i>	2,3	0,34	0,94
<i>Igarata B</i>	1,4	1,29	0,50
<i>Iguape A</i>	2,2	0,32	0,44
<i>Itapira C</i>	1,3	1,12	1,02
<i>Itariri D</i>	1,3	1,12	0,55
<i>Magda A</i>	2,8	0,38	0,47
<i>Monte Azul Paulista</i>	2,5	0,24	0,45
<i>Pompeia B</i>	2,4	0,58	0,36
<i>Taiuva A</i>	2,7	0,35	0,40
<i>Tatui C</i>	2,2	0,37	0,84
<i>Valentim Gentil E</i>	2,5	0,51	0,38

Tabela 11 – Resultados da regressão (tendo-se o “VIÁRIO” como variável dependente) com os múltiplos fatores: $Compacidade_{quadra}$ (X1) e $A_{média-quadras}$ (X2)

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,95
R-Quadrado	0,89
Interseção	3,383149
Variável X 1	-1,1028
Variável X 2	-0,90808

Usando-se os resultados explicitados na Tabela 11, propõe-se a Equação 7 para a estimativa do indicador “Viário” (comprimento de viário em função da área aproveitável da gleba):

$$Viario = 3,3831 - 1,1028 \times compacidade_{quadra} - 0,9081 \times A_{média-quadras}$$

Equação 7

Comparando-se as quantidades estimadas com o uso deste indicador e as quantidades obtidas dos memoriais de urbanismo dos conjuntos analisados, tem-se a relação ilustrada no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparação das estimativas usando o indicador 'Viario' com as quantidades obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra

A largura do **leito carroçável** é determinada, principalmente, pela legislação local e pela densidade habitacional. No entanto, para fins de referência, considerando um levantamento realizado de uma amostra de 20 conjuntos habitacionais, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados obtidos para a largura média ponderada do leito carroçável

Conjunto Habitacional	Largura carroçável (m)	Minimo (m)	Mediana (m)	Maximo (m)
<i>Alambari A</i>	7,4			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	8,0			
<i>AnhembiE</i>	7,4			
<i>Arealva A</i>	7,0			
<i>Artur Nogueira</i>	9,2			
<i>Atibaia D</i>	8,9			
<i>AvaréE</i>	8,0			
<i>Bebedouro F</i>	8,3			
<i>Guararema C</i>	8,8			
<i>Igarata B</i>	6,0	6,0	8,0	9,4
<i>Iguape A</i>	8,0			
<i>Itapira C</i>	7,0			
<i>Itariri D</i>	8,2			
<i>Magda A</i>	9,4			
<i>Monte Azul Paulista</i>	9,1			
<i>Pompeia B</i>	6,8			
<i>Taiuva A</i>	7,9			
<i>Tatui C</i>	8,3			
<i>Valentim GentileE1</i>	8,0			

A escolha entre os valores mínimo, mediano e máximo dependerá das expectativas quanto a largura carroçável esperada para o conjunto habitacional que será analisado. Nos casos em que não se tem nenhuma expectativa, sugere-se que se adote o valor mediano da Tabela 12. Para se ter o valor da largura total da via basta somar a largura esperada para as calçadas à largura carroçável adotada. Caso seja necessário, indica-se o valor de 1,5m para a estimativa da largura da calçada.

4.2.4. Discussão sobre os resultados obtidos para viário

A equação “ $Viario = 3,3831 - 1,1028 \times compacidade_{quadra} - 0,9081 \times A_{média-quadras}$ ” confirma as hipóteses preliminares desta pesquisa: quanto maior a compacidade e a área média das quadras do conjunto, menor será a demanda por viário no empreendimento, haja vista os coeficientes negativos para tais variáveis.

O Gráfico 2 explicita que as quantidades estimadas para o comprimento de viário através dos indicadores elaborados se mostraram bem coerentes com as quantidades obtidas através dos projetos executivos dos empreendimentos analisados.

Quanto aos resultados obtidos para a compacidade das quadras, constata-se que houve uma tendência ao valor mediano para o indicador *compacidade_{quadra}* naqueles conjuntos habitacionais cujos desenhos urbanos eram mistos (algumas vias do conjunto formando malha e outras em cul-de-sac ou em laço) com aproveitamento insignificante das vias externas frente ao tamanho da gleba (pois, quanto maior a área da gleba, a influência do aproveitamento das vias situadas em suas divisas para dar acesso aos lotes do conjunto habitacional diminui).

4.3. INDICADORES PARA CORTE E ATERRO

Quanto aos volumes de corte e aterro, adotou-se, inicialmente, para a análise um indicador que considera a soma desses dois volumes pela área total da gleba.

$$TRP / A_{gleba} = \frac{\text{Volume de aterro} + \text{Volume de corte}}{\text{Area gleba}} \quad \text{Equação 8}$$

Conforme Gasparini; Gimenez Filho (1994) e Pisani (2003), a declividade da gleba é determinante quanto ao movimento de terra necessário para a implantação de um conjunto habitacional. O fator que pode expressar essa questão é a declividade média ponderada, determinada com base na prévia divisão da área total da gleba em sub-áreas de declividade semelhantes como sendo:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{Equação 9}$$

onde:

D = declividade média ponderada da gleba

D_i = declividade da sub-área *i*;

A_i = valor da sub-área i ;

n = quantidade de sub-áreas.

Para a análise preliminar desse fator, foram usados dados de 53 conjuntos habitacionais horizontais da CDHU. Os volumes de corte e aterro e a declividade da gleba foram obtidos de planilhas de quantitativos do serviço de terraplenagem, elaboradas por profissionais da referida empresa. No Gráfico 3, reúnem-se os valores das declividades dos conjuntos analisados e dos respectivos valores obtidos para o indicador “ TRP/A_{gleba} ”, contemplando este como variável dependente e a declividade como variável independente.

Pelos resultados apresentados no Gráfico 3, percebem-se variações na demanda por terraplenagem mesmo nos casos em que as declividades da gleba são semelhantes. Constata-se, também, que, apesar de a declividade ter grande influência, a consideração apenas deste fator, como corriqueiramente ocorre, implica em disparidades entre os custos pré-estimados e os orçados, principalmente nos casos de glebas íngremes ($D > 15\%$) e nos de baixa declividade ($< 2,5\%$).

Gráfico 3 - Correlação entre metros cúbicos de corte e aterro por área da gleba e declividade ponderada da gleba

Diante da constatação resultante da primeira análise dos indicadores, da revisão bibliográfica e, principalmente, da observação de padrões urbanísticos comumente adotados nos conjuntos habitacionais, entendeu-se que outros fatores deveriam ser considerados juntamente com a declividade, quais sejam: posição predominante das vias (**perpendiculares, paralelas ou oblíquas**) em relação às curvas de nível e, no caso em que se tem terraplenagem nos lotes, a **dimensão da testada** e da **profundidade do lote**¹⁷.

Para se chegar à proposição de indicadores organizados em um método consistente, várias proposições preliminares foram desenvolvidas, onde se buscou organizar os fatores supracitados e investigar como e com que intensidade cada um deles influencia o volume de terraplenagem. Em todas as versões que antecederam a que está apresentada na Tabela 13, obtinham-se resultados bastante discrepantes entre os valores definidos pelos indicadores propostos e aqueles apresentados nos memoriais dos conjuntos estudados (em alguns casos a diferença superava 300%), principalmente nos casos de conjuntos habitacionais implantados nas áreas de baixa e nas de alta declividade. Desse modo, com o aprofundamento do estudo da bibliografia e de cada conjunto habitacional da amostra, optou-se por elaborar-se modelos teóricos (APÊNDICE C) e por analisar a terraplenagem nos lotes e nas vias separadamente através dos seguintes indicadores:

$$TRP_{lotes} / A_{lotes} = \frac{\text{Volume de aterro nas quadras} + \text{Volume de corte nas quadras}}{\text{Area de lotes}} \quad \text{Equação 10}$$

$$TRP_{vias} / A_{vias} = \frac{\text{Volume de aterro no viário} + \text{Volume de corte no viário}}{\text{Area de viário}} \quad \text{Equação 11}$$

Para cada modelo teórico (APÊNDICE C), calcularam-se os valores para os indicadores TRP_{lotes}/A_{lotes} e TRP_{vias}/A_{vias} que seriam gerados, criando-se a matriz para os lotes ilustrada na Tabela 70 e a matriz para as vias ilustrada na Tabela 71 do referido APÊNDICE C. Os valores obtidos para os indicadores $POND_{lotes}$ e $POND_{vias}$

¹⁷ Considera-se profundidade do lote a sua dimensão na direção perpendicular à via de acesso ao mesmo.

referem-se à ponderação entre o volume para o modelo em questão e o menor volume obtido (no caso das quadras, aquele do modelo de referência para o seguimento de declividade $2,5\% \leq D \leq 7\%$ e testado do lote $\leq 8\text{m}$; e, no caso das vias, aquele para o seguimento de declividade $D < 2,5\%$).

Apesar de se encontrar na bibliografia (CDHU, 1998) a afirmação de que em áreas com declividades menores que 5% não se tem terraplenagem nas quadras, houveram vários conjuntos habitacionais que apresentaram, dentro de sua gleba, declividades variando entre 2,5 e 7%, o que acabava gerando movimentações de terra, mesmo quando a declividade média era menor, ou igual, a 5%. Para estes casos, definiu-se um segmento distinto ($2,5\% \leq D \leq 7\%$);

Apesar de Gasparini; Gimenez Filho (1994) afirmarem que, até declividades de 10%, as dimensões do lote exercem pouca influência sobre a demanda por terraplenagem, definiram-se modelos para cada um dos seguimentos supracitados, diferenciando-se a testada ($\leq 8\text{m}$ e $> 8\text{m}$), a profundidade ($\leq 20\text{m}$ e $> 20\text{m}$) e a área ($\leq 160\text{m}^2$ e $> 160\text{m}^2$), percebendo-se que, quando os lotes são posicionados perpendiculares às curvas de nível (ilustração “a”-Figura 18), a profundidade do lote exerce maior influência sobre a demanda por terraplenagem. Já nos casos em que os lotes são posicionados paralelos às curvas, as testadas dos lotes apresentam maior indução sobre a terraplenagem (ilustração “b”-Figura 18). Os parâmetros de 8 metros para a testada e de 20 metros para a profundidade dos lotes foram adotados considerando os padrões comumente seguidos nos empreendimentos da CDHU, onde as tipologias isoladas, geralmente, apresentam testadas em torno de 10 metros e profundidades de 20 metros; e as tipologias alternativas, como, por exemplo, as renqueadas (que eliminam os recuos de ambos os lados), costumam apresentar testadas menores que 8 metros e profundidades maiores que 20 metros.

Para a classificação dos lotes e das vias em perpendiculares, paralelos e oblíquos às curvas de nível, foi definido que: ângulo entre o eixo longitudinal do lote, ou via, até 20° em relação às linhas das curvas de nível indica lotes, ou vias, paralelos; ângulo maior que 20° e até 65° indica oblíquos; e ângulo maior que 65° indica perpendiculares.

Figura 18 – Exemplo de implantação dos lotes perpendiculares e vias paralelas às curvas de nível (ilustração a) e de implantação dos lotes paralelos e vias perpendiculares (ilustração b) (figura adaptada de Mascaró, 1991)

Na Tabela 13 estão organizados os resultados para os lotes das ponderações em função dos fatores: posição dos lotes em relação às curvas de nível (paralela, perpendicular e oblíqua); testada do lote (para o caso de lotes paralelos); profundidade do lote (para o caso de lotes perpendiculares); área do lote (para o caso de lotes oblíquos); e faixa de declividade da gleba.

Tabela 13 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para os lotes ($POND_{lotes}$)

Declividade média da gleba	Posição dos lotes em relação às curvas de nível					
	Perpendicular		Paralela		Oblíqua	
	Profundidade do lote		Testada do lote		Área do lote	
	$\leq 20m$	$> 20m$	$\leq 8m$	$> 8m$	$\leq 160m^2$	$> 160m^2$
$\leq 2,5\%$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$2,5\% < i \leq 7\%$	5,2	5,6	1	1,5	4,3	4,4
$7\% < i \leq 10\%$	6,3	6,9	2,6	3,7	7,4	7,5
$10\% < i \leq 15\%$	9,5	10,2	5,8	8,6	11	11,4
$> 15\%$	18,7	21	28	33	19,8	22,4
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Perpendicular </div> <div style="text-align: center;"> Paralelo </div> <div style="text-align: center;"> Oblíquo </div> </div>						

Na Tabela 14, estão organizados os resultados, para as vias, das ponderações em função dos fatores: posição das vias em relação às curvas de nível (paralela, perpendicular e oblíqua); largura da via (para o caso de vias paralelas); e faixa de declividade da gleba.

Tabela 14 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para as vias ($POND_{vias}$)

Declividade média da gleba	Posição das vias em relação às curvas de nível							
	Perpendicular	Paralela						Obliqua
		Largura da via (caixa da rua+calçada)						
		9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	
≤ 2,5%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2,5% < i ≤ 7%	2,8	2,3	2,5	2,5	2,9	3,0	3,1	2,8
7% < i ≤ 10%	7,0	4,2	4,6	4,9	5,4	5,8	6,0	4,2
10% < i ≤ 15%	15,4	5,5	6,0	6,4	7,1	7,6	8,0	7,0
> 15%	38,3	8,0	8,9	9,5	10,5	11,3	12,0	16,9

	Perpendicular	Paralela						Obliqua

Para a etapa de análise dos indicadores propostos, como já comentado, obtiveram-se as plantas, as planilhas de quantidades e memoriais descritivos do projeto de terraplenagem de 45 conjuntos habitacionais. Dentre esses 45 conjuntos levantados, 8 apresentaram áreas brejosas e ocorrência de solos moles, os quais foram selecionados para estudo específico, já que a movimentação de terra, nestes casos, indica grandes peculiaridades. Os dados coletados de outros 12 conjuntos foram descartados por apresentarem incoerências nas planilhas de quantidades de corte e aterro e o volume total indicado em seus memoriais descritivos, bem como incongruências nas áreas indicadas para as habitações ou para o viário nos memoriais e plantas. Houve, ainda, casos que foram descartados por apresentarem concepção de projeto para os lotes que não consideraram as normas recomendadas (por exemplo, altura dos taludes de frente dos lotes extrapolando as dimensões máximas recomendadas), implicando em casos muito específicos. Há alguns conjuntos que não indicaram o volume de terraplenagem nas vias, mas apenas o nas quadras, bem como outros indicaram apenas a terraplenagem nas vias; assim, a amostra final para as vias será de 24 conjuntos habitacionais, enquanto que, para as quadras, será de 25.

4.3.1. Resultados obtidos para corte e aterro nos lotes

Na Tabela 15 são apresentados os resultados obtidos a partir daqueles conjuntos habitacionais que foram considerados adequados para a análise da terraplenagem nas quadras. Em tal tabela estão discriminados: os valores mínimos, medianos e

máximos do indicador TRP_{lotes}/A_{lotes} (para cada faixa de declividade), bem como o valor do TRP_{lotes}/A_{lotes} e do $POND_{lotes_equivalente}$ de cada conjunto, tendo-se como referência a Tabela 13 para os seus cálculos. Sendo que:

$$POND_{lotes_equivalente} = \left(\frac{\% \text{ área de Lotes Paralelos} \times POND_{lotes \text{ para lote paralelo}} \times \% \text{ área de Lotes Perpendiculares} \times POND_{lotes \text{ para lote perpendicular}} \times \% \text{ área de Lotes oblíquos} \times POND_{lotes \text{ para lote oblíquos}}}{100} \right) \quad \text{Equação 12}$$

Tabela 15 – Levantamento dos indicadores TRP_{lotes}/A_{lotes} e $POND_{lotes_equivalente}$

Faixa Declividade da gleba	Conjunto Habitacional	Testada do lote (m)	Profundidade do lote (m)	Área do lote (m ²)	Declividade da gleba (%)	% área de lotes paralelos	POND para lote paralelo	% área de lotes perpendiculares	POND para lote perpendicular	% área de lotes oblíquos	POND para lote oblíquo	POND equivalente	TRP_lotes/A_lotes (m ³ /m ²)	Min (m ³ /m ²)	Med (m ³ /m ²)	Max (m ³ /m ²)
< 2,5%	IguapeA	10	21	210	0,0	92,4	2,5	3,2	2,5	4,4	2,5	2,5	0,3	0,3	0,3	0,4
	ItaririD	9	19	180	1,0	7,5	2,5	44,8	2,5	47,7	2,5	2,5	0,4			
2,5% ≤ i ≤ 7%	TaiuvaA	10	19	184	6,5	65,1	1,5	13,2	5,2	21,7	4,4	2,6	0,3			
	PompéiaB	7	20	148	5,0	59,7	1,0	0,0	5,2	40,3	4,3	2,3	0,4			
	Arthur N.B	10	20	200	7,0	15,0	1,5	29,6	5,2	55,4	4,4	4,2	0,6			
	BebedouroF	10	20	200	6,3	28,8	1,5	0,8	5,2	70,4	4,4	3,6	0,4			
	VotuporangaI	10	20	204	3,2	37,1	1,5	10,9	5,2	52,0	4,4	3,4	0,4	0,3	0,4	0,6
	AvaréE	10	20	207	3,0	0,0	1,5	12,9	5,2	87,1	4,4	4,5	0,5			
	Alvaro Carvalho B	10	18	180	3,0	0,0	1,5	13,9	5,2	86,1	4,4	4,5	0,4			
	Monte Azul Paulista	10	20	194	6,0	26,5	1,5	22,6	5,2	50,9	4,4	3,8	0,5			
	ArealvaA	10	19	194	5,5	23,3	1,5	34,5	5,2	42,2	4,4	4,0	0,5			
7% < i ≤ 10%	Monte AltoAI	11	29	310	8,0	18,7	3,7	48,2	6,9	33,1	7,5	6,5	0,9			
	SaudeA	6	20	110	8,0	58,5	2,6	20,1	6,3	21,4	7,4	4,4	0,6			
	PardinhoA	10	20	196	9,5	23,0	3,7	1,4	6,3	75,6	7,5	6,6	0,7			
	AdamantinaJ	10	20	194	10,0	28,4	3,7	12,2	6,3	59,3	7,5	6,3	0,7	0,6	0,8	1,0
	Araçoiaba da SerraC	10	19	176	7,5	0,0	3,7	0,0	6,3	100,0	7,5	7,5	0,8			
	Alfredo M. C	10	20	205	10,0	22,2	3,7	34,7	6,3	43,2	7,5	6,2	1,0			
	MagdaA	10	21	203	7,5	8,9	3,7	8,4	6,9	82,8	7,5	7,1	0,9			
10% < i ≤ 15%	São J. B. VistaE	10	20	192	15,0	43,3	8,6	15,6	9,5	41,1	11,4	9,9	1,2			
	AlambariA	10	19	191	14,0	29,8	8,6	25,0	9,5	45,2	11,4	10,1	1,1	1,1	1,2	1,3
	GuaraçatãC	9	22	201	10,5	45,5	8,6	7,5	10,2	47,0	11,4	10,0	1,2			
	S. M. ArcanjoA	9	18	171	13,0	2,0	8,6	47,9	9,5	50,1	11,4	10,4	1,3			
> 15%	ItapiraC	10	23	239	24,0	0,0	33,0	56,3	21,0	43,7	22,4	21,6	2,8			
	GuararemaC	12	20	235	16,0	1,8	33,0	29,4	18,7	68,9	22,4	21,5	2,6	2,4	2,6	2,8
	Brasilândia	6	20	124,8	25,0	0,0	28,0	33,4	18,7	66,6	19,8	19,4	2,4			

No Gráfico 4 é apresentada a dispersão dos resultados para os lotes, tendo-se o TRP_{lotes}/A_{lotes} como variável dependente e o $POND_{lotes_equivalente}$ como a variável independente.

Gráfico 4 - Correlação entre o indicador do volume de terraplenagem na área de lotes (TRP_{lotes}/A_{lotes}) e a ponderação dos fatores que o influenciam ($POND_{lotes_equivalente}$)

Assim, a estimativa do TRP_{lotes} pode ser obtida por:

$$TRP_{lotes} = 0,1307 \times POND_{lotes_equivalente} + 0,0102$$

Equação 13

4.3.2. Resultados obtidos para corte e aterro no sistema viário

Na Tabela 16, são apresentados os resultados obtidos para TRP_{vias}/A_{vias} , discriminando-se seus valores mínimos, medianos e máximos, e para $POND_{vias_equivalente}$, considerando os indicadores apresentados na Tabela 14, onde:

$$POND_{vias_equivalente} = (\% \text{ área de vias paralelas} \times POND_{vias} \text{ para via paralela} \times \% \text{ área de vias perpendiculares} \times POND_{vias} \text{ para via perpendicular} \times \% \text{ área de vias oblíquas} \times POND_{vias} \text{ para vias oblíquas})/100$$

Equação 14

Tabela 16 – Levantamento dos indicadores TRP_{vias}/A_{vias} e $POND_{vias_equivalente}$

Faixa Declividade da gleba	Conjunto Habitacional	Largura média da via (m)	Declividade da gleba (%)	% área de vias oblíquas	POND para vias oblíquas	% área de vias perpendiculares	POND para vias perpendiculares	% área de vias paralelas	POND para vias paralelas	POND_vias_equivalente	TRP_vias/A_vias (m3/m2)			
												max	med	min
< 2,5%	IguapeA	12	0,0	18,8	1,00	74,0	1,0	7,2	1,0	1,0	0,2			
	GuairaD	11	0,6	41,7	1,00	37,8	1,0	20,6	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,2
	Itariri D	11	1,0	21,4	1,00	7,31	1,0	71,33	1,0	1,0	0,3			
2,5% ≤ i ≤ 7%	Valentim GentilE1	14	2,5	43,9	2,84	28,2	2,8	27,9	3,1	2,9	0,4			
	MirassolândiaC	12	3,0	66,8	2,84	33,2	2,8	0,0	2,9	2,8	0,3			
	Americo B.B	14	3,0	52,5	2,84	18,9	2,8	28,6	3,1	2,9	0,5			
	Avaré E	12	3,0	62,6	2,84	37,4	2,8	0,0	2,9	2,8	0,4			
	Alvaro C. B	12	3,0	76,4	2,84	5,6	2,8	17,9	2,9	2,8	0,4			
	Votuporanga I	12	3,2	53,0	2,84	32,8	2,8	14,2	2,9	2,8	0,4	0,5	0,4	0,3
	PompéiaB	10	5,0	36,7	2,84	63,3	2,8	0,0	2,5	2,8	0,4			
	ArealvaA	10	5,5	83,5	2,84	15,9	2,8	0,6	2,5	2,8	0,5			
	Arthur N. B	13	7,0	59,1	2,84	17,7	2,8	23,2	3,0	2,9	0,5			
	TaiuvaA	12	7,5	29,3	2,84	54,8	2,8	15,8	2,9	2,8	0,3			
	Magda A	13	7,5	49,7	2,84	38,6	2,8	11,8	3,0	2,8	0,4			
	Saúde A	9	8,1	55,6	4,18	38,9	7,0	5,5	4,2	5,3	0,6			
7% < i ≤ 10%	Adamantina J	11	10,0	55,0	4,18	31,4	7,0	13,6	4,9	5,1	0,6	0,7	0,6	0,6
	Alfredo M.C	12	10,0	55,2	4,2	30,3	7,0	14,5	5,4	5,2	0,7			
	Alvares MachadoA	10	14,0	44,9	7,00	55,1	15,4	0,0	6,0	11,6	1,9			
10% < i ≤ 15%	AlambariA	11	14,0	35,0	7,00	49,7	15,4	15,3	6,4	11,1	1,6	1,9	1,6	1,4
	S. João B. VistaE	13	15,0	47,2	7,00	35,5	15,4	17,3	7,6	10,1	1,4			
	Guararema C	12	16,0	36,2	16,87	9,7	38,3	54,1	10,5	15,5	1,8			
> 15%	ItapiraC	11	24,0	37,8	16,87	10,4	38,3	51,8	9,5	15,3	2,0	2,0	2,0	1,8
	Igarata B	9	25,0	100,0	16,87	0,0	38,3	0,0	8,0	16,9	2,0			

No Gráfico 5 é apresentada a dispersão dos resultados para as vias. A variável dependente expressa os resultados do TRP_{vias}/A_{vias} e a variável independente expressa o $POND_{vias_equivalente}$.

Gráfico 5 - Correlação entre o indicador do volume de terraplenagem na área das vias (TRP_{vias}/A_{vias}) e a ponderação dos fatores que o influenciam ($POND_{vias_equivalente}$)

Assim, a estimativa do TRP_{vias} pode ser obtida por:

$$TRP_{vias} = 0,1212 \times POND_{vias_equivalente} + 0,0889$$

Equação 15

Para a estimativa do volume de corte separadamente em relação ao volume de aterro, tanto para a terraplenagem nos lotes quanto nas vias, como referência, sugerem-se os resultados expostos na Tabela 17.

Tabela 17 – Levantamento das porcentagens de corte e aterro

<i>Declividade da gleba</i>	<i>Conjuntos Habitacionais</i>	<i>% corte</i>	<i>% aterro</i>	<i>Aterro Min (%)</i>	<i>Aterro Mediana (%)</i>	<i>Aterro Max (%)</i>
<i>i < 2,5%</i>	<i>Iguape A</i>	14,0	86,0			
	<i>Guaira D</i>	41,4	58,6	58,6	84,8	97,8
	<i>Guaraçai C</i>	16,4	83,6			
	<i>Mongaguá C</i>	2,2	97,8			
<i>2,5% < i ≤ 15%</i>	<i>Alvaro C. B</i>	53,1	46,9			
	<i>Avaré E</i>	54,0	46,0			
	<i>Votuporanga I</i>	50,9	49,1			
	<i>Anhembi E</i>	54,1	45,9			
	<i>Arealva A</i>	54,4	45,6			
	<i>Bebedouro F</i>	58,0	42,0			
	<i>Araçoiaba da S.C</i>	57,1	42,9			
	<i>Magda A</i>	54,4	45,6			
	<i>Monte Alto A1</i>	53,5	46,5	41,5	45,8	51,6
	<i>Saúde A</i>	53,8	46,2			
	<i>Pardinho A</i>	55,2	44,8			
	<i>Adamantina J</i>	54,2	45,8			
	<i>Alfredo M.C</i>	52,2	47,8			
	<i>Sete Barras A</i>	48,5	51,5			
	<i>S. Miguel Arc.A</i>	48,4	51,6			
	<i>Alambari A</i>	54,7	45,3			
	<i>Alvares Machado A</i>	58,5	41,5			
	<i>S. João B. Vista E</i>	57,0	43,0			
<i>i > 15%</i>	<i>Louveira B</i>	64,0	36,0			
	<i>Itapira C</i>	84,3	15,7	12,5	15,7	36,0
	<i>Brasilândia ab</i>	87,5	12,5			

Deste modo, o volume de corte e o volume de aterro poderão ser estimados por:

$$\text{Aterro} = \% \text{ aterro} \times \text{TRP}$$

Equação 16

$$\text{Corte} = \% \text{ corte} \times \text{TRP}$$

Equação 17

Onde “% aterro” é o valor a ser adotado da Tabela 17 e “% corte” é o valor complementar para se chegar a 100%.

Quanto ao volume de bota-fora, ou de empréstimo, basta calcular a diferença entre os valores estimados para “Aterro” e “Corte” e aplicar, sobre esta diferença, o fator de empolamento, para bota-fora, ou o índice de compactação, para empréstimo.

4.4. INDICADOR PARA QUANTIDADE DE GRAMA

A quantidade de grama necessária à contenção de taludes gerados pela terraplenagem pode ser analisado em função da sua relação com a área terraplenada:

$$Grama_{TRP} = \frac{\text{Área de grama na terraplenagem}}{\text{Área terraplenada}} \quad \text{Equação 18}$$

onde,

Área de grama na terraplenagem = quantidade de grama necessária para contenção de taludes (não engloba, portanto, a grama para o paisagismo do conjunto habitacional);

Área terraplenada = área de viário + área de lotes (a serem terraplenadas¹⁸) (Eventualmente, acrescenta-se a esta soma a área institucional).

De acordo com o método usado pela CDHU para estimativa do plantio de grama (discutido no item 14.2.4) e da análise dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, o fator determinante sobre a variação da quantidade de grama é a **declividade da gleba**.

¹⁸ Em vários casos há terraplenagem nas vias que circundam o conjunto habitacional, tendo-se, assim, a necessidade de contenção dos taludes gerados. Como nos projetos de terraplenagem não foi discriminada a quantidade de grama por via, considerou-se a quantidade total necessária para a execução do empreendimento.

4.4.1. Resultados obtidos para a quantidade de grama da terraplenagem

A Tabela 18 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos e os valores obtidos para o indicador $GRAMA_{TRP}$. Em seguida, no Gráfico 6, tem-se a correlação entre este indicador e a Declividade média da gleba.

Tabela 18- Área de grama para contenção de taludes, área a ser terraplenada, declividade média da gleba e valor do indicador $GRAMA_{TRP}$.

<i>Conjuntos Habitacionais</i>	<i>Grama (m²)</i>	<i>Área Terraplenada (m²)</i>	<i>Declividade da gleba (%)</i>	<i>Gr_{TRP}</i>
<i>Iguape A</i>	-	55.990,80	0,0	-
<i>Guaira D</i>	-	97.900,00	0,6	-
<i>Avaré E</i>	400,00	23.366,36	3,0	0,02
<i>Anhembi E1</i>	872,00	49.798,68	4,0	0,02
<i>Arealva</i>	1.100,00	34.629,90	5,0	0,03
<i>Tatuí C</i>	5.650,00	72.186,79	7,0	0,08
<i>Araçoiaba da Serra C</i>	2.911,00	64.653,73	7,5	0,05
<i>Atibaia D</i>	4.500,00	72.811,39	7,5	0,06
<i>Magda A</i>	5.213,00	36.952,137	8,0	0,14
<i>Monte alto A1</i>	18.000,00	130.133,02	8,0	0,14
<i>Adamantina J2</i>	1.501,97	11.327,25	10,0	0,13
<i>Alfredo Marcondes C</i>	3.818,85	31.067,62	10,0	0,12
<i>Guaracai C</i>	2.500,00	20.350,00	10,5	0,12
<i>Sete Barras A</i>	4.100,00	28.463,54	12,0	0,14
<i>Louveira</i>	4.900,00	26.920,00	13,6	0,18
<i>S. Miguel Arcanjo A</i>	6.863,00	39.543,80	13,0	0,17
<i>S. J. Boa Vista E2</i>	29.950,00	139.996,43	15,0	0,21
<i>Guararema C</i>	5.750,85	25.985,05	16,0	0,22
<i>Itapira C</i>	2.600,00	7.571,39	24,0	0,34
<i>Igarata</i>	1.863,31	4.388,88	25,0	0,42

Gráfico 6 - Correlação entre $GRAMA_{TRP}$ e a Declividade da gleba

Pelo resultado exposto, pode-se afirmar que a declividade do terreno foi suficiente para explicar a variação do $GRAMA_{TRP}$. Deste modo, a estimativa deste indicador será expressa por:

$$Grama_{TRP} = 0,0143 \times Declividade da gleba$$

Equação 19

Comparando-se as quantidades estimadas com o uso da Equação 19 e as quantidades obtidas dos memoriais de terraplenagem dos conjuntos analisados, tem-se a relação ilustrada no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Comparação das estimativas usando o indicador ' $Grama_{TRP}$ ' e as quantidades obtidas dos projetos de terraplenagem dos conjuntos habitacionais da amostra

5. REDE PÚBLICA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A rede de drenagem é um item de grande importância, não só quanto aos custos de urbanização dos conjuntos habitacionais, como também quanto ao aspecto de segurança e saúde pública, pois, segundo o IBGE (2004), a rede de drenagem previne inundações e alagamentos em áreas mais baixas e tem por objetivo o escoamento rápido das águas por ocasião das chuvas, visando à segurança e, principalmente, à saúde da população.

Conforme Fendrich (1997), a erosão cria não somente transtornos de ordem técnica, como também afeta consideravelmente as comunidades, ocasionando sérias dificuldades econômicas e sociais. Segundo esse autor, na zona urbana, greides de ruas podem, em alguns casos excepcionais, chegar a abaixar quase 1 metro em consequência de uma única chuva intensa, causando danos a imóveis e a obras de infra-estrutura existentes.

Nessa linha, a CETESB (1986) cita que a elaboração de um bom plano de drenagem é um assunto complexo; assim, quando do projeto de novos loteamentos residenciais, antes mesmo da locação das quadras e das ruas, o sistema de drenagem deve ser estudado e adotados alguns critérios básicos de planejamento, para o sistema de drenagem inicial, para o sistema de macro-drenagem e para o programa de desenvolvimento das obras. Nesta etapa de estudo são tomadas decisões que influirão bastante no custo do sistema de drenagem. Desse modo, quanto mais cedo as questões da drenagem forem examinadas, melhores resultados poderão ser obtidos do plano urbanístico.

Nesse sentido, a pesquisa surge com o objetivo de auxiliar, tanto o projetista quanto o planejador, nesta etapa de estudo, com indicadores físicos, bem como com seus valores mínimos, máximos e medianos.

A terminologia, as definições e os aspectos relevantes sobre esta rede encontram-se reunidos no APÊNDICE D.

Em termos de delimitação do escopo que se irá abordar neste capítulo, ressalta-se que serão analisados apenas os elementos da **rede pública** de drenagem pluvial, não sendo estudada, assim, a coleta condominial de águas pluviais.

5.1. CUSTOS DA REDE DE DRENAGEM

Quanto aos itens considerados nos custos da rede de drenagem, conforme estudo de memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, citam-se: valas (que inclui escavação mecânica, reaterro compactado e remoção do material excedente); escoramento de valas, berço para tubos, fornecimento e assentamento de tubos; poços de visita; bocas de lobo; guias e sarjetas; sarjetões; caixas pluviais; canaletas; enrocamentos¹⁹, bocas, gárgula, ralo, concreto, fôrmas, aço.

A partir de planilhas de custos da rede de drenagem de 15 empreendimentos habitacionais horizontais, elaboradas pela CDHU, levantou-se a incidência de cada um desses elementos no custo total do referido sistema (Tabela 19).

Tal levantamento permitiu constatar que, de modo geral, os elementos que mais incidem sobre os custos das redes de drenagem são as guias e sarjetas (29,1%) e os sarjetões (27,7%). Tais elementos compõem a rede de drenagem superficial. Em seguida, o elemento mais significativo é a tubulação (17,1%), que faz parte da drenagem subterrânea e está intimamente relacionado com os custos do próximo item de maior impacto: as valas (9,3%); já que este item depende do diâmetro, do comprimento e do material da tubulação a ser aterrada. Os custos dos poços-de-visita (PVs) e das bocas-de-lobo (BLs), somados, correspondem a valor bem próximo das valas (8,7%). Nota-se também, nesse levantamento, que materiais como concreto, aço e fôrma, apesar de em alguns casos terem alta incidência sobre o custo total da rede de drenagem (por exemplo, 14,3%, 15,3% e 6,9%, respectivamente para o concreto, aço e fôrma do “Guaianazes C1”), raramente foram necessários à drenagem dos conjuntos habitacionais. Tais materiais são usados para a construção de elementos especiais de drenagem, tais como descidas d’água, canais pluviais etc., e, por isso, dependem de fatores bastante específicos para cada caso. Outros elementos, como as canaletas, as bocas e os enrocamentos, além de não serem freqüentemente necessários, têm pouca influência sobre o custo total. Assim, esses materiais não serão abordados na pesquisa, já que se busca um modelo mais generalizável.

¹⁹ Enrocamento é um maciço de pedras destinado a proteger aterros ou estruturas do efeito da erosão (DNIT, 2003).

Tabela 19 – Incidência de cada elemento da rede de drenagem sobre seu custo total

<i>Conjunto habitacional</i>	<i>% Custos</i>														
	<i>Valas</i>	<i>Escoramento</i>	<i>Berço</i>	<i>Tubo</i>	<i>PVs</i>	<i>BLs</i>	<i>Guias e sarjetas</i>	<i>Sarjetões</i>	<i>CP²⁰</i>	<i>Canaleta</i>	<i>Enrocamentos</i>	<i>Boca</i>	<i>Concreto</i>	<i>Forma</i>	<i>Aço</i>
<i>Taiuva A</i>	11,8	5,9	4,6	44,3	5,5	3,7	16,2	5,8	0,6	0,0	0,2	0,9	0,5	0,0	0,0
<i>Saude A</i>	10,4	5,3	0,9	11,7	7,2	8,8	34,9	20,0	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0
<i>Monte Aprazível B</i>	15,0	1,4	2,8	29,8	6,8	5,6	21,3	16,2	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Monte Alto A</i>	12,2	6,1	2,6	25,6	7,1	5,7	28,4	11,5	0,0	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0
<i>Marechal Tito</i>	18,7	4,2	1,5	22,1	6,7	5,1	33,5	7,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
<i>Monte Azul Paulista C</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,9	57,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Bebedouro F</i>	4,4	2,8	1,6	17,6	2,8	2,2	29,8	38,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
<i>Americo de Campos B</i>	4,1	0,9	0,4	4,7	1,0	2,1	32,7	54,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Arealva A</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,9	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Buri C</i>	12,5	5,5	2,8	26,5	5,1	5,9	18,8	22,3	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0
<i>Guaianazes C1</i>	18,1	5,7	2,6	16,2	11,5	9,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	14,3	15,3	6,9
<i>Olimpia D</i>	11,3	7,0	4,1	44,2	9,9	2,3	12,7	5,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,4	0,5
<i>Nhandeara B</i>	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,4	45,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nhandeara C</i>	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Magda A</i>	5,8	5,8	1,1	14,1	11,8	4,7	0,0	56,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0
<i>Mínimo</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
<i>Média</i>	<i>9,3</i>	<i>3,4</i>	<i>1,7</i>	<i>17,1</i>	<i>5,0</i>	<i>3,7</i>	<i>29,1</i>	<i>27,7</i>	<i>0,1</i>	<i>0,0</i>	<i>0,1</i>	<i>0,3</i>	<i>1,0</i>	<i>1,1</i>	<i>0,5</i>
<i>Mediana</i>	<i>9,9</i>	<i>3,8</i>	<i>1,6</i>	<i>16,7</i>	<i>5,3</i>	<i>3,7</i>	<i>29,4</i>	<i>24,2</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,3</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
<i>Máximo</i>	<i>18,7</i>	<i>7,0</i>	<i>4,6</i>	<i>44,3</i>	<i>11,8</i>	<i>9,1</i>	<i>73,9</i>	<i>57,1</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>0,9</i>	<i>14,3</i>	<i>15,3</i>	<i>6,9</i>

²⁰ CPs: caixas pluviais, ou caixas de ligação

5.2. INDICADORES PARA ELEMENTOS DA DRENAGEM SUPERFICIAL

5.2.1. Indicadores para avaliação da demanda por guias e sarjetas

O traçado da rede de drenagem, de acordo com alguns autores (Moretti, 1993; Zmitrowicz; Neto, 1997; Mascaró, 1991; Suen, 2005), é função do sistema viário da área a ser drenada. Assim, o **comprimento das ruas** e o seu **desenho urbano** são fatores determinantes sobre a quantidade dos elementos que compõem a rede de drenagem.

O fator comprimento das ruas pode ser considerado na própria elaboração do indicador, expressando, assim, uma demanda unitária das guias e sarjetas e facilitando o processo de entendimento desta demanda. O indicador proposto é apresentado a seguir :

$$DRE_{guias\&sarjetas} = \frac{\text{comprimento de guias e sarjetas}}{\text{comprimento total de ruas}} \quad \text{Equação 20}$$

Para a classificação do desenho urbano em malha, misto e ramificado, pressupõe-se que:

- a) de modo geral a tendência para a proporção existente entre a quantidade de guias e sarjetas e o comprimento da via é de 2 para 1. Ou seja: $DRE_{guias\&sarjetas} \cong 2,0$;
- b) nos conjuntos em malha, a tendência do indicador é de ser menor do que 2,0, ou seja: $DRE_{guias\&sarjetas} \leq 2,0$, pois nas interseções viárias não há a presença de guias e sarjetas;
- c) há um acréscimo de guias e sarjetas que contornam os retornos do fim da rua em desenhos urbanos ramificados. Além disso, conforme Salingeros (1998), as conexões das vias e, portanto, o efeito de sua largura é minimizado com o desenho de *cul-de-sacs* e de ruas em forma de laço. Desta forma, o indicador tende a ser igual ou maior do que 2,0, ou seja: $DRE_{guias\&sarjetas} \geq 2,0$.

5.2.1.1. Resultados obtidos para guias e sarjetas

A partir do arquivo técnico da CDHU, obtiveram-se amostras dos conjuntos habitacionais.

A princípio, para a análise dos conjuntos, buscou-se utilizar os dados diretamente dos memoriais. Entretanto, em alguns conjuntos, pôde-se notar que os dados coletados inicialmente não eram compatíveis com a planta do projeto. Por isso, foi necessário rever o estaqueamento das vias. Vale ressaltar também que, para o cálculo do indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$, foram consideradas apenas as vias internas ao conjunto, ou seja, as vias e

estradas municipais que são lindeiras ao conjunto não foram consideradas, bem como, as suas guias e sarjetas, visto que, nestes casos, muitas vezes, as guias e sarjetas já existem.

Ao se analisarem os conjuntos que apresentavam, inicialmente, valores bastante discrepantes para o indicador, foi possível identificar particularidades como: vielas de acesso aos lotes que não possuíam guias e sarjetas, que diminuía o valor do indicador; áreas de estacionamento condominial, que elevavam o valor do indicador; dentre outras particularidades que foram descontadas, a fim de se obterem dados mais consistentes para o cálculo dos indicadores.

A Tabela 20 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos, os valores obtidos para o indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$ e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 20- Comprimento de guias e sarjeta, comprimento de ruas e valor do indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$

<i>Desenho urbano</i>	<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Guias e sarjetas (m)</i>	<i>Viário (m)</i>	<i>$DRE_{guias\&sarjetas}$ (m/m)</i>	<i>Min (m/m)</i>	<i>Med (m/m)</i>	<i>Max (m/m)</i>
Em Malha	Alfredo Marcondes "C"	1.762,00	1.014,27	1,74	1,5	1,7	1,8
	Anhembi "E1"	4.802,00	2.800,07	1,71			
	Arealva "A"	2.124,00	1.172,77	1,81			
	Araçoiaba da Serra "C"	3.350,00	2.031,82	1,65			
	Atibaia "D"	3.467,50	1.982,19	1,75			
	Bebedouro "F"	8.360,00	5.017,55	1,67			
	Mirassolândia C1/C2	1.198,50	713,72	1,68			
	Monte Alto "A"	5.575,00	3212,88	1,74			
	Pardinho B	2.627,00	1.508,56	1,74			
	Valentim Gentil E1	978	643,29	1,52			
Misto	Avaré E	1.006,00	531,83	1,89	1,7	1,9	2,0
	Tatuí "C"	3.409,00	1760,24	1,94			
	Guararema C	2.010,00	1023,1	1,96			
	Monte Azul Paulista "C"	3.640,00	1909,3	1,91			
	Saúde A	1.388,00	753,29	1,84			
	Sete Barras C	2.439,70	1.377,43	1,77			
	Taiuva "A"	1.875,00	1.010,46	1,86			
	Itariri "D"	1.039,00	547,6	1,9			
	Taquarivaí A1 e A2	962,15	511,22	1,88			
	Votuporanga "I"	5.999,00	3.523,53	1,7			
Ramificado	Hortolândia - A1	20.976,00	9.701,70	2,16	2,0	2,2	2,6
	Igarata B	238,28	92,61	2,57			
	Pompéia B	825	403,44	2,04			
	São Miguel Paulista "H"	6.080,00	2.667,50	2,28			

De acordo com os resultados fornecidos pela Tabela 20, nota-se que os pressupostos de pesquisa apresentados anteriormente foram confirmados em todos os conjuntos.

Entretanto, deve-se ressaltar o comportamento do indicador proposto em alguns casos:

- Valentim Gentil “E1” apresentou um valor bem menor que a mediana de seu segmento (em malha). Um fato que explica tal resultado é que este conjunto é construído em duas fases, sendo que a segunda fase diz respeito a habitações multi-familiares e, portanto, não foi abordado no escopo desta pesquisa. Assim, a parcela das guias e sarjetas pertencentes ao limite entre a primeira e segunda fase não foi computada, contribuindo, assim, para a baixa relação entre guias&sarjetas e o viário;
- Votuporanga I apresentou $DRE_{guias\&sarjetas}=1,70$, valor bem abaixo da mediana para o segmento misto. Este resultado pode ser consequência da existência de um grande número de cruzamentos no conjunto, devido à adoção de várias quadras pequenas, o que faz diminuir a quantidade de guias e sarjetas. Além disso, a proporção do comprimento das vias em *cul-de-sac* em relação ao comprimento das vias em malha é baixa, fazendo com que o resultado do indicador fique próximo à média para desenho urbano em malha.
- o Igaratá B apresentou valor para o indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$ bem maior que os outros conjuntos com desenho urbano ramificado. O fato de esse conjunto possuir uma pequena extensão de via (92,61m) faz com que a porção de guias e sarjetas necessária para se contornar o retorno do fim da rua seja bastante significativo.

No Gráfico 8, mostra-se a relação entre os resultados obtidos com a aplicação das medianas encontradas para o $DRE_{guias\&sarjetas}$, para os casos de desenhos urbanos em malha, ramificado e misto, e a quantidade de guias e sarjetas apresentada nos memoriais de projeto dos conjuntos que compuseram a amostra do estudo.

Gráfico 8- Comparação das estimativas usando o indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$ (para os casos de desenho urbano em malha, ramificado e misto) com as quantidades de guias e sarjetas obtidas dos projetos dos conjuntos habitacionais da amostra

Verifica-se, pela correlação resultante da aplicação dos valores medianos de cada classe, que os indicadores sugeridos mostram-se bastante coerentes para o tipo de empreendimento aqui analisado (habitacional horizontal de padrão popular).

5.2.1.2. Discussão sobre os resultados obtidos para guias e sarjetas

No Capítulo 2, item 2.9.2, Southworth; Ben-Joseph (2004) afirmam que desenhos urbanos com *cul-de-sacs* são favoráveis à diminuição dos custos de implantação das vias, pois requerem menores larguras para as ruas, calçadas e sarjetas. Pelos resultados apresentados nesta etapa da pesquisa, no entanto, percebe-se a tendência de se ter mais metros de guias e sarjetas por metro de viário para este caso. Tal constatação reforça a relevância do uso de uma rede de indicadores que auxilie na avaliação do impacto que cada alternativa de projeto tem sobre cada elemento da urbanização, a fim de se ter um balanço do impacto geral sobre o custo final da urbanização de glebas para a implantação de conjuntos habitacionais.

5.2.2. Indicadores para avaliação da demanda por sarjetões

Durante o estudo da drenagem superficial, levantaram-se alguns fatores que indicavam certa influência sobre a variação da quantidade de sarjetões, quais sejam: quantidade de saídas para ruas paralelas à divisa do conjunto habitacional, declividade, desenho urbano etc. Mas nenhuma das formas de analisar o indicador foi suficiente para explicar a sua variação. No entanto, apresentam-se, na Tabela 21, em ordem crescente, os resultados do levantamento feito a partir da amostra de conjuntos habitacionais para o seguinte indicador:

$$DRE_{sarjetões} = \frac{\text{comprimento de sarjetões}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

Equação 21

Tabela 21 – Resultados preliminares obtidos para sarjetões

<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Viário (m)</i>	<i>Sarjetões (m)</i>	<i>DRE_{sarjetões} (m/m)</i>	<i>Mínimo (m/m)</i>	<i>Mediana (m/m)</i>	<i>Máximo (m/m)</i>
<i>Arealva</i>	1.172,77	50,0	0,04			
<i>Votuporanga</i>	3.523,53	155,0	0,04			
<i>Taiuva</i>	1.010,46	45,0	0,04			
<i>Monte Alto</i>	3.212,88	150,0	0,05			
<i>São Miguel Paulista</i>	2.667,50	142,0	0,05			
<i>Atibaia</i>	1.982,19	116,1	0,06			
<i>Hortolândia</i>	9.701,70	662,0	0,07			
<i>Saúde</i>	753,29	53,0	0,07			
<i>Itariri</i>	547,60	46,0	0,08			
<i>Araçoiaba da Serra</i>	2.031,82	225,0	0,11			
<i>Anhembi</i>	2.800,07	349,0	0,12	0,04	0,13	0,39
<i>Bebedouro</i>	5.655,36	720,0	0,13			
<i>Sete Barras</i>	1.377,43	184,0	0,13			
<i>Guararema</i>	1.023,10	146,0	0,14			
<i>Monte Azul Paulista</i>	2.286,30	350,0	0,15			
<i>Alfredo Marcondes</i>	1.014,27	167,0	0,16			
<i>Pardinho</i>	1.508,56	260,0	0,17			
<i>Valentim Gentil</i>	643,29	121,0	0,19			
<i>Tatuí</i>	1.760,24	430,0	0,24			
<i>Taquarivaí</i>	511,22	132,5	0,26			
<i>Mirassolândia</i>	713,72	280,0	0,39			

5.3. INDICADORES PARA ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA

Considerando o estudo dos aspectos relevantes desta rede (APÊNDICE D), os fatores potencialmente influenciadores da variação da demanda pela rede de drenagem subterrânea são: características da gleba (tamanho, relevo), ocupação da área (densidade habitacional, desenho urbano), tipo de concepção da rede (leque, malha ou misto).

Como o escopo desta pesquisa se associa a conjuntos habitacionais **horizontais populares**, entende-se que a influência da densidade habitacional não é um fator que deva ser alvo de investigação no prosseguimento deste estudo, visto que tal fator não variará significativamente na amostra.

Para se analisar a influência do relevo sobre os indicadores a serem propostos, considerou-se uma classificação, apresentada em Mascaró (2003), em função da configuração das curvas de nível (Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24).

Figura 19 - Curvas de nível típicas de terrenos planos.

Figura 20 - Curvas de nível típicas de terrenos acidentados.

Figura 21 - Curvas de nível típicas de uma depressão sem saída.

Figura 22 - Curvas de nível típicas de um promontório.

Figura 23 - Curvas de nível típicas de área de fundo de vale.

Figura 24 - Curvas de nível típicas de áreas com coxilhas.

Ao utilizar tais definições para a classificação dos projetos do arquivo técnico da CDHU, foi possível notar a presença dos seguintes tipos de terreno: planos, acidentados, áreas de fundo de vale e áreas com coxilhas. Entretanto, devido ao número de projetos disponíveis para este estudo, optou-se por agrupar os conjuntos que apresentavam terrenos acidentados e com coxilhas em um grupo denominado “Ondulado”, já que se acredita que a influência destes tipos de relevo sobre a demanda por elementos de rede de drenagem seja semelhante. Desta forma, os conjuntos estudados serão classificados nos seguintes tipos de relevo: **plano, área de fundo de vale e ondulado.**

5.3.1. Indicador para galeria de águas pluviais

Como no caso das guias e sarjetas, conforme justificado no item 5.2, as tubulações das galerias podem ser analisadas em função da sua proporção com a rede viária. Assim, propõe-se o seguinte indicador para a avaliação da sua demanda:

$$DRE_{galeria} = \frac{\text{comprimento de tubos para galeria}}{\text{comprimento total de ruas}} \quad \text{Equação 22}$$

5.3.1.1. Resultados obtidos para galeria de águas pluviais

Para a análise do $DRE_{galeria}$, tomou-se o cuidado de se descontarem os tubos referentes às ligações das bocas-de-lobo, já que estas ligações dependem mais da quantidade de bocas-de-lobo do que do comprimento da galeria.

Vale ressaltar também que o indicador analisado se refere à galeria interna ao conjunto habitacional, ou seja, foram descontados os trechos de sua ligação com a rede urbana existente ou trecho até um deságüe fora da área considerada para o conjunto.

A Tabela 22 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU e os valores para o indicador $DRE_{galeria}$ e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 22 - Comprimento de galeria de águas pluviais, comprimento de ruas e resultados do indicador $DRE_{galeria}$ agrupados por relevo e faixa de declividade

	Conjunto Habitacional	Relevo	Declividade da gleba	Tipo do parcelamento do solo	Viário (m)	Galeria (m)	$DRE_{galeria}$	Min (m/m)	Med (m/m)	Max (m/m)
Relevo plano ou vale declividade $\leq 5\%$	Arealva A	Plano	5	Malha	1.172,77	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mirassolândia	Plano	3	Malha	713,72	0	0,00			
	Taquarivaí	Plano	4	Misto	511,22	0	0,00			
	Avaré E	Plano	3	Misto	531,83	0	0,00			
	Cerqueira Cesar D	Plano	4	Malha	2.972,00	0	0,00			
	Valentim Gentil E	Plano	3	Malha	643,29	0	0,00			
Relevo plano/vale declividade $\geq 15\%$	Guararema C	Plano	20	Misto	1.023,10	91,00	0,09	0,09	0,09	0,09
	Pardinho B	Vale	15	Misto	1.346,59	124,00	0,09			
Relevo ondulado declividade $< 15\%$	Votuporanga I	Ondulado	3	Misto	3.523,53	886,00	0,25	0,18	0,24	0,26
	Anhembi E1	Ondulado	4	Malha	2.800,07	512,18	0,18			
	São Miguel Paulista H	Ondulado	10	Ramificado	2.667,50	694,00	0,26			
	Tatuí C	Ondulado	7	Malha	1.760,24	384,91	0,22			
Relevo plano declividade $< 15\%$	Alfredo Marcondes C	Plano	11	Malha	1.014,27	412,50	0,41	0,41	0,42	0,45
	Araçoiaba da Serra C	Plano	8	Malha	2.031,82	852,41	0,42			
	Taiuva A	Plano	8	Misto	1.010,46	455,00	0,45			

No Gráfico 9, apresenta-se um comparativo entre a quantidade obtida a partir do projeto (variável independente) e a obtida através da aplicação dos valores medianos para cada segmento da Tabela 22 (variável dependente).

Gráfico 9 – Comparativo do comprimento de galeria real com o comprimento estimado usando o indicador proposto

5.3.2. Indicadores para bocas-de-lobo e poços de visita

As bocas-de-lobo (BLs) e os poços de visita (PVs) podem ser analisados em função da sua proporção com o comprimento das galerias. Assim, propõe-se o seguinte indicador para a avaliação de suas demandas:

$$DRE_{BL} = \frac{\text{quantidade de bocas-de-lobo}}{\text{comprimento total de galeria}}$$

Equação 23

$$DRE_{PV} = \frac{\text{quantidade de PV}}{\text{comprimento total de galeria}}$$

Equação 24

5.3.2.1. Resultados obtidos para bocas de lobo

A Tabela 23 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU e os valores para o indicador DRE_{BL} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 23 - Comprimento de galeria de águas pluviais, quantidade de bocas-de-lobo e resultados do indicador DRE_{BL} agrupados por relevo e faixa de declividade

	Conjunto Habitacional	Relevo	Tipo do parcelamento ou do solo	Declividade da gleba	BL (un)	Galeria (50m)	DRE_{BL} (unid/50m)	Min (unid/50m)	Med (unid/50m)	Max (unid/50m)
Relevo plano declividade $\leq 5\%$	Arealva A	Plano	Malha	5	0	0,0	0,0			
	Mirassolândia	Plano	Malha	3	0	0,0	0,0			
	Taquarivaí	Plano	Misto	4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Avaré E	Plano	Misto	3	0	0,0	0,0			
	Valentim Gentil E	Plano	Malha	3	0	0,0	0,0			
Relevo plano declividade $< 15\%$	Alfredo Marcondes C	Plano	Malha	11	21	8,3	2,5			
	Araçoiaba da Serra C	Plano	Malha	8	33	17,0	1,9	1,9	2,4	2,5
	Taiuva A	Plano	Misto	8	15	6,4	2,4			
Relevo ondulado declividade $< 15\%$	Votuporanga I	Ondulado	Misto	3	36	17,7	2,0			
	Anhembi E1	Ondulado	Malha	4	23	10,2	2,2	2,0	2,3	2,5
	São Miguel Paulista H	Ondulado	Ramificado	10	32	13,9	2,3			
	Tatuí C	Ondulado	Malha	7	19	7,7	2,5			
Relevo plano / vale declividade $\geq 15\%$	Guararema C	Plano	Misto	20	5	1,7	3,0	3,0	3,7	4,4
	Pardinho B	Vale	Misto	15	11	2,5	4,4			

No Gráfico 10, apresenta-se um comparativo entre a quantidade obtida a partir do projeto (variável independente) e a obtida através da aplicação do valor mediano de cada segmento observado na Tabela 23.

Gráfico 10 – Comparativo da quantidade de bocas-de-lobo real com a quantidade estimada usando o indicador proposto

5.3.2.2. Resultados obtidos para poços de visita

A Tabela 24 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU e os valores para o indicador DRE_{PV} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 24 - Comprimento de galeria de águas pluviais, quantidade de poços-de-visita e resultados do indicador DRE_{PV} agrupados por relevo e faixa de declividade

		Relevo	Declividade da gleba	Galeria (50m)	PV (un)	DRE_{PV}	Min (unid/50m)	Med (unid/50m)	Max (unid/50m)
Relevo plano ou vale declividade $\leq 5\%$	Arealva	Plano	5	0,0	0	0,0			
	Mirassolândia	Plano	3	0,0	0	0,0			
	Taquarivaí	Plano	4	0,0	0	0,0			
	Avaré E	Plano	3	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cerqueira D	Plano	4	0,0	0	0,0			
	Valentim Gentil E	Plano	3	0,0	0	0,0			
Relevo plano e vale declividade $> 5\%$	Alfredo Marcondes C	Plano	11	8,3	14	1,7			
	Araçoiaba da Serra C	Plano	8	17,0	27	1,6			
	Taiuva A	Plano	8	6,4	11	1,7			
	Guararema C	Plano	20	1,7	4	2,4			
	Pardinho B	Vale	15	2,5	4	1,6			
Relevo ondulado e declividade $< 15\%$	Votuporanga I	Ondulado	3	17,7	23	1,3	1,3	1,7	2,4
	Anhembi E1	Ondulado	4	10,2	17	1,7			
	São Miguel Paulista H	Ondulado	10	13,9	24	1,7			
	Tatuí C	Ondulado	7	7,7	12	1,6			

No Gráfico 11, apresenta-se um comparativo entre a quantidade obtida a partir do projeto (variável independente) e a obtida através da aplicação do valor mediano do seguimento.

Gráfico 11 – Comparativo da quantidade de poços-de-visita real com a quantidade estimada usando o indicador proposto

6. REDE PÚBLICA DE COLETA DE ESGOTO

A inexistência de rede geral de coleta de esgoto, sob um ponto de vista mais abrangente, compromete o meio ambiente e, conseqüentemente, a saúde da população que utiliza rios, lagos, lagoas e solos contaminados por esgoto lançado *in natura* (IBGE, 2004).

No âmbito internacional, conforme Relatório do Desenvolvimento Humano 2006 do PNUD, há 2,6 bilhões de pessoas sem acesso a saneamento adequado.

No âmbito nacional, conforme IBGE (2004), apenas 33,5% dos domicílios são atendidos por rede geral de esgoto, sendo que, em certas regiões do país, tal situação é ainda mais caótica. Na região Norte, por exemplo, que possui o nível mais baixo de atendimento, o índice cai para 2,4%; mas, mesmo quando se analisa a região que apresenta o maior índice, região Sudeste, o atendimento cobre somente 53,0% dos domicílios.

Nota-se, portanto, a relevância de trabalhos relacionados à produção das redes de coleta de esgoto.

Em termos de delimitação do escopo que se irá abordar neste capítulo, ressalta-se que serão analisados exclusivamente os elementos da **rede pública** de coleta de esgoto, não sendo estudada, assim, a coleta condominial²¹ nem a individual²². Destaca-se, também, que o estudo se atém apenas à área limitante do conjunto, ou seja, os elementos da rede situados fora dos limites de divisa dos conjuntos habitacionais, tais como o trecho de ligação entre a rede do conjunto habitacional e a rede geral existente, não serão analisados.

A terminologia, as definições e os aspectos relevantes relativos a esta rede são apresentados no APÊNDICE E.

²¹ Compreende a definição das formas pelas quais se dará a solução para o esgotamento sanitário das edificações de um determinado conjunto de habitações que se relacionam condominialmente (CDHU, 1998).

²² Os sistemas individuais, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), são sistemas adotados para atendimento unifamiliar. Consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro, irrigação sub-superficial).

6.1. CUSTOS DA REDE DE COLETA PÚBLICA DE ESGOTO

A partir de 1986, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), com a divulgação da norma NBR 9649, o Brasil passou a ter critérios hidráulicos de dimensionamento de redes coletoras de esgoto, utilizando-se os conceitos de tensão trativa e de velocidade crítica. Também novos órgãos acessórios foram propostos em substituição aos PVs. Com a utilização dessas inovações tecnológicas, e evitando-se a construção de redes profundas para esgotar as soleiras baixas, o custo da rede coletora de esgoto foi reduzido, conforme aqueles autores, em cerca de 40%. Tal informação deverá gerar um cuidado, nesta pesquisa, na análise de eventuais conjuntos habitacionais projetados anteriormente ao período supracitado (1986).

Vale ressaltar também que, nesta etapa da análise dos custos, todos os empreendimentos estudados apresentaram sistema de esgotamento separador absoluto com rede coletora simples.

Quanto aos itens considerados nos custos da rede em questão, conforme estudo de memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, citam-se: escavação, reaterro, remoção e escoramento de valas, lastros, tubos, terminais de limpeza, poços de inspeção, poços de visita, ramais, demolição e recomposição de pavimento, localização e cadastro de rede, estação elevatória, bomba submersível, demolição e recomposição de pavimento e conjunto de fossas sépticas.

A partir do levantamento das planilhas de quantidades de 15 empreendimentos obtidos dos arquivos da CDHU, e fazendo-se uso dos custos unitários usados pela CDHU na data base de fevereiro de 2008, elaborou-se a Tabela 25, onde se explicita a incidência do custo dos elementos supracitados sobre o custo total da rede coletora de esgoto. Considerando o levantamento realizado, identificou-se que os elementos que apresentaram maior influência nos custos dos casos estudados foram, respectivamente: fornecimento e assentamento de tubos (29,3%), ramal de ligação²³ (25,2%), escoramento de valas (20,4%), poços de visita e similares (que perfazem 10,1%) e escavação e reaterro (que, somados, perfazem 7,6%).

Dividindo-se a área habitacional total²⁴ pela área de cada unidade a ser implantada (advinda da tipologia escolhida), obtém-se a quantidade de ramal (já que este item é função direta da

²³ O custo do ramal de ligação inclui escavação e reaterro.

²⁴ Para a estimativa da área habitacional, pode-se usar o indicador proposto no Capítulo 4 - item 4.2.1.

quantidade de unidades habitacionais). Nota-se também, nesse levantamento, que elementos como fossa séptica, apesar de em alguns casos terem alta incidência sobre o custo total da rede coletora de esgoto (por exemplo, 60,2% no caso do Adamantina J1/J2 A), raramente foram necessários à coleta de esgoto dos conjuntos habitacionais. Assim, a demanda por esses itens não será abordada na pesquisa, já que se busca um modelo mais generalizável para a avaliação de custos. Quanto à locação e ao cadastro de rede, vale lembrar que tais elementos são função direta do comprimento da rede; assim, tendo-se indicadores que prognostiquem o comprimento, os custos desses elementos poderão ser calculados facilmente.

Tabela 25 - Incidência de cada elemento da rede coletora de esgoto sobre seu custo total

[illegible]

6.2. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE TUBULAÇÃO DE ESGOTO

Como no caso da rede de drenagem superficial, conforme justificado no item 5.2, o comprimento das tubulações da rede de esgoto pode ser analisado em função da sua relação com o comprimento de ruas. Deste modo, propõe-se o seguinte indicador:

$$ESG_{tubos} = \frac{\text{comprimento total de tubos de esgoto}}{\text{comprimento total de ruas}} \quad \text{Equação 25}$$

De acordo com as referências bibliográficas consultadas (discutidas no APÊNDICE E) e com a análise dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, os fatores que, potencialmente, mostraram maior relevância na variação do indicador ESG_{tubos} foram: o tipo de traçado (perpendicular, leque, misto) e a configuração (simples, dupla) da rede, conforme discutido no APÊNDICE E, como, também, o desenho urbano (malha, ramificado, misto – conforme definições especificadas no capítulo de drenagem no item 5.2.1).

6.2.1. Resultados obtidos para tubulação de esgoto

Assim como na rede de drenagem, foi necessário, além da consulta aos dados disponíveis nos memoriais, verificar o estaqueamento das vias, o traçado da rede de esgoto, a existência de rede condominial e o comprimento da tubulação. Esta verificação indicou situações específicas de certos conjuntos habitacionais que deveriam ser isoladas da rede pública de coleta de esgoto para que se pudesse analisar apenas a tubulação referente ao objeto de estudo, ou seja, trechos de tubulação relativas a essas situações foram descontados. A seguir, citam-se tais situações:

- a presença de rede condominial, que coleta os esgotos dos lotes e os conduzem até a rede pública;
- a existência de trechos da rede de esgoto que conduzem o esgoto do conjunto habitacional até uma rede já existente, fora da área do conjunto habitacional;
- a existência de tubulação de recalque.

Outras situações contribuíram para o entendimento da variação do indicador, tais como:

- o aproveitamento de rede pública de esgoto existente, que se encontra dentro da área do conjunto; e
- a rede coletora de esgoto, geralmente, não passa por todas as vias que circundam áreas de lazer e institucional.

Como todos os conjuntos habitacionais que compuseram a amostra apresentaram rede simples, pressupõe-se que:

- a) a tendência para a relação entre a quantidade de tubulação de esgoto e o comprimento da via é de ser igual ou menor que 1 ($ESG_{tubos} \leq 1,0$), pois, como comentado anteriormente, a rede coletora de esgoto, geralmente, não passa por todas as vias que circundam áreas de lazer e institucional;
- b) nos conjuntos habitacionais com desenho urbano ramificado e tipo de rede perpendicular, há uma tendência de se ter um acréscimo de tubulação que passa em áreas públicas que não fazem parte do sistema viário (vielhas, áreas de lazer etc.), quando se tem os “*cul de sacs*” nos pontos baixos do terreno, ao invés de tê-los nos pontos altos como usualmente acontece, a fim de fechar os anéis do traçado da rede.

A Tabela 26 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU e os valores para o indicador ESG_{tubos} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 26 – Comprimento de rede de esgoto, comprimento de ruas e resultados do indicador ESG_{tubos}

<i>Conjuntos</i>	<i>Desenho Urbano</i>	<i>Tipo de Traçado da rede</i>	<i>Rede de Esgoto (m)</i>	<i>Viário (m)</i>	<i>ESG_{tubos} (m/m)</i>	<i>Mínimo (m/m)</i>	<i>Mediana (m/m)</i>	<i>Máximo (m/m)</i>
<i>Alfredo Marcondes C</i>	Malha	Leque	844,00	1014,27	0,8			
<i>Valentim Gentil E1</i>	Malha	Leque	529,30	643,29	0,8			
<i>Mirassolândia C1/C2</i>	Malha	Leque	734,78	713,72	1,0			
<i>Tatuí C</i>	Malha	Leque	1823,92	1760,24	1,0			
<i>Pardinho B1/B2</i>	Malha	Leque	1282,00	1346,59	1,0			
<i>Sete Barras C1/C2</i>	Misto	Leque	1267,62	1377,43	0,9	0,8	0,9	1,0
<i>Taquarivaí A1/A2</i>	Misto	Leque	445,50	511,22	0,9			
<i>Itariri D</i>	Misto	Leque	378,00	422,46	0,9			
<i>Adamantina J1/J2</i>	Malha	Misto	2772,12	3160,11	0,9			
<i>Votuporanga I</i>	Misto	Misto	3533,78	3523,53	1,0			
<i>Apiáí C1</i>	Ramificado	Misto	603,80	544,5	1,1			
<i>Hortolândia A1</i>	Ramificado	Misto	10334,00	9701,70	1,1	1,1	1,1	1,2
<i>Pompéia B</i>	Ramificado	Leque	477,50	403,45	1,2			

6.2.2. Discussão dos resultados obtidos para tubulação de esgoto

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 26, nota-se que os pressupostos apresentados para o indicador ESG_{tubos} foram confirmados para os conjuntos habitacionais estudados.

6.3. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ABERTURA E REATERRO DE VALAS

O volume de terra movimentado na abertura e reaterro das valas depende, certamente, do comprimento da rede a ser executada; no entanto, para melhorar o processo de prognóstico da demanda por tal movimentação, é importante entender a demanda unitária pelo serviço, isto é, o volume de terra movimentada por unidade de rede executada, como expresso no indicador a seguir:

$$ESG_{vala} = \frac{\text{volume de abertura} + \text{volume de reaterro}}{\text{comprimento total de tubos de esgoto}} \quad \text{Equação 26}$$

6.3.1. Resultados obtidos para abertura e reaterro de valas

A Tabela 27 apresenta dados dos projetos levantados do arquivo técnico da CDHU, referentes à profundidade de assentamento da tubulação, ao volume de movimentação de terra na vala, ao comprimento de tubulação da rede de esgoto e aos valores obtidos para o indicador ESG_{vala} e suas respectivas faixas de variação. Todos os conjuntos habitacionais que compuseram esta amostra apresentaram diâmetro equivalente de 150mm para a tubulação; por isto, este fator não foi destacado na Tabela 27.

Tabela 27 – Profundidade, volume de escavação+reaterro, comprimento de rede e resultados do ESG_{vala} .

Profundidade (m)	Conjuntos	escavação+reaterro (m ³)	Rede (m)	ESG_{vala}	Mín. (m/m)	Med. (m/m)	Máx. (m/m)
1,0 a 1,5	Pardinho B1/B2	1.687,30	1.401,71	1,2	1,1	1,2	1,4
	Alfredo Marcondes C	1.027,37	907,00	1,1			
	Apiaí C1	1.080,98	757,80	1,4			
	Pompéia B	582,00	477,50	1,2			
	Taquarivaí A1/A2	660,79	620,00	1,1			
	Valentim Gentil E1	721,43	529,30	1,4			
1,5 a 3,0	Adamantina J1/J2	7.444,00	2.772,12	2,7	2,3	2,6	2,7
	Itariri D	804,70	343,00	2,3			
	Votuporanga I	8.458,31	3.533,78	2,4			
	Hortolândia A1	28.417,39	10.334,00	2,7			
	Sete Barras C1/C2	5.000,50	1.949,53	2,6			

6.3.2. Discussão dos resultados obtidos para abertura e reaterro de valas

De acordo com os resultados fornecidos pela Tabela 27, pode-se notar que o volume total de movimentação de terra na abertura e reaterro de valas para o assentamento da rede de esgoto apresenta, inicialmente, uma variação bem definida em função da profundidade estimada.

6.4. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA POR ESCORAMENTO DE VALAS

Para o caso da vala, propôs-se o seguinte indicador:

$$ESG_{escoramento} = \frac{\text{área total de escoramento}}{\text{comprimento total de tubos}} \quad \text{Equação 27}$$

Há que se citar que nem toda a extensão das valas precisa ser escorada (é possível o caso de não se demandar escoramento em nenhum trecho da rede e casos de 100% de necessidade). Portanto, será necessário definir uma forma de prognosticar a porcentagem de vala escavada a ser escorada; provavelmente, tal estimativa virá do conhecimento das características do terreno local e da profundidade esperada para a rede. Durante esta pesquisa, no entanto, não se obteve um resultado consistente para este item.

6.5. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA POR POÇOS DE VISITA E SIMILARES

De acordo com as informações apresentadas no APÊNDICE E, os poços de visita (PV) podem ser substituídos, em determinados casos, por terminais de limpeza (TL), caixas de passagem (CP) e poços de inspeção (PI). Desta forma, optou-se por considerar tais acessórios em um só indicador que expresse a soma de suas quantidades.

Na medida em que os PVs e seus similares (TL, CP, PI) estão dispostos ao longo da rede e que existem valores que definem espaçamento máximo dos mesmos, conforme discutido no APÊNDICE E, propõe-se o seguinte indicador, considerando-se o distanciamento de 100 metros:

$$ESG_{PVs\&similares} = \frac{\text{quantidade de poços de visita e similares}}{100 \text{ metros tubos de rede de esgoto}} \quad \text{Equação 28}$$

Espera-se que haja uma maior demanda de PVs, TLs, CPs e PIs nas redes projetadas em terrenos cujo relevo seja ondulado ou em vale do que nas de terrenos predominante planos, visto que nos primeiros casos haverá trechos ao longo da rede com mudanças de declividade. Com relação ao tipo de traçado, comenta-se que redes em leque demandam acessórios no início dos trechos, enquanto que as perpendiculares e as mistas possuem a tendência de apresentar mais encontros entre os trechos, por isso, apenas se destacou este fator na Tabela 28 (que traz o resumo dos resultados).

6.5.1. Resultados obtidos para poços de visita e similares

A Tabela 28 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, os valores resultantes para o indicador $ESG_{PVs\&similares}$ e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 28 – Quantidade de poços de visita e similares, comprimento de rede de esgoto e resultados do indicador $ESG_{PVs\&similares}$

Conjuntos	Relevo	Desenho Urbano	Tipo de Acessórios Traçado	(unid)	Rede de esgoto (m)	$ESG_{PVs\&similares}$ (unid/100m)	Mínimo (unid/100m)	Mediana (unid/100m)	Máximo (unid/100m)
Alfredo Marcondes C	Plano	Malha	Leque	15	844,00	1,8			
Mirassolândia C1/C2	Plano	Malha	Leque	13	734,78	1,8			
Adamantina J1/J2	Plano	Malha	Misto	44	2555,12	1,7			
Tatuí C	Plano	Malha	Leque	28	1823,92	1,5			
Hortolândia A1	Vale	Ramificado	Misto	205	10334,00	2,0			
Apiaí C1	Vale	Ramificado	Misto	13	603,80	2,2	2,0	2,2	2,4
Pardinho B1/B2	Vale	Malha	Leque	29	1282,00	2,3			
Sete Barras C1/C2	Vale	Misto	Leque	31	1267,62	2,4			
Votuporanga I	Ondulado	Misto	Misto	45	3533,78	1,3			
Itariri D	Ondulado	Misto	Leque	6	343,00	1,7			
Taquarivaí A1/A2	Ondulado	Misto	Leque	7	331,50	2,1	1,3	1,9	3,0
Valentim Gentil E1	Ondulado	Malha	Leque	16	529,30	3,0			

6.5.2. Discussão dos resultados obtidos para poços de visita e similares

De acordo com os resultados fornecidos pela Tabela 28, notou-se que para os casos de terrenos planos e vale obteve-se uma tendência bem definida e confirmatória dos pressupostos supracitados. Para o caso de terrenos ondulados, no entanto, observou-se grande dispersão dos

resultados. Acredita-se que um banco maior de informações levará a indicadores mais consistentes. De qualquer forma, para fins de estimativas preliminares o uso da mediana mostrou-se razoável.

7. REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O acesso à água potável e em quantidade adequada é primordial à saúde da população. Diversas doenças têm sua origem na água contaminada e respondem por mais da metade das internações hospitalares na rede pública de saúde, segundo o Programa Mananciais do Instituto Socioambiental – ISA (2007). Athias (2000), IDEC (2000) e Folha de São Paulo (2002) acrescentam que as doenças associadas à água não tratada mataram no Brasil, em 1998, mais do que todos os homicídios daquele ano na região metropolitana de São Paulo, onde se concentra a maioria das mortes violentas do país. Naquele ano, 10.116 pessoas foram assassinadas; as doenças impulsionadas pela diarreia vitimaram 10.844 (aproximadamente, 30 pessoas por dia). Os homicídios foram calculados pela Seade (Fundação Estadual de Análise de Dados); as mortes foram contabilizadas com exclusividade para a Folha de São Paulo pela Funasa (Fundação Nacional de Saúde). Mesmo considerando fontes mais atuais, o panorama mostra-se dramático. Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano 2006 do PNUD, todos os anos, cerca de 1,8 milhões de crianças morrem no mundo como resultado direto da diarreia e de outras doenças provocadas por água não tratada e por más condições de saneamento.

Nota-se, portanto, a relevância de trabalhos relacionados à produção das redes de distribuição de água. Acredita-se que a pesquisa, aqui apresentada, proporcionará discussões relevantes sobre o tema e dará subsídios objetivos e quantificáveis para a avaliação de projetos desta rede para conjuntos habitacionais.

Em termos de delimitação do escopo que se irá abordar neste capítulo, ressalta-se que serão analisados apenas os elementos da **rede pública** de distribuição de água, não sendo estudada, assim, a distribuição de água condominial. Destaca-se, também, que o estudo se atém apenas à área limitante do conjunto, ou seja, os elementos da rede situados fora dos limites de divisa dos conjuntos habitacionais não serão analisados, tais como os trechos de ligação entre a rede do conjunto habitacional e a rede geral existente.

7.1. CUSTOS DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com os estudos dos memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, os itens considerados nos custos da rede de distribuição de água são: escavação, reaterro, remoção, e escoramento de valas, tubos, conexões (adaptadores, CAP, cruzetas, curvas - 11°15', 22°30', 45° e 90°, luva, reduções, conexões em "T"), válvulas, registros, hidrantes, ramais de ligação, demolição e recomposição de pavimento, locação e cadastro de rede.

A partir do levantamento das planilhas de quantidades de 19 empreendimentos obtidos dos arquivos da CDHU, e fazendo-se uso dos custos unitários usados pela CDHU na data base de fevereiro de 2008, elaborou-se a Tabela 29, onde se explicita a incidência do custo dos elementos supracitados sobre o custo total da rede de abastecimento de água.

Considerando o levantamento realizado, identificou-se que os elementos que apresentaram maior influência nos custos dos casos estudados foram, respectivamente: fornecimento e assentamento de tubos (39,4%), ramais de ligação²⁵ (32,5%) e escavação e reaterro de valas (que, somados, perfazem 15%).

Como comentado para a rede de esgoto, dividindo-se a área habitacional total²⁶ pela área de cada unidade a ser implantada (advinda da tipologia escolhida), obtém-se a quantidade de ramal (já que este item é função direta da quantidade de unidades habitacionais).

Nota-se também, nesse levantamento, que o escoramento foi necessário apenas em dois empreendimentos, mas, para estes casos, apresentou alta incidência sobre o custo total da rede de abastecimento de água (da ordem de 25%). Como tal escoramento foi necessário para a construção do trecho de ligação entre a rede do conjunto e a rede existente, e o trabalho aqui desenvolvido se atém à rede interna, conforme supracitado na delimitação do estudo, este item não será analisado.

Quanto à locação e ao cadastro de rede, vale lembrar que tais elementos são função direta do comprimento da rede; assim, tendo-se indicadores que prognostiquem o comprimento, os custos desses elementos poderão ser calculados.

²⁵ O custo do ramal de ligação inclui escavação e reaterro.

²⁶ Para a estimativa da área habitacional, pode-se usar o indicador proposto no Capítulo 4 - item 4.2.1.

Tabela 29 – Incidência de cada elemento da rede de água sobre seu custo total

Material/Serviço		% Custos																		
	Unidade	Adamantina J1/J2	Águas de Sta. Bárbara B1/B2	Alfredo Marcondes C	Álvaro de Carvalho B	Apiaí C1/C2	Araçoiaba da Serra C	Atibaia D	Avaré E	Gararema C	Itariri D	Mirassolândia C1/C2	Pardinho B1/B2	Pompéia B	Sete Barras C1/C2	Taquarivaí A1/A2	Tatuí C	Valentim Gentil E1/E2	Votuporanga I	Média
Escavação	m³	9,5	9,3	6,5	4,4	14,8	5,1	6,4	10,1	8,0	10,1	13,3	9,6	9,2	7,1	6,6	12,2	4,6	4,2	8,4
Reaterro	m³	8,2	8,1	5,7	3,8	7,2	4,4	5,6	8,8	7,1	8,7	7,9	8,3	8,0	6,1	2,0	10,5	4,0	4,2	6,6
Remoção (1 km)	m³	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Escoramento	m²	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
Tubos (inclusive conexões)	m	37,9	34,8	20,2	17,9	44,4	50,2	25,2	42,1	56,2	34,9	31,0	21,5	45,7	34,1	44,3	50,5	33,7	91,6	39,4
Registros	un	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,5	0,2	0,5	0,1	0,1	0,0	0,2
Hidrante	un	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ramais de ligação	un	37,1	43,4	65,5	56,2	12,3	13,3	35,3	34,5	23,8	41,7	43,9	57,9	33,7	19,7	42,8	10,4	12,7	0,0	32,5
Demolição Pavimento	m²	0,5	0,0	0,0	2,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	2,2	6,4	0,0	1,0
Recomposição Pavimento	m²	3,0	0,0	0,0	13,2	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	0,0	12,5	36,0	0,0	5,8
Locação de Rede	m	0,9	0,9	0,5	0,5	0,8	0,6	0,5	1,0	1,1	1,0	0,9	0,6	0,7	0,7	0,9	0,4	0,6	0,0	0,7
Cadastro de Rede	m	2,8	3,0	1,5	1,7	2,7	1,8	1,7	3,3	3,6	3,3	2,9	2,0	2,2	2,4	2,8	1,3	2,0	0,0	2,3

7.2. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE TUBULAÇÃO DE ÁGUA

Como para as outras redes, a demanda de tubulação pode ser analisada em função da sua proporção em relação à rede viária. Assim, propõe-se o seguinte indicador para o comprimento de tubulação para o abastecimento de água (AAG_{tubos}):

$$AAG_{tubos} = \frac{\text{comprimento total de tubos}}{\text{comprimento total de ruas}} \quad \text{Equação 29}$$

A partir do estudo bibliográfico e dos projetos, os seguintes fatores foram selecionados para a análise da variação do indicador AAG_{tubo} : **desenho urbano (em malha, ramificado ou misto), tipo de traçado escolhido para a rede (malha, leque ou misto) e configuração da rede (simples ou dupla**, conforme definições apresentadas no APÊNDICE E).

Como todos os conjuntos apresentam rede de água simples, o fator “configuração da rede” não pôde ser avaliado.

Por serem redes simples, pressupõe-se que os valores obtidos para o indicador AAG_{tubos} sejam: maiores para as redes em malha; menores para as redes em leque e intermediários para as redes mistas.

7.2.1. Resultados obtidos para tubulação de água

Assim como no caso da rede de esgoto, foi necessário verificar o estaqueamento das vias, o traçado da rede, a existência de rede condominial e o comprimento da tubulação. O estudo aprofundado dos projetos permitiu a identificação de situações específicas de certos conjuntos habitacionais que deveriam ser isoladas da rede pública de abastecimento de água para que se pudesse analisar apenas a tubulação referente ao objeto de estudo, ou seja, trechos de tubulação relativos a essas situações fora do escopo do trabalho foram descontados. A seguir, citam-se tais situações:

- a presença de rede condominial;

- a existência de trechos da tubulação que ligam a rede do conjunto habitacional com uma rede já existente, fora da área do conjunto habitacional;

Outras situações detectadas contribuíram para o entendimento da variação do indicador, tais como:

- a existência de trechos da tubulação que atravessam áreas públicas que não são vias (por exemplo, sistemas de lazer, vielas etc);
- o aproveitamento de rede pública existente, que se encontra dentro da área do conjunto; e
- a rede de água não ser encontrada em todas as vias.

A Tabela 30 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, os valores obtidos para o indicador AAG_{tubos} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 30 – Comprimento da rede de água, comprimento da rede viária e valor do indicador AAG_{tubos}

<i>Conjuntos</i>	<i>Tipo de Traçado</i>	<i>Desenho Urbano</i>	<i>Rede de água (m)</i>	<i>Viário (m)</i>	<i>AAG_{tubos} (m/m)</i>	<i>Mín (m/m)</i>	<i>Med (m/m)</i>	<i>Máx (m/m)</i>
<i>Adamantina J1/J2</i>	Malha	Malha	3222,10	3160,11	1,0	1,0	1,1	1,2
<i>Valentim Gentil E1/E2</i>	Malha	Malha	751,20	643,29	1,2			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	Leque	Malha	952,00	1014,27	0,9	0,8	0,9	0,9
<i>Itariri D</i>	Leque	Misto	375,00	422,46	0,9			
<i>Pompéia B</i>	Leque	Ramificado	527,78	562,73	0,9			
<i>Taquarivaí A1</i>	Leque	Misto	413,00	511,22	0,8			
<i>Apiatí C1</i>	Misto	Ramificado	623,00	544,5	1,1	0,8	1,0	1,1
<i>Águas de Sta. Bárbara B1/B2</i>	Misto	Malha	846,00	900	0,9			
<i>Guararema C</i>	Misto	Misto	996,00	1023,14	1,0			
<i>Mirassolândia C1/C2</i>	Misto	Malha	753,83	713,72	1,1			
<i>Sete Barras C1/C2</i>	Misto	Misto	1137,00	1377,43	0,8			
<i>Votuporanga I</i>	Misto	Misto	3368,70	3523,53	1,0			

7.2.2. Discussão dos resultados para tubulação de água

O fator que se mostrou determinante sobre os resultados, como se pode observar pela segmentação ilustrada na Tabela 30, foi o tipo de traçado da rede de distribuição de água.

Nota-se que houve uma tendência bem definida dos resultados para os conjuntos habitacionais com rede de água em leque.

O segmento que apresentou maior dispersão foi o do traçado misto, mas a mediana apresentou-se como esperada (um valor intermediário entre aquele obtido para o tipo de traçado em malha e aquele para rede em leque).

O tipo de rede que apresentou maior demanda de tubulação por metro de viário foi a rede de distribuição de água em malha. Em média, este tipo de traçado requer aproximadamente 24% de tubulação a mais do que aquela demandada pelas redes em leque.

O fator desenho urbano não indicou uma influência relevante sobre os resultados obtidos. No segmento do traçado em leque, por exemplo, têm-se os mesmos valores para o indicador tanto para desenho urbano em malha, misto e ramificado.

7.3. AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ABERTURA E REATERRO DE VALAS

Como para o caso da rede de coleta de esgoto, o volume de terra movimentado na abertura e reaterro das valas depende, certamente, do comprimento da rede a ser executada; no entanto, para melhorar o processo de prognóstico de demanda por tal movimentação, é importante entender a demanda unitária pelo serviço, isto é, a relação entre o volume de terra movimentada por unidade de rede executada, como expresso no indicador a seguir:

$$AAG_{\text{vala}} = \frac{\text{volume de abertura da vala} + \text{volume de reaterro}}{\text{comprimento de tubos para abastecimento de água}} \quad \text{Equação 30}$$

7.3.1. Resultados obtidos para abertura e reaterro de valas

A Tabela 31 apresenta um resumo dos dados dos projetos levantados do arquivo técnico da CDHU, os valores obtidos para o indicador AAG_{vala} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 31 - Volume de abertura de vala, comprimento de rede de água e resultados do indicador AAG_{vala}

<i>Conjuntos</i>	<i>Escavação vala (m³)</i>	<i>Rede de água (m)</i>	<i>AAG_{vala} (m³/m)</i>	<i>Mín (m³/m)</i>	<i>Med (m³/m)</i>	<i>Máx (m³/m)</i>
<i>Taquarivaí A1</i>	411,23	413,00	1,00			
<i>Valentim Gentil E1/E2</i>	1948,21	1956,50	1,00			
<i>Álvaro de Carvalho B</i>	808,16	736,06	1,10			
<i>Sete Barras C1/C2</i>	2263,40	1745,00	1,30			
<i>Itariri D</i>	486,80	375,00	1,30			
<i>Águas de Sta. Bárbara B1/B2</i>	1105,00	846,00	1,31	1,0	1,3	1,8
<i>Apiáí C1</i>	2425,12	1807,00	1,34			
<i>Adamantina J1/J2</i>	4795,00	3316,60	1,45			
<i>Mirassolândia C1/C2</i>	1227,50	753,83	1,63			
<i>Alfredo Marcondes C</i>	1710,50	952,00	1,80			
<i>Pompéia B</i>	952,00	527,78	1,80			

7.3.2. Discussão dos resultados para abertura e reaterro de valas

Diferentemente dos projetos de esgoto, os projetos da rede de abastecimento de água não indicam a profundidade de cada trecho da tubulação, não permitindo, assim, realizar o mesmo tipo de análise feita para a rede de esgoto. Nota-se que, no caso da rede de água, a pressão existente no sistema torna a profundidade da tubulação muito menos dependente da declividade e de outros fatores topográficos da gleba. Deste modo, para fins de estimativas preliminares, sugere-se o uso da mediana obtida neste estudo (Tabela 31).

8. PAISAGISMO

É indiscutível a relevância do projeto de paisagismo, principalmente no que se refere à arborização, nos ambientes urbanizados, haja vista seu impacto psicológico e social sobre os habitantes que dele usufruem e o impacto ambiental positivo que ele apresenta.

Conforme resultados obtidos em uma série de estudos sobre desenvolvimento habitacional urbano, liderados por Kuo e Sullivan, co-diretores do Laboratório de Pesquisa Humano-ambiental da Universidade de Illinois, e citado pelo Environmental News Network (1999), moradores do conjunto habitacional “Robert Taylor Homes” que viviam próximos a áreas verdes arborizadas tinham, significativamente, menos violência em seus lares que pessoas que viviam em lugares sem estas áreas. De 200 habitantes entrevistados, 14% daquelas pessoas que não viviam próximas de áreas verdes, disseram que tinham batido em suas crianças no ano anterior, comparado com somente 3% dos habitantes que viviam em áreas arborizadas. Tais resultados ilustram que, para famílias de baixa renda, áreas livres de lazer com tratamento paisagístico adequado podem ter um grande impacto no desenvolvimento psicológico e de relações sociais e no senso de comunidade.

Além dos impactos supracitados, tais áreas exercem um papel fundamental para a qualidade ambiental. Apresenta-se, no Quadro I, um resumo de algumas funções e implicações de áreas verdes citados no trabalho de Oliveira (1996).

Percebe-se, assim, a relevância do projeto de paisagismo, e em particular o de arborização, não só no desenvolvimento urbano sustentável, como também no adequado desenvolvimento humano.

Em termos de delimitação do escopo abordado neste capítulo, ressalta-se que serão analisados exclusivamente os elementos que compõem a arborização, o gramado e a forração das áreas públicas (viário, lazer e institucional). Não são, portanto, tratados aqui os mobiliários urbanos (telefones, pontos de água e iluminação, bancos, mesas etc.) e os revestimentos das áreas de jogos e passeios, bem como, o paisagismo relativo a áreas condominiais. Destaca-se, também, que o estudo se atém à área limitante do conjunto, ou seja, os elementos implantados, por exemplo, nas calçadas situadas fora dos limites de divisa dos conjuntos habitacionais não serão analisados.

Ressalta-se também que não será avaliada a arborização necessária à recuperação de Áreas de Preservação Permanente degradadas ou perturbadas (para maior compreensão destas áreas, veja-se o APÊNDICE G).

Quadro 1 -Funções das áreas verdes urbanas e suas implicações ecológicas e sociais (Oliveira, 1996).

FUNÇÕES	IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS	IMPLICAÇÕES SOCIAIS
Interceptação, absorção, e reflexão de radiação luminosa Fotossíntese, Produção Primária Líquida Fluxo de Energia	Manutenção do equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos Manutenção de altas taxas de evapotranspiração Manutenção do micro clima Manutenção da fauna	Conforto térmico Conforto lúmnico Conforto sonoro Manutenção da biomassa com possibilidade de integração da comunidade local
Biofiltração	Eliminação de materiais tóxicos particulados e gasosos e sua incorporação nos ciclos biogeoquímicos	Melhoria na qualidade do ar, da água e de escoamento superficial.
Contenção dos processos erosivo	Economia de nutrientes e solos Favorecimento do processo sucessional	Prevenção de deslizamentos, voçorocas, ravinamento e perda de solos Preservação dos recursos hídricos
Infiltração de água pluvial (maior permeabilidade)	Redução do escoamento superficial Recarga de aquífero Diminuição na amplitude das hidrógrafas	Prevenção de inundações
Movimentos de massas de ar	Manutenção do clima	Conforto térmico e difusão de gases tóxicos e material particulado do ar
Atenuação sonora	Aspectos comportamentais da fauna	Conforto acústico
Estética	Melhoria da Qualidade ambiental	Quebra da monotonia da paisagem, causada pelas grandes áreas edificadas Valorização visual e ornamental do espaço urbano Caracterização de espaços: elemento de interação atividades humanas/ ambiente

8.1. CUSTOS DO PAISAGISMO

Ressalta-se, conforme já comentado na introdução deste capítulo, que os mobiliários urbanos (telefones, pontos de água e iluminação, bancos, mesas etc.) e os revestimentos das áreas de jogos e passeios não serão analisados, pois em poucos projetos foram

especificados estes elementos, quanto os quais detectaram-se apenas sugestões para futura instalação por parte da prefeitura, ou mesmo pelos moradores.

Quanto aos itens considerados nos custos do paisagismo relativos a arborização, a forração e gramado das áreas públicas, conforme estudo de memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, citam-se os seguintes elementos: árvores ornamentais, árvores frutíferas, palmeiras e arbustos (perfazendo um total de 124 espécies), gramas, forrações, trepadeiras, protetores e tutores. Os custos referentes à preparação e adubação das covas estão incluídos nos custos dos itens correlatos. No custo da grama, a terra vegetal não foi considerada por não ter sido especificada quase na totalidade dos empreendimentos, apesar de se saber que há a necessidade de seu uso.

A partir do levantamento das planilhas de quantidades de 20 empreendimentos obtidos dos arquivos da CDHU, e fazendo-se uso dos custos unitários aplicados por esta companhia para a data base dezembro/2008, elaborou-se a Tabela 19, onde se explicita a incidência do custo dos elementos supracitados sobre o custo total.

Considerando o levantamento realizado, identificou-se que os elementos que apresentaram maior influência nos custos dos casos estudados foram, respectivamente: grama (49,97%) e árvores (35,60%). Na maioria dos conjuntos analisados, o uso dos protetores não foi indicado. Como colocado no APÊNDICE G, para as árvores do sistema viário, o protetor pode ser um elemento obrigatório dependendo da legislação local. Assim, caso tal legislação requeira, tendo-se a estimativa das árvores do viário, tem-se a quantidade necessária de protetores. Os tutores também foram indicados em poucos casos. Conforme apresentado no APÊNDICE G, os tutores não são elementos necessários quando as mudas das árvores forem em tubetes. Observa-se, no entanto, uma tendência de os manuais e legislações indicarem o uso de mudas em sacos. Caso tenha-se esta situação, os tutores poderão ser facilmente indicados a partir da estimativa total das árvores.

Quanto à incidência dos custos das forrações e trepadeiras, comenta-se sua grande variação na amostra analisada. No Conjunto Habitacional Saúde A o custo relativo destes itens chega a 74,18%. Nota-se que, neste caso, não se tem área gramada, mas apenas forrações. Esta opção de paisagismo mostrou-se muito rara mesmo nos empreendimentos promovidos pela iniciativa privada observados durante o estudo. Como o escopo deste trabalho é buscar um modelo mais generalizável, este item não será abordado na elaboração dos indicadores. Indica-se não só o resultado do estudo das

incidências deste item no custo do paisagismo como parâmetro (média de 8,53% e máximo 74,18%), como também o indicador sugerido para a estimativa da grama, já que a área gramada pode ser substituída por área de forração.

Tabela 32 – Incidência de cada elemento do paisagismo sobre seu custo total

<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>% Custo</i>					
	<i>Arvores*</i>	<i>Arbustos*</i>	<i>Forrações e Trepadeiras*</i>	<i>Grama**</i>	<i>Tutores</i>	<i>Protetores</i>
<i>São José dos Campos A</i>	9,9	0,0	54,5	35,6	0,0	0,0
<i>Anhembi E</i>	33,2	0,0	0,0	66,8	0,0	0,0
<i>Tatuí C</i>	38,9	0,0	0,0	43,4	2,8	14,9
<i>Araçoiaba da Serra C</i>	40,1	2,0	21,9	36,0	0,0	0,0
<i>Taquarivaí A (A1 e A2)</i>	32,4	0,7	0,0	67,0	0,0	0,0
<i>Álvaro de Carvalho B</i>	43,0	0,0	0,0	57,0	0,0	0,0
<i>Itariri D</i>	27,8	2,7	0,0	41,6	6,2	21,7
<i>Mirassolândia C</i>	38,6	0,0	0,0	38,6	2,9	20,0
<i>Tapiraí A</i>	23,5	0,0	0,0	76,5	0,0	0,0
<i>Itapira C</i>	48,6	0,0	0,0	51,4	0,0	0,0
<i>Saude A</i>	13,9	11,9	74,2	0,0	0,0	0,0
<i>Alambari A</i>	79,8	0,0	0,0	20,2	0,0	0,0
<i>Álvares Machado</i>	22,0	0,0	0,0	78,0	0,0	0,0
<i>Valentin gentil E</i>	29,7	0,0	0,0	70,3	0,0	0,0
<i>Alfredo Marcondes C</i>	38,2	2,9	1,9	57,1	0,0	0,0
<i>Pompéia B</i>	56,2	1,6	3,4	38,8	0,0	0,0
<i>Avaré E</i>	31,8	12,1	1,0	40,7	2,4	12,1
<i>Aguas de Santa Bárbara</i>	43,5	0,0	0,0	56,5	0,0	0,0
<i>Guararema C</i>	36,8	0,0	0,0	63,2	0,0	0,0
<i>Mínimo</i>	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mediana</i>	35,0	0,0	0,0	54,0	0,0	0,0
<i>Média</i>	35,6	1,7	8,5	50,0	0,7	3,4
<i>Máximo</i>	79,8	12,1	74,2	78,0	6,2	21,7

*Inclusive adubação. **Sem terra vegetal

8.2. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ARBORIZAÇÃO DAS VIAS

A demanda unitária das árvores a serem implantadas ao longo do sistema viário pode ser expressa da seguinte forma:

$$PAI_{\text{árvores}_{\text{viário}}} = \frac{\text{Quantidade de árvores a ser implantada no sistema viário}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

Equação 31

De acordo com as referências bibliográficas consultadas (discutidas no APÊNDICE G) e da análise dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, os fatores que, potencialmente, indicaram maior relevância na variação do indicador $PAI_{\text{árvores_viário}}$ foram: o porte das árvores a serem implantadas ao longo do sistema viário (pequeno, médio, grande) e a testada do lote.

8.2.1. Resultados obtidos para arborização das vias

A Tabela 33 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos, os valores obtidos para o indicador $PAI_{\text{árvores_viário}}$ e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 33 – Quantidade de árvores do sistema viário, comprimento de ruas e valor do indicador $PAI_{\text{árvores_viário}}$

	<i>Porte das árvores</i>	<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Árvore (unid)</i>	<i>Viário (m)</i>	<i>PAI $_{\text{árvores_viário}}$ (unid/m)</i>	<i>Mín (unid/m)</i>	<i>Med (unid/m)</i>	<i>Máx (unid/m)</i>
<i>Testada do lote $\geq 9m$</i>	<i>Médio e Grande*</i>	Álvaro de Carvalho B	63	755,01	0,08			
		Araçoiaba da Serra C	161	2031,82	0,08			
		Anhemi E	209	2800,07	0,07	0,07	0,08	0,09
		São Miguel Arcanjo A	102	1089,89	0,09			
		Taquarivaí A	41	511,22	0,08			
	<i>Pequeno, médio e grande</i>	Águas de Santa Bárbara	143	1256,94	0,11			
		Alambari A	78	816,04	0,10			
		Guararema C	112	974,04	0,11			
		Itapira C	17	148,76	0,11	0,10	0,11	0,12
		Itariri D	19	198,55	0,10			
		Mirassolândia C	86	753,83	0,11			
		Tapiraí A	67	667,65	0,10			
	<i>Pequeno e médio</i>	Alfredo Marcondes C	139	1014,27	0,14			
		Tatuí C	261	1760,24	0,15	0,14	0,15	0,15
		Aguai F	214	1418,01	0,15			
		Avaré E	89	619,57	0,14			
<i>Testada do lote $< 9m$</i>	<i>Médio</i>	Valentin gentil E1	88	489,89	0,18	0,18	0,20	0,23
		Pompéia B	80	349,39	0,23			

* arborização apenas de um lado da rua e/ou divisa sim, outra não.

8.3. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA POR GRAMA DAS ÁREAS DE LAZER E INSTITUCIONAIS

Por se tratar da quantidade de grama estimada no projeto de paisagismo para as áreas de lazer e institucional internas ao conjunto habitacional, destaca-se que, no indicador proposto, não

estão incluídas eventuais faixas dos canteiros das calçadas do sistema viário. Caso venha a se propor o gramado destas faixas, deve-se somá-las a quantidade resultante da aplicação do indicador.

Assim, a demanda unitária de grama a ser plantada nas áreas de lazer e institucionais pode ser expressa da seguinte forma:

$$PAI_{grama} = \frac{\text{Área de grama a ser plantada nas áreas de lazer e institucionais}}{\text{área total de lazer} + \text{área total institucional}}$$

Equação 32

Tomando-se como base diretrizes da CDHU:

Área de lazer = non aedificandi + áreas destinadas a equipamentos de recreação (quadras poliesportivas, playgrounds, pistas de skate, praças).

Lembrando-se que o total das áreas de lazer deve guardar o mínimo de 10% da área da gleba ou maior restrição local.

Áreas institucionais = área destinada aos equipamentos comunitários (anfiteatro, centros comunitários – CAC, ou até mesmo creche, pré-escola, biblioteca, posto de saúde, delegacia) + eventuais parcelas de áreas non-aedificandi.

Recordando-se que o total da área institucional deve ser de no mínimo 5% da área da gleba ou maior restrição local.

De acordo com a análise dos projetos obtidos do arquivo técnico da CDHU, os fatores que, potencialmente, indicaram maior relevância na variação do indicador PAI_{grama} foram: a presença de quadra de esporte, passeios e playground; área non aedificandi com vegetação natural significativa, não demandando grama para seu revestimento; área institucional com outros revestimentos.

8.3.1. Resultados obtidos para grama

Ao se analisarem os conjuntos que apresentavam, inicialmente, valores bastante discrepantes para o indicador, identificaram-se canteiros ajardinados ao longo de calçadas, que foram descontados, a fim de obter os dados referentes apenas às áreas de lazer e institucionais, já que tais canteiros compõem o revestimento das calçadas que fazem parte do sistema viário.

A Tabela 34 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos, os valores obtidos para o indicador PAI_{grama} e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 34 – Características da área de lazer e institucional, valor do indicador PAI_{grama}

<i>Área de lazer e institucional</i>	<i>Conjunto Habitacional</i>	<i>Área de Lazer + Institucional</i> <i>(m²)</i>	<i>Gramagem</i> <i>(m²)</i>	PAI_{grama} <i>(m²/m²)</i>	<i>Mín</i> <i>(m²/m²)</i>	<i>Med</i> <i>(m²/m²)</i>	<i>Máx</i> <i>(m²/m²)</i>
<i>Com quadra de esporte, passeios e playground e/ou área non aedificandi com vegetação natural significativa. Área institucional com outros revestimentos</i>	Alambari A	3314,05	931,00	0,28	0,28	0,37	0,53
	Itariri D	3535,28	1044,14	0,30			
	Itapira C	4218,46	1350,00	0,32			
	Álvaro de Carvalho B	5558,61	1810,23	0,33			
	Taquarivaí A1	4555,20	1675,38	0,37			
	Guararema C	15748,95	6306,05	0,40			
	Anhembi E	17818,01	8249,00	0,46			
	Araçoiaba da Serra C	6931,07	3372,00	0,49			
	Mirassolândia C	5211,44	2761,00	0,53			
<i>Sem quadra de esporte, passeios e playground e/ou com área non aedificandi e institucional que deverá ser gramada.</i>	São Miguel Arcanjo A	6146,35	4800,00	0,78	0,78	0,88	1,01
	Agua de Sta Barbara	5345,22	4229,50	0,79			
	Alfredo Marcondes C	7765,57	6800,00	0,88			
	Tapiraí	7425,26	6963,33	0,94			
	Valentin gentil E1	1506,11	1398,00	0,93			
	Pompéia B	1676,64	1700,00	1,01			

8.3.2. Discussão dos resultados para grama

Para facilitar a análise das áreas a serem gramadas, criaram-se apenas dois segmentos para classificar as áreas de lazer e institucional. Tendo-se o enquadramento em todas as opções de equipamentos de recreação e as características indicadas para as áreas non-aedificandi e institucional do primeiro seguimento, tem-se, obviamente, a tendência de se aproximar do valor mínimo para o PAI_{grama} . Por outro lado, no segundo seguimento, tendo-se todas as características descritas, o valor do PAI_{grama} aproxima-se do valor máximo. Como referência básica, pode-se usar o valor mediano de cada caso ($PAI_{grama}=0,37$ e $PAI_{grama}=0,88$).

8.4. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ARBORIZAÇÃO DAS ÁREAS DE LAZER

Dentro do conjunto de obras estudadas, encontraram-se valores bem discrepantes e não se detectou uma razão mais definida que não a pressuposição de que a maior ou menor quantidade de árvores nas áreas de lazer deve-se a uma opção paisagística.

Dentro deste contexto, para fins de estimativa preliminar, propõe-se o uso do 3º quartil da amostra estudada (opção a favor da segurança, mas não com exagero).

O indicador usado para expressar a quantidade de árvores do sistema de lazer foi o seguinte:

$$PAI_{\text{árvores_lazer}} = \frac{\text{Quantidade de árvores a ser implantada no sistema de lazer}}{1000\text{m}^2 \text{ de área de lazer}}$$

Equação 33

A Tabela 35 apresenta um resumo dos dados levantados dos projetos, os valores obtidos para o indicador $PAI_{\text{árvores_lazer}}$ e suas respectivas faixas de variação.

Tabela 35 – Quantidade de árvores do sistema de lazer, área de lazer valor do indicador $PAI_{\text{árvores_lazer}}$

Conjunto Habitacional	Árvores da área de lazer	Área de Lazer (1000m²)	$PAI_{\text{árvores_lazer}}$	Min	1º quartil	Med (unid/1000 m²)	3º quartil	Max
<i>Anhembi E</i>	26	11,15	2,33					
<i>Itariri D</i>	21	3,54	5,94					
<i>Araçoiaba da Serra C</i>	54	6,93	7,79					
<i>Taquarivaí A1</i>	31	3,43	9,04					
<i>Álvaro de Carvalho B</i>	45	4,82	9,33					
<i>Tapiraí</i>	71	7,43	9,56					
<i>Aguas de Sta Barbara</i>	43	4,23	10,17					
<i>Valentin gentil E1</i>	22	1,51	14,61	2,33	9,19	14,61	22,95	47,12
<i>Alfredo Marcondes C</i>	114	7,12	16,02					
<i>Mirassolândia C</i>	64	3,98	16,09					
<i>Itapira C</i>	47	2,26	20,84					
<i>Guararema C</i>	276	11,02	25,06					
<i>Pompéia B</i>	43	1,68	25,65					
<i>São Miguel Arcanjo A</i>	159	5,23	30,41					
<i>Alambari A</i>	132	2,80	47,12					

9. PAVIMENTAÇÃO

Desde o surgimento das primeiras concentrações urbanas na Antiguidade, a pavimentação se mostrou um aspecto relevante do projeto de uma cidade (Mascaró, 2005). Seu aparecimento se deu por necessidade de locomoção de pedestres e por uma questão de organização das vilas. A partir de então, sobretudo com a invenção do automóvel, a importância de se terem vias pavimentadas só aumentou e novas técnicas de pavimentação foram sendo desenvolvidas.

Um ambiente urbano com pavimentação adequada proporciona maior qualidade do ambiente construído. A área pavimentada apresenta mais estabilidade se comparada ao terreno nu, protege o solo de ações do intemperismo (como a erosão) e atua no escoamento adequado de água e serviços. Além disso, possibilita a circulação de pedestres e veículos, facilitando a dinâmica da área urbana. A Figura 25 e a Figura 26 ilustram as conseqüências desastrosas da ausência de pavimentação adequada em sistemas viários em duas situações.

Figura 25 - Exemplo de erosão em via não-pavimentada (Bauru, 2007)

Figura 26 - Erosão em empreendimento sem rede de drenagem e pavimentação adequada quando da implantação do conjunto habitacional (Farah, 2003)

Além da sua importância sobre a qualidade do ambiente construído e sua sustentabilidade, a pavimentação é um item de extrema relevância em relação aos custos de implantação da infraestrutura urbana.

Conforme citado por Mascaró (1979), a pavimentação de um sistema urbano representa uma parcela significativa dos custos com infra-estrutura, podendo chegar a 40%. Esse valor é bastante plausível ao se tomar como base o valor médio apresentado por projetos da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU), que é de 36%, conforme dados de um estudo realizado internamente na Companhia. Posta a relevância deste item sobre a urbanização, passa-

se, a seguir, para o estudo da incidência de cada elemento que compõe a pavimentação sobre seu custo total.

9.1. CUSTOS DA PAVIMENTAÇÃO

O estudo da pavimentação de conjuntos habitacionais foi baseado em plantas e memoriais de projetos implementados pela CDHU e concedidos pela companhia. É importante ressaltar a dificuldade que se teve durante a pesquisa para se encontrarem projetos de pavimentação. Foi realizado um levantamento no sistema do arquivo técnico da empresa em busca de projetos cujos memoriais contivessem o volume internamente denominado “Quantificação do serviço de pavimentação”. Apesar da grande procura, apenas 7 projetos foram encontrados.

O estudo destes memoriais indicou que os seguintes itens compuseram os custos da pavimentação das vias: 1) abertura de caixa, incluindo escavação, compactação, transporte e preparo do sub-leito; 2) reforço do sub-leito/sub-base de solo melhorado com brita ou com cimento; 3) bases de bica corrida, de binder denso, de brita graduada e de macadame betuminoso; 4) imprimação betuminosa ligante e impermeabilizante; 5) blocos de concreto para revestimento de vias; 6) revestimento de concreto asfáltico; 7) revestimento asfáltico com tratamento superficial duplo ou simples.

Para o cálculo dos custos das obras de pavimentação nos conjuntos tomou-se como base a tabela de listagem de serviços por preço unitário, interna da CDHU. A partir da análise da incidência de cada um desses itens sobre o custo total, destaca-se que os serviços que têm mais frequência e impacto sobre o custo final da pavimentação do empreendimento são: base de macadame betuminoso (30,5%), revestimento de pré-misturado a quente (20,1%), imprimação betuminosa impermeabilizante e ligante (perfazem 10%) e reforço de sub-leito melhorado com cimento (7,5%). Esses itens estão destacados na Tabela 36. Pode-se observar, ainda, que o emprego de revestimento asfáltico com tratamento superficial (simples ou duplo) não é tão usual nos projetos mais recentes. Isso ocorre por uma questão de falta de prática da técnica, apesar de não haver inconvenientes. Contudo, dependendo da solução geral dada, ela pode ser indicada. Comenta-se, também, que o conjunto Atibaia D é um caso especial, uma vez que possui revestimento rígido, de blocos de concreto, diferentemente dos demais. Neste caso, os blocos são os responsáveis pela maior parcela dos custos totais da pavimentação, uma vez que o emprego deste tipo de revestimento não requer tantos serviços.

Tabela 36 - Incidência dos custos de cada serviço no custo total de pavimentação em alguns conjuntos habitacionais (valores em porcentagem em relação ao custo total)

SERVIÇO / CONJUNTO HABITACIONAL	PAVIMENTO FLEXÍVEL					PAVIMENTO RÍGIDO/SEMI-RÍGIDO		MÉDIA (%)	MEDIANA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
	ENCOSTA NORTE E1E2	S. M. PAULISTA	CAIEIRAS A1	SAÚDE A	MONTE MOR C	HORTOLÂNDIA A1	ATIBAIA D				
<i>Abertura de caixa ate 25cm, incl.escav.,compact.,transp.e preparo do sub-leito</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	14,0	17,2	5,3	0,0	0,0	17,2
<i>Abertura de caixa ate 40cm, incl.escav.,compact.,transp.e preparo do sub-leito</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	10,6
<i>Base de bica corrida</i>	11,3	8,9	6,6	3,2			-	4,3	3,2	0,0	11,3
<i>Base de binder denso (sem transporte)</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	1,1	0,0	0,0	7,6
<i>Base de brita graduada</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	14,1	0,0	3,3	0,0	0,0	14,1
<i>Base de macadame betuminoso</i>	44,0	38,9	33,8	39,0	28,2	29,6	0,0	30,5	33,8	0,0	44,0
<i>Blocos de concreto inclusive coxim de areia-trafego leve-sem abertura de caixa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,6	11,1	0,0	0,0	77,6
<i>Imprimação betuminosa impermeabilizante</i>	7,4	9,5	8,3	10,1	6,5	6,6	0,0	6,9	7,4	0,0	10,1
<i>Imprimação betuminosa ligante</i>	0,5	4,7	4,2	5,0	3,3	4,3	0,0	3,1	4,2	0,0	5,0
<i>Preparo e melhoria do subleito a 100% do proctor intermediário</i>	1,9	2,2	1,4	1,8	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4	0,0	2,2
<i>Reforço de subleito/sub-base de solo melhorado com brita 30% em vol.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,8	0,0	0,0	5,3
<i>Reforço de sub-leito/sub-base de solo melhorado com cimento 3,0% em peso*</i>	0,0	2,0	18,4	11,3	13,4	0,0	0,0	7,5	6,7	0,0	18,4
<i>Reforço de sub-leito/sub-base de solo melhorado com cimento 4,0% em peso*</i>	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	3,1
<i>Revestimento de concreto asfáltico</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	0,0	3,4	0,0	0,0	23,8
<i>Revestimento de pré-misturado à quente (sem transporte)</i>	30,0	30,9	27,3	28,8	23,5	0,0	0,0	20,1	27,3	0,0	30,9
<i>Tratamento superficial duplo</i>	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8
<i>Tratamento superficial simples</i>	1,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	2,6

* Obs: Nos memoriais estudados os serviços “Reforço de sub-leito/sub-base de solo melhorado com cimento 4,0% EM PESO” e “Reforço de sub-leito/sub-base de solo melhorado com cimento 3,0% EM PESO” estavam indicados como “Reforço de sub-leito/sub-base de solo melhorado com cimento X% EM VOLUME”. Tendo havido uma confirmação verbal por parte de técnicos da CDHU, considerou-se tal denominação um erro de digitação.

9.2. INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE PAVIMENTAÇÃO

Os itens que se mostraram mais relevantes, conforme apresentado, foram:

- base de macadame betuminoso
- revestimento de pré-misturado a quente
- imprimação betuminosa impermeabilizante e ligante
- reforço de sub-leito/sub-base melhorado com cimento

Pelo estudo dos memoriais e a partir de algumas pesquisas, concluiu-se que:

- as estimativas das quantidades de base de macadame betuminoso e de revestimento de pré-misturado a quente dependem diretamente da **área a ser pavimentada** e da espessura da camada que, por sua vez, depende da densidade de tráfego (peso dos veículos e frequência de passagem dos mesmos);
- a estimativa da quantidade de imprimação betuminosa impermeabilizante e ligante depende da **área a ser pavimentada**;
- a quantidade de reforço de sub-leito melhorado com cimento depende da **área a ser pavimentada** e da **capacidade de suporte do terreno** (características geológicas do local).

Portanto, pode-se resumir que os fatores que mais influenciam na definição das quantidades dos elementos de pavimentação são:

- densidade de tráfego (peso dos veículos e frequência de passagem dos mesmos);
- área a ser pavimentada;
- capacidade de suporte do terreno (características geológicas do local).

Como em conjuntos habitacionais horizontais o trânsito, geralmente, define apenas vias locais no interior do conjunto e as avenidas com tráfego mais intenso fora dos limites dos conjuntos acredita-se que, em estimativas preliminares, onde não se têm informações

detalhadas sobre cada via e o solo que a suportará, pode-se adotar um mesmo perfil de referência. Tal decisão pôde ser estimulada pelo estudo dos memoriais dos empreendimentos obtidos, onde se observou que os projetos das vias nos diversos conjuntos são bem semelhantes no que se refere especialmente às espessuras das camadas do pavimento.

Passa-se, portanto, a trabalhar com a previsão da área a pavimentar. Tal problema pode ser dividido em outros dois: prever o comprimento das vias e a largura a ser pavimentada das mesmas (leito carroçável menos a largura das sarjetas).

As estimativas para o comprimento de viário e o leito carroçável foram apresentadas no Capítulo de Terraplenagem – item 4.2.3.

A área de pavimentação poderá, assim, ser calculada da seguinte forma:

Área de pavimentação = Comprimento viário x (largura leito carroçável – 2 x largura sarjeta)

Embora se tenha feito a discussão com base nas especificações e nomenclatura que aparecem nos projetos e orçamentos da CDHU, o raciocínio desenvolvido é válido para uma classificação mais genérica das partes constituintes da pavimentação. Por exemplo, poder-se-ia falar da camada de revestimento, da base, da sub-base, do reforço do subleito, e regularização do subleito, conforme apresentado APÊNDICE H.

10. MÉTODO PROPOSTO

Para o uso do método aqui apresentado, deve-se frisar, mais uma vez, a importância de se considerar o escopo ao qual ele se limita, conforme apresentado na introdução de cada um dos capítulos específicos a cada item da urbanização (Capítulo 4 ao Capítulo 9 desta tese).

10.1. ESTIMATIVA DO VIÁRIO

10.1.1. Comprimento do sistema viário

Usando-se as diretrizes indicadas na Tabela 37 e na Tabela 38 para facilitar a escolha entre o valor mínimo, mediano ou máximo, bem como fazendo uso da experiência do especialista e das posturas preliminares adotadas para o projeto de urbanismo, podem-se definir os valores dos indicadores *compacidade_{quadra}* e *A_{média quadras}* e aplicá-los na equação expressa a seguir, a fim de se obter o comprimento de viário:

$$Viario = 3,3831 - 1,1028 \times compacidade_{quadra} - 0,9081 \times A_{m\acute{e}dia-quadras}$$

Tabela 37– Compacidade das quadras

	Mínimo (m/m)	Mediana (m/m)	Máximo (m/m)
<i>compacidade_{quadra}</i>	0,16	0,35	1,29
Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador	<p>- <u>Nenhum</u> aproveitamento das vias externas à gleba para acesso aos lotes, desenho urbano em <u>malha</u> (quadras habitacionais com vias por todos os lados) com áreas de lazer e institucionais <u>isoladas</u>. Exemplo:</p> <p>— Perímetro considerado para o cálculo da compacidade das quadras — Divisa da gleba ou entre lotes</p>	<p>- Desenho urbano <u>misto</u> (algumas vias do conjunto formando malha e outras em cul-de-sac ou em laço), <u>aproveitamento insignificante das vias externas</u> frente ao tamanho da gleba e <u>poucas áreas</u> de lazer e institucionais na divisa da gleba e <u>anexas</u> entre si ou às áreas habitacionais. Exemplo:</p> <p>— Perímetro considerado para o cálculo da compacidade das quadras — Divisa da gleba ou entre lotes</p>	<p>- Desenho urbano <u>ramificado</u> (vias em cul-de-sac ou em laço), <u>aproveitamento significativo das vias lindeiras</u> à gleba para acesso aos lotes, áreas de lazer e institucionais na divisa da gleba e anexas entre si e às áreas habitacionais. Exemplo:</p> <p>— Perímetro considerado para o cálculo da compacidade das quadras — Divisa da gleba ou entre lotes</p>

Tabela 38– Área média das quadras

	<i>Minimo</i> (10.000m ²)	<i>Mediana</i> (10.000m ²)	<i>Máximo</i> (10.000m ²)
<i>A_{média-quadra}</i>	0,21	0,46	1,02
<i>Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador</i>	<div> <div>-Áreas de lazer, institucionais e habitacionais isoladas formando pequenas áreas</div> <div>↔</div> <div>- Áreas de lazer e institucionais anexas entre si e/ou às áreas habitacionais .</div> </div>		

Exemplo:

Tendo-se uma gleba de 30.000m² de área bruta, na qual 450m² são non-aedificandi, e:

- ✓ optando-se por um desenho urbano ramificado (vias em cul-de-sacs ou em laço);
- ✓ considerando que há vias externas ao longo de toda a divisa (perímetro) da gleba, permitindo seu aproveitamento para acesso aos lotes; e
- ✓ considerando que grande parte do perímetro das áreas de lazer e institucional está na divisa da gleba ou anexo às áreas habitacionais, contribuindo para a concepção de grandes quadras com o mínimo de perímetro interno ao conjunto,

ter-se-á a seguinte estimativa para o comprimento de viário:

$$Viário = 3,3831 - 1,1028 \times 1,29 - 0,9081 \times 1,02$$

$$Viário = 1,03m / 100m^2$$

$$Área\ aproveitável\ da\ gleba = Área\ total\ da\ gleba - Área\ non-aedificandi$$

$$Área\ aproveitável\ da\ gleba = 30.000 - 450 = 29.550m^2$$

$$Comprimento\ viário\ (m) = Viário \times (Área\ aproveitável\ da\ gleba / 100)$$

$$Comprimento\ viário = 305,6\ m$$

10.1.2. Largura ponderada do leito carroçável

Conforme a postura a ser adotada nas diretrizes preliminares, por exemplo, tendo-se uma configuração de gleba que propicie a adoção de vias locais mais largas ou indique uma tendência a se adotar a largura mínima definida pela legislação local, ou ainda devido à necessidade de se fazer uma estimativa mais ou menos conservadora, pode-se fazer uso dos

valores apresentados na Tabela 39, resultantes do estudo de alguns empreendimentos habitacionais horizontais.

Tabela 39- Largura Leito Carroçável

	<i>Minimo (m)</i>	<i>Mediana (m)</i>	<i>Máximo (m)</i>
<i>Largura Ponderada Leito Carroçável</i>	6,0	8,0	9,4

10.1.3. Área de viário

Área de viário = largura da via x comprimento viário

Sendo que: *Largura da via = leito carroçável + calçada*

Exemplo:

Considerando o comprimento de viário calculado no exemplo anterior e o valor mediano para a largura do leito carroçável e adotando a largura de calçada de 2,0m:

$$\text{Área de viário} = (8,0 + 2 \times 2,0) \times 305,61$$

$$\text{Área de viário} = 3.667,32 \text{ m}^2$$

10.2. ESTIMATIVA DA ÁREA HABITACIONAL

Usando-se as diretrizes indicadas na Tabela 40 para facilitar a escolha entre o valor mínimo, mediano ou máximo, bem como fazendo uso da experiência do especialista e das posturas preliminares adotadas para o projeto de urbanismo, pode-se estimar a área de lotes. Uma opção que se mostrou bem interessante, para quando não se tem nenhuma dessas informações, foi a mediana (0,55m²/m²).

Tabela 40 – Valor Área lotes/Área aproveitável da gleba mínimo, mediano e máximo da amostra de conjuntos habitacionais analisada.

	<i>Min</i> (m ² /m ²)	<i>Med</i> (m ² /m ²)	<i>Máx</i> (m ² /m ²)
<i>Área lotes/Área aproveitável da gleba</i>	0,48	0,56	0,62
<i>Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador</i>	<div> <div> - tendência de alta incidência de viário (conforme análise da compactade_{quadra} e da A_{média quadras} e largura do viário²⁷ <u>≥ 12m</u>) e incidência de área de lazer + institucional <u>maior que 20%</u> da área da gleba </div> <div> </div> <div> - tendência de mínima incidência de viário (conforme análise da compactade_{quadra} e da A_{média quadras} e largura do viário <u>≈ 9m</u>), incidência mínima de área lazer + institucional <u>(≈15%)</u> </div> </div>		

Exemplo:

Considerando o exemplo usado para o sistema viário, tem-se a tendência de mínima incidência deste sistema sobre a área da gleba. Supondo que se criarão áreas mínimas para o sistema de lazer e institucional, a estimativa para a área habitacional será:

$$\text{Área lotes} = 0,62 \times 29.550 = 18.321 \text{ m}^2$$

10.3. ESTIMATIVA DA TERRAPLENAGEM

10.3.1. Área de limpeza e remoção do solo vegetal

$$\text{Limpeza e remoção solo vegetal} = \text{área a ser terraplenada} = \text{área de lote} + \text{área de viário}^{28}$$

Exemplo:

Usando a área de viário e de lotes dos exemplos anteriores, tem-se:

$$\text{Limpeza e remoção solo vegetal} = 18.321 + 3.667,32$$

$$\text{Limpeza e remoção solo vegetal} = 21.988,32 \text{ m}^2$$

²⁷ Leito carroçável + calçadas

²⁸ Eventualmente, tem-se terraplenagem também nas áreas institucionais. Neste caso, acrescentar tal área à soma.

10.3.2. Corte e aterro nos lotes

Tendo-se a declividade média e a configuração das curvas de nível da gleba, a tipologia da unidade habitacional a ser adotada (com isso a testada e profundidade média dos lotes) e uma estimativa da porcentagem de área de lotes que estará perpendicular, paralela e oblíqua às curvas de nível, podem-se definir os valores do indicador $POND_{lotes}$ (Tabela 41). Aplicando tais valores na equação expressa a seguir, obtém-se o $POND_{lote-equivalente}$. Quando ainda não se têm informações sobre os lotes a serem implantados na área sendo analisada, o indicador $POND_{lotes}$ pode ser usado da seguinte forma: tendo-se a faixa de declividade média da gleba, adota-se o valor máximo, mediano ou mínimo (considerando que todos os lotes estarão paralelos, oblíquos ou perpendiculares), conforme a necessidade de se fazer uma estimativa mais ou menos conservadora.

$$POND_{lotes_equivalente} = (\% \text{ área de Lotes Paralelos} \times POND_{lotes} \text{ para lote paralelo} \times \% \text{ área de Lotes Perpendiculares} \times POND_{lotes} \text{ para lote perpendicular} \times \% \text{ área de Lotes oblíquos} \times POND_{lotes} \text{ para lote oblíquos})/100$$

Tabela 41 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para os lotes ($POND_{lotes}$)

Declividade média da gleba	Posição dos lotes em relação às curvas de nível					
	Perpendicular		Paralela		Oblíqua	
	Profundidade do lote		Testada do lote		Área do lote	
	≤ 20m	> 20m	≤ 8m	> 8m	≤ 160m ²	> 160m ²
≤ 2,5%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
2,5% < i ≤ 7%	5,2	5,6	1	1,5	4,3	4,4
7% < i ≤ 10%	6,3	6,9	2,6	3,7	7,4	7,5
10% < i ≤ 15%	9,5	10,2	5,8	8,6	11	11,4
> 15%	18,7	21	28	33	19,8	22,4
Perpendicular Paralelo Oblíquo						

A partir do resultado para o $POND_{lotes-equivalente}$, calcula-se o indicador TRP_{lotes} através da equação expressa a seguir:

$$TRP_{lotes} = 0,1307 \times POND_{lotes-equivalente} + 0,0102$$

Onde TRP_{lotes} :

$$TRP_{lotes} = \frac{\text{Volume de aterro nas quadras} + \text{Volume de corte nas quadras}}{\text{Área de lotes}}$$

O resultado obtido para TRP_{lotes} é, então, aplicado na estimativa do volume de corte + aterro:

$$(\text{Aterro} + \text{Corte})_{lotes} = \text{Área lotes} \times TRP_{lotes}$$

Para se calcularem os volumes distintos para corte e aterro, pode-se fazer uso da Tabela 42, onde se apresentam os resultados do estudo de alguns empreendimentos habitacionais horizontais.

Tabela 42 – Porcentagem de corte e aterro sobre o volume total de terraplenagem mínima, mediana e máxima da amostra de conjuntos habitacionais analisada.

<i>Declividade média da gleba</i>	<i>Aterro/Volume (aterro+corte)</i>			<i>Corte/Volume (aterro+corte)</i>		
	<i>Min (%)</i>	<i>Med (%)</i>	<i>Máx (%)</i>	<i>Min (%)</i>	<i>Med (%)</i>	<i>Máx (%)</i>
<i>< 2,5%</i>	58,6	84,8	97,8	2,2	15,2	41,4
<i>2,5% < i ≤ 15%</i>	41,5	45,8	51,6	48,4	54,2	58,5
<i>> 15%</i>	12,5	15,7	36,0	64,0	84,3	87,5

Exemplo:

Figura 27 – Gleba para exemplificação do cálculo da terraplenagem

Tomando-se uma gleba com declividade média aproximadamente de 8% e com a configuração da Figura 27 e as diretrizes adotadas para as áreas habitacionais e de viário (exemplo da Figura 28), uma estimativa para tal área seria:

$$\%ÁREA_{\text{lote- paralelo}} \cong 50\%$$

$$\%ÁREA_{\text{lote- oblíquo}} \cong 50\%$$

Figura 28 – Exemplo de um parcelamento para a gleba da Figura 27.

Tendo-se lotes com testada maior que 8m e profundidade maior que 20m, pela Tabela 41:

$$POND_{\text{lote-paralelo}} = 3,7$$

$$POND_{\text{lote- oblíquo}} = 7,5$$

$$\text{Assim, } POND_{\text{lote-equivalente}} = (50 \times 3,7 + 50 \times 7,5)/100$$

$$POND_{lote-equivalente} = 5,55$$

$$TRP_{lotes} = 0,1307 \times 5,55 + 0,0102$$

$$TRP_{lotes} = 0,74 m^3/m^2$$

Usando a estimativa de lotes do item 10.2²⁹

$$(Aterro + Corte)_{lotes-paralelos e oblíquos} = 18.321,00 \times 0,74 = 13.557,54 m^3$$

Considerando a mediana da Tabela 42 para a *declividade média da gleba* = 8%, tem-se:

$$Aterro_{lotes-paralelos e oblíquos} = 45,8 / 100 \times Volume_{(aterro + corte)}$$

$$Aterro_{lotes-paralelos e oblíquos} = 6.209,35 m^3$$

$$Corte_{lotes-paralelos e oblíquos} = 54,2 / 100 \times Volume_{(aterro + corte)}$$

$$Corte_{lotes-paralelos e oblíquos} = 7.348,19 m^3$$

10.3.3. Corte e aterro no viário

Tendo-se a declividade média e a configuração das curvas de nível da gleba e uma estimativa da porcentagem de área de vias que estará perpendicular, paralela e oblíqua às curvas, podem-se definir os valores do indicador $POND_{vias}$ (Tabela 43). O $POND_{lote-equivalente}$ é calculado pela equação expressa a seguir:

$$POND_{vias_equivalente} = (\% \text{ área de vias paralelas} \times POND_{vias} \text{ para via paralela} \times \% \text{ área de vias perpendiculares} \times POND_{vias} \text{ para via perpendicular} \times \% \text{ área de vias oblíquas} \times POND_{vias} \text{ para vias oblíquas}) / 100$$

²⁹ Quando se está estimando a terraplenagem de uma certa proposta de parcelamento, deve-se usar a área de lote nela indicada. Como o exemplo da Figura 28 trata-se apenas de uma simples ilustração de como os lotes poderiam estar posicionados ao se imaginar 50% deles paralelos, optou-se por usar a estimativa da área habitacional usando-se os indicadores propostos para tal área.

Tabela 43 – Indicadores de ponderação dos fatores que influenciam a demanda por terraplenagem considerados relevantes para as vias ($POND_{vias}$)

Declividade média da gleba	Posição das vias em relação às curvas de nível							
	Perpendicular	Paralela						Obliqua
		Largura da via (caixa da rua+calçada)						
		9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	
≤ 2,5%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2,5% < i ≤ 7%	2,8	2,3	2,5	2,5	2,9	3,0	3,1	2,8
7% < I ≤ 10%	7,0	4,2	4,6	4,9	5,4	5,8	6,0	4,2
10% < i ≤ 15%	15,4	5,5	6,0	6,4	7,1	7,6	8,0	7,0
> 15%	38,3	8,0	8,9	9,5	10,5	11,3	12,0	16,9

	Perpendicular	Paralela				Obliqua		

A partir do resultado para o $POND_{lotes-equivalente}$, calcula-se o indicador TRP_{vias} através da equação, expressa a seguir:

$$TRP_{vias} = 0,1212 \times POND_{vias-equivalente} + 0,0889$$

Onde TRP_{vias} :

$$TRP_{vias} = \frac{\text{Volume de aterro no viário} + \text{Volume de corte no viário}}{\text{Área de viário}}$$

O resultado obtido para TRP_{vias} é, então, aplicado na estimativa do volume de corte + aterro:

$$(\text{Aterro} + \text{Corte})_{vias} = \text{Área viário} \times TRP_{vias}$$

Exemplo:

Usando-se o exemplo da Figura 28:

$$\% \text{ÁREA}_{vias-perpendiculares} \cong 50\%$$

$$\% \text{ÁREA}_{vias-obliquas} \cong 50\%$$

Pela Tabela 43:

$$POND_{vias-perpendiculares} = 7,0$$

$$POND_{vias-obliquas} = 4,2$$

Assim, $POND_{vias-equivalente} = (50 \times 7,0 + 50 \times 4,2)/100$

$$POND_{vias-equivalente} = 5,6$$

$$TRP_{vias} = 0,1212 \times 5,6 + 0,0889$$

$$TRP_{vias} = 0,77 m^3/m^2$$

Usando a estimativa de vias do item 10.1.3,

$$(Aterro + Corte)_{vias} = 3.667,32 \times 0,77$$

$$(Aterro + Corte)_{vias} = 2.815,11 m^3$$

Considerando a mediana da Tabela 42 para a *declividade média da gleba* = 8%, tem-se:

$$Aterro_{vias-paralelas e oblíquas} = 45,8/100 \times Volume_{(aterro + corte)}$$

$$Aterro_{vias-paralelas e oblíquas} = 1.289,32 m^3$$

$$Corte_{vias-paralelas e oblíquas} = 54,2/100 \times Volume_{(aterro + corte)}$$

$$Corte_{vias-paralelas e oblíquas} = 1.525,79 m^3$$

10.3.4. Bota-Fora e Empréstimo

Bota-fora (ou empréstimo) = [(Corte_{lotes} + Corte_{vias}) - (Aterro_{lotes} + Aterro_{vias})] x índice empolamento (ou compactação)

Exemplo:

Usando como referência um fator de empolamento para solo argiloso igual a 1,43 (SENÇO, 1980):

$$Bota-fora = [(7.348,19 + 1.525,79) - (6.209,35 + 1.289,32)] \times 1,43$$

$$Bota-fora = 1.966,68 m^3$$

10.3.5. Grama para contenção de taludes

$$Grama_{TRP} (m^2/m^2) = 0,0143 \times \text{Declividade da gleba}$$

$$\text{Área de grama na terraplenagem} = Grama_{TRP} \times \text{Área terraplenada}$$

Onde: *Área terraplenada* = área de viário + área de lotes

Exemplo:

$$\text{Área de grama na terraplenagem} = 0,0143 \times 8 \times 21.988,32$$

$$\text{Área de grama na terraplenagem} = 2.515,46 \text{ m}^2$$

10.4. ESTIMATIVA DA REDE DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Para o caso das guias e sarjetas, conforme as diretrizes apresentadas para sua escolha, fazendo-se uso da Tabela 44, define-se o valor do indicador $DRE_{guias\&sarjetas}$ expresso a seguir. Uma opção que se mostrou bem interessante, para quando não se tem nenhuma dessas informações, foi a mediana de cada segmento:

$$DRE_{guias\&sarjetas} = \frac{\text{comprimento de guias e sarjetas}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

Tabela 44 – Indicadores de guias e sarjetas ($DRE_{guias\&sarjetas}$)

	Desenho urbano EM MALHA			Desenho urbano MISTO			Desenho urbano RAMIFICADO		
	Min (m/m)	Med (m/m)	Máx (m/m)	Min (m/m)	Med (m/m)	Máx (m/m)	Min (m/m)	Med (m/m)	Máx (m/m)
$DRE_{guias\&sarjetas}$	1,5	1,7	1,8	1,7	1,9	2,0	2,0	2,2	2,6
Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador	<p>Existência de um grande número de cruzamentos no conjunto habitacional, devido à adoção de várias quadras pequenas, indica tendência ao valor mínimo</p>					<p>Pequenas extensões de via fazem com que a porção de guias e sarjetas para contornar cul-de-sacs seja significativa, indicando tendência ao máximo</p>

$$\text{Comprimento guias e sarjetas} = DRE_{guias\&sarjetas} \times \text{comprimento viário}$$

Exemplo:

Como na proposta ilustrada na Figura 28 se tem um desenho urbano ramificado onde não há cruzamentos, nem os cul-de-sacs se apresentam significativos diante da extensão das vias, a estimativa para o comprimento de guias e sarjetas será:

$$\text{Comprimento guias e sarjetas} = 2,2 \times 305,61$$

$$\text{Comprimento guias e sarjetas} = 672,3 \text{ m}$$

Para o caso dos sarjetões, como se comentou no capítulo sobre a drenagem superficial, levantaram-se alguns fatores que indicavam certa influência sobre a variação da quantidade de sarjetões, quais sejam: quantidade de saídas para ruas paralelas à divisa do conjunto habitacional, declividade, desenho urbano etc. Mas nenhuma das formas de analisar o indicador foi suficiente para explicar a sua variação. No entanto, apresentam-se, na Tabela 45, os resultados do levantamento feito a partir da amostra de conjuntos habitacionais estudados, a fim de se indicar uma referência que poderá ser usada naquela linha de se adotar o valor máximo, mediano ou mínimo, conforme a necessidade de se fazer uma estimativa mais ou menos conservadora ou fazendo-se uso da experiência de um especialista.

$$DRE_{sarjetões} = \frac{\text{comprimento de sarjetões}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

Tabela 45 – Resultados preliminares obtidos para sarjetões

<i>DRE_{sarjetões}</i> <i>(m/m)</i>	<i>Mínimo</i> <i>(m/m)</i>	<i>Mediana</i> <i>(m/m)</i>	<i>Máximo</i> <i>(m/m)</i>
<i>DRE_{sarjetões}</i>	0,04	0,13	0,39

Exemplo:

Como a proposta ilustrada na Figura 28 não indica nenhum cruzamento de rua interna ao conjunto habitacional, pode-se considerar que não haverá sarjetões no seu interior.

10.5. ESTIMATIVA DA GALERIA, BOCAS DE LOBO (BL) E POÇOS DE VISITA (PV) DA REDE DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA

Tendo-se a faixa de declividade da gleba analisada e seu tipo de relevo (plano, área de fundo de vale e ondulado – respectivamente mostrado na Figura 29, Figura 30 e Figura 31), define-se (*a partir, respectivamente, das Tabelas 9, 10 e 11*) o valor para os indicadores ***DRE_{galeria}***, ***DRE_{BL}*** e ***DRE_{PV}***

$$DRE_{galeria} = \frac{\text{comprimento de tubos para galeria}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

$$DRE_{BL} = \frac{\text{quantidade de bocas – de – lobo}}{\text{comprimento total de galeria}}$$

$$DRE_{PV} = \frac{\text{quantidade de PV}}{\text{comprimento total de galeria}}$$

Figura 29 - Terreno plano.

Figura 30 - Área de fundo de vale.

Figura 31 – Terrenos ondulados

Tabela 46 – Indicadores de galeria ($DRE_{galeria}$)

<i>Relevo e Declividade</i>	<i>$DRE_{galeria}$</i>		
	<i>Mínimo (m/m)</i>	<i>Mediana (m/m)</i>	<i>Máximo (m/m)</i>
Relevo plano ou vale e declividade $\leq 5\%$	0,00	0,00	0,00
Relevo plano/vale e declividade $\geq 15\%$	0,09	0,09	0,09
Relevo ondulado e declividade $< 15\%$	0,18	0,24	0,26
$5\% < \text{Relevo plano e declividade} < 15\%$	0,41	0,42	0,45

Com $DRE_{galeria}$, calcula-se o comprimento da galeria de águas pluviais:

Comprimento de tubos galeria = comprimento viário $\times DRE_{galeria}$

Tabela 47 – Indicadores de Bocas-de-lobo (DRE_{BL})

<i>Relevo e Declividade</i>	<i>DRE_{BL}</i>		
	<i>Mínimo</i> (unid/50m)	<i>Mediana</i> (unid/50m)	<i>Máximo</i> (unid/50m)
Relevo plano ou vale e declividade $\leq 5\%$	0,0	0,0	0,0
$5\% <$ Relevo plano e declividade $< 15\%$	1,9	2,4	2,5
Relevo ondulado e declividade $< 15\%$	2,0	2,3	2,5
Relevo plano ou vale e declividade $\geq 15\%$	3,0	3,7	4,4

Com DRE_{BL} , calcula-se a quantidade de bocas-de-lobo:

$$\text{Quantidade de BL (unid)} = \text{Comprimento de tubos galeria}/50 \times DRE_{BL}$$

Tabela 48 – Indicadores de Poço-de-visita (DRE_{PV})

<i>Relevo e Declividade</i>	<i>DRE_{PV}</i>		
	<i>Mínimo</i> (m/m)	<i>Mediana</i> (m/m)	<i>Máximo</i> (m/m)
Relevo plano ou vale e declividade $\leq 5\%$	0,0	0,0	0,0
Relevo plano ou vale e declividade $> 5\%$	1,3	1,7	2,4
Relevo ondulado e declividade $< 15\%$			

Com DRE_{PV} , calcula-se a quantidade de poços-de-visita:

$$\text{Quantidade de PV (unid)} = \text{Comprimento de tubos galeria}/50 \times DRE_{PV}$$

Exemplo:

A gleba analisada (Figura 27) apresenta um relevo plano e a declividade média é 8%. Tomando-se a mediana do segmento referente a estas características, a estimativa para o comprimento de tubos da drenagem subterrânea será:

$$\text{Comprimento de tubos galeria} = 305,6 \times 0,42$$

$$\text{Comprimento de tubos galeria} = 128,4 \text{ m}$$

Para a estimativa das bocas-de lobo e dos poços-de-visita, como a direção do escoamento é para os cul-de-sacs conforme indicado no exemplo da Figura 28, considerar-se-ão os máximos valores para os seus indicadores:

$$\text{Quantidade de BL} = (128,4 \times 2,5)/50$$

$$\text{Quantidade de BL} = 7 \text{ unid}$$

$$\text{Quantidade de PV} = (128,4 \times 2,4)/50$$

$$\text{Quantidade de PV} = 6 \text{ unid}$$

10.6. ESTIMATIVA DA REDE PÚBLICA DE COLETA DE ESGOTO

10.6.1. Estimativa da tubulação da rede de esgoto

O indicador ESG_{tubos} , referente ao comprimento da tubulação da rede de esgoto, está indicado em função da opção do desenho urbano.

$$ESG_{tubos} = \frac{\text{comprimento total de tubos de esgoto}}{\text{comprimento de viário}}$$

Tabela 49 – Indicadores de tubos de esgoto (ESG_{tubos})

<i>Desenho Urbano</i>	<i>ESG_{tubos}</i>		
	<i>Mínimo (m/m)</i>	<i>Mediano (m/m)</i>	<i>Máximo (m/m)</i>
Malha ou Misto	0,8	0,9	1,0
Ramificado	1,1	1,1	1,2
<i>Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador</i>	<p>A rede coletora de esgoto, geralmente, não passa por todas as vias que circundam áreas de lazer e institucional, indicando tendência ao valor mínimo quando tais áreas são <u>isoladas</u> de outras áreas</p> <p>Cotas das curvas de nível do terreno <u>decrecente na direção</u> dos cul-de-sacs</p>		

Com ESG_{tubos} , calcula-se o comprimento da tubulação da rede de esgoto sem o trecho relativo ao recalque:

$$\text{Comprimento de tubos} = \text{Comprimento viário} \times ESG_{tubos}$$

A estimativa do comprimento da tubulação de recalque, quando houver, dependerá do ponto de conexão com a rede existente e seu custo deverá ser acrescentado ao custo da rede de esgoto obtido com o uso dos indicadores supra citados.

Exemplo:

Para o conjunto habitacional ilustrado na Figura 28, ter-se-á por referência o valor máximo do ESG_{tubos} , já que as áreas de lazer e institucionais não são isoladas e as curvas de nível estão decrescentes no sentido dos cul-de-sacs:

$$\text{Comprimento de tubos} = 305,6 \times 1,2 = 366,7m$$

10.6.2. Estimativa de abertura e reaterro de vala

O indicador ESG_{vala} , que se refere ao volume de terra a ser movimentado na abertura e reaterro das valas para assentamento da rede de esgoto de diâmetro de 150mm, está indicado na Tabela 50 em função da faixa de profundidade em que tal rede se situará.

$$ESG_{vala} = \frac{\text{volume de abertura} + \text{volume de reaterro}}{\text{comprimento total de tubos de esgoto}}$$

Tabela 50 – Indicadores de valas para rede de esgoto (ESG_{vala})

<i>Faixa de profundidade (m)</i>	<i>Mín (m³/m)</i>	<i>Med (m³/m)</i>	<i>Máx (m³/m)</i>
<i>1,0 a 1,5</i>	1,1	1,2	1,4
<i>1,5 a 3,0</i>	2,3	2,6	2,7

Tendo o ESG_{vala} , obtém-se o volume de abertura + reaterro para a rede de esgoto:

$$(Abertura + Reaterro)_{\text{esgoto}} = \text{Comprimento tubos de esgoto} \times ESG_{\text{vala}}$$

Para a estimativa do volume de abertura de vala distinta do reaterro, sugere-se:

$$Abertura_{\text{esgoto}} \cong Reaterro_{\text{esgoto}} = [(Abertura + Reaterro)] / 2$$

Exemplo:

Usando o resultado obtido para a rede anteriormente exemplificada, supondo que sua profundidade estará entre 1,5 e 3,0m e considerando a mediana deste segmento:

$$(Abertura + Reaterro)_{\text{esgoto}} = 366,7 \times 2,6 = 953,5 \text{ m}^3$$

$$Abertura_{\text{esgoto}} = 476,75 \text{ m}^3$$

$$Reaterro_{\text{esgoto}} = 476,75 \text{ m}^3$$

10.6.3. Estimativa de PVs e similares para rede de esgoto

$$ESG_{\text{PVs \& similares}} = \frac{\text{quantidade de poços de visita e similares}}{100 \text{ metros tubos de rede de esgoto}}$$

Tabela 51 – Indicadores de PVs e similares para rede de esgoto ($ESG_{\text{PV\&similar}}$)

Relevo	$ESG_{\text{PV\&similar}}$		
	Mínimo (unid/100m)	Mediana (unid/100m)	Máximo (unid/100m)
Plano	1,5	1,7	1,8
Vale	2,0	2,2	2,4
Ondulado	1,3	1,9	3,0
Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador	Intersecções de vias anguladas (diferentes de 90°) indicam necessidade de maior quantidade de acessórios		

Fazendo-se uso do $ESG_{\text{PV\&similar}}$:

$$\text{Quantidade de PVs e Similares} = \text{comprimento esgoto}/100 \times ESG_{pv\&similar}$$

Exemplo:

Usando o resultado obtido para a rede anteriormente exemplificada, tendo-se relevo plano para o conjunto habitacional proposto na Figura 28 e considerando a mediana deste segmento na Tabela 51:

$$\text{Quantidade de PVs e Similares} = 366,7/100 \times 1,7 = 6 \text{ unid}$$

10.6.4. Estimativa dos ramais de ligação e do cadastro da rede de esgoto

A estimativa da quantidade dos ramais de ligação predial e do cadastro da rede do conjunto pode se dar por:

$$\text{Quantidade ramais de ligação} = \text{área habitacional total}/\text{área média lote}$$

$$\text{Cadastro rede} = \text{comprimento de tubulação}$$

Exemplo:

Considerando o conjunto habitacional da Figura 28, a área habitacional estimada no item 10.2 e que a área média dos lotes será de, aproximadamente, 200m²:

$$\text{Quantidade Ramais de ligação esgoto} = 18.321/200 \cong 96 \text{ ramais}$$

$$\text{Cadastro rede} = 366,7m$$

10.7. ESTIMATIVA DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**10.7.1. Estimativa da tubulação da rede de água**

O indicador AAG_{tubo} , referente ao comprimento da tubulação da rede de água, está indicado em função da opção do tipo de rede (malha - Figura 33, leque - Figura 32 ou misto) na Tabela 52.

$$AAG_{tubos} = \frac{\text{comprimento total de tubos}}{\text{comprimento total de ruas}}$$

Figura 32 - Esquema geral de uma rede ramificada (Fonte: Porto, 2004)

Figura 33 - Esquema geral de uma rede malhada (Fonte: Porto, 2004)

Tabela 52 – Indicadores de tubos da rede de água (AAG_{tubos})

Tipo de Traçado da rede de água	AAG_{tubos} (m/m)		
	Mínimo (m/m)	Mediana (m/m)	Máximo (m/m)
Malha	1,0	1,1	1,2
Leque	0,8	0,9	0,9
Misto	0,8	1,0	1,1

A partir de AAG_{tubos} , calcula-se:

$$\text{Comprimento tubos} = AAG_{tubos} \times \text{comprimento viário}$$

Exemplo:

Para o conjunto habitacional da **Figura 28**, considerando que a rede urbana existente esteja disponível na via que dá acesso às entradas do conjunto, pode-se optar pelo traçado em leque. Adotando-se a mediana de AAG_{tubo} para este segmento, tem-se:

$$\text{Comprimento tubos} = 0,9 \times 305,6 = 275,1 \text{ m}$$

10.7.2. Estimativa de abertura e reaterro de vala

Para o indicador de volume de abertura+reaterro de vala da rede de água (AAG_{vala}), não se têm fatores correlacionados, mas apenas os valores mínimo, mediano e máximo para referência.

$$AAG_{vala} = \frac{\text{volume de abertura da vala} + \text{volume de reaterro}}{\text{comprimento de tubos para abastecimento de água}}$$

Tabela 53 – Indicadores de vala da rede de água (AAG_{vala})

	<i>Mínimo</i> (m^3/m)	<i>Mediana</i> (m^3/m)	<i>Máximo</i> (m^3/m)
AAG_{vala} (m^3/m)	1,0	1,3	1,8

Com AAG_{vala} , calcula-se o volume de abertura + reaterro para a rede de água:

$$(Abertura + Reaterro)_{água} = \text{Comprimento tubos de água} \times AAG_{vala}$$

Para a estimativa do volume de abertura de vala distinta do reaterro, sugere-se:

$$Abertura_{água} \cong Reaterro_{água} = [(Abertura + Reaterro)] / 2$$

Exemplo:

Tomando-se a mediana de AAG_{vala} e o comprimento de tubos calculado no exemplo anterior, indica-se:

$$(Abertura + Reaterro)_{água} = \text{Comprimento tubos de água} \times AAG_{vala}$$

$$(Abertura + Reaterro)_{água} = 275,05 \times 1,3 = 357,6 m^3$$

$$Abertura_{água} = 178,8 m^3$$

$$Reaterro_{água} = 178,8 m^3$$

10.7.3. Estimativa dos ramais de ligação e do cadastro da rede de esgoto

A estimativa da quantidade dos ramais de ligação predial e do cadastro da rede do conjunto pode se dar por:

$$\text{Quantidade ramais de ligação} = \text{área habitacional total} / \text{área média lote}$$

$$\text{Cadastro rede} = \text{comprimento de tubulação}$$

Exemplo:

Considerando o conjunto habitacional da Figura 28, a área habitacional estimada no item 10.2 e que a área média dos lotes será de, aproximadamente, 200m²:

$$\text{Quantidade Ramais de ligação água} = 18.321/200 \cong 96 \text{ ramais}$$

$$\text{Cadastro rede} = 366,7\text{m}$$

10.8. ESTIMATIVA DO PAISAGISMO

10.8.1. Estimativa de árvores no sistema viário

$$PAI_{\text{árvores_viário}} = \frac{\text{Quantidade de árvores a ser implantada no sistema viário}}{\text{comprimento viário}}$$

Tabela 54 – Indicadores de árvores no sistema viário ($PAI_{\text{árvores-viário}}$)

Testada do lote	Porte das Árvores	$PAI_{\text{árvores-viário}}$		
		Mín (unid/m)	Med (unid/m)	Max (unid/m)
≥ 9m	Grande e médio*	0,07	0,08	0,09
	Pequeno, médio e grande	0,10	0,11	0,12
	Pequeno e médio	0,14	0,15	0,15
< 9m	Médio	0,18	0,20	0,23

* arborização apenas de um lado da rua e/ou divisa sim, outra não.

Exemplo:

Considerando que o conjunto habitacional da Figura 28 possuirá lotes com testada maior que 9m e que serão implantadas árvores de pequeno e médio porte no sistema viário, usando-se a mediana deste seguimento, tem-se a seguinte estimativa:

$$\text{Quantidade de árvores do viário} = 0,15 \times 305,6 = 46$$

10.8.2. Estimativa de grama das áreas de lazer e institucionais

$$PAI_{grama} = \frac{\text{Área de grama a ser plantada nas áreas de lazer e institucionais}}{\text{área total de lazer} + \text{área total institucional}}$$

Tabela 55 – Indicadores de grama das áreas de lazer e institucionais (PAI_{grama})

Área de lazer e institucional	PAI_{grama}		
	Mínimo m^2/m^2	Mediana m^2/m^2	Máximo m^2/m^2
Com quadra de esporte, passeios e playground e/ou área non aedificandi com vegetação natural significante. Área institucional com outros revestimentos	0,28	0,37	0,53
Sem quadra de esporte, passeios e playground e/ou com área non aedificandi e institucional que deverá ser gramada.	0,78	0,88	1,01
Diretrizes para auxiliar a escolha do valor do indicador	Tendo-se todas as opções de equipamentos de recreação e as características indicadas para as áreas non-aedificandi e institucional do primeiro seguimento, há a tendência de se aproximar do valor mínimo para o PAI_{grama} . Por outro lado, no segundo seguimento, tendo-se todas as características descritas, o valor do PAI_{grama} aproxima-se do valor máximo. Como referência básica, pode-se usar o valor mediano de cada caso ($PAI_{grama}=0,37$ e $PAI_{grama}=0,88$).		

Área de grama a ser plantada nas áreas de lazer e institucionais = $PAI_{grama} \times (\text{área de lazer} + \text{institucional})$

Exemplo:

Optando por áreas de lazer com quadra de esporte, passeios e playground e áreas institucionais com outros revestimentos para a gleba da Figura 28, o valor indicado para a estimativa da quantidade de grama será o valor mínimo; assim, considerando área de lazer + institucional = 15% da área da gleba (área de lazer + institucional = $0,15 \times 30.000 = 4.500\text{m}^2$):

Área de grama a ser plantada nas áreas de lazer e institucionais = $0,28 \times 4.500 = 1.260\text{ m}^2$

10.8.3. Estimativa de árvores das áreas de lazer

$$PAI_{\text{árvores_lazer}} = \frac{\text{Quantidade de árvores a ser implantada no sistema de lazer}}{1000\text{m}^2 \text{ de área de lazer}}$$

Tabela 56 – Indicadores de árvores das áreas de lazer ($PAI_{\text{árvore_lazer}}$)

	<i>Minimo</i> (unid/1000 m ²)	<i>1º quartil</i> (unid/1000 m ²)	<i>Mediana</i> (unid/1000 m ²)	<i>3º quartil</i> (unid/1000 m ²)	<i>Máximo</i> (unid/1000 m ²)
$PAI_{\text{árvores_lazer}}$	2,3	9,2	14,6	23,0	47,1

Exemplo:

Fazendo-se uso do 3º quartil da amostra estudada (opção a favor da segurança, mas não com exagero) e considerando que a área de lazer é 10% da gleba:

Quantidade de árvores a serem plantadas nas áreas de lazer = $23 \times 3000/1000 = 69$ árvores

10.9. ESTIMATIVA DA PAVIMENTAÇÃO

A área de pavimentação pode ser calculada da seguinte forma:

Área de pavimentação = Comprimento viário x (largura leito carroçável – 2 x largura sarjeta)

Exemplo:

Para o conjunto habitacional da **Figura 28**, tem-se:

- Comprimento de viário (definido no item 10.1.1) = 305,6m;
- Largura leito carroçável (usando mediana da Tabela 39 do item 10.1.2) = 8m;
- Adotando largura da sarjeta = 30 cm;

$$\text{Área de pavimentação} = 305,6 \times (8 - 2 \times 0,30) = 2261,44 \text{ m}^2$$

11. AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO POR PARTE DOS ESPECIALISTAS

Como colocado na introdução desta tese, a proposição de um novo método, que subsidiasse a análise dos custos envolvidos na etapa de urbanização de uma gleba para a implantação de um loteamento ou conjunto habitacional, partiu da constatação de que muitos dos métodos e ferramentas disponíveis assumem que as informações detalhadas relativas à topografia da gleba estejam disponíveis e acuradas, sendo comum também assumirem que a gleba já tenha sido submetida ao estudo de viabilidade econômica. Tais recursos têm sido úteis para os casos onde vários projetos já tenham sido criados e um plano ótimo tenha que ser escolhido, mas eles não auxiliam o projetista na criação, propriamente dita, dos planos iniciais, fornecendo diretrizes, por exemplo; nem auxiliam o planejador nas fases de pré-viabilidade do empreendimento, quando se têm apenas informações básicas sobre as características do terreno e da tipologia habitacional que se quer implantar. Mesmo os métodos analisados no capítulo “MÉTODOS PARA PROGNÓSTICO DE CUSTOS DE URBANIZAÇÃO”, que podem ser usados na fase de pré-viabilidade, como foram discutidos, apresentaram vários pontos críticos.

Deste modo, esta tese surgiu com o objetivo de proporem indicadores que dêem subsídios para a avaliação da viabilidade dos custos estabelecidos e de posturas adotadas na fase de concepção do projeto de forma simples e rápida, considerando apenas informações básicas (forma do relevo e declividade média da gleba, tipo de traçado das redes de infraestrutura a ser adotado, testada e profundidade média dos lotes a serem implantados).

De forma a avaliar se o método aqui proposto atendia estes requisitos (de aplicação simples e rápida), realizou-se sua apresentação (delimitações, variáveis e conceitos) e aplicou-se um exercício (APÊNDICE I) para, enfim, obter-se a avaliação dos especialistas das várias áreas de interesse dos indicadores (projeto, orçamento, planejamento e gestão). Para tornar objetiva a avaliação, fez-se uso de um questionário com questões de múltipla escolha, relativas a simplicidade e a rapidez no uso do método. Para se obterem críticas e sugestões dos especialistas, sugeriram-se questões dissertativas.

11.1. CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO DE ESPECIALISTAS CONSULTADOS

Acredita-se que, nesta etapa de avaliação do método, obteve-se uma excelente representatividade das principais áreas de conhecimento envolvidas na elaboração dos indicadores, bem como dos principais futuros usuários do método proposto. A abrangência e a reconhecida experiência no tema, do grupo de especialistas consultados, também são pontos a serem destacados, já que as críticas e as sugestões foram dadas por pessoas que ocupam cargo de chefia, de coordenação de equipe e de projetistas e orçamentistas da maior e mais produtiva companhia de desenvolvimento urbano do país.

No Gráfico 12, ilustra-se a distribuição dos 14 especialistas consultados conforme sua área de atuação.

Gráfico 12 – Distribuição dos especialistas em área de atuação

11.2. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

Após a apresentação teórica do método proposto, solicitou-se ao especialista que fizesse um exercício (APÊNDICE I), a fim de se testar a sua compreensão a respeito de cada indicador e fator apresentado e obter uma avaliação mais objetiva a respeito do método ser:

- de fácil entendimento; e
- rápido de ser aplicado.

No Gráfico 13 e no Gráfico 14, ilustram-se as distribuições das respostas dos especialistas.

Gráfico 13 – Resultados da avaliação, pelos especialistas, do método proposto quanto a ser de fácil entendimento

Gráfico 14 - Resultados da avaliação, pelos especialistas, do método proposto quanto a ser rápido de ser aplicado

A seguir, resumidamente, citam-se as respostas declaradas pelos especialistas para as questões dissertativas aplicadas:

- justificativas para as respostas positivas:
 - ✓ as fórmulas e os indicadores pré-estabelecidos facilitam o entendimento e tornam o processo de análise da pré-viabilidade mais rápido;
 - ✓ os indicadores tornam a avaliação mais conservadora e realista;
 - ✓ está bem claro como o método foi elaborado (premissas adotadas, delimitação, informações usadas);

- ✓ os fatores que influenciam os indicadores e os próprios indicadores foram bem escolhidos e selecionados; somente em relação às árvores deveriam ser contempladas também as das áreas de lazer;
- ✓ o método é bastante objetivo.
- justificativas para as respostas negativas:
 - ✓ necessidade de um certo treinamento (simulação) para se entender bem todas as variáveis envolvidas no método e garantir sua eficaz aplicação;
 - ✓ necessidade de conhecimento técnico e experiência na aplicação das variáveis em projeto para se escolher qual valor utilizar (mínimo, mediano ou máximo) para os indicadores propostos;
 - ✓ necessidade de conhecimentos sobre o terreno e seu entorno;
 - ✓ são muitas variáveis e ainda necessitaria de mais.
- comentários gerais sobre o método proposto:
 - ✓ o método é muito bom para nortear o processo dos projetos e seus custos, possibilitando a elaboração de conjuntos habitacionais mais econômicos.
- sugestões para melhoria do método proposto, bem como para a continuidade de outros trabalhos a serem originados deste:
 - ✓ melhoria da organização/apresentação dos parâmetros assumidos ao longo da aplicação do método de forma a torná-los mais claros;
 - ✓ ampliação da amostragem de forma a englobar outros promotores habitacionais (COHAB e empresas privadas);
 - ✓ inclusão de indicadores que considerem exterioridades (acessos, obras de arte, extensões de redes, viário do entorno);
 - ✓ inclusão de indicadores de tipos de pavimento, contenções, tratamento e elevatória de esgoto (E.T.E e E.E.E);
 - ✓ ampliação do método para tipologias multi-familiares;
 - ✓ desenvolvimento de software para agilizar a aplicação, como também para facilitar a inclusão e avaliação de outros indicadores e fatores;

- ✓ vinculação com as variáveis qualitativas do empreendimento, tais como questões ambientais;
- ✓ vinculação do método a um banco de dados (sistema de informação) para monitorar/ avaliar/rever, sistematicamente, os indicadores de forma a criar um instrumento de aprimoramento da tomada de decisão;
- ✓ conhecer/ focar no usuário do método;
- ✓ divulgação ampla do método para facilitar/agilizar seu uso/implantação.

12. EXPERIMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

12.1. ESTIMATIVA DOS CUSTOS OBTIDOS PELA APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO X ÍNDICE DE CUSTO PUBLICADO NA CONSTRUÇÃO MERCADO X ORÇAMENTO

Para exemplificar a estimativa do custo de urbanização da gleba obtida com a aplicação do método proposto, separou-se, aleatoriamente, um conjunto habitacional dentre os mais completos, em termos de serviços de urbanização executados, e que não fez parte da amostra usada na elaboração do método. Na Tabela 57, apresentam-se, de forma resumida, os resultados. Os custos unitários usados como referência foram fornecidos pela “Superintendência de Orçamento, Programação e Controle - Gerência de Orçamento de Obras” da CDHU para a data base de fevereiro de 2008.

Tabela 57 – Estimativa dos custos obtidos pela aplicação do método proposto

SERVIÇO	R\$ SERVIÇO	% R\$ SERVIÇO
PAVIMENTAÇÃO³⁰	-	-
TERRAPLENAGEM	411.328,26	43,19
GUIAS E SARJETAS	119.754,69	12,58
GALERIA PLUVIAL	-	-
REDE DE ESGOTO	223.925,33	23,51
REDE DE AGUA	81.396,84	8,55
ARBORIZAÇÃO VIARIO	20.572,71	2,16
PLANTIO DE GRAMA AREAS LAZER E INSTITUCIONAL	95.302,94	10,01
R\$ TOTAL	952.280,78	100,00

Para fins de comparação, faz-se uso, a seguir, do índice de custo publicado na revista técnica Construção Mercado de março de 2008 (Construção Mercado N° 80), a referência considerada mais completa, em termos dos itens que compõem a urbanização de uma gleba, e a mais divulgada no meio técnico para a estimativa do custo de urbanização. Na Tabela 58, explicita-se o resultado obtido da aplicação do índice.

³⁰ Não se tem a estimativa da pavimentação para este conjunto habitacional, pois foi uma opção do empreendimento não entregar as vias pavimentadas.

Tabela 58 - Estimativa obtida da aplicação do índice de custo publicado na Construção Mercado de março de 2008 (Construção Mercado Nº 80)

Estimativa da área útil³¹ (1000m²)	87,56
Custo de urbanização (R\$ por 1000m² de área útil)³²	42.038,10
Custo de urbanização (R\$ por 1000m² de área útil sem pavimentação e topografia)³³	30.921,94
R\$ TOTAL	2.707.370,46

Na Tabela 59 indica-se o custo da urbanização da gleba, para o conjunto habitacional teste, calculado a partir dos memoriais de projeto e dos custos unitários fornecidos pela “Superintendência de Orçamento Programação e Controle - Gerência de Orçamento de Obras” da CDHU (data base de fevereiro de 2008).

Tabela 59 – Custos obtidos a partir dos memoriais de projeto e dos custos unitários da CDHU

SERVIÇO	R\$ SERVIÇO	% R\$ SERVIÇO
PAVIMENTAÇÃO	-	-
TERRAPLENAGEM	438.970,00	42,43
GUIAS E SARJETAS	157.470,73	15,22
GALERIA PLUVIAL	-	-
REDE ESGOTO	221.753,98	21,43
REDE AGUA	99.510,88	9,62
PAISAGISMO	116.980,42	11,31
R\$ TOTAL	1.034.686,01	100,00

Na Tabela 60, apresenta-se o comparativo entre os resultados supracitados.

Tabela 60 – Comparativo entre o custo da urbanização do conjunto habitacional teste e as estimativas do método proposto e da Construção Mercado Nº 80

	Custo do Conjunto Habitacional Teste	Estimativa do Método Proposto	Estimativa da Construção Mercado
R\$	1.034.686,01	952.280,78	2.707.370,46
Diferença entre o custo orçado e o estimado (%)	-	7,96	161,66

³¹ A área útil (área habitacional) de referência, usada pelo método gerador do índice publicado na Construção Mercado, é de 65% da gleba bruta.

³² Mês e ano de referência: jan/08.

³³ Não se tem a estimativa da pavimentação para este conjunto habitacional, pois foi uma opção do empreendimento não entregar as vias pavimentadas. Como no orçamento da CDHU analisado para o conjunto teste não foi contemplado o serviço de topografia, exclui-se este item.

12.2. COMENTÁRIOS DOS RESULTADOS DO COMPARATIVO

Mesmo tomando-se o cuidado de excluir os itens não contemplados no orçamento do conjunto habitacional teste, a estimativa baseada no índice de custo de urbanização de gleba da Construção Mercado N° 80 apresentou um valor bem diferente (162%) do orçado.

A estimativa do método proposto neste trabalho apresentou valor bem mais coerente com o orçamento. A diferença de 8% para uma estimativa de pré-viabilidade, quando ainda se tem apenas informações básicas da gleba e do empreendimento, pode ser considerada bem razoável.

Apesar de se saber que outros testes deverão ser efetuados para uma perfeita validação do método, e que as sugestões e as críticas dos especialistas consultados deverão ser consideradas em seu aperfeiçoamento, acredita-se que os resultados já obtidos permitem considerá-lo validado do ponto de vista do objetivo a que ele se propôs.

13. CONCLUSÕES

Considerando a opinião dos especialistas consultados, bem como o teste realizado, conforme detalhado no Capítulo 11, pode-se afirmar que o trabalho atingiu o objetivo geral a que se propôs e, a seguir, ilustram-se alguns comentários sobre as possibilidades do uso de seus resultados.

Para a fase de pré-viabilidade, quando ainda não se têm informações detalhadas sobre o empreendimento, o método proposto mostra-se bastante útil ao se criarem parâmetros para discussões como a exemplificada a seguir: para um terreno com declividade variando entre 2,5 e 7,0%, na terraplenagem nas quadras, por exemplo, poderá haver uma variação de até, aproximadamente, seis vezes do volume de movimentação de terra (corte + aterro) dependendo da testada, da profundidade e da posição dos lotes a serem geradas pela concepção do parcelamento do solo (vide Tabela 13).

Os valores de referência gerados para cada indicador aqui proposto poderão subsidiar discussões sobre a concepção do desenho urbano, como, por exemplo, quando se responde a questões do tipo: ao se adotar um parcelamento do solo em que se favoreça a máxima compacidade e área média das quadras, pode-se obter a proporção de 1,0 metro de viário para 100m² de gleba aproveitável; em contrapartida, ao se favorecerem os valores mínimos obtidos para estes indicadores (compacidade e área média), tem-se a necessidade de um comprimento de viário três vezes maior (resultados do uso da Tabela 8 e da Tabela 9).

Tanto no planejamento urbano quanto nos programas habitacionais, os indicadores poderão ser usados para nortear a elaboração de diretrizes e parâmetros que auxiliem o desenvolvimento de novas áreas habitacionais mais econômicas do ponto de vista da urbanização, ao se indicarem, por exemplo, as demandas mínimas, medianas e máximas de redes de drenagem, água e esgoto para os relevos, tipos de rede e desenhos urbanos aqui analisados; ou na discussão dos impactos gerados pelos padrões urbanísticos induzidos pela legislação, normas e diretrizes vigentes.

Quanto às perspectivas de futuros trabalhos a serem gerados a partir deste, pode-se comentar que são inúmeras, das quais citam-se:

14. APÊNDICE A

(DETALHALHAMENTO DOS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE CUSTO E DE AVALIAÇÃO DE DESENHO URBANO ESTUDADOS)

14.1. MÉTODO USADO PARA O CÁLCULO DOS ÍNDICES DE CUSTO DE URBANIZAÇÃO PUBLICADOS NA REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO (PINI)

Os índices de custo para urbanização de uma gleba publicados na Revista Construção Mercado – PINI são baseados em modelos propostos por Canteiro (1981).

Para a determinação das quantidades de serviços por módulo (1.000m^2 de área útil que se refere a área de lotes), Canteiro (1981) adota uma gleba básica de 10.000m^2 , a partir da qual gera um parcelamento básico para casas térreas (Figura 8 – item 3.1 desta tese) e um para edifícios (Figura 9). As áreas utilizadas como base de cálculo, levando-se em conta estas duas alternativas, foram as seguintes:

- 1 quadra de $100\text{m} \times 100\text{m}$ (10.000 m^2) para os cálculos em edifícios (Figura 9);
- 2 quadras de 4.500m^2 ($45\text{m} \times 100\text{m}$) cada uma, separadas por uma rua de 1.000 m^2 ($10\text{m} \times 100\text{m}$) e divididas em lotes correspondentes a cada casa térrea (Figura 8).

Em seguida, detalha-se a quantificação de cada serviço analisado.

14.1.1. Serviços de topografia

Para o cálculo dos custos referentes aos serviços de topografia são considerados os seguintes itens:

- a. levantamento planialtimétrico, da gleba bruta, com desenho das curvas de nível de metro em metro. O serviço inclui a implantação de marcos de concreto na proporção necessária ao apoio de serviços futuros.
- b. projeto gráfico para a aprovação, inclusive perfis de rua.
- c. providências para aprovação - repartições públicas (Prefeitura, Cetesb e outros).
- d. projeto analítico (planta técnica) para execução, compreendendo cálculo de coordenadas (vértice de quadra), áreas dos lotes e outros.

Os custos unitários dos serviços supracitados são vinculados ao m^2 da área em questão; assim, para se ter o custo do módulo ($1.000m^2$), basta multiplicar a soma desses custos unitários por 1.000.

- e. locação dos eixos de rua, com piquetes de 20 em 20 metros.

O custo unitário desse serviço é vinculado ao comprimento da rua:

$$\frac{R\$}{\text{comprimento de rua (m)}}$$

- e.1. subdivisão de quadras para edifícios (usando critérios da COGEP - Coordenadoria Geral de Planejamento da Cidade de São Paulo³⁴)

- área útil = $100 \times 100 = 10.000m^2$
- comprimento de rua³⁵ = $110 + 110 = 220m$

$$\bullet \text{ Custo}/m^2 = \frac{220m \times \text{custo unitário do serviço} \left(\frac{R\$}{m} \right)}{10.000m^2} = \frac{R\$}{m^2 \text{ de área útil}}$$

- e.2. subdivisão de quadras para casas térreas (usando critérios da COGEP)

- área útil = $2 \times 45 \times 100 = 9.000m^2$
- comprimento de rua³⁶ = $2 (110 + 55) = 330$

$$\bullet \text{ custo}/m^2 = \frac{330 m \times \text{custo unitário do serviço}}{9.000 m^2} = \frac{R\$}{m^2 \text{ de área útil}}$$

- e.3. custo médio da subdivisão de quadras para um módulo de $1000m^2$ (média entre os resultados obtidos para os edifícios e as casas):

- custo módulo = $[(e.1 + e.2)/2] \times 1000$

³⁴ Atual SEMPLA – Secretaria Municipal de Planejamento Urbano

³⁵ Canteiro (1981) parece considerar que esses custos são divididos com as quadras vizinhas, pois o comprimento de vias calculado (220m) é a metade da soma do comprimento de todas as vias que circundam a quadra em questão.

³⁶ Como no caso anterior, Canteiro (1981) considera que esses custos são divididos com as quadras vizinhas.

f. locação de lotes (no caso de casas, o custo unitário desse serviço é vinculado ao lote) : $\frac{R\$}{lote}$

$$\bullet \text{ custo módulo} = 1000 \times \frac{\text{quantidade de lotes} \times \text{custo unitário de locação}}{m^2 \text{ de área útil}}$$

g. administração (5%)

Assim, para um módulo de 1000m², os custos com os serviços de topografia são expressos por:

$$\frac{R\$ \text{ serviço topografia}}{\text{módulo}} = 1,05 \times (a + b + c + d + e.3 + f)$$

14.1.2. Terraplenagem

Para o cálculo dos custos referentes aos serviços de terraplenagem são considerados os seguintes itens:

a. serviços de limpeza do terreno retirando a vegetação existente, inclusive troncos até 5 cm de diâmetro, e removendo os detritos e obstáculos encontrados no local.

O custo unitário desse serviço é vinculado à área de limpeza:

$$\frac{R\$}{m^2 \text{ de área a ser terraplenada}}$$

a.1. áreas de ruas³⁷ = 0,20 Ax

a.2. área útil = 0,65 Ax

onde Ax é a área sujeita ao parcelamento do solo.

Como Canteiro (1981), no seu trabalho, está preocupado com os ônus para tornar comercializáveis os lotes e não com a implantação da habitação, ele considera apenas

³⁷ Canteiro (1981), para o cálculo dessas áreas, baseia-se na Lei Federal 6766 de 19 de dezembro de 1979. Conforme já discutido no capítulo 2, esta lei dispunha que a percentagem de áreas públicas (áreas destinadas ao sistema de circulação, à implantação de equipamentos urbano e comunitário e aos espaços livres de uso público) não poderia ser inferior a 35% da gleba. Tal autor, ao adotar o índice de 0,20 para o cálculo das vias, considera, para esta área, o percentual geralmente estipulado em legislações municipais de parcelamento e uso do solo. Na Lei de Ehis do Município de São Paulo, como citado também no capítulo 2, estipula-se que: “devem ser destinados, no mínimo, 20% da área total objeto do projeto para o sistema viário. Quando a área destinada ao sistema viário não atingir a taxa estipulada, a diferença deve ser destinada a áreas verdes, atendidas as condições apresentadas por lei para essas áreas”. Deste modo, descontando-se do total os 35% supracitados, sobram 65% a serem destinados à área útil.

a terraplenagem nas vias. Assim, para um módulo de 1000m², os custos com os serviços de limpeza são expressos por:

$$\frac{R\$ \text{ limpeza}}{\text{modulo}} = \frac{1000}{\text{área útil}} \times \text{custo unitário limpeza} \times \text{área de ruas}$$

b. serviços de corte e aterro dentro da obra com maquinário.

O custo unitário desse serviço é vinculado ao volume a ser terraplenado:

$$\frac{R\$}{m^3 \text{ a ser terraplenado}}$$

b.1. leve= até 0,20 m³/m² de rua

custo do serviço no módulo = 1000 x 0,20 x custo unitário terraplenagem x a.1/a.2

b.2. médio: até 1,00 m³/m² de rua;

custo do serviço no módulo= 1000 x 1,00 x custo unitário terraplenagem x a.1/a.2

b.3. pesado: acima de 1,00 m³/m² de rua, onde, para fins de cálculo do custo se adotam 3,00m³/m².

custo do serviço no módulo= 1000 x 3,00 x a.1/a.2

c. administração geral (5%)

Assim,

- para o caso de terraplenagem leve o ônus sobre 1000m² de lote é:

$$\frac{R\$ \text{ terraplenagem}}{\text{modulo}} (\text{Leve}) = 1,05 \times (a + b.1)$$

- para o caso de terraplenagem médio o ônus sobre 1000m² de lote é:

$$\frac{R\$ \text{ terraplenagem}}{\text{modulo}} (\text{Médio}) = 1,05 \times (a + b.2)$$

- para o caso de terraplenagem pesado o ônus sobre 1000m² de lote é:

$$\frac{R\$ \text{ terraplenagem}}{\text{modulo}} (\text{Pesado}) = 1,05 \times (a + b.3)$$

14.1.3. Drenagem de águas pluviais (galerias)

- Para o caso de edifício, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = L_1 + L_2 = 110\text{m}$$

Acredita-se que Canteiro tenha se baseado no esquema ilustrado na Figura 34 para a determinação do comprimento de rede supracitado. Neste esquema apenas metade dos trechos de galeria necessários foi considerada, pois se assume que seus custos são divididos com as outras glebas que usufruem dos mesmos trechos

Figura 34 - Ilustração da rede de galerias pluviais para o caso de edifícios (nota da autora).

- Para o caso de casas, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = 2L_1 + 2L_2 = 220\text{m}$$

Acredita-se que Canteiro tenha se baseado no esquema ilustrado na Figura 35 para o comprimento de rede supracitado. Neste caso, considera-se que apenas os trechos de galeria externos à gleba analisada são divididos pela metade, seguindo as mesmas considerações colocadas para o caso dos edifícios.

Figura 35 - Ilustração da rede de galerias pluviais para o caso das casas térreas (nota da autora).

As quantidades consideradas para 100m de rede são:

- a. escavação em terreno de consistência média (1,50m × 1,00m × 100 m)

$$\frac{R\$ \text{ escavação}}{100m \text{ de rede de drenagem}} = 150m^3 \times \text{custo unitário escavação}$$

- b. fornecimento e assentamento de tubos ϕ 0,60cm

$$\frac{R\$ \text{ tubulação}}{100m \text{ de rede de drenagem}} = 100m \times \text{custo unitário fornecimento e assentamento de tubos}$$

- c. boca de lobo com grade (a cada 100m)

$$\frac{R\$ \text{ boca - de - lobo}}{100m \text{ de rede de drenagem}} = 1 \times \text{custo unitário boca de lobo}$$

- d. poço de visita (a cada 100m)

$$\frac{R\$ \text{ poço de visita}}{100m \text{ de rede de drenagem}} = 1 \times \text{custo unitário PV}$$

e. remoção da terra excedente³⁸

$$\frac{R\$ \text{ remoção}}{100m \text{ de rede de drenagem}} = 60m^3 \times \text{custo unitário remoção}$$

f. assim, o custo primário por metro é:

$$\text{Custo primário} = (a+b+c+d+e)/100$$

$$g. \text{ edifícios} = \frac{110m \times \text{custo primário}}{10.000m^2} \times 1000m$$

$$h. \text{ casas} = \frac{220 \times \text{custo primário}}{9.000m^2} \times 1000m$$

i. projeto (3%)

j. administração geral (5%)

$$\frac{R\$ \text{ rede de drenagem}}{\text{módulo}} = [(g + h)/2] \times 1,03 \times 1,05$$

14.1.4. Drenagem de águas pluviais (guias e sarjetas)

- Para o caso de edifício, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = 4L_1 + 8L_3 = 412m$$

Onde L_3 é a largura do passeio = 1,50m

A Figura 36 ilustra as dimensões supracitadas.

- Para o caso de casas, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = 4L_1 + 4L_4 + 16L_3 = 604m$$

Onde L_4 = menor dimensão da quadra = 45m

A Figura 37 ilustra as dimensões supracitadas.

³⁸ Referente ao volume do tubo + envolvimento + base.

Figura 36 - Ilustração da rede de drenagem (guias e sarjetas) para o caso dos edifícios (nota da autora)

- a. guias de concreto retas pré-moldadas: $\frac{R\$ \text{ de guias}}{m}$
- b. sarjetas de concreto fundidas no local: $\frac{R\$ \text{ de sarjeta}}{m}$
- c. assim, o custo primário por metro é:
- custo primário = a + b

Figura 37 – Ilustração da rede de drenagem (guias e sarjetas) para o caso das casas térreas (nota da autora)

$$\text{d. edifícios} = \frac{412m \times \text{custo primário}}{10.000m^2} \times 1000m$$

$$\text{e. casas} = \frac{604 \times \text{custo primário}}{9.000m^2} \times 1000m$$

f. projeto (3%)

g. administração geral (5%)

$$\frac{R\$ \text{ rede de drenagem superficial}}{\text{módulo}} = [(d + e)/2] \times 1,03 \times 1,05$$

14.1.5. Pavimentação

- Para o caso de edifício, considera-se que:

os custos de pavimentação sejam divididos com as glebas vizinhas e a área a pavimentar pode ser ilustrada pela Figura 38 e expressa por:

$$\text{área a pavimentar} = 4L_1L_2/2 + 4(L_2/2)^2 = 2L_1L_2 + L_2^2$$

Figura 38 – Ilustração da área de pavimentação para o caso de edifícios (nota da autora).

Considerando apenas a faixa carroçável ($10\text{m} - 2 \times 1,50\text{m} = 7\text{m}$) e descontando a largura ocupada pelas sarjetas ($2 \times 0,45 = 0,90$), a área a pavimentar passa a ser³⁹:

$$\text{área (real) a pavimentar} = \frac{6,10}{10,00} (2 \times 100 \times 10 + 10^2) = 1281\text{m}^2$$

- Para o caso de casas, considera-se que:

os custos de pavimentação sejam divididos com as glebas vizinhas e a área a pavimentar pode ser ilustrada pela Figura 39 e expressa por:

³⁹ Canteiro parece ter calculado a área final a ser pavimentada (descontadas as calçadas e sarjetas) através de uma regra de três.

$$\text{área a pavimentar} = 4 L_1 L_2/2 + L_1 L_2 + 4(L_2/2)^2 = 3 L_1 L_2 + L_2^2$$

Figura 39 – Ilustração da área de pavimentação considerada para o caso de casas (nota da autora).

Considerando apenas a faixa carroçável ($10\text{m} - 2 \times 1,50\text{m} = 7\text{m}$) e descontando a largura ocupada pelas sarjetas ($2 \times 0,45 = 0,90$), a área a pavimentar passa a ser:

$$\text{área (real) a pavimentar} = \frac{6,10}{10,00} (3 \times 100 \times 10 + 10^2) = 1891\text{m}^2$$

a. pavimentação asfáltica (inclusive transporte do maquinário)

a.1.1. sub-base até 0,40m, inclusive escavação, transporte e aterro= $\frac{R\$}{m^2}$

a.1.2. base de macadame hidráulico (espessura de 10 cm)= $\frac{R\$}{m^2}$

a.1.3. capa em concreto asfáltico (espessura de 4 cm)= $\frac{R\$}{m^2}$

$$\frac{R\$ \text{ pavimentação}}{m^2} = a.1.1 + a.1.2 + a.1.3$$

$$\text{b. edifícios} = \frac{1281 \times \left(\frac{\text{R\$ pavimentação}}{m^2} \right)}{10.000m^2} \times 1000m$$

$$\text{c. casas} = \frac{1891 \times \left(\frac{\text{R\$ pavimentação}}{m^2} \right)}{9.000m^2} \times 1000m$$

d. administração Geral (5%)

$$\frac{\text{R\$ pavimentação}}{\text{módulo}} = [(b + c)/2] \times 1,05$$

14.1.6. Iluminação pública

- Para o caso de edifício, considera-se:

Assumindo que os custos com iluminação pública sejam divididos com as glebas vizinhas, pode-se considerar, para efeito do cálculo do comprimento, apenas metade da rede necessária para a iluminação de toda a gleba (como ilustrado na Figura 40). Assim:

$$\text{comprimento de rede} = 2L_1 + 4L_2/2 = 220m$$

- Para o caso de casas, considera-se:

Como no caso dos edifícios, admitindo que os custos com iluminação sejam divididos com as glebas vizinhas, pode-se considerar, para efeito do cálculo do comprimento, apenas metade dos trechos externos à área considerada. Assim, o comprimento de rede pode ser ilustrado pela Figura 41 e expresso por:

$$\text{comprimento de rede} = 3L_1 + 6L_2/2 = 330m$$

$$\text{a. edifícios} = \frac{220m \times \text{custo unitário rede iluminação}}{10.000m^2} \times 1000m$$

$$\text{b. casas} = \frac{330m \times \text{custo unitário rede iluminação}}{9.000m^2} \times 1000m$$

c. projeto (3%)

d. administração Geral (5%)

$$\frac{\text{R\$ rede iluminação}}{\text{módulo}} = (a + b)/2 \times 1,03 \times 1,05$$

Figura 40 – Ilustração da rede de iluminação pública para o caso dos edifícios (nota da autora)

Figura 41 - Ilustração da rede de iluminação pública para o caso das casas (nota da autora)

14.1.7. Rede pública de água

- Para o caso de edifício, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = 4L_1 + \frac{4L_2}{2} = 420\text{m}$$

- Para o caso de casas, considera-se:

$$\text{comprimento de rede} = 5L_1 + 6\frac{L_2}{2} = 530\text{m}$$

Os comprimentos supracitados sugerem que os custos referentes aos trechos externos à gleba estudada não sejam divididos com as glebas vizinhas. Tal postura difere daquela adotada pelo autor - Canteiro (1981), para as outras redes apresentadas anteriormente e parece ser incongruente com as considerações adotadas até aqui.

Dando prosseguimento a descrição das composições adotadas por Canteiro (1981), que se baseou nas quantidades da composição COGEP para 1 km de rede de distribuição de água, os seguintes ônus foram previstos para tal rede:

- a. escavação em terreno de consistência média ($1,00\text{m} \times 0,50\text{m} \times 1.000\text{m}$), sendo que o serviço inclui reposição da terra:

$$\frac{R\$ \text{ escavação}}{\text{km de rede de água}} = 500\text{m}^3 \times \text{custo unitário escavação}$$

- b. tubulação PVC rígido $\phi 3''$:

$$\frac{R\$ \text{ tubulação}}{\text{km de rede de água}} = 1000\text{m} \times \text{custo unitário tubulação de } 3''$$

- c. registros (a cada 200m):

$$\frac{R\$ \text{ registros}}{\text{km de rede de água}} = 5\text{unid} \times \text{custo unitário registro}$$

- d. remoção da terra excedente⁴⁰:

⁴⁰ Referente ao volume do tubo + envolvimento + base.

$$\frac{R\$ \text{ remoção}}{\text{km de rede de água}} = 100\text{m}^3 \times \text{custo unitário remoção}$$

- e. assim, o custo primário por metro é:

$$\text{custo primário} = (a+b+c+d)/1000$$

$$\text{f. edifícios} = \frac{420\text{m} \times \text{custo primário}}{10.000\text{m}^2} \times 1000\text{m}$$

$$\text{g. casas} = \frac{530 \times \text{custo primário}}{9.000\text{m}^2} \times 1000\text{m}$$

- h. projeto (3%)

- i. administração geral (5%)

$$\frac{R\$ \text{ rede de água}}{\text{módulo}} = [(f+g)/2] \times 1,03 \times 1,05$$

14.1.8. Rede pública de esgoto

- Para o caso de edifício, considera-se:

$$\text{Comprimento de rede} = 4L_1 + \frac{4L_2}{2} = 420\text{m}$$

- Para o caso de casas, considera-se:

$$\text{Comprimento de rede} = 5L_1 + 6\frac{L_2}{2} = 530\text{m}$$

Semelhantemente ao caso da rede de água, para os comprimentos supracitados, Canteiro parece não considerar que os custos referentes aos trechos externos à gleba estudada sejam divididos com as glebas vizinhas. Tal postura difere daquela adotada pelo autor para as outras redes apresentadas anteriormente.

Nesta etapa, Canteiro (1981) considera os seguintes ônus previstos para 100m de rede de coleta de esgoto:

- a. escavação em terreno de consistência média (1,50m × 1,00m × 100 m).

$$\frac{R\$ \text{ escavação}}{100\text{m de rede de esgoto}} = 150\text{m}^3 \times \text{custo unitário escavação}$$

- b. tubo cerâmico (200mm)

$$\frac{R\$ \text{ tubulação}}{100m \text{ de rede de esgoto}} = 100m \times \text{custo unitário tubulação de 200mm}$$

- c. poço de visita (a cada 50m)

$$\frac{R\$ PV}{100m \text{ de rede de esgoto}} = 2\text{unid} \times \text{custo unitário PV}$$

- d. remoção da terra excedente⁴¹

$$\frac{R\$ \text{ remoção}}{100m \text{ de rede de esgoto}} = 60m^3 \times \text{custo unitário remoção}$$

- e. assim, o custo primário por metro é:

$$\text{Custo primário} = (a+b+c+d)/100$$

$$f. \text{ edifícios} = \frac{420m \times \text{custo primário}}{10.000m^2} \times 1000m$$

$$g. \text{ casas} = \frac{530 \times \text{custo primário}}{9.000m^2} \times 1000m$$

- h. projeto..... 3%

- i. administração geral5%

$$\frac{R\$ \text{ rede de esgoto}}{\text{módulo}} = [(f+g)/2] \times 1,03 \times 1,05$$

14.2. MÉTODO USADO PELA CDHU

Para a elaboração do estudo de pré-viabilidade técnico-econômica indicado pela CDHU, são necessárias informações sobre:

- área total a receber a intervenção (área bruta da gleba);
- estudo de declividade do terreno (declividade média, percentuais para cada faixa de declividade etc)

⁴¹ Referente ao volume do tubo + envolvimento + base.

- localização e tamanho das áreas “non-aedificandi”.

Tendo-se essas informações, parte-se para o cálculo da área ocupável do empreendimento e do potencial de ocupação.

14.2.1. Cálculo da área ocupável

Entende-se por área ocupável aquela apta a receber todos os usos pretendidos (área livre de quaisquer comprometimentos).

Exemplo:

- superfície total do terreno = 15.000m²
- “área non aedificandi” = 2.000m²
- porção com vegetação significativa⁴² = 2.500m²
- declividade do terreno superior a 25%⁴³ = 1.000m²
- **ÁREA OCUPÁVEL** = 9.500m²

14.2.2. Cálculo do potencial de ocupação

Para o cálculo do potencial de ocupação (número de unidades habitacionais previsto para uma certa área) são utilizados índices urbanísticos (cota líquida de terreno para cada unidade habitacional) tabelados em função das tipologias habitacionais padrões da CDHU, das faixas de declividade do terreno e do tipo do conjunto habitacional (condomínio ou parcelamento).

14.2.2.1. Cálculo do potencial de ocupação para condomínios

Quando da análise de condomínios basta a operação matemática:

$$\text{Potencial de ocupação} = \frac{\text{área ocupável}}{\text{índice urbanístico}}$$

Equação 34

⁴² Vide recomendações da CDHU descritas no item 2.7

⁴³ Idem.

A **ocupação condominial** não prevê a disponibilização de áreas públicas, ou seja, não são consideradas a destinação de áreas para sistema viário, uso verde/lazer e institucional.

Nesses casos, para a obtenção do potencial de ocupação, são utilizados os índices urbanísticos indicados na Tabela 61, incidindo na superfície ocupável do terreno. Como tais valores fazem parte de materiais internos da CDHU, não sendo divulgados ao público, eles foram substituídos pela letra I seguida por índice numérico, a fim de indicar sua sequência e ilustrar a organização adotada.

Tabela 61 – Índice de ocupação

<i>Tipologia</i>	<i>Declividade</i>				
	<i>0 – 5 %</i>	<i>> 5 – 10%</i>	<i>> 10 – 14%</i>	<i>>14 – 18%</i>	<i>>18 – 20%</i>
<i>Edifício 4 pavimentos sem pilotis</i>	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
<i>Edifício 4 pavimentos sobre pilotis</i>	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀
<i>Edifício 5 pavimentos sem pilotis</i>	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅
<i>Sobrado em renque</i>		I ₁₆			
<i>Lote/ unidade geminada</i>		I ₁₇			
<i>Lote/ unidade isolada</i>		I ₁₈			

Obs. para declividades maiores que 14% não foram indicados os índices de ocupação para as tipologias horizontais.

Exemplo:

- **ÁREA OCUPÁVEL** = 9.500m²
- declividade média do terreno = 8%
- índice cota parte líquida/uso habitacional (lote - unidade isolada) = I₁₈
- Com I₁₈ igual a 200 m² /UH, tem-se:
- **POTENCIAL DE OCUPAÇÃO** = 9.500m²/200m²/UH = 47UH (lotes)

14.2.2.2. Cálculo do potencial de ocupação para parcelamento do solo

Quando do parcelamento do solo, é preciso definir as áreas públicas e privadas.

a) Cálculo das áreas públicas

Para a **estimativa da área de viário**, usa-se um percentual médio obtido dos projetos analisados pela CDHU e tabelados em função da tipologia habitacional a ser implantada (Tabela 62).

Área viário = área ocupável x percentual de viário para a tipologia

Equação 35

Tabela 62 – Percentual de área de viário sobre a área ocupável do terreno

Tipologia	Edifício	Lote
Percentual (%)	I ₁₉	I ₂₀

Exemplo:

- tipo de ocupação = parcelamento com destinação de áreas públicas
- tipologia = edifício de 4 pavimentos sem pilotis
- percentual de viário = I₁₉

Com I₁₉ igual a 15%, tem-se:

- área ocupável = 9.500m²
- **ÁREA DE VIÁRIO** = 9.500m² x 15% = 1.425m²

Para a **estimativa da área verde e de lazer**, adota-se o índice fixo de 10% sobre a área bruta da gleba (este índice é o geralmente estipulado pelas legislações de uso e ocupação do solo).

Área verde - lazer = área bruta x 10%

Equação 36

Exemplo:

- superfície total do terreno = 15.000m²
- **ÁREA VERDE** = 15.000m² x 10% = 1.500m²

Para a **estimativa da área institucional**, em terrenos com superfície de até 15.000m², são aplicados os seguintes índices:

- tipologia vertical = 10%
- tipologia horizontal adensada (sobrado em renque, casa sobreposta etc.) = 8%
- tipologia horizontal não-adensada (unidade habitacional isolada, geminada etc.) = 5%

Área institucional = área bruta x índice fixo para a tipologia

Equação 37

Considera-se que o valor obtido deverá recair sobre a área ocupável do empreendimento (*ou seja, o cálculo da área a ser destinada para uso institucional considera a aplicação do índice sobre a área bruta, mas a área institucional resultante faz parte da área ocupável do terreno* - nota da autora).

Exemplo:

- tipologia = edifício 4 pavimentos
- percentual de uso institucional = 10%
- **ÁREA INSTITUCIONAL** = $15.000\text{m}^2 \times 10\% = 1.500\text{m}^2$

Em terrenos com superfície superior a 15.000m^2 , faz-se necessária a apreciação e orientação da SP/GCAP – Coordenadoria de Avaliação de Projetos, tendo em vista a necessidade de aplicação de metodologia específica.

b) Cálculo das áreas privadas

A **estimativa das áreas comerciais e de outros usos** depende de análise caso a caso. A reserva de terreno para uso comercial costuma ser aplicada só para áreas de grandes proporções e/ou situadas em locais com condição precária de atendimento por serviços, comércio, equipamentos públicos.

A **estimativa da área líquida habitacional** corresponde à superfície do terreno ocupável, já descontados os demais usos.

$$\text{Área líquida hab} = \text{área ocupável} - \text{área de viário} - \text{área institucional} - \text{área verde} - \text{outros}$$

Equação 38

Exemplo:

- superfície total ocupável = 9.500m^2
- área de viário = 1.425m^2
- área institucional = 1.500m^2
- área verde de lazer = 1.500m^2
- **ÁREA LÍQUIDA HABITACIONAL** = 5.075m^2 .

Finalmente, o potencial de ocupação é resultado da aplicação do índice de ocupação, tabelado em função das tipologias e das inclinações do terreno (Tabela 61), incidindo na área líquida habitacional:

$$\text{Número de unidades previstas} = \frac{\text{área líquida habitacional}}{\text{índice de ocupação}}$$

Equação 39

Para o caso das casas, o potencial de ocupação é o valor obtido da Equação 39. Já para os edifícios, é preciso verificar se o número de unidades habitacionais é coerente com a tipologia do edifício, complementando com análise exemplificada a seguir:

- tipologia edifício 4 pavimentos sem pilotis e declividade média do terreno entre 5 e 10%, índice de ocupação = $I_2 \text{ m}^2/\text{UH}$
- unidades habitacionais previstas para uma área líquida habitacional de 5.075 m^2 e com I_2 igual a $60 \text{ m}^2/\text{UH}$, tem-se: $5.075 / 60 = 86$ unidades
- unidades habitacionais por edifício de 4 andares = 16 unidades
- número de edifícios = $86 \text{ UH} / 16 \text{ UH/edifício} = 5,4 \Rightarrow 5$ edifícios
- **POTENCIAL DE OCUPAÇÃO = 5 edifícios x 16 unidades = 80 Unidades habitacionais**

Para a **estimativa da área de estacionamento** são considerados índices de área de pavimentação por unidade habitacional tabelados em função da tipologia do edifício (Tabela 63).

Tabela 63 – Índice de estacionamento

Tipologia	Índice pavimentação estacionamento
Edifício sem pilotis	$I_{19} \text{ m}^2/\text{UH}$
Edifício sobre pilotis	$I_{20} \text{ m}^2/\text{UH}$

Destaca-se que essa área para os edifícios sem pilotis corresponde à das vagas e acessos, enquanto que para os edifícios sobre pilotis, corresponde apenas aos acessos. A seguir, destaca-se a fórmula para a estimativa da área de estacionamento, usando-se os índices da Tabela 63 e o potencial de ocupação calculado.

$$\text{Área de estacionamento} = \text{potencial de ocupação} \times \text{índice de estacionamento da tipologia}$$

Equação 40

Exemplo:

- potencial de ocupação = 80UH
- índice edifício 4 pavimentos sem pilotis = I_{19}

Com $I_{19} = 12 \text{ m}^2/\text{UH}$, tem-se:

- **ÁREA ESTACIONAMENTO** = $80\text{UH} \times 12\text{m}^2/\text{UH} = 960\text{m}^2$

Após as estimativas de cada área, parte-se para estimativa das quantidades das obras de urbanização, conforme explicitado a seguir.

14.2.3. Estimativa do volume de terraplenagem

- **Limpeza de terreno:** incide na totalidade da área onde estão previstos os usos viário e habitacional (área de viário + área líquida habitacional)

Exemplo:

- área de viário = $1.425,00\text{m}^2$
- área habitacional = $5.075,00\text{m}^2$
- **ÁREA LIMPEZA** = $(1.425,00\text{m}^2 + 5.075,00 \text{ m}^2) = 7.500,00\text{m}^2$

- **Corte**

- **Volume de corte no sistema viário:** o índice referente ao corte no sistema viário é aplicado ao comprimento (metragem linear) estimado de vias. Para estabelecer o comprimento de vias, aplica-se um índice fixo à superfície total de viário.

Onde:

- índice fixo⁴⁴ = $0,09 \text{ m/m}^2$ de viário;
- índice tabelado = índice de quantitativo de corte relacionado com a declividade média do terreno (Tabela 64).

⁴⁴ Este índice fixo foi obtido, provavelmente, da média dos projetos estudados pela empresa. Tal informação será verificada em futuras entrevistas.

Tabela 64 – Índice quantitativo de corte

Área de intervenção		Unidade	Declividade (%)								
			1	2	3	4	...	17	18	19	20
Viário		m³/ml	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	...	I ₃₇	I ₃₈	I ₃₉	I ₄₀
Habitacional lote		m³/ m²	I ₄₁	I ₄₂	I ₄₃	I ₄₄	...	I ₅₇	I ₅₈	I ₅₉	I ₆₀
Habitacional Edifício		m³/ patamar	I ₆₁	I ₆₂	I ₆₃	I ₆₄	...	I ₇₇	I ₇₈	I ₇₉	I ₈₀
Estacionamento de edifício sem pilotis		m³/ml	I ₈₁	I ₈₂	I ₃₃	I ₈₄	...	I ₉₇	I ₉₈	I ₉₉	I ₁₀₀
Estacionamento de edifício sobre pilotis		m³/ml	I ₁₀₁	I ₁₀₂	I ₁₀₃	I ₁₀₄	...	I ₁₁₇	I ₁₁₈	I ₁₁₉	I ₁₂₀

Exemplo:

- área de viário = 1.425,00m²
- **COMPRIMENTO TOTAL DO VIÁRIO**= 1.425,00m² X 0,09m/m²
= 128m
- declividade média do terreno = 8%
- índice corte para viário (Tabela 64)= I₂₈

Para I₂₈ = 1,80m³/m

- **VOLUME DE CORTE NO VIÁRIO**= (1,80m³/m x 128m) =
230,40m³

- **Volume de corte na área habitacional** = superfície habitacional total (ou patamares) x índice tabelado para corte

Cabe salientar que o índice tabelado para casas é dado em função da área do lote e, para os edifícios, em função do patamar de implantação de cada edifício. Neste caso, é preciso ter conhecimento do número estimado de blocos/edifícios, o qual já deverá estar identificado no estudo que define o potencial de ocupação.

Exemplo:

- número estimado de edifícios = 5

- declividade média do terreno = 8%
- índice corte para habitacional- edifícios (Tabela 64)= I_{68}

Para $I_{68} = 275 \text{ m}^3/\text{patamar}$ (bloco de 16UH)

- **VOLUME DE CORTE NA ÁREA HABITACIONAL=**
($275 \text{ m}^3/\text{patamar} \times 5 \text{ patamares}$) = $1.375,00 \text{ m}^3$

- **Volume de corte no estacionamento** = para áreas a serem ocupadas por tipologia verticalizada, faz-se necessário identificar os volumes de corte incidentes nas áreas de estacionamento.

Para o cálculo desse volume utiliza-se o índice específico para edifícios sem pilotis e edifícios sobre pilotis, o qual está em função do comprimento das vias (acesso).

Exemplo:

- área de estacionamento = $960,00 \text{ m}^2$
- **COMPRIMENTO TOTAL DO VIÁRIO (ACESSOS)=** $960 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ m/m}^2 = 86 \text{ m}$
- declividade média do terreno = 8%
- índice corte para estacionamento – edifícios sem pilotis (Tabela 64)= I_{88}

Para $I_{88} = 3,10 \text{ m}^3/\text{m}$

- **VOLUME DE CORTE NO ESTACIONAMENTO** = ($3,10 \text{ m}^3/\text{m} \times 86 \text{ m}$) = $266,60 \text{ m}^3$

Finalmente, o volume total de corte é dado por:

VOLUME DE CORTE = (volume de corte no viário + volume de corte na área habitacional + volume de corte no estacionamento)

Considerando os exemplos supracitados, tem-se que:

$$\text{VOLUME DE CORTE} = (230,40\text{m}^3 + 1.375,00\text{ m}^3 + 266,60\text{ m}^3) = 1.872,00\text{ m}^3$$

- **Aterro:** considera-se que o volume de aterro corresponda a 80% do volume de corte.

14.2.4. Estimativa de plantio de grama

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DE VIÁRIO** = índice tabelado para grama (Tabela 65) x comprimento das vias.

Tabela 65 – Índice quantitativo de plantio de grama

Decliv (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	...	18	19	20	25
Área intervenção													
Viário m ² /m	I ₁₂₀	I ₁₂₁	I ₁₂₂	I ₁₂₃	I ₁₂₄	I ₁₂₅	I ₁₂₆	I ₁₂₇	...	I ₁₃₇	I ₁₃₈	I ₁₃₉	I ₁₄₀
Habitacional lote m ² / UH	I ₁₄₁	I ₁₄₂	I ₁₄₃	I ₁₄₄	I ₁₄₅	I ₁₄₆	I ₁₄₇	I ₁₄₈	...	I ₁₅₈	I ₁₅₉	I ₁₆₀	I ₁₆₁
Habitacional Edifício m ² / patamar	I ₁₆₂	I ₁₆₃	I ₁₆₄	I ₁₆₅	I ₁₆₆	I ₁₆₇	I ₁₆₈	I ₁₆₉	...	I ₁₇₉	I ₁₈₀	I ₁₈₁	I ₁₈₂
Estacionamento de edifício sem pilotis m ² /m	I ₁₈₃	I ₁₈₄	I ₁₈₅	I ₁₈₆	I ₁₈₇	I ₁₈₈	I ₁₈₉	I ₁₉₀	...	I ₂₀₀	I ₂₀₁	I ₂₀₂	I ₂₀₃

Exemplo:

- área de viário = 1.425,00m²
- índice para a obtenção do comprimento estimado de vias = 0,09m/m²
- comprimento de vias = (1.425,00 m² x 0,09m/m²) = 128m
- declividade média do terreno = 8%
- índice plantio de grama no viário = I₁₂₇

Com I₁₂₇ = 3,68 m²/m, tem-se:

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DE VIÁRIO** = (3,68m²/m x 128m) = 471,04m²

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DOS LOTES** = número de lotes x índice tabelado para grama (Tabela 65)

Exemplo:

- declividade média do terreno = 8%

- índice plantio de grama na área dos lotes = I_{148}

Com $I_{148} = 23 \text{ m}^2/\text{UH}$, tem-se:

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DOS LOTES** = $(23\text{m}^2/\text{UH} \times \text{N}^\circ \text{ de lotes})$
- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DOS EDIFÍCIOS** = número de patamares x índice tabelado para grama (Tabela 65)

Exemplo:

- número de blocos/patamares = 5
- declividade média do terreno = 8%
- índice plantio de grama na área dos edifícios = I_{169}

Com $I_{169} = 205 \text{ m}^2/\text{patamar}$

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DOS EDIFÍCIOS** = $(205\text{m}^2/\text{patamar} \times 5) = 1.025,00\text{m}^2$

Quando o estudo prevê a utilização de tipologia vertical é preciso considerar o plantio de grama nas áreas de estacionamento, internas ao condomínio.

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DE ESTACIONAMENTO** = comprimento das vias de acesso x índice tabelado (Tabela 65).

Exemplo:

- área de estacionamento = $960,00\text{m}^2$
- índice para a obtenção do comprimento estimado de vias = $0,09\text{m}/\text{m}^2$
- comprimento de vias = $(960,00\text{m}^2 \times 0,09\text{m}/\text{m}^2) = 86\text{m}$
- declividade média do terreno = 8%
- índice plantio de grama no estacionamento = I_{190}

Com $I_{190} = 4,28 \text{ m}^2/\text{m}$, tem-se:

- **PLANTIO DE GRAMA NA ÁREA DE ESTACIONAMENTO** = $(4,28 \text{ m}^2/\text{m} \times 86) = 368,08\text{m}^2$

Finalmente, a área total de plantio de grama é:

TOTAL DE PLANTIO DE GRAMA = (plantio de grama na área de viário + plantio de grama na área habitacional + plantio de grama no estacionamento)

Para os exemplos supracitados, tem-se:

$$\text{TOTAL DE PLANTIO DE GRAMA} = (471,04 \text{ m}^2 + 1.025,00\text{m}^2 + 368,08\text{m}^2) = 1.864,12 \text{ m}^2$$

14.2.5. Estimativa de pavimentação

Para as tipologias habitacionais horizontais, a estimativa da área a ser pavimentada se dará da seguinte forma:

- **PAVIMENTAÇÃO DA ÁREA DE VIÁRIO** = área de viário x 60%

Quando o estudo prevê a utilização de tipologia vertical, no entanto, é preciso considerar a pavimentação das áreas de estacionamento, internas ao condomínio. Neste caso, a superfície de estacionamento corresponde a própria área a ser pavimentada.

- **PAVIMENTAÇÃO DO ESTACIONAMENTO** = área do estacionamento

Exemplo:

- tipologia habitacional = edifícios
- área de viário = $1.425,00\text{m}^2$
- área de estacionamento = 960 m^2
- **PAVIMENTAÇÃO** = $(1.425,00 \times 60\%) + 960,00 = 1.815,00 \text{ m}^2$

14.2.6. Estimativa de guias e sarjetas

Para a estimativa da quantidade de guias e sarjetas, faz-se uso de um índice fixo que relaciona esta quantidade à área de viário. Este mesmo índice é usado para a área de estacionamento.

Exemplo:

- índice de guias e sarjetas⁴⁵ = 0,18 m/m²
- área de viário = 1.425,00 m²
- área de estacionamento = 960,00 m²
- **GUIAS E SARJETAS** = (área de viário + área estacionamento) x 0,18 m/m² = (1.425,00 m² + 960,00 m²) x 0,18m/m² = 429m

14.2.7. Estimativa dos custos de urbanização

Sobre as quantidades calculadas nos itens anteriores, aplicam-se os respectivos custos unitários, que compõem um banco de dados atualizado mensalmente; já para a estimativa do custo da rede de drenagem pública, considera-se que os custos relativos às guias e sarjetas equivalem a 25%⁴⁶ do total do custo dos serviços de drenagem.

- **DRENAGEM PÚBLICA** = (R\$guias e sarjetas)/ 25%

Exemplo:

- guias e sarjetas = 429m
- custo unitário guias e sarjetas = R\$19,71/m
- **DRENAGEM PÚBLICA** = (429,00m x 19,71)/0.25 = R\$33.822,36

14.3. MÉTODO APRESENTADO EM CAMINOS E GOETHERT (1984)

A seguir, destacam-se algumas informações relevantes, no âmbito desta pesquisa, para o entendimento dos modelos teóricos de referência usados por Caminos e Goethert (1984) para a elaboração do método de avaliação dos custos; tais modelos são ilustrados na Figura 42 e na Figura 43:

- **quanto às definições:** os modelos propostos são eminentemente residenciais, contemplando, também, uma área para uso não habitacional de forma a que todas as

⁴⁵ Este índice fixo foi obtido, provavelmente, da consideração de uma via de 9m de largura.

⁴⁶ Este índice foi obtido, provavelmente, da média dos projetos estudados pela empresa. Tal informação será verificada em futuras entrevistas.

habitações não estejam a uma distância maior daquela recomendada, por legislação correlata, para percursos a pé. O contexto de desenvolvimento do modelo compreende: áreas urbanas, países em desenvolvimento, população de baixa renda familiar, projetos de parcelamento do solo e de redes básicas de infra-estrutura. Os modelos mostram traçados de vias públicas (“*calles*”), quadras com lotes (“*parcelas*”) e quadras com áreas institucionais (nos modelos, este termo é colocado como espaços “*semipublicos*”), bem como os traçados das redes de água, de esgoto, de drenagem de águas pluviais e de iluminação pública;

- **quanto à forma:** os modelos básicos de referência adotados possuem forma de gleba quadrada que, conforme os autores, proporcionam condições mais neutras e simétricas para a utilização do solo, o parcelamento e a circulação;
- **quanto aos limites:** é assumido que não há acesso por um dos lados da gleba e os outros três são limites penetráveis caracterizados por vias secundárias e áreas adjacentes de usos e topografia compatível com os da gleba;
- **quanto à topografia e ao subsolo:** supõe-se que a topografia da gleba é plana e que o subsolo é normal (características aceitáveis para a base das vias, fundações e sistema de esgoto e drenagem);
- **quanto ao sistema de circulação:** nos modelos são considerados os seguintes modos: modo I – pedestres (largura de 10m); modo II - pedestres e veículos (10m); modo III – veículos e pedestres (20m); modo IV – veículos (predominante) e pedestres;
- **quanto à matriz dos modelos considerados:** os modelos tipificam configurações urbanas residenciais em função das variáveis: lotes e forma das quadras. Os lotes variam entre 20 e 400m² e suas dimensões na proporção de 1:1 e 1:4. Os traçados configuram os tipos de quadras: malha (“*malla*”) ou ramificada (“*reticulo*”). A matriz possui 400 modelos desenvolvidos numérica e computacionalmente dos quais somente 20 são detalhados (Figura 42 e Figura 43).

Figura 42 – Matriz dos 20 modelos básicos de referência apresentados em Caminos e Goethert (1984). Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados (malha, malha com área de uso público, ramificado, ramificado com área condominial e ramificado com área condominial e vias de acesso aos lotes mais largas).

FAIXAS comprimento m ² N ^o	UTILIZACION DEL SUELO						CALLES				LONGITUD UNITARIA Total m/Ha		
	Público		Sempúblico		Privado		Superficies (Ha)		Longitud (m)				
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	I-II	III-IV	I-II	III		IV	
100 ☐ 910	6.90	43.13	—	—	9.10	56.87	4.96	1.94	5600	600	200	6400	400
100 ☐ 1044	5.50	34.38	—	—	10.50	65.62	3.66	1.94	4000	600	200	4800	300
200 ☐ 500	5.85	36.56	—	—	10.15	63.44	3.91	1.94	4400	600	200	5200	325
200 ☐ 560	4.80	30.00	—	—	11.20	70.00	2.86	1.94	3200	600	200	4000	250
100 ☐ 728	6.12	38.25	2.60	16.25	7.28	45.50	4.18	1.94	4760	600	200	5560	347
100 ☐ 834	4.99	31.21	2.62	16.37	8.39	52.42	3.05	1.94	3453	600	200	4253	265
200 ☐ 404	5.29	33.06	2.51	15.69	8.20	51.25	3.35	1.94	3790	600	200	4590	286
200 ☐ 450	4.42	27.63	2.58	16.12	9.00	56.25	2.98	1.94	2775	600	200	3575	223
100 ☐ 728	3.40	21.25	2.60	16.25	10.00	62.50	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
100 ☐ 834	3.40	21.25	2.62	16.37	9.98	62.38	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
203 ☐ 404	3.40	21.25	2.51	15.69	10.09	63.06	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
200 ☐ 450	3.40	21.25	2.58	16.12	10.02	62.63	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
100 ☐ 728	3.40	21.25	2.60	16.25	10.00	62.50	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
100 ☐ 834	3.40	21.25	2.62	16.37	9.98	62.38	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
203 ☐ 404	3.40	21.25	2.51	15.69	10.09	63.06	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
200 ☐ 450	3.40	21.25	2.58	16.12	10.02	62.63	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
100 ☐ 728	3.40	21.25	2.60	16.25	10.00	62.50	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
100 ☐ 834	3.40	21.25	2.62	16.37	9.98	62.30	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
203 ☐ 404	3.40	21.25	2.51	15.69	10.09	63.06	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150
200 ☐ 450	3.40	21.25	2.58	16.12	10.02	62.63	1.46	1.94	1600	600	200	2400	150

Figura 43 – Percentagens de utilização do solo e quantidade de vias de circulação (Caminos e Goethert, 1984)

Os modelos, apresentados na Figura 42, dão informações para quatro tipos diferentes de lotes (para as áreas de aproximadamente 100m^2 e 200m^2 , nas formas quadrada e retangular).

A seguir, apresentam-se as considerações feitas para a elaboração dos modelos para as redes de água, esgoto e drenagem e a pavimentação das vias.

14.3.1. Abastecimento de água

Considera-se que o abastecimento de água se dá através de uma rede de distribuição local conectada, por sua vez, a uma rede de distribuição geral da área urbana, com todos os condutos principais situados em solo público (sob as vias públicas,) e se contemplam dois padrões de serviços: o padrão mínimo (o abastecimento limitado de água chega à habitação ou se encontra a, no máximo, 100m das habitações individuais); e o padrão médio (o abastecimento total de água chega até a habitação ou condomínio).

Para os modelos das redes de água, destacam-se as informações relativas às características do seu traçado:

- a) o desenho urbano que se deve abastecer é o de 400m x 400m;
- b) supõe-se que a tubulação principal da rede de água situa-se ao longo da rua principal (adotada como de Modo IV);
- c) utilizam-se 3 tamanhos de tubulação: 2", 4" e 6" (polegadas);
- d) a rede foi desenhada como uma malha continua sem finais cegos;
- e) no nível mínimo, os finais da rede estão conectados a serviços comuns a vários lotes e os problemas de estancamento se solucionam devido a concentração da demanda existente nos terminais dos tubos;
- f) são colocadas 3 válvulas na intersecção das tubulações das quatro esquinas do modelo, uma válvula em cada trecho de tubulação, que se distribuem dentro do modelo e também em todos os hidrantes (em espanhol – "*bocas de incendio*");
- g) os hidrantes, no padrão mínimo, situam-se somente na via principal (Modo IV), espaçadas a uma distância de 100m, e em ambos os lados da via a partir das intersecções. No padrão médio, os hidrantes se situam em todo o perímetro do modelo,

em ambos os lados da via e com um intervalo médio de 200m. Dois hidrantes são colocados também no interior do modelo. A situação dos hidrantes estão condicionados às tubulações de 4" (polegadas), ou maiores, para assegurar um fluxo de água adequado;

- h) as tubulações, os hidrantes e as válvulas situadas no perímetro do modelo (divisas da gleba) são compartilhadas pelas áreas adjacentes; e a tubulação da rede geral urbana, situada na via dita de modo IV, não é incluída nos custos dos modelos;
- i) os medidores podem ser individuais ou condominiais; neste último caso seus custos de instalação podem ser repartidos, igualmente, entre todas as habitações;
- j) para as conexões entre a rede pública e os lotes (ligações) foram considerados tubos de $\frac{3}{4}$ " (para os lotes individuais) e de 1" (para os equipamentos públicos - serviços comuns a vários lotes – "*servicios comunales*", que para o caso desta rede inclui: banheiros, chuveiros, lavatórios, lavanderias e torneiras em um mesmo equipamento para encorajar seu uso comum). O comprimento da ligação considerado é de 5m, em média, desde o eixo da rua até o limite do lote.

Na Figura 44, ilustram-se os modelos para a rede de abastecimento de água e, na Figura 45, ilustram-se os quantitativos referentes aos respectivos modelos.

Figura 44 – Modelos teóricos apresentados em Caminos e Goethert (1984) para a rede de abastecimento de água. Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados. Em cada planta da área de referência, são ilustradas as redes no padrão mínimo e médio.

TRAZADOS	PARCELAS	RED BASICA												SERVICIOS			
		TUBERIAS (m)						REGISTROS (N.º)						BOCAS DE CONEXIONES DE SERVICIO			
		2"		4"		6"		2"		4"		6"		(N.º)		(N.º)	
	SUPERFICIE m ² No.	NM	NE	NM	NE	NM	NE	NM	NE	NM	NE	NM	NE	NM	NE	Individuales	Comunales
1	100 □ 910	3240	4800	200	1000	400	400	200	24	24	3.5	12.5	2	3	8	910	42
	100 □ 1044	2179	3200	200	1000	400	400	200	16	16	3.5	12.5	2	3	8	1044	30
	203 □ 500	2502	3600	200	1000	400	400	200	18	18	3.5	12.5	2	3	8	500	33
	200 □ 560	1684	2400	200	1000	400	400	200	12	12	3.5	12.5	2	3	8	560	24
2	100 □ 728	2460	3960	200	1000	400	400	200	24	24	3.5	12.5	2	3	8	728	36
	100 □ 834	1656	2653	200	1000	400	400	200	16	16	3.5	12.5	2	3	8	834	26
	203 □ 404	1857	2990	200	1000	400	400	200	18	18	3.5	12.5	2	3	8	404	28
	200 □ 450	1189	1975	200	1000	400	400	200	12	12	3.5	12.5	2	3	8	450	20
3	100 □ 728	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	184	48
	100 □ 834	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	306	28
	203 □ 404	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	134	32
	200 □ 450	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	218	16
4	100 □ 728	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	344	34
	100 □ 834	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	462	22
	203 □ 404	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	218	24
	200 □ 450	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	298	14
5	100 □ 728	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	344	34
	100 □ 834	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	462	22
	203 □ 404	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	218	24
	200 □ 450	—	800	1000	1000	400	400	200	—	4	7.5	12.5	2	3	8	298	14

Figura 45 – Quantidade de tubos, válvulas, hidrantes e ligações domiciliares para os modelos ilustrados na Figura 44.

14.3.2. Rede de esgoto

Como na rede de água, são analisados um padrão mínimo (a coleta chega até a habitação ou está, no máximo, a 100m dos domicílios) e um padrão médio da rede (a coleta é individual ou condominial).

Para os modelos das redes de esgoto (Figura 46), destacam-se as informações relativas ao seu traçado:

- a) área servida idêntica a apresentada para a rede de água;
- b) supõe-se que um coletor tronco está disposto na via principal (Modo VI);
- c) a rede de drenagem pluvial não está conectada a de esgoto;
- k) utilizam-se 3 tamanhos de tubulação: 6", 8" e 12" (polegadas);
- l) para as conexões entre a rede pública e os lotes (ligações) foram considerados tubos de 4" (para os lotes individuais) e de 6" (para os serviços comuns a vários lotes – "*servicios comunales*", que para o caso desta rede pode ser um sistema séptico ou uma fossa séptica). O comprimento da ligação considerado é de 10m, em média, desde o eixo da rua até um ponto determinado do lote;
- d) em todas as intersecções de tubulações que haja mudança de direção, na cabeceira de coletores e em pontos de futuras intersecções são colocados PVs;
- e) os coletores e PVs situados no perímetro do modelo (divisas da gleba) têm seus custos divididos com os traçados adjacentes;
- f) nos custos do modelo não serão incluídos os custos referentes aos coletores do sistema urbano geral situados na via principal (modo IV).

Figura 46 – Modelos teóricos apresentados em Caminos e Goethert (1984) para a rede coletora de esgoto. Disposição: na horizontal, quatro tipos de lotes; na vertical, cinco tipos de traçados. Em cada planta da área de referência, são ilustradas as redes no padrão mínimo e médio.

PARCELAS	RED BASICA										SERVICIOS			
	TUBERIAS (m)					REGISTROS (N.º)					CONEXIONES DE SERVICIO (N.º)			
	6"		8"		12"	Tuberia principal		Tuberia principal			Individuales		Comunales	
SUPERFICIE m ²	NM	NE	NM	NE	NM	NE	NM-NE	NM	NE	NE	NE	NM	NE	NE
1														
100 ☐ 910	2370	4500	555	555	400	400	200	56.5	42.5	910	42	—	—	—
100 ☐ 1044	1590	2992	535	535	400	400	200	38.5	28.5	1044	30	—	—	—
203 ☐ 500	1785	3362	542	542	400	400	200	43.0	32.0	500	33	—	—	—
200 ☐ 560	1200	2258	516	516	400	400	200	29.5	21.5	560	24	—	—	—
100 ☐ 728	1950	3570	555	555	400	400	200	50.5	42.5	728	36	—	—	—
100 ☐ 834	1316	2430	535	535	400	400	200	34.5	28.5	834	26	—	—	—
203 ☐ 404	1480	2657	542	542	400	400	200	38.0	32.0	404	28	—	—	—
200 ☐ 450	988	1778	516	516	400	400	200	25.5	21.5	450	20	—	—	—
2														
100 ☐ 728	—	800	925	925	400	400	200	32.5	32.5	184	48	48	48	48
100 ☐ 834	—	800	891	891	400	400	200	22.5	22.5	306	28	28	28	28
203 ☐ 404	—	800	903	903	400	400	200	25.0	25.0	134	32	32	32	32
200 ☐ 450	—	800	861	861	400	400	200	17.5	17.5	218	16	16	16	16
3														
100 ☐ 728	—	800	907	907	400	400	200	19.5	19.5	462	22	22	22	22
100 ☐ 834	—	800	908	908	400	400	200	21.5	21.5	218	24	24	24	24
203 ☐ 404	—	800	880	880	400	400	200	15.5	15.5	298	14	14	14	14
200 ☐ 450	—	800	930	930	400	400	200	27.5	27.5	344	34	34	34	34
4														
100 ☐ 728	—	800	907	907	400	400	200	19.5	19.5	462	22	22	22	22
100 ☐ 834	—	800	908	908	400	400	200	21.5	21.5	218	24	24	24	24
203 ☐ 404	—	800	880	880	400	400	200	15.5	15.5	298	14	14	14	14
200 ☐ 450	—	800	930	930	400	400	200	27.5	27.5	344	34	34	34	34
5														
100 ☐ 728	—	800	907	907	400	400	200	19.5	19.5	462	22	22	22	22
100 ☐ 834	—	800	908	908	400	400	200	21.5	21.5	218	24	24	24	24
203 ☐ 404	—	800	880	880	400	400	200	15.5	15.5	298	14	14	14	14
200 ☐ 450	—	800	930	930	400	400	200	27.5	27.5	344	34	34	34	34

Figura 47 – Quantidade de tubos, PVs e conexões para os modelos ilustrados na Figura 46.

14.3.3. Pavimentação e drenagem das águas pluviais

Para a pavimentação, como na rede de água e na rede de esgoto, são analisados um padrão mínimo (tratamento básico do solo a fim de prover uma superfície com condições mínimas para a circulação e drenagem) e um padrão médio da rede (nível que considera os critérios estabelecidos pelos códigos de obra locais em termos das solicitações do tráfego previsto e a capacidade de suporte do terreno).

Para o dimensionamento da pavimentação e da rede de drenagem, consideraram-se os seguintes dados básicos:

- a) superfície a ser drenada: 16ha;
- b) pouco tráfego para as vias locais (Modo I e II - vias de 10m de largura que servem apenas para circulação e atividades comunitárias); tráfego intermediário para as vias perimetrais (Modo III e IV – vias de 20 a 40m de largura - estacionamento e faixa de rolamento para caminhões e tráfego leve comercial); e muito tráfego para o tipo IV (tráfego de indústrias e comércios, terminal de caminhões);
- c) vias internas I e II: no padrão mínimo, toda a via terá o mesmo pavimento com a função de drenar as águas da chuva e permitir o trânsito de veículos (superfície contínua com depressões ou canaletas pouco profundas); no padrão médio, o pavimento pode ser melhorado e guias e sarjetas são incluídas;
- d) vias perimetrais III e IV: no padrão mínimo, o leito carroçável tem acostamento de ambos os lados que podem ser usados por pedestres; já que não existe pavimentação de passeios. No padrão médio, as canaletas profundas são substituídas por tubulações subterrâneas e são colocadas guias e sarjetas. Ressalta-se que, na medida em que as vias perimetrais são usadas, conjuntamente, pelas zonas adjacentes, os seus custos são calculados pela metade;
- e) a rede principal de drenagem está situada na via tipo IV e a rede de esgoto não está conectada com a de drenagem pluvial;
- f) poços de visita (“*manholes*”): os PVs são situados a uma distância aproximada de 100m um do outro, em todas as intersecções das vias, em todas as curvas, e em todos os finais mortos da rede. Os custos dos PVs situados nas vias perimetrais também são divididos entre as áreas adjacentes; ou seja, considera-se apenas a metade desses custos;

- g) os tubos utilizados para as galerias (“*culverts*”) foram: 30”, 42” e 48” (polegadas) de concreto armado pré-fabricado;
- h) bocas de lobo (“*inlets*”): são utilizadas bocas de lobo de 24”x 25” (polegadas);
- i) canaletas pouco profundas (“*shallow ditches*”): são projetadas como parte integrante da superfície do pavimento sem ângulos cortantes, pois esta opção permite que a via possa ser utilizada para diferentes atividades;
- j) canaletas profundas (“*deep ditches*”): nos modelos são utilizados os tipos de largura trapezoidal e com pouca declividade para facilitar manutenção e prevenir possíveis acidentes.

Figura 48 – Seções adotadas para as vias. As dimensões estão em centímetros (Fonte: Caminos e Goethert, 1978).

LAYOUTS	LOTS		BASIC NETWORK																MAN. HOLES	
	AREA m ²	No.	STREETS (m)		DEEP DITCHES (m)				CULVERTS (N ^o)				STORM DRAINAGE (m)				INLETS (N ^o)		(N ^o)	
			I-II	III	IV	ML-SL	III	IV	ML	ML	ML	ML	IV	ML	ML	30"	42"	48"		Main
1	100	910	5600	600	200	1200	400	8	4	810	125	140	135	200	54	4				
	100	1044	4000	600	200	1200	400	8	4	540	124	137	140	200	36	4				
	203	500	4400	600	200	1200	400	8	4	540	127	122	151	200	36	4				
	200	560	3200	600	200	1200	400	8	4	480	138	107	157	200	32	4				
2	100	728	4760	600	200	1200	400	8	4	810	125	140	135	200	54	4				
	100	834	3453	600	200	1200	400	8	4	540	124	137	140	200	36	4				
	203	404	3790	600	200	1200	400	8	4	540	127	122	151	200	36	4				
	200	450	2775	600	200	1200	400	8	4	480	138	107	157	200	32	4				
3	100	728	1600	600	200	1200	400	8	4	360	125	140	135	200	24	4				
	100	834	1600	600	200	1200	400	8	4	360	124	137	140	200	24	4				
	203	404	1600	600	200	1200	400	8	4	360	127	122	151	200	24	4				
	200	450	1600	600	200	1200	400	8	4	360	138	107	157	200	24	4				
4	100	728	1600	600	200	1200	400	8	4	360	125	140	135	200	24	4				
	100	834	1600	600	200	1200	400	8	4	360	124	137	140	200	24	4				
	203	404	1600	600	200	1200	400	8	4	360	127	122	151	200	24	4				
	200	450	1600	600	200	1200	400	8	4	360	138	107	157	200	24	4				
5	100	728	1600	600	200	1200	400	8	4	360	125	140	135	200	24	4				
	100	834	1600	600	200	1200	400	8	4	360	124	137	140	200	24	4				
	203	404	1600	600	200	1200	400	8	4	360	127	122	151	200	24	4				
	200	450	1600	600	200	1200	400	8	4	360	138	107	157	200	24	4				

Figura 50 – Comprimento de vias, guias, sarjetas e tubulação subterrânea; e número de bocas de lobo e PVs relativos aos modelos apresentados na Figura 49.

14.4. MÉTODO APRESENTADO EM SUEN (2005)

Para a elaboração do método proposto em Suen (2005), primeiramente, foram coletados dados relativos aos principais sistemas de infra-estrutura na cidade de Ames, que é a maior e mais urbanizada cidade no condado de Story. Os sistemas de infra-estrutura estudados são representados principalmente por: ruas, rede de água, rede de esgoto, rede de drenagem, hidrantes e poços de visita (PVs). Estes elementos foram expressos por indicadores chamados de “*Infrastructure provision variables*” (IL_{ij} ou IN_{ij} , que serão explicitados mais adiante). Um estudo estatístico foi utilizado para agrupar todos esses indicadores (“*Infrastructure provision variables*”) em apenas um indicador que caracterizasse toda a provisão de infraestrutura de uma área residencial (“*Infrastructure factor score*”, representado pela sigla FS_j).

Em uma segunda fase, buscou-se investigar o padrão de desenvolvimento residencial no nível das quadras, tomando como base todas as quadras das cidades estudadas e sendo caracterizado pela densidade de lotes e a forma agregada dos lotes de uma dada quadra (variáveis independentes). Os indicadores de provisão de infraestrutura desenvolvidos na primeira fase do estudo também foram analisados a fim de se avaliar a provisão da infraestrutura nas quadras residenciais.

Em uma terceira fase, realizou-se um estudo sobre as relações existentes entre as variáveis dependentes e independentes encontradas. Isto conduziu ao desenvolvimento de um modelo de regressão logarítmica, que expressa o relacionamento entre a provisão da infra-estrutura e o padrão de desenvolvimento residencial.

Os dados relativos a aos sistemas de infraestrutura analisados por Suen (2005) foram extraídos de 40 áreas residenciais da cidade de Ames, a fim de se determinar a provisão de infra-estrutura em cada uma. Na segunda fase do estudo (apresentado no item 14.4.4), os resultados compreendem também uma série de dados contendo informações de 1.755 quadras dentro das 15 cidades do condado de Story.

14.4.1. Variáveis de Provisão de Infra-estrutura

Como já mencionado, Suen (2005) considerou, como os principais elementos que compõem os sistemas de infra-estrutura necessários para o desenvolvimento residencial, os seguintes: as

ruas, as tubulações principais das redes de água, esgoto e drenagem, hidrantes e poços de visita (PVs).

Para cada um desses elementos foi levantado seu comprimento (ou sua quantidade) nas áreas residenciais estudadas.

O comprimento ou o número resultante da quantificação de cada um dos elementos do sistema de infra-estrutura foi dividido pelo número de lotes de cada zona residencial.

Para as ruas e as tubulações das redes de água, esgoto e drenagem, a provisão de infra-estrutura, dentro de cada zona residencial, é definida por:

$$IL_{ij} = \frac{L_{ij}}{P_j} \quad \text{Equação} \quad 41$$

onde:

IL_{ij} = comprimento médio de infra-estrutura i por lote na zona residencial j;

L_{ij} = comprimento total (em metros) de infra-estrutura i na zona j; e

P_j = número total de lotes residenciais na zona j.

Para hidrantes e PVs, a provisão de infra-estrutura dentro de cada zona residencial é dada por:

$$IN_{ij} = \frac{N_{ij}}{P_j} \quad \text{Equação} \quad 42$$

onde:

IN_{ij} = número médio de infra-estrutura i por lote na zona residencial j;

N_{ij} = número total de infra-estrutura i na zona j; e

P_j = número total de lotes residenciais na zona j.

14.4.2. Padrão de Desenvolvimento Residencial

O Padrão de Desenvolvimento Residencial (*“Residential Development Pattern”*) é caracterizado pela densidade e forma agregada dos lotes.

A densidade de lotes foi obtida dividindo o número de lotes pela área da quadra:

$$RD_k = \frac{P_k}{A_k} \quad \text{Equação} \quad 43$$

onde:

RD_k = densidade de lotes residenciais de dada quadra K;

P_k = número de lotes residenciais na quadra K; e

A_k = área total da quadra K.

A forma do lote pode ser avaliada pela relação entre o seu perímetro e a raiz quadrada de sua área:

$$S = \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equação} \quad 44$$

onde:

S = índice de forma do lote;

P = perímetro do lote; e

A = a área do lote.

Quando a forma do lote se aproxima de um quadrado, o valor de S será próximo de 4. À medida em que o valor de S aumenta, a forma do lote torna-se mais retangular/

alongada. Baseado na medida da forma de um lote “S” (Equação 44), um índice de forma agregada dos lotes foi desenvolvido para descrever o **Padrão de Desenvolvimento Residencial** em cada quadra, sendo que:

$$PS_k = \frac{\sum P_{pk}}{\sqrt{\sum A_{pk}}} \quad \text{Equação} \quad 45$$

onde:

PS_k = índice de forma agregada dos lotes de dada quadra k;

$\sum P_{pk}$ = soma dos perímetros de todos os lotes residenciais da quadra k; e

$\sum A_{pk}$ = soma das áreas dos lotes residenciais da quadra k.

Desse modo, segundo Suen (2005), o índice de forma agregada dos lotes da quadra, PS_k , representa a medida da forma geral da quadra residencial.

14.4.3. Resultados Obtidos

Os resultados obtidos mostraram a existência de uma relação muito forte entre as variáveis que expressam a provisão de infra-estrutura (IL_{ij} e IN_{ij} - Equação 41 e Equação 42) e o comprimento das vias, como pode-se verificar, na Tabela 66, pelos coeficientes de correlação.

Tabela 66 – Coeficientes de correlação entre as variáveis de provisão de infra-estrutura (Suen, 2005)

<i>Variáveis</i>	<i>Viário</i>	<i>Rede de água</i>	<i>Rede de esgoto</i>	<i>Rede de drenagem</i>	<i>Hidrantes</i>	<i>PVs</i>
<i>Viário</i>	1,000	---	---	---	---	---
<i>Rede de água</i>	0.996	1,000	---	---	---	---
<i>Rede de esgoto</i>	0.992	0.992	1,000	---	---	---
<i>Rede de drenagem</i>	0.993	0.994	0.984	1,000	---	---
<i>Hidrantes</i>	0.992	0.996	0.983	0.993	1,000	---
<i>PVs</i>	0.971	0.973	0.956	0.969	0.983	1,000

A partir de um estudo estatístico, essas variáveis foram agrupadas, a fim de se obter um único fator que caracterizasse a provisão total de infra-estrutura em cada área residencial: **ponderação do fator de infraestrutura** (“*Infrastructure factor score*” representado por FS_j - Equação 46)⁴⁷.

$$FS_j = f(IL_{vias,j}, IL_{água,j}, IL_{esgoto,j}, IL_{drenagem,j}, IN_{hidrantes,j}, IN_{PV,j}) \quad \text{Equação 46}$$

Ou seja, a ponderação do fator de infra-estrutura de uma área residencial é determinada por uma função de distribuição dos sistemas de infra-estrutura nessa região, definida pelo comprimento médio de dado elemento de infraestrutura (por exemplo, ruas, rede de água, rede de esgoto etc.), ou pela sua quantidade (por exemplo, hidrantes e PVs), em relação ao número de lotes daquela área (Equação 41 e Equação 42). As ponderações resultantes e a distribuição dos sistemas de infra-estrutura nas áreas residenciais são apresentadas na Tabela 67. Os coeficientes de correlação entre o fator de infra-estrutura (Equação 46) e a provisão de infra-estrutura (Equação 41 e Equação 42) são mostradas na Tabela 68.

Os coeficientes de correlação indicam que o fator de infra-estrutura está relacionado fortemente com as diversas variáveis de provisão de infra-estrutura ($r \geq 0,982$).

⁴⁷ Nota da autora: aplicando-se regressão linear aos dados da Tabela 67, tendo-se FS_j como variável dependente e $IL_{vias,j}$, $IL_{água,j}$, $IL_{esgoto,j}$, $IL_{drenagem,j}$, $IN_{hidrantes,j}$, $IN_{PV,j}$ como variáveis independentes, obtém-se a seguinte função: $FS_j = 0,4604 + 0,0088 \times IL_{vias} + 0,0107 \times IL_{água} + 0,0215 \times IL_{esgoto} + 0,0096 \times IL_{drenagem} + 1,6402 \times IN_{hidrantes} + 1,2403 \times IN_{PV}$.

Tabela 67 –Ponderação do Fator de Infraestrutura e as Variáveis de Provisão de Infraestrutura das zonas residenciais em Ames, Iowa (Suen, 2005)

Zona Residencial	Nº de lotes	Área (ha)	Fator de infraestrutura (FS_j)	Média da provisão de infraestrutura por lote					
				Rua (m/lote)	Água (m/lote)	Esgoto (m/lote)	Drenagem (m/lote)	Hidrante (unid/lote)	Poço de Visita (unid/lote)
1	443	6.11	1.00	6.38	10.10	5.68	7.37	0.06	0.07
2	25	5.81	1.05	5.84	11.35	6.22	3.19	0.06	0.12
3	539	17.65	1.47	12.40	16.43	12.54	11.37	0.09	0.17
4	424	3.98	1.55	20.41	30.09	12.30	9.70	0.06	0.10
5	2	32.70	1.55	17.65	25.72	12.02	15.04	0.06	0.12
6	7	50.95	1.56	15.72	20.70	13.97	14.16	0.08	0.14
7	107	26.68	1.57	15.51	23.30	13.89	14.78	0.08	0.12
8	33	1.70	1.72	7.07	11.27	18.18	16.53	0.08	0.32
9	25	77.85	1.77	17.10	14.94	13.85	19.43	0.16	0.21
10	118	513.56	1.80	17.90	17.61	16.00	21.69	0.12	0.20
11	211	2.21	1.86	7.69	10.53	21.14	19.43	0.20	0.20
12	15	67.95	1.87	20.12	22.81	17.88	15.62	0.11	0.21
13	21	7.72	1.90	17.44	13.59	22.56	11.38	0.09	0.31
14	1688	15.02	1.91	19.25	18.86	16.49	21.89	0.15	0.21
15	279	8.92	1.91	18.13	18.49	16.01	16.94	0.18	0.24
16	491	15.49	1.94	16.97	23.53	15.49	18.32	0.18	0.23
17	228	322.99	1.94	18.53	20.97	17.45	18.42	0.14	0.25
18	8	3.01	1.96	36.10	30.72	15.80	0.00	0.13	0.25
19	492	85.64	1.97	19.07	18.15	17.67	21.39	0.16	0.24
20	12	8.52	1.98	9.26	19.61	18.77	9.51	0.28	0.22
21	151	88.15	2.06	23.41	18.86	17.75	23.22	0.18	0.23
22	31	36.94	2.10	20.29	21.28	20.33	23.65	0.14	0.27
23	277	38.86	2.29	20.03	37.64	25.66	22.92	0.09	0.26
24	109	73.48	2.46	29.07	33.30	16.96	38.25	0.23	0.23
25	3394	40.26	2.57	25.83	27.26	28.27	21.26	0.21	0.35
26	51	1.90	2.72	41.40	8.64	37.41	0.00	0.17	0.58
27	36	4.55	2.73	43.95	36.77	18.03	1.47	0.48	0.24
28	32	23.89	2.84	30.89	14.89	37.14	19.24	0.15	0.58
29	108	20.98	2.89	10.60	13.45	43.61	0.00	0.16	0.80
30	20	1.41	3.23	49.77	41.15	33.02	18.07	0.29	0.43
31	1	34.27	3.47	37.25	53.16	36.19	38.20	0.24	0.46
32	57	0.22	4.49	48.73	62.57	36.44	8.88	0.50	1.00
33	6	18.73	4.96	56.87	48.71	46.26	79.99	0.42	0.82
34	102	7.04	5.42	85.91	110.98	56.22	8.89	0.67	0.50
35	33	0.18	5.95	28.27	90.95	28.27	80.49	1.00	1.00
36	1	16.81	6.68	96.95	87.68	71.86	82.97	0.60	0.88
37	129	1.01	9.09	88.88	92.80	21.42	42.80	1.00	3.50
38	25	17.20	10.39	86.38	196.87	101.59	160.83	1.05	1.30
39	2	1.51	17.14	260.91	245.20	60.41	358.62	2.00	3.00
40	2	29.74	100.00	1,892.52	1,585.01	782.48	1,715.86	10.00	13.00

Tabela 68 – Coeficientes de correlação entre o fator de infraestrutura e as variáveis de provisão de infra-estrutura (Suen, 2005)

<i>Variáveis</i>	<i>Fator de infraestrutura</i>	<i>Viário</i>	<i>Rede de água</i>	<i>Rede de esgoto</i>	<i>Rede de drenagem</i>	<i>Hidrante</i>	<i>PVs</i>
<i>Fator de infraestrutura</i>	1	---	---	---	---	---	---
<i>Viário</i>	0.997	1	---	---	---	---	---
<i>Rede de água</i>	0.998	0.996	1	---	---	---	---
<i>Rede de esgoto</i>	0.991	0.992	0.992	1	---	---	---
<i>Rede de drenagem</i>	0.995	0.993	0.994	0.984	1	---	---
<i>Hidrante</i>	0.998	0.992	0.996	0.983	0.993	1	---
<i>PV</i>	0.982	0.971	0.973	0.956	0.969	0.983	1

14.4.4. Padrão de Desenvolvimento Residencial e Provisão de Infra-estrutura

A forte relação existente entre o fator e as variáveis de provisão de infra-estrutura sugere que qualquer uma dessas variáveis possa ser utilizada como um indicador para dar uma visão geral da provisão da infra-estrutura em uma dada área residencial.

Como os dados dos sistemas de infra-estrutura estavam disponíveis em formulário digital somente para a Cidade de Ames, Suen (2005) decidiu usar a distribuição das ruas das áreas residenciais (que está amplamente disponível na forma digital) ao invés do fator de infra-estrutura. Ou seja, a média do comprimento da rua por lote foi usado como um substituto do fator FS_j para representar a provisão de infra-estrutura em áreas residenciais.

Na terceira fase do estudo, foi analisado o relacionamento entre o padrão de desenvolvimento e a provisão de infra-estrutura em áreas residenciais, usando-se os dados de 16.331 lotes localizados em 1.755 quadras residenciais dentro das 15 cidades do condado de Story. O padrão de desenvolvimento residencial foi caracterizado neste estudo pela densidade de lotes residenciais da quadra (RD_k) e o índice de forma dos lotes agregados (PS_k). RD_k e PS_k serviram como variáveis independentes no estudo. Por causa da forte correlação entre a distribuição das ruas e os outros sistemas de infra-estrutura, o comprimento médio das ruas por lote foi usado como variável dependente na análise, servindo como um indicador para estimar a provisão de infra-estrutura geral nas quadras residenciais. Esta variável dependente é definida como:

$$SL_k = \frac{L_k}{P_k} \quad \text{Equação 47}$$

onde:

SL_k = comprimento médio das ruas por lote da quadra k ;

L_k = comprimento total das ruas que cercam a quadra; e

P_k = número total de lotes residenciais da quadra.

A análise da correlação entre a provisão de infra-estrutura e o padrão de desenvolvimento residencial (Tabela 69) revelou que o comprimento médio das ruas por lote (SL_k) é inversamente relacionado com a densidade de lotes nas quadras (RD_k). Tal resultado indica que uma menor densidade habitacional implicaria em maiores investimentos em infra-estrutura, enquanto uma maior densidade habitacional incorreria em menos investimentos. A correlação existente entre esses dois fatores, entretanto, não é muito elevada ($r=-0.468$); já a correlação entre o comprimento médio das ruas por lote (SL_k) e o índice de forma agregada dos lotes da quadra (PS_k), que também é negativa, é ligeiramente mais forte ($r=-0.535$). A partir desta constatação, Suen (2005) indica que a provisão de infra-estrutura diminui quando o índice de forma do lote aumenta (isto é, quando a forma do lote se torna mais retangular ou alongada) e vice-versa.

Tabela 69 - Coeficientes de correlação entre o comprimento médio das ruas por lote (SL_k), a densidade de lotes nas quadras (RD_k) e o índice da forma do lote (PS_k) (Suen, 2005)

<i>Variáveis</i>	<i>SL_k</i>	<i>RD_k</i>	<i>PS_k</i>
<i>SL_k</i>	1,000	---	---
<i>RD_k</i>	-0,468	1,000	---
<i>PS_k</i>	-0,535	0,026	1,000

14.4.5. Especificações da Regressão Logarítmica

Suen (2005) coloca, por fim, que um modelo de regressão logarítmica (Equação 48) foi desenvolvido para expressar quantitativamente a contribuição relativa do padrão de desenvolvimento residencial à provisão de infra-estrutura.

$$SL_k = b_0 + b_1 \cdot \ln(RD_k) + b_2 \cdot \ln(PS_k)$$

Equação 48

onde:

SL_k = comprimento médio das ruas por lote (Equação 48);

RD_k = densidade de lotes residenciais (Equação 43); e

PS_k = índice de forma agregada dos lotes da quadra (Equação 45).

A regressão logarítmica resultou na seguinte expressão: $SL_k = 220,894 - 29,902 \cdot \ln(RD_k) - 39,797 \cdot \ln(PS_k)$, sendo que as variáveis independentes (RD_k e PS_k) e a variável dependente (SL_k) mostraram um relacionamento bom ($r=0.747$).

Nota-se com este resultado, mais uma vez, que ambas variáveis independentes são inversamente proporcionais à variável dependente, podendo-se afirmar que uma menor densidade residencial e um menor valor do índice de forma implicam no aumento da provisão de infra-estrutura.

15. APÊNDICE B

TERRAPLENAGEM - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

- a) **Terraplenagem (terraplanagem, ou ainda movimento de terra) (*earthwork*):** segundo Ricardo; Catalani (1990), é definido como o conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde esta esteja em falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado. Freitas et al. (2001) explicitam, já em sua definição, as operações envolvidas nesse serviço, quando colocam que terraplenagem é o “movimento de terra necessário para amoldar os terrenos para a construção de uma obra, constituindo-se em um conjunto de operações de escavação, transporte, disposição e compactação de terras, gerando os cortes e aterros do empreendimento”. Neste mesmo sentido Kim and Russell (2003) colocam que a terraplenagem compreende os seguintes serviços: **corte (*cutting*), aterro (*filling*), espalhamento (*spreading*), compactação (*compacting*) e nivelamento (*grading*)**. No Dicionário de Engenharia da McGraw-Hill Companies, no entanto, encontra-se uma definição mais generalizada para o termo *earthwork*: qualquer operação envolvendo escavação ou construção de obras de terra. Examinando-se a execução de quaisquer serviços de terraplenagem, podem-se distinguir, conforme Ricardo; Catalani (1990), quatro operações básicas que ocorrem em sequência ou, às vezes, com simultaneidade: **escavação, carga do material escavado, transporte e descarga e espalhamento**. Concordante com o que foi supracitado, a CDHU inclui em terraplenagem: **limpeza, corte, aterro, bota-fora, troca de solo e plantio de grama**⁴⁸. A Caixa Econômica Federal, em seu manual técnico (2002), considera no serviço de terraplenagem: sondagem e controle tecnológico, desmatamento, destocamento e limpeza superficial, cortes, aterros e proteção de taludes (enleivamento⁴⁹ ou hidrossemeadura⁵⁰).

⁴⁸ Conforme DNIT (2003), a proteção vegetal das superfícies dos taludes de cortes e aterros tem por finalidade melhorar as suas condições anti-erosivas, evitando o carreamento dos solos pelas águas pluviais.

⁴⁹ O enleivamento utiliza a implantação de gramas em superfícies, através do transplante de placas retiradas de áreas gramadas existentes nas proximidades do local.

⁵⁰ A hidrossemeadura lança, através de jato d'água com equipamento especial, uma mistura de água, adubo e sementes da espécie de grama a ser implantada.

- b) **Corte (*cutting*) e Aterro (*filling*):** Ricardo; Catalani (1990) esclarecem que **volume de corte** é a medida geométrica do volume natural de solo a ser escavado. E o **volume de aterro** é o material aplicado nos aterros resultante de um processo de compactação; por isso, geralmente, para o cálculo do volume de terra solta necessária para fazer o aterro final, é considerado um fator de correção sobre o volume do aterro final, (fator de correção: $f=1,05$ a $1,30$). Sempre que possível, deve ser feito o equilíbrio (desde que não crie prejuízos às características geométricas do projeto) entre volumes de cortes e aterros, evitando-se empréstimos e/ou bota-foras. Esse equilíbrio entre os volumes de terra movimentados é chamado, segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, de terraplenagem compensada. O Dicionário de Engenharia da McGraw-Hill Companies apresenta para este conceito o termo *balanced earthwork*.
- c) **Bota-fora e empréstimo:** segundo Ricardo; Catalani (1990), é uma operação onde os materiais de corte são escavados e transportados para local conveniente, quando, na compensação dos volumes de corte e aterro, os materiais dos cortes não servem para a execução dos aterros ou há sobras de terra; o **empréstimo**, por sua vez, é uma operação onde o material faltante para os aterros é escavado, em local conveniente, transportado e depositado nos aterros.
- d) **Escavação (*excavating*):** é o processo empregado para romper a compacidade do solo em seu estado natural, através do emprego de ferramentas cortantes, como a faca da lâmina ou os dentes da caçamba de uma carregadeira, desagregando-o e tornando possível o seu manuseio. Há em certos casos, quando o solo a escavar for muito compacto, a necessidade de tratamento prévio, a fim de romper a resistência oposta ao desmonte pelo solo, como no caso da escarificação.
- e) **Carga:** consiste no enchimento da caçamba, ou no acúmulo diante da lâmina, do material que já sofreu o processo de escavação. Em seqüência tem-se o transporte desse material para o local onde será colocado em definitivo.
- f) **Descarga e o espalhamento (*spreading*):** constituem a execução do aterro propriamente dito. Quando as especificações determinam a obtenção de certo grau de
-

compactação no aterro, haverá, ainda, a operação final de adensamento do solo até os índices mínimos estabelecidos.

- g) **Limpeza da camada vegetal, desmatamento e destocamento:** conforme Nichols (1957), áreas que sofrerão **escavação, nivelamento ou aterros**, freqüentemente, deverão passar pelo processo de **limpeza** primeiro. O **desmatamento**, conforme colocado no Manual de Obras Públicas da Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio do Governo Federal –SEAP (s/ data), compreende o corte e remoção de toda vegetação, qualquer que seja sua dimensão e densidade. O **destocamento e a limpeza**, conforme colocado nesse mesmo manual, compreendem as operações de escavação, ou outro processo equivalente, para remoção total dos tocos e, sempre que necessário, a remoção da camada de solo orgânico. A CDHU (1998) considera, no item “**limpeza da camada vegetal**” ou “**destocamento e limpeza**”, a remoção do solo vegetal na espessura média de 0,20m, e destocamento quando houver necessidade, carga e transporte para bota-fora situado em local externo ao terreno do empreendimento.
- h) **Solos orgânicos/ solos moles – troca de solos:** segundo Pinto (1996), são chamados solos orgânicos aqueles que contêm uma quantidade apreciável de matéria decorrente de decomposição de origem vegetal ou animal, em vários estágios de decomposição. Esses solos são encontrados no Brasil principalmente nos depósitos litorâneos, em espessuras de dezenas de metros, e nas várzeas dos rios e córregos, em camadas com 3 a 10m de espessura. Por sua característica orgânica, apresentam elevados índices de vazios, e por serem de sedimentação recente, normalmente adensados, possuem baixa capacidade de suporte e considerável compressibilidade. Em algumas formações, ocorre uma considerável concentração de folhas e caules em processo incipiente de decomposição, formando as turfas. São materiais extremamente deformáveis, e muito permeáveis, o que permite que os recalques devidos a carregamentos externos ocorram rapidamente. Conforme consta na norma DER/PR ES-T 04/05, **solos moles** são os depósitos de solos orgânicos, turfas, areias muito fofas ou solos hidromórficos em geral passíveis de ocorrerem nos locais a seguir indicados: zonas baixas alagadiças; mangues e brejos; várzeas de rios de baixo gradiente hidráulico; antigos leitos de cursos d’água; planícies de sedimentação marinha ou lacustre. A **remoção dos solos moles (troca de solo)** é o processo de retirada total da camada de solo de baixa resistência ao cisalhamento, incluindo o transporte e a disposição na forma de bota

fora. Esta solução só deve ser aplicada quando a camada de solo mole for totalmente substituída e para espessuras de solos moles inferiores a 4,00 m, sendo estas condições necessárias para a aplicação desta especificação (DER/PR ES-T 04/05). A necessidade de remoção de solos moles deve ser indicada em projeto e o aterro que o substitui deve satisfazer às condições mínimas para projetos de aterros sobre solos moles conforme especificação DNER-PRO 381/98. A escavação, na profundidade indicada, deve obrigatoriamente atingir uma camada de solo com as características mínimas exigidas (boa resistência ao cisalhamento) para servir de fundação do aterro. Segundo a norma citada, para trechos de solo mole com mais de 3m, deve-se fazer o estudo de alternativas mais econômicas. A CDHU (1998) coloca que essa troca de solo compreende a escavação de material brejoso, carga, transporte, descarga e espalhamento em bota-fora medido no corte, o fornecimento de material para aterro, incluindo corte, carga, transporte, descarga e espalhamento medido no aterro compactado, a compactação de aterro em camadas de 0,20m de espessura, com grau de compactação maior ou igual a 95% P.N. medido no aterro compactado. Ricardo; Catalani (1990) esclarecem que a remoção do solo de má qualidade e substituição por material de melhores características é aplicável quando a camada brejosa é de pequena espessura, encontrando-se logo abaixo uma de bom suporte. A experiência destes autores mostra que, até 3m de profundidade, a remoção é o processo mais econômico e rápido de consolidação, se comparado com os outros métodos⁵¹. Ao se analisarem alguns empreendimentos da CDHU que continham solos dessa natureza, notou-se que fatores determinantes para a necessidade de troca desses solos são relacionados à parcela de área da gleba com tais solos, tais como: tamanho da área e sua localização/distribuição na área da gleba. Em função desses fatores, pode não ser necessária a troca, já que tais áreas podem ser reservadas como áreas verdes. Outro fator determinante é a altura da camada a ser removida. Conforme memorial descritivo de terraplenagem do Conjunto Habitacional Pardinho B, para o caso desse conjunto, para os locais em que o aterro fosse de 1,50m ou mais não seria necessária a troca de solo nem a recompactação, pois o próprio aterro já serviria como base de sustentação sobre o solo ruim. Indicação no mesmo sentido foi encontrada no memorial descritivo

⁵¹ Quando a camada de solo é muito mole, a ponto de não permitir a passagem das máquinas, ou possui espessura muito grande, tornando impraticável ou muito onerosa a remoção, segundo Ricardo; Catalani (1990), deve-se adotar outros métodos para a estabilização do solo, tais como: Método de Deslocamento, Método de Deslocamento por Explosivos, Drenos verticais de Areia etc.

de terraplenagem do Conjunto Habitacional São José dos Campos A, onde se colocou que, nos casos em que as fundações são sapatas, deve-se garantir uma camada de solo resistente de 1,50m de espessura sob o piso das casas e suas ampliações. No caso do radier, deve-se ter uma camada de 1,0m. De certa forma, contrapondo-se à postura indicada no comentário supracitado, em entrevista realizada nesta pesquisa, o Prof. Façal Massad, especialista em Obras de Terra e Enrocamento da Escola Politécnica da USP, indicou que a presença de solos moles requer um estudo muito específico para se definir seu tratamento e, por conseguinte, para se definir o eventual volume de remoção. Há, no entanto, que se considerar que nos conjuntos habitacionais focados neste trabalho predominam as edificações unifamiliares, muitas vezes térreas; portanto, embora passível de crítica do ponto de vista do projeto de fundações, ao se tentar prever custos de urbanização não parece inconsistente a postura de, em se imaginando ser possível a adoção de fundação direta/rasa, supor-se o movimento de terra, para fins de se alcançar estabilidade no apoio no terreno, limitada ao valor de 1,5 m de altura.

- i) **Solos de 1ª, 2ª e 3ª categoria:** um aspecto importante quando se trata do serviço de terraplenagem é a classificação dos materiais a serem escavados. Segundo a norma DNER -ES 280/97, para fins de terraplenagem, há as seguintes categorias de materiais de escavação:
- **1ª categoria:** terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixo rolado ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de “dozer”, “scraper” rebocado ou motorizado.
 - **2ª categoria:** rocha com resistência à penetração mecânica inferior ao granito, blocos de pedra de volume inferior a 1m^3 , matacões e pedras de diâmetro médio superior a 15cm, cuja extração se processa com emprego de explosivo ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns.
 - **3ª categoria:** rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de volume igual ou superior a 1m^3 , cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o emprego contínuo de explosivo.

Conforme o DER-SP, essas categorias são assim definidas:

- **1ª categoria:** terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição (pouco compactas), seixo rolado ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm e, em geral, todos os materiais suscetíveis de serem escavados normalmente com emprego de lâmina “scraper” rebocado ou “motoscraper”, qualquer que seja o grau de umidade que possuam;
- **2ª categoria:** constituída por pedras soltas, rocha fraturada em blocos maciços de volume inferior a $0,5\text{m}^3$, rochas em decomposição compactas excluídas naturalmente as da primeira categoria, as rochas de pouca dureza (rochas brandas) e cuja extração se faz pelo uso combinado de escarificadores e explosivos;
- **3ª categoria:** é a rocha viva de dureza maior ou igual à do granito e os matacões de volume maior ou igual $0,5\text{m}^3$ e que só admitem desmonte pelo emprego contínuo de explosivo.

Aproveitando-se das colocações de Ricardo; Catalani (1990), verifica-se que as definições das categorias pelos dois órgãos rodoviários são muito semelhantes, divergindo apenas em algumas particularidades. Assim, pode-se comentar que:

- os materiais da 1ª categoria são aqueles facilmente escaváveis com os equipamentos normais, ainda que se apresentem bastante rijos, em razão de baixo teor de umidade, pois, se úmidos podem perder a resistência oferecida ao desmonte. Ainda que estejam misturados com pedras, seixos rolados ou matacões, desde que sejam escaváveis com o equipamento indicado, são considerados como de 1ª categoria. O mesmo se pode afirmar no caso de rocha alterada, desde que apresente pouca compacidade e permita o uso dos equipamentos comuns;
- os materiais de 2ª categoria são mais resistentes ao desmonte e não admitem o uso dos equipamentos comuns, a não ser após o desmonte inicial obtido com o emprego de escarificadores (“*rippers*”), acionados hidraulicamente e montados na parte posterior de tratores de esteiras pesados, que rasgam a superfície compacta, através de várias passadas, propiciando a posterior utilização do equipamento comum. Muitas vezes, porém, haverá a necessidade de serem empregados explosivos de baixa potência, de forma contínua, nos trechos que demonstrem maior dureza e nos quais nem o emprego de “*ripper*” traria os resultados esperados. Cabe assinalar, entretanto, que determinados equipamentos modernos, dispondo de grande esforço trator, aliados à

grande aderência (por exemplo “*motorscraper*” de motor traseiro), auxiliados por tratores empurradores (“*pusher*”), já têm sido empregados com relativo êxito na escavação de materiais de 2ª categoria. Atualmente, de acordo com a necessidade, a 2ª categoria costuma ser subdividida em 2ª categoria com material pré-estratificado e 2ª categoria com emprego descontínuo de explosivos e pré-estratificação;

- a 3ª categoria, a rocha viva, é a melhor caracterizada, porque só a ela pertencem os materiais que apenas admitem o desmonte pelo emprego contínuo e exclusivo de explosivos de média e alta potência e apresentam dureza igual ou superior à do granito.

Em todos os conjuntos habitacionais estudados nesta pesquisa, os volumes de movimentação de terra coletados dos memoriais dos projetos de terraplenagem indicaram corte e aterro de materiais de 1ª categoria. Acredita-se que, principalmente para os conjuntos habitacionais de interesse social, a detecção das outras categorias no terreno leva à consideração de outras alternativas de fundação ou mesmo ao descarte do terreno, haja vista a incidência de custo de terraplenagem sobre o custo final da habitação unifamiliar.

Quanto aos fatores que influenciam a demanda por corte e aterro, Gasparini; Gimenez Filho (1994) afirmam que é sabido e comprovado que, nas implantações convencionais de conjuntos habitacionais de interesse social, o volume de terraplenagem, por unidade habitacional, cresce à medida em que aumenta a declividade do terreno. Pisani (2003) também afirma que quanto maior a declividade de uma encosta, maior é o movimento de terra necessário para a sua ocupação. Haja vista a necessidade de adaptação do terreno aos padrões comumente adotados para as vias e os lotes habitacionais.

Em relação às especificações relativas à concepção do desenho urbano que influencia a demanda por terraplenagem, cita-se Mascaró (2003) que diz que toda via urbana deve permitir o escoamento das águas da chuva de forma superficial, devendo, assim, possuir uma declividade acima dos mínimos recomendados por normas e legislações correlatas. Conforme citado no item 2.9.2.

Outra questão a ser analisada é a colocada por Mascaró (1991). Para tal autor, projetar a rua o mais reto possível é bom para o tráfego automotor; mas, para se obter isso, são necessários maiores cortes e aterros do que no caso de uma rua que acompanha os desníveis do terreno (onde o eixo longitudinal da rua é posicionado paralelo às curvas de nível). Em contrapartida, conforme Moretti (1993), ao optar-se por vias dispostas ao longo das curvas de nível do

terreno, inicialmente, tem-se menor movimentação de terra, mas, quando da implantação das edificações nos lotes, tem-se maior custo com terraplenagem. Complementando essa questão, em Gasparini; Gimenez Filho (1994) encontra-se a idéia de que a disposição dos lotes em relação às curvas de nível tem significância distinta para certos intervalos de declividade da gleba. Em tal referência bibliográfica, diz-se que para declividade menores que 10% a esconsidade⁵² não tem grande importância no aumento do custo da terraplenagem, ou seja, os lotes podem ser livremente posicionados e o acréscimo de custo de terraplenagem não será significativo. Os autores também afirmam que para as declividades iguais ou superiores a 10% o custo de terraplenagem apresenta grandes disparidades, principalmente devido a diferentes posturas adotadas nos projetos e que, para esse intervalo de declividade, passa-se a observar grande influência do fator esconsidade.

Quanto a fatores relacionados à implantação dos lotes, a CDHU (1998) coloca que a opção por patamarizar integralmente o lote somente será adotada quando a declividade do terreno natural for superior a 5% e em função das características do projeto da unidade habitacional, onde a utilização dos espaços livres do lote ou a ampliação da unidade habitacional ficar prejudicada; a altura máxima dos taludes de frente dos lotes residenciais unifamiliares não poderá ser superior a 1,50 metros acima da cota do greide da rua; os lotes totalmente patamarizados deverão preferencialmente ter uma parcela da testada do lote com cota pelo menos 20cm acima do greide da rua, de forma a simplificar o lançamento das águas pluviais e servidas.

Essa Companhia coloca também que, na definição das cotas de patamares dos lotes, busca-se garantir que a camada superficial, até a profundidade de 1,0m, apresente uma capacidade de carga compatível com as cargas a serem transmitidas pelas edificações, de modo a viabilizar a utilização preferencial de fundação direta.

⁵² Fator de esconsidade expressa o ângulo, em graus, entre as curvas de nível do terreno e o eixo longitudinal do lote.

16. APÊNDICE C

DESCRIÇÃO DOS MODELOS DE REFERÊNCIA PARA A ESTIMATIVA DE TERRAPLENAGEM

Para a elaboração dos modelos, consideraram-se os parâmetros definidos como mais coerentes para o tipo de empreendimento em estudo e discutidos no APÊNDICE B, bem como parâmetros observados quando da análise dos projetos que compuseram a amostra da pesquisa, quais sejam:

- a altura máxima dos taludes de frente para os modelos é de 1,50m acima da cota do greide da rua;
- foi guardado a altura mínima de 20cm acima do greide da rua, em pelo menos uma parcela da testada do lote, de forma que fosse simplificado o lançamento das águas pluviais e servidas;
- nos casos em que a declividade média da gleba é menor que 2,5%, observou-se alta incidência de áreas com declividades próximas de 0%. Como discutido no item 2.9.2, tais áreas indicam a necessidade de vias com declividade mínima de 0,5%, de forma a possibilitar condições adequadas para drenagem das águas pluviais e esgotamento sanitário;
- de acordo com o observado no Gráfico 3, os casos em que a declividade da gleba é superior a 15% apresentam grande variação na demanda por terraplenagem, o que sugeriu a necessidade de se diferenciar esse intervalo na proposta de ponderação (seguimento $D > 15\%$). Além disso, a bibliografia (CDHU, 1998; Graprohab, 2001) indica que a declividade máxima desejável para vias locais é de 10%, mas que, em casos específicos, podem ser adotadas declividades entre 14 e 16%. Como a declividade máxima da via pode também influenciar a movimentação dos lotes, já que se deve guardar a altura máxima e mínima para os taludes de frente dos lotes em relação à cota da via, em glebas com declividade em torno de 15%, ou mais, tem-se a tendência de movimentação diferenciada dos outros seguimentos supracitados. Para os casos com declividade da gleba $10\% < D \leq 15\%$, definiram-se como referência as declividades de 13% para a gleba e 11% para a via, pois, para esse intervalo, notou-se, através do estudo de projetos reais, que há uma tendência de se optar por esta

declividade para a rua. Já para o seguimento $D > 15\%$, foram definidos como referência a declividade de 20% para a gleba (valor intermediário entre 15% e o máximo observado na amostra, que foi de 25%) e 14% para a via (valor estipulado, pela CDHU, como máximo para vias locais maiores que 50m – vide Tabela 5);

A seguir explicitam-se os modelos de referência adotados.

Figura 51 - Quadra de referência para lotes de 7 x 22m

Figura 52 – Quadra de referência para lotes de 10 x 20m

Seção-lotes = 30,7m²
 Profundidade do lote= 22,0m
 Volume-lotes = 675,4m³

Seção-lotes = 30,5m²
 Profundidade do lote= 20,0m
 Volume-lotes = 610,2m³
 Seção-vias = 12,5m²
 Largura-via-referência 10m
 Volume-via-referência 125,4m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Altura Mínima entre lote e via
 — Testada do lote

Figura 53 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente à s curvas de nível em terrenos com declividade média menor que 2,5%

Seção-lotes = 17,4m²
 Profundidade do lote= 20,0m
 Volume-lotes = 347,5m³
 Seção-vias = 34,8m²
 Largura-via-referência 10m
 Volume-via-referência 348,2m³

Seção-lotes = 12,0m²
 Profundidade do lote= 22,0m
 Volume-lotes = 263,5m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Altura Mínima entre lote e via
 — Testada do lote

Figura 54 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $2,5\% \leq D \leq 7\%$.

Seção-lotes = 30,0m²
 Profundidade do lote= 22,0m
 Volume-lotes = 660,2m³

Seção-lotes = 43,7m²
 Profundidade do lote= 20,0m
 Volume-lotes = 874,9m³
 Seção-vias = 87,5m²
 Largura-via-referência 10m
 Volume-via-referência 874,9m³

— Terreno	— Altura do talude
— Via	— Comprimento do lote
— Lote	— Dimensões recomendadas

Figura 55 – Perfis de referência para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: 7% < D ≤ 10%.

Seção-lotes = 166,7m²
 Profundidade do lote= 20,0m
 Volume-lotes = 3333,7m³
 Seção-vias= 264,0 m²
 Largura-via-referência 10m
 Volume-via-referência 2639,7m³

Seção-lotes = 127,0m²
 Profundidade do lote= 22,0m
 Volume-lotes = 1505,4m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Altura do talude
 — Comprimento do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 56 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $10\% < D \leq 15\%$.

Figura 57 – Perfis de referencia para lotes implantados paralelamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $D > 15\%$.

Seção-Fundo dos lotes= 377,6m²
 Seção-Frente dos lotes= 79,4m²
 Seção-Média-lotes = 228,5m²
 Profundidade do lote= 22m
 Volume-lotes = 5115,4m³

Seção-Fundo dos lotes= 410,6m²
 Seção-Frente dos lotes= 126,6m²
 Seção-Média-lotes = 268,6m²
 Profundidade do lote= 20m
 Volume-lotes = 5372,7m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Menor altura de talude
 — Testada e profundidade do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 58 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: D > 15%.

Seção-Fundo dos lotes= 228,4m²
 Seção-Frente dos lotes= 43,7m²
 Seção-Média-lotes = 136,1m²
 Profundidade do lote= 20m
 Volume-lotes = 2721,0m³

Seção-Fundo dos lotes= 229,0m²
 Seção-Frente dos lotes= 30,0m²
 Seção-Média-lotes = 129,5m²
 Profundidade do lote= 22m
 Volume-lotes = 2849,3m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Menor altura de talude
 — Testada e profundidade do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 59 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $10 < D \leq 15\%$.

Seção-Fundo dos lotes= 154,0m²
 Seção-Frente dos lotes= 26,2m²
 Seção-Média-lotes = 90,1m²
 Profundidade do lote= 20
 Volume-lotes= 1802,2m³

Seção-Fundo dos lotes= 155,8m²
 Seção-Frente dos lotes= 18,0m²
 Seção-Média-lotes= 86,9m²
 Profundidade do lote= 22m
 Volume-lotes = 1911,0m³

— Terreno
 — Via
 — Lote
 — Menor altura de talude
 — Testada e profundidade do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 60 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: $7 < D \leq 10\%$.

Seção-Fundo dos lotes= 88,5m²
 Seção-Frente dos lotes= 17,5m²
 Seção-Média-lotes= 53,0m²
 Profundidade do lote= 20m
 Volume-lotes= 1059,4m³

Seção-Fundo dos lotes= 88,5m²
 Seção-Frente dos lotes= 12,0m²
 Seção-Média-lotes= 50,3m²
 Profundidade do lote= 22m
 Volume-lotes= 1105,8m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Menor altura de talude
 — Testada e profundidade do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 61 – Perfil de referência para lotes implantados obliquamente às curvas de nível em terrenos com declividade média: 2,5% ≤ D ≤ 7%.

Figura 62 – Perfis de referencia para lotes implantados perpendicularmente às curvas de nível

Seção-lotes = 110,9m²
 Testada do lote= 7,0m
 Volume-lotes = 776,6m³

Seção-lotes = 53,7m²
 Testada do lote= 7,0m
 Volume-lotes = 376,1m³

Seção-lotes = 36,6m²
 Testada do lote= 7,0m
 Volume-lotes = 256,4m³

Seção-lotes = 29,7m²
 Testada do lote= 7,0m
 Volume-lotes = 208,0m³

— Terreno
 — Via
 — Lote

— Altura do talude
 — Comprimento do lote
 — Dimensões recomendadas

Figura 63 – Perfis de referência para lotes implantados perpendicularmente às curvas de nível

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	9,1m ²	6,2m ²	4,7m ²	2,6m ²
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-lotes =	907,2m ³	617,3m ³	474,5m ³	260,8m ³

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	11,1m ²	7,5m ²	5,8m ²	3,1m ²
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-lotes =	1111,9m ³	753,9m ³	577,4m ³	313,7m ³

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	13,2	8,8	6,7	3,5
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-via	1316,0	882,4	669,3	350,1

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	15,8	10,6	8,1	4,3
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-via	1579,5	1064,1	809,9	430,1

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	18,4	12,4	9,4	4,9
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-via	1842,5	1237,5	939,3	493,5

Declividade terreno=	20%	13%	9%	5%
Seção-via =	21,0	14,0	10,6	5,4
Comprimento da via=	100,0m	100,0m	100,0m	100,0m
Volume-via	2104,9	1403,3	1057,4	540,4

Figura 64 – Perfis de referência para vias implantadas paralelamente às curvas de nível

Tabela 70 – Resumo dos valores obtidos para $TRP_{\text{lotes}}/\text{Área}_{\text{lotes}}$ dos modelos apresentados nas figuras 3 – 13 e suas respectivas ponderações em relação ao menor valor

Posição do lote x curvas de nível	Testada do lote (m)	Profundidade do lote (m)	Área do lote (m ²)	Declividade da via (%)	Declividade do terreno (%)	Volume de terraplenagem (TRP quadras) (m ³)	$TRP_{\text{lotes}}/\text{Área}_{\text{lotes}}$ (m ³ /m ²)	Ponderação em relação ao menor volume (POND _{lotes})
Paralelo	7,0	22,0	154,0	5,0	5,0	263,5	0,1	1,0
Paralelo	10,0	20,0	200,0	5,0	5,0	347,5	0,2	1,5
Paralelo	7,0	22,0	154,0	9,0	9,0	660,2	0,3	2,6
Paralelo	10,0	20,0	200,0	0,5	0,0	610,2	0,3	2,5
Obliquo	10,0	20,0	200,0	0,5	0,0	610,2	0,3	2,5
Perpendicular	10,0	20,0	200,0	0,5	0,0	610,2	0,3	2,5
Paralelo	7,0	22,0	154,0	0,5	0,0	667,3	0,3	2,5
Obliquo	7,0	22,0	154,0	0,5	0,0	667,3	0,3	2,5
Perpendicular	7,0	22,0	154,0	0,5	0,0	667,3	0,3	2,5
Paralelo	10,0	20,0	200,0	9,0	9,0	874,9	0,4	3,4
Obliquo	7,0	22,0	154,0	5 (3,6-obli)	5 (3,6-obli)	1105,8	0,5	4,3
Obliquo	10,0	20,0	200,0	5 (3,6-obli)	5 (3,6-obli)	1059,4	0,5	4,4
Perpendicular	10,0	20,0	200,0	5,0	5,0	247,1	0,6	5,2
Perpendicular	7,0	22,0	154,0	5,0	5,0	208,0	0,7	5,6
Perpendicular	10,0	20,0	200,0	9,0	9,0	304,2	0,8	6,3
Perpendicular	7,0	22,0	154,0	9,0	9,0	256,4	0,8	6,9
Obliquo	7,0	22,0	154,0	9(6,4-obli)	9(6,4-obli)	1911,0	0,9	7,4
Obliquo	10,0	20,0	200,0	9(6,4-obli)	9(6,4-obli)	1802,2	0,9	7,5
Perpendicular	10,0	20,0	200,0	13,0	13,0	452,8	1,1	9,5
Perpendicular	7,0	22,0	154,0	13,0	13,0	376,1	1,2	10,2
Obliquo	7,0	22,0	154,0	13(9,2-obli)	13(9,2-obli)	2849,3	1,3	11,0
Obliquo	10,0	20,0	200,0	13(9,2-obli)	13(9,2-obli)	2721,0	1,4	11,4
Paralelo	7	22	154	11	13	1505,4	1,5	5,8
Paralelo	10	20	200	11	13	2069,5	1,7	8,6
Perpendicular	10,0	20,0	200,0	14,0	20,0	897,2	2,2	18,7
Perpendicular	7,0	22,0	154,0	14,0	20,0	776,6	2,5	21,0
Obliquo	7,0	22,0	154,0	14,0	20(14,2-obli)	5115,4	2,4	19,8
Obliquo	10,0	20,0	200,0	14,0	20(14,2-obli)	5372,7	2,7	22,4
Paralelo	7,0	22,0	154,0	14,0	20,0	7242,2	3,4	28,0
Paralelo	10,0	20,0	200,0	14,0	20,0	7900,1	4,0	33,0

Tabela 71 – Resumo dos valores obtidos para $TRP_{vias}/Área_{vias}$ dos modelos apresentados nas figuras 3 – 14 e suas respectivas ponderações em relação ao menor valor

Posição do lote x curvas de nível	Largura da via (m)	Declividade da via (%)	Declividade do terreno (%)	Volume de terraplenagem (TRP_{via}) (m ³)	$TRP_{via}/Área_{vias}$ (m ³ /m ²)	Ponderação em relação ao menor volume ($POND_{vias}$)
Paralelo	10,0	0,5	0,0	125,4	0,13	1,00
Obliquo	10,0	0,5	0,0	125,4	0,13	1,00
Perpendicular	10,0	0,5	0,0	125,4	0,13	1,00
Paralelo	9,0	0,5	5,0	260,8	0,29	2,31
Paralelo	10,0	0,5	5,0	313,7	0,31	2,50
Paralelo	11,0	0,5	5,0	350,1	0,32	2,54
Perpendicular	10,0	5,0	5,0	348,2	0,35	2,78
Obliquo	10,0	5 (3,6)	5 (3,6)	356,0	0,36	2,84
Paralelo	12,0	0,5	5,0	430,1	0,36	2,86
Paralelo	13,0	0,5	5,0	493,5	0,38	3,03
Paralelo	14,0	0,5	5,0	540,4	0,39	3,08
Obliquo	10,0	9 (6,4)	9 (6,4)	524,1	0,52	4,18
Paralelo	9,0	0,5	9,0	474,5	0,53	4,21
Paralelo	10,0	0,5	9,0	577,4	0,58	4,61
Paralelo	11,0	0,5	9,0	669,3	0,61	4,85
Paralelo	12,0	0,5	9,0	809,9	0,67	5,38
Paralelo	9,0	0,5	13	617,3	0,69	5,47
Paralelo	13,0	0,5	9,0	939,3	0,72	5,76
Paralelo	10,0	0,5	13	753,9	0,75	6,01
Paralelo	14,0	0,5	9,0	1057,4	0,76	6,02
Paralelo	11,0	0,5	13	882,4	0,80	6,40
Perpendicular	10,0	9,0	9,0	874,9	0,87	6,98
Obliquo	10,0	13(9,2)	13 (9,2)	874,9	0,87	6,98
Paralelo	12,0	0,5	13	1064,1	0,89	7,07
Paralelo	13,0	0,5	13	1237,5	0,95	7,59
Paralelo	14,0	0,5	13	1403,3	1,00	7,99
Paralelo	9,0	14,0	20,0	907,2	1,01	8,04
Paralelo	10,0	14,0	20,0	1111,9	1,11	8,87
Paralelo	11,0	14,0	20,0	1316,0	1,20	9,54
Paralelo	12,0	14,0	20,0	1579,5	1,32	10,50
Paralelo	13,0	14,0	20,0	1842,5	1,42	11,30
Paralelo	14,0	14,0	20,0	2104,9	1,50	11,99
Obliquo	10,0	14,0	20 (14,2-obli)	2115,7	2,12	16,87
Perpendicular	10,0	10,0	13,0	2639,7	2,64	21,05
Perpendicular	10,0	14,0	20,0	4807,6	4,81	38,34

17. APÊNDICE D

DRENAGEM - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

O sistema de drenagem deve ser considerado como composto de dois sistemas distintos, que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o **sistema de drenagem inicial** e o **sistema de macro-drenagem**.

O **sistema de drenagem inicial**, ou de **micro-drenagem**, ou ainda **coletor de águas pluviais**, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e também canais de pequenas dimensões. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de águas pluviais cuja ocorrência tem período de retorno variando entre 2 a 10 anos. Quando bem projetado, elimina praticamente as inundações na área urbana, evitando as interferências entre as enxurradas e o tráfego de pedestres e veículos, e danos às propriedades. Conforme CETESB (1986), esse sistema recebe, em geral, mais atenção, por parte dos engenheiros e dos administradores, do que os outros componentes do sistema geral de drenagem, pois contribui diretamente para o desenvolvimento ordenado de uma área urbana.

O **sistema de macro-drenagem** é constituído, em geral, por canais de maiores dimensões, projetados para cheias cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos. Segundo CETESB (1986), o **sistema de macro-drenagem** existe mesmo que não seja planejado e nem construído, uma vez que a água tende a atingir os pontos mais baixos de uma região, independentemente da existência de obras em seu percurso. Quando este sistema é bem projetado, no entanto, pode-se obter diminuição considerável do custo do sistema inicial, reduzindo-se, por exemplo, a extensão das tubulações enterradas.

Ater-se-á, nesta pesquisa, ao estudo da drenagem pluvial no nível do conjunto habitacional; portanto, **o sistema que se abordará se refere ao de micro-drenagem**.

Esse sistema (micro-drenagem), por sua vez, pode ser dividido em duas partes, quais sejam: **a drenagem superficial e a subterrânea**.

Considera-se como **superficial** a drenagem realizada pelas ruas, guias, sarjetas e sarjetões. Dos itens citados, apenas as guias, sarjetas e os sarjetões são considerados nos custos de drenagem superficial, uma vez que para o levantamento do custo da execução das ruas é necessário considerar também outros serviços, tais como terraplenagem e pavimentação, sendo estes abordados em outros capítulos deste trabalho.

Quanto à drenagem **subterrânea**, considera-se como aquela composta pelas galerias de águas pluviais que, por sua vez, são compostas pelas bocas de lobo, pelas tubulações, pelos poços de visita e estruturas acessórias, e são projetadas tendo em vista a condução das águas pluviais desde a sua captação, nas ruas, até a sua disposição, no sistema principal de drenagem. As galerias são necessárias somente quando o sistema inicial de drenagem, sem as mesmas, é insuficiente para conduzir as descargas que a ele afluem.

A seguir apresentam-se, brevemente, os principais termos relacionados ao sistema de drenagem analisado, bem como aqueles aspectos considerados relevantes na sua concepção conforme CETESB (1986) e Aisse (1997). Todos os termos em inglês foram baseados no U.S Department of Transportation (2001):

- a) **estudos hidrológicos (“hydrologic procedures”)**: em relação aos estudos hidrológicos necessários à elaboração do projeto da rede de drenagem, DER-SP, em seu documento IP-DE-H00/001 de agosto/2005, recomenda que se deve fazer uma caracterização das obras hidráulicas existentes e de eventuais estudos e projetos de aproveitamentos hídricos previstos na região de interesse. Para isto deve-se consultar os planos diretores e entidades, tais como: Departamento de Água e Energia Elétrica – DAEE, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, CESP, Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, Prefeituras e Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. No referido documento do DER-SP, citam-se vários métodos de cálculo de vazões de projeto, cuja indicação de utilização varia em função da área da bacia hidrográfica em questão. No manual de projeto da CDHU (1998) também são indicados alguns métodos, em função da área a ser drenada (AD). A seguir, colocam-se as indicações desta companhia, pois os projetos a serem analisados no levantamento dos dados da pesquisa seguem estas indicações:

- Método racional: para $AD \leq 50$ Ha.
- Método racional corrigido: para $50 \text{ Ha} < AD \leq 100$ Ha.

- Método Ven Te Chow: quando $AD > 100$ Ha.
- b) **bacias (*basin*) (ou sub-bacias – “*sub-basin*”) de contribuição:** uma bacia hidrográfica é a área de drenagem delimitada pela topografia da região. Ela é composta por áreas permeáveis e impermeáveis. A parte permeável permite a infiltração imediata da água no solo; já a parte impermeável não permite a infiltração imediata da água no solo, sendo representada pelas áreas pavimentadas, áreas construídas e calçadas.

Na hidrologia urbana, o conhecimento das percentagens das áreas permeáveis e impermeáveis é muito importante. Quando um processo de urbanização atinge uma bacia, a percentagem da sua área impermeável cresce, resultando em significativas mudanças na relação chuva – deflúvio: normalmente, a quantidade do deflúvio superficial direto é incrementada, o tempo de concentração diminui e as descargas de ponta aumentam substancialmente.

As sub-bacias podem variar de acordo com o arranjo geral adotado para o sistema de galerias. Quando da sua definição, entretanto, é importante lembrar que em várias bocas de lobo, ao longo de um trecho contínuo de rua, apenas parte da água escoada superficialmente será removida para as galerias de águas pluviais. Em pontos de cruzamentos de ruas principais ou avenidas, é necessário remover 100% das descargas provenientes da chuva inicial de projeto, para evitar a passagem de água através daquelas vias;

- c) **velocidades limites :** são as velocidades máximas e mínimas de escoamento estabelecidas para não ocasionarem abrasão nos dispositivos, no primeiro caso, e impedir o assoreamento, no segundo. As velocidades consideradas nos memoriais dos projetos de drenagem estudados durante esta pesquisa podem ser verificadas na Tabela 72.

Tabela 72 - Velocidades limites para os sistema de drenagem (fonte:CDHU, 1998)

	<i>Velocidade min (m/s)</i>	<i>Velocidade máx (m/s)</i>
<i>Galerias ou canais de concreto</i>	0,75	6,00
<i>Sarjetas e Sarjetões</i>	-	3,00

- d) **coeficiente de deflúvio ou de escoamento superficial (*runoff coefficient - C*)-** do volume precipitado sobre a bacia hidrográfica, uma parcela atinge a seção de controle

em estudo sob a forma de escoamento superficial. Isto ocorre por perdas devidas ao armazenamento em depressões, em vegetações, na evaporação e, a maior parcela, por infiltração no solo. O volume escoado é, portanto, uma parcela do volume precipitado e a relação entre os dois é o que se denomina coeficiente de deflúvio ou de escoamento superficial. A adoção, ou cálculo de coeficientes de escoamento superficial, deve ser feita considerando o projeto de ocupação previsto na implantação habitacional em questão, bem como, os projetos ou planos correspondentes às fases futuras de implantação. A evolução da ocupação das bacias contribuintes à área objeto da intervenção também deve ser considerada. Na Tabela 22 são apresentados os valores para C que consideram essas informações.

Tabela 73 - Valores usuais de Coeficiente de escoamento superficial (fonte:CDHU, 1998)

<i>Zonas</i>	<i>Valores C</i>
<i>De edificações muito densa</i>	0,70 a 0,95
<i>Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas</i>	
<i>De edificações não muito densas</i>	0,60 a 0,70
<i>Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas</i>	
<i>De edificações com poucas superfícies livres</i>	0,50 a 0,60
<i>Partes residenciais com construções cerradas e ruas pavimentadas</i>	
<i>De edificações com muitas superfícies livres</i>	0,25 a 0,50
<i>Partes residenciais tipo "Cidade Jardim", com ruas macadamizadas ou pavimentadas</i>	
<i>De subúrbios com algumas edificações</i>	0,10 a 0,25
<i>Parte de arredores e subúrbios, com pequena densidade de construção</i>	
<i>De matas, parques e campos de esporte</i>	
<i>Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação</i>	0,05 a 0,20

- e) **tempo de concentração (*detention time*)**: em áreas urbanas, o tempo de concentração pode ser dividido em duas parcelas ($t_c = t_i + t_t$): um tempo inicial t_i , tempo para a chuva atingir a primeira boca de lobo ou sarjeta, e um tempo t_t de translação na rede de drenagem (sarjetas, bueiros, galerias, canais etc.)

O tempo t_i corresponde a um escoamento sobre superfícies e, portanto, depende do coeficiente de escoamento superficial (C), da declividade da bacia e do comprimento de referência para o escoamento.

O tempo t_t deve ser calculado a partir dos parâmetros hidráulicos da rede de drenagem, pela fórmula de Manning (Equação 49), por exemplo.

$$Q = \frac{A}{n} \times (Rh^{2/3} \times I^{1/2}) \quad \text{Equação} \quad 49$$

sendo:

Q = vazão calculada em cada seção (m^3/s);

A = Área molhada (m^2);

R_h^{53} = Raio hidráulico (m);

I = declividade da tubulação (% ou m/m);

n = coeficiente de Manning.

Conforme DNIT (2005), normalmente considera-se que, nas pequenas bacias hidrográficas (menores que 1km^2), o deflúvio superficial escoe em grande parte de seu percurso sobre o terreno sem chegar aos canalículos ou pequenos cursos d'água e a velocidade de escoamento é fortemente influenciada pela rugosidade do terreno, por sua cobertura vegetal e pelos detritos sobre o solo. Conforme a extensão da bacia aumenta, passa a predominar o tempo em que o deflúvio superficial escoia através de leitos definidos nos cursos d'água, onde o tipo do solo e a vegetação têm menor influência do que a forma desses cursos. DNIT (2005) prossegue colocando que a avaliação do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa, devido aos inúmeros condicionantes envolvidos, existindo uma grande variedade de expressões de cálculo, merecendo, por isso, grande atenção na sua determinação, pois influencia significativamente no resultado da descarga de projeto. Para ilustrar este aspecto, em DNIT (2005), é apresentada a análise comparativa dos tempos de concentração, calculados através de procedimentos diferentes, bastante difundidos, para diversas bacias hidrográficas reais. CDHU (1998) apenas coloca a este respeito que o tempo de entrada em bacias que incluam áreas rurais deve ser estimado por metodologia e modelos usuais, através de expressões de reconhecida validade; e que, em qualquer caso, o tempo de concentração (t_c), não deve ser menor que 10 minutos.

- f) intensidade de precipitação "i" (*rainfall intensity*):** é a quantidade de chuva por área que ocorre na unidade de tempo adotada, para uma dada frequência e com uma duração igual ao tempo de concentração, e pode ser

⁵³ Raio hidráulico (R_H) é a relação entre a seção (área) transversal molhada A e o perímetro molhado P (o perímetro da seção em contato com o fluido). $R_H = A_{\text{molhada}}/P_{\text{molhado}}$.

determinada através de equação de chuvas para a região em questão; ou seja, é a taxa de água entrando, na forma de chuva, no sistema específico da bacia sendo analisada. Por exemplo, CDHU (1998) coloca que, para projetos na Região Metropolitana de São Paulo, devem ser utilizadas, de preferência, as equações levantadas por Occhipinti e Marques ou as de Paulo Sampaio Wilken.

- g) **período de recorrência "T" (*design frequency*)**: é definido como o período de tempo médio, em anos, dentro do qual determinada intensidade de chuva é igualada ou superada em pelo menos uma vez. O período de retorno adotado para a concepção de um projeto de drenagem depende do tipo de ocupação da área.

Tabela 74 – Freqüência das chuvas de projeto para galerias de águas pluviais.

<i>Tipo de ocupação da área</i>	<i>Período de retorno da chuva inicial de projeto</i>
<i>Residencial</i>	2 anos
<i>Áreas comerciais</i>	5 anos
<i>Áreas com edifícios públicos</i>	5 anos
<i>Aeroportos</i>	2 - 5 anos
<i>Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários</i>	5 – 10 anos

- h) **dispositivos de proteção diversos (*erosion and sediment controls*)** – são dispositivos indicados para auxiliar no controle da erosão, tais como: entroncamentos, muros de alas, canaletas de proteção de cortes e aterros, bacias de amortecimento, descidas d' água (rápidos e escadas hidráulicas) etc.
- i) **guias (*curb*)**- também conhecidas como meios-fios (Figura 65), são elementos de pedra, ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio (Tucci et al, 1995), e que formam um conjunto com as sarjetas (Fernandes, 2002);
- j) **sarjeta (*gutter*)**- é o canal longitudinal (Figura 65), em geral triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta (Fernandes, 2002).

De acordo com a Prefeitura de São Paulo (1999), a capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses: 1) a água escoando por toda a calha da rua; ou 2) a água escoando somente pelas sarjetas. Para a primeira hipótese, admite-se uma declividade transversal da rua de 3% e a altura da água na sarjeta de 0,15 m. Para a segunda hipótese, admite-se declividade transversal também de 3% e altura de água na sarjeta de 0,10 m. Com estes dados, a verificação da vazão máxima escoada pode ser calculada, usando-se a equação de Manning da seguinte forma (Equação 50):

$$y = \left(\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} \right)^{3/5} \frac{\left(2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} + b \right)^{0,4}}{(b + m \cdot h)} \quad \text{Equação 50}$$

onde:

y = profundidade normal, profundidade relativa à linha de fundo (m);

Q = vazão considerada (m³/s);

i = declividade;

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

m = inclinação do talude da seção trapezoidal do canal;

b = largura da base da seção do canal (m);

h = profundidade da lâmina d'água (m).

No manual da CDHU (1998), define-se que a capacidade de escoamento das sarjetas deve ser determinada pelo método de Izzard ou outro procedimento de validade comprovada, adotando 13cm como altura máxima da lâmina junto à guia e a velocidade limite apresentada na Tabela 72. O Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, DER-SP (2006), esclarece que as sarjetas devem ser dimensionadas com o emprego da fórmula de Manning, à exceção das sarjetas com seções triangulares em concreto com $Z \geq 10$, que devem ser dimensionadas a partir da fórmula de Manning modificada por Izzard, ou seja:

onde:

$$Q = 0,375 \cdot \left(\frac{Z}{n} \right) \cdot I^{1/2} \cdot y^{8/3}$$

Equação 51

Q = vazão (m^3/s);

Z = inverso de declividade transversal (m/m);

I = declividade longitudinal (m/m);

y = profundidade relativa à linha de fundo (m);

n = coeficiente de rugosidade.

Como a CDHU recomenda a adoção deste tipo de sarjeta, a definição do uso desta fórmula está justificada.

Para maior facilidade de verificação, CDHU (1998) apresenta valores tabelados em função da largura da via, que auxiliam o cálculo da velocidade e capacidade de escoamento a seção plena (Figura 67).

Figura 65- Modelo de guia e sarjeta (fonte: Fernandes, 2002)

Figura 66- Sarjetão típico em paralelepípedos (Fonte: Fernandes, 2002)

- k) sarjetões (“V”- *shape median*)-** canais de seção triangular (Figura 66), situado nos pontos baixos⁵⁴ ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta (Fernandes, 2002).

⁵⁴ Entende-se por ponto baixo o encontro entre via em declive e via em aclive.

- velocidade do escoamento na sarjeta maior que 3m/s;
- vazão de contribuição maior que 600l/s.

Quanto à sua locação, devem-se obedecer as seguintes recomendações:

- serão locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta o requerer, ou quando for ultrapassada a sua capacidade de engolimento; e nos pontos baixos das quadras (Prefeitura de São Paulo, 1999);
- Aisse (1997) e Prefeitura de São Paulo (1999) sugerem adotar um espaçamento máximo de 60m entre as bocas-de-lobo, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta. Pela Lei de EHS do Município de São Paulo, devem ser implantadas bocas-de-lobo espaçadas de, no máximo, 50m entre si, nos casos onde a declividade da via for superior a 5%, e nas transições entre trechos pavimentados e não pavimentados de vias;
- a melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas (Prefeitura de São Paulo, 1999);
- não é conveniente a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: os pedestres, para cruzarem a rua, teriam que saltar a torrente, num trecho de máxima vazão superficial. As torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um caudal de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo (Prefeitura de São Paulo, 1999). Na Figura 69, estão ilustrados exemplos de uma situação recomendada, uma situação não recomendada e uma situação usual para a localização de bocas-de-lobo.

Figura 68 –Tipos de Bocas-de-lobo (fonte: Prefeitura de São Paulo, 1999)

Figura 69 – Exemplo de uma situação recomendada, uma situação não recomendada e uma situação usual para a localização de bocas-de-lobo (Prefeitura de São Paulo, 1999).

Em relação ao tipo (número) e a capacidade de captação de bocas de lobo, CDHU (1998) indica os valores apresentados na Tabela 75 e que capacidades diferentes devem ser justificadas.

Tabela 75 – Capacidade de captação em função do tipo de boca de lobo

<i>Tipo de boca de lobo (Número)</i>	<i>Capacidade de captação (litros)</i>
<i>Simples</i>	60
<i>Dupla</i>	120
<i>Tripla</i>	180
<i>Quádrupla</i>	240

- m) **caixas de ligação (*junction boxes*)** - também denominadas de caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis (ausência de chaminé), utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar a chegada, num mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações.
- n) **galerias (*storm drains*)**- canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas (Prefeitura de São Paulo, 1999).

Segundo CDHU (1998), há necessidade de captação de águas pluviais, e condução através de galerias, nos trechos de vias onde: a vazão contribuinte é maior que 600 l/s ou do que a capacidade de escoamento obtida utilizando a regra contida na Figura 67; a velocidade do escoamento da vazão contribuinte é maior que 3,00m/s; exista um ponto baixo. As variáveis hidráulicas, conforme disposto no manual da CDHU (1998), são calculadas admitindo-se regime uniforme de escoamento a lâmina livre, admitindo-se a hipótese de lâminas d'água de profundidade máxima igual ao diâmetro da tubulação. A capacidade das galerias deve ser determinada pela fórmula de Mannig com coeficiente de rugosidade para tubos de concreto $n=0,014$, ou outra fórmula de uso consagrado.

Conforme o estudo da literatura correlata, notou-se que o termo galerias também é usado quando se discrimina o conjunto que compõe a rede subterrânea, como é encontrado em CETESB (1986): o sistema de galerias de águas pluviais compreende as bocas de lobo, as tubulações, os poços de visita e estruturas acessórias, e é

projetado tendo em vista a condução das águas pluviais desde a sua captação, nas ruas, até a sua disposição, no sistema principal de drenagem.

Conforme Aisse (1997), existem várias hipóteses para a locação das galerias: sob a guia, sob o eixo da via pública ou na calçada. Apesar de a mais utilizada ser a opção sob o eixo da via, de acordo com Tucci (1995), as galerias de águas pluviais devem ser, sempre que possível, lançadas sob os passeios. O sistema coletor, em uma determinada via, poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas-de-lobo de ambos os passeios. A solução mais adequada, no entanto, é estabelecida, economicamente, em função da largura da rua e suas condições de pavimentação.

Quanto aos tubos a serem utilizados, CDHU (1998) determina que: *“na condução de águas pluviais devem ser utilizados tubos de concreto em conformidade com a NBR 9793, no caso de concreto simples, e a NBR 9794, no caso de concreto armado”*; e *“o diâmetro nominal da galeria deve ser um dos seguintes: DN 600, DN 800, DN 1000, DN 1200 e DN 1500”* (ao se pesquisar tais normas junto à ABNT, constatou-se que a NBR 9793 e a NBR 9794 foram substituídas pela NBR 8890- nota da autora).

Quanto à profundidade da galeria, segundo Aisse (1997), o recobrimento mínimo (profundidade mínima) sugerido é de 1,00m (sobre a geratriz externa superior do tubo) e ainda com a condição de que possibilite a ligação das canalizações de escoamento das bocas-de-lobo, cujo recobrimento mínimo é de 0,60m. Como profundidade máxima pode-se adotar o valor de 5,00m, referida à geratriz externa inferior do tubo. A este respeito CDHU (1998) apenas coloca que *“o recobrimento mínimo sobre a geratriz superior externa das galerias implantadas nas vias de tráfego de veículos deve ser de 1,00m”*.

- o) **condutos de ligação** - também denominados de tubulações de ligação, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até às galerias pluviais.

Conforme CDHU (1998), o diâmetro nominal dos condutos de ligação da boca de lobo à galeria varia segundo o número de bocas de lobo servidas, a saber: DN 400 para conduto servindo 2 ou 3 bocas de lobo e DN 500 para conduto servindo a 4 bocas de lobo.

A declividade do conduto de ligação da boca de lobo à galeria, segundo CDHU (1998) deve ser de no mínimo 0,01m/m.

O recobrimento mínimo para estes condutos, conforme Aisse (1997), é de 0,60m.

p) poços de visita (PVs) (*access holes ou manholes*) e poços de queda- são câmaras visitáveis, situadas em pontos previamente determinados, que têm a função primordial de permitir o acesso às canalizações, para efeito de inspeção e limpeza, de forma que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento. Sua locação é sugerida nos pontos de mudança de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudança de declividade e mudança de diâmetro. Quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for superior a 0,70m, o poço de visita é denominado poço de queda.

Conforme Aisse (1997), o espaçamento máximo recomendado entre PVs é de 120m. A CDHU (1998), no entanto, coloca que a distância máxima entre PVs deve ser de 50,00m. Já o espaçamento máximo recomendado para os PVs, apresentado em CETESB (1980), está em função do diâmetro do conduto (Tabela 76).

Tabela 76 - Espaçamento máximo recomendado para poços de visita (CETESB, 1980)

<i>Diâmetro (ou altura) do conduto conectado ao PV (m)</i>	<i>Espaçamento (m)</i>
<i>0,30</i>	120
<i>0,50-0,90</i>	150
<i>1,00 ou mais</i>	180

Outras recomendações de CETESB (1980) que se podem citar são:

- os PVs, onde forem identificadas condições de instabilidade em virtude do excesso de ligações, tubulações, ou de impossibilidade de execução do cintamento, deverão ser propostos para implantação em concreto e isto deve ser indicado em planta.
- a altura máxima admitida para um degrau no PV será de 1,50m [mesma recomendação encontrada em CDHU (1998)].

Na Figura 70, é ilustrado o esquema geral de uma rede pública de drenagem de águas pluviais, onde são explicitados os seus elementos.

Figura 70 - Esquema geral de uma rede de drenagem de águas pluviais (adaptado da Figura 3.4 de Mascaró, 1987)

- q) **vala**: abertura feita no solo, por processo mecânico ou manual, com determinada seção transversal, destinada a receber tubulações (NBR12266).

A norma que preconiza sobre o projeto e a execução de valas para assentamento de tubulação de drenagem urbana, como também de água e de esgoto, é a NBR 12266. A seguir, destacam-se apenas aquelas informações, relacionadas a este elemento, julgadas relevantes ao objetivo deste trabalho.

Quanto ao posicionamento da vala, a NBR 12266 dispõe que o projeto das valas deve ser feito de acordo com as diretrizes municipais de ocupação das várias faixas da via pública. Quando o posicionamento não estiver bem definido em tais diretrizes, ou for inexecutável, deve ser observado o seguinte:

- as valas devem ser localizadas no leito carroçável quando: os passeios laterais não tiverem a largura mínima necessária ou existirem interferências de difícil remoção; resultar em vantagem técnica ou econômica; a vala no passeio oferecer risco às edificações adjacentes; os regulamentos oficiais impedirem sua execução no passeio;

- as valas devem ser localizadas no passeio quando: o projeto previr rede dupla; os passeios tiverem espaço disponível; houver vantagem técnica e econômica; a rua for de tráfego intenso e pesado; regulamentos municipais impedirem sua execução no leito carroçável da rua.

Para as valas localizadas no leito carroçável da rua, de acordo com a NBR 12266, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- a distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto;
- nas redes simples, as tubulações devem ser localizadas em um dos terços laterais do leito, ficando a de esgoto no terço mais favorável às ligações prediais;
- nas redes duplas, as tubulações devem ser localizadas o mais próximo possível dos meios-fios, uma em cada terço lateral do leito.

Apesar de a localização mais utilizada ser a opção sob o eixo da via, de acordo com Tucci (1995), as galerias de águas pluviais devem ser, sempre que possível, lançadas sob os passeios.

Para as valas localizadas nos passeios, a NBR 12266 dispõe que:

- o eixo das tubulações de esgoto deve ser localizado a uma distância mínima de 0,80 m do alinhamento dos lotes;
- a distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 0,60 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto.

Quanto à forma a ser adotada para a vala, conforme NBR 12266, a seção-tipo deve ser escolhida em função das condições do solo e do local da obra, sendo que as mais indicadas são:

- a seção retangular, indicada para valas simples com até 1,30 m de profundidade ou para valas mais profundas, desde que convenientemente escoradas, conforme Ministério do Trabalho (Portaria nº 17, de 07/07/83);

- as seções trapezoidais ou mistas dispensam o uso de escoramento e devem ser indicadas quando houver ocorrência de solo estável, espaço disponível ou vantagem técnica e/ou econômica.

Em relação à profundidade da vala, conforme a NBR 12266, esta deve ser determinada a partir das cotas do projeto hidráulico e acrescida da espessura dos eventuais elementos necessários ao apoio da tubulação.

Durante a elaboração do projeto da vala, segundo NBR 12266, deve-se estudar se existe ou não a necessidade de escoramento e determinar a localização e as dimensões das peças a serem utilizadas, conforme apresentado no item sobre escoramento mais adiante.

Quanto à largura das valas, a NBR 7367, que trata de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário, dispõe que as valas devem ter largura (b) uniforme, sendo recomendáveis os seguintes limites:

- para tubulações com altura de recobrimento (H) até 1,5 m: $b(\text{mín.}) = 60 \text{ cm}$;
- para tubulações com altura de recobrimento superior a 1,5 m: $b(\text{mín.}) = 80 \text{ cm}$;

Já a NBR 9814⁵⁵, que fixa as condições para a construção de rede coletora de esgoto sanitário com tubos pré-fabricados, de seção circular, dispõe que a largura livre da vala deve ser, no mínimo, igual ao diâmetro do coletor mais 0,60m, para profundidade até 2m, devendo ser acrescida de 0,10m para cada metro ou fração que exceder a 2m.

A NBR 12266 explicita que a largura do fundo da vala deve ser fixada em função do solo, da profundidade, do processo de execução, do diâmetro do tubo, do espaço necessário à execução das juntas e do escoramento, indicando larguras usualmente adotadas no assentamento de tubos para rede de esgoto com juntas ou emendas feitas na vala. Na Tabela 77, apresentam-se tais larguras para os escoramentos mais comuns.

⁵⁵ Esta norma fixa as condições exigíveis para a construção de rede coletora de esgoto sanitário com tubos pré-fabricados, de seção circular. Como nas redes subterrâneas de drenagem para o tipo de empreendimento estudado se usou este tipo de tubo, considerou-se o esclarecimento válido para o entendimento da variação do volume de vala.

Tabela 77 - Largura da vala em função do tipo de escoramento e da cota de corte (Fonte: NBR 12266).

<i>Diâmetro nominal (mm)</i>	<i>Cota de corte (m)</i>	<i>Largura da vala (m)</i>	
		<i>Pontaletes</i>	<i>Contínuo e descontínuo</i>
100 a 150	0 a 2	0,65	0,65
	2 a 4	0,75	0,85
	4 a 6	0,85	1,05
	6 a 8	0,95	1,25
200	0 a 2	0,70	0,70
	2 a 4	0,80	0,90
	4 a 6	0,90	1,10
	6 a 8	1,00	1,30
250 e 300	0 a 2	0,80	0,80
	2 a 4	0,90	1,00
	4 a 6	1,00	1,20
	6 a 8	1,10	1,40
350 e 400	0 a 2	0,90	1,10
	2 a 4	1,00	1,30
	4 a 6	1,10	1,50
	6 a 8	1,20	1,70
450	0 a 2	1,00	1,15
	2 a 4	1,10	1,35
	4 a 6	1,20	1,55
	6 a 8	1,30	1,75
500	0 a 2	1,10	1,30
	2 a 4	1,20	1,50
	4 a 6	1,30	1,70
	6 a 8	1,40	1,90
600	0 a 2	1,20	1,40
	2 a 4	1,30	1,60
	4 a 6	1,40	1,80
	6 a 8	1,50	2,00
700	0 a 2	1,30	1,50
	2 a 4	1,40	1,70
	4 a 6	1,50	1,90
	6 a 8	1,60	2,10
800	0 a 2	1,40	1,60
	2 a 4	1,50	1,80
	4 a 6	1,60	2,00
	6 a 8	1,70	2,20
900	0 a 2	1,50	1,70
	2 a 4	1,60	1,90
	4 a 6	1,70	2,10
	6 a 8	1,80	2,30
1000	0 a 2	1,60	1,80
	2 a 4	1,70	2,00
	4 a 6	1,80	2,20
	6 a 8	1,90	2,40

CDHU (1998) apresenta valores para a largura da vala apenas em função do diâmetro da tubulação, como indicado na Tabela 78.

Tabela 78 - Largura da vala em função do diâmetro nominal do tubo (Fonte: CDHU, 1998).

<i>DN (mm)</i>	<i>Largura da Vala (cm)</i>
300	90
400	100
500	130
600	140
800	160
1000	180
1200	200
1500	230

Como o estudo das diretrizes apresentadas pelas diferentes instâncias tem o objetivo de levantar os possíveis fatores que influenciam o serviço analisado, não se aprofundará na discussão das diferenças colocadas entre as normas supracitadas.

- r) escoramento:** é toda estrutura destinada a manter estáveis os taludes das escavações (NBR12266).

Conforme colocado no item (q), durante a elaboração do projeto da vala, segundo NBR 12266, deve-se estudar se existe ou não a necessidade de escoramento e determinar a localização e as dimensões das peças a serem utilizadas. A seguir, descrevem-se aqueles escoramentos mais comuns e suas dimensões mais usuais:

- pontaleamento: consiste em tábuas de 0,027 m x 0,30 m, espaçadas de 1,35 m, travadas horizontalmente com estroncas de Ø 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00 m;
- escoramento descontínuo: trata-se de tábuas de 0,027 m x 0,30 m, espaçadas de 0,30 m, travadas horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda sua extensão, espaçadas verticalmente de 1,00 m com estroncas de Ø 0,20 m, espaçadas de 1,35 m, sendo que a primeira estronca está colocada a 0,40 m da extremidade da longarina;
- escoramento contínuo: tábuas de 0,027 m x 0,30 m, de modo a cobrir toda a superfície lateral da vala, travadas umas às outras horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda sua extensão, espaçadas verticalmente

de 1,00 m com estroncas de Ø 0,20 m, espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas, de onde as estroncas devem estar a 0,40 m.

Conforme a NBR 12266, as conclusões relativas ao uso desses escoramentos devem se basear no cálculo das pressões máximas sobre eles, mas, CDHU (1998) indica que, para efeito de estimativa, podem-se adotar os seguintes tipos:

- escoramento descontínuo para $1,20 < h < 3,00\text{m}$;
- escoramento contínuo para $h > 3,0\text{m}$.

s) **fundo da vala, apoio ou berço:** parte inferior da vala, sobre a qual a tubulação é apoiada diretamente ou através de um berço adequado.

A seguir, ilustram-se apenas o apoio direto (Figura 71), o apoio sobre leito de material granular fino (areia, pó de pedra, brita nº1 ou cascalho triturado) (Figura 72) e o apoio sobre laje e berço contínuo de concreto (Figura 73), em terrenos firmes e secos, por se acreditar que o entendimento destes sejam suficientes para os objetivos desta pesquisa.

Figura 71 - Apoio direto (Fonte: NBR 9814)

Figura 72 - Apoio sobre leito de material granular fino – areia, pó de pedra, brita nº1 ou cascalho triturado (Fonte: NBR 9814).

Figura 73 - Apoio sobre laje e berço de concreto (Fonte: NBR 9814).

A seguir, apresentam-se algumas disposições específicas devidas ao tipo de tubulação:

- em tubos rígidos⁵⁶ podem ser empregados um dos seguintes tipos de apoio:
 - apoio direto (Figura 71): é utilizado, segundo a ACERTUBOS – Associação Latino Americana do Fabricantes de Tubos Cerâmicos (2001), quando o solo natural oferecer boa capacidade de suporte e não

⁵⁶ Tubo que, quando submetido à compressão diametral, pode sofrer deformações de até 0,1 % no diâmetro, medidas no sentido da aplicação da carga, sem que apresente fissuras prejudiciais. Como exemplo: tubo cerâmico (manilhas de barro), tubo de fibrocimento, tubo de concreto simples ou armado.

houver a ocorrência de água. Neste caso, basta nivelar o fundo da vala aberta e preparar os rebaixos (cachimbos) para abrigar a bolsa, de modo que toda a extensão da tubulação se apóie diretamente no seu fundo. Essa observação é comum a todos os tipos de materiais.

- apoio sobre leito de material granular fino (Figura 72): para este caso, a NBR 9814 dispõe que se deve executá-lo com a espessura mínima de 10 cm. ACERTUBOS (2001) coloca que este tipo de apoio é utilizado quando as condições de suporte e o tipo de solo não aconselharem um apoio direto. Neste caso, basta, após regularizar o fundo, introduzir um lastro de areia para formar o apoio que deverá envolver a tubulação até a metade de seu diâmetro.
- apoio sobre laje e berço contínuo de concreto (Figura 73); e
- apoio sobre blocos.

CDHU (1998) apresenta dimensões padronizadas para os lastros de brita para tubos de DN300 a DN1000 e para os berços de concreto para tubos de DN1200 e DN1500 em suas diretrizes para a elaboração do projeto de drenagem (Tabela 79), lembrando que esta companhia indica que, na condução de águas pluviais, devem ser utilizados tubos de concreto conforme apresentado no item (n).

Tabela 79 - Dimensões do lastro de brita e do berço de concreto em função do diâmetro nominal do tubo
(Fonte: CDHU, 1998).

<i>DN (mm)</i>	<i>Lastro de Brita (cm)</i>		<i>Berço de Concreto</i>	
	<i>espessura</i>	<i>largura</i>	<i>espessura</i>	<i>largura</i>
300	10	45	-	-
400	10	55	-	-
500	10	65	-	-
600	15	75	-	-
800	20	95	-	-
1000	25	115	-	-
1200	25	135	6	135
1500	25	165	6	165

ABTC (2003) afirma que, na maioria dos casos, quando se trata de terreno com capacidade de suporte adequada, o lastro de brita recomendado para o assentamento de tubos rígidos pode ser dispensado; mas, para a mesma

situação, não se deve dispensar o uso do berço de areia no assentamento de tubos flexíveis.

- em tubos semi-rígidos⁵⁷ podem ser empregados os seguintes tipos de apoio: apoio direto (tubos com recobrimento máximo de 2,40 m e quando a tubulação não estiver sujeita a ação de cargas de tráfego); apoio direto, sobre uma camada de solo não compactado, com espessura mínima de 10 cm (tubos com recobrimento máximo de 2,40 m e quando a tubulação estiver sujeita a ação de cargas de tráfego; apoio sobre leito de material granular fino, com espessura mínima de 10 cm (tubos com recobrimento de 2,40 m a 5 m) ; apoio sobre leito de material granular fino, com espessura mínima de 10 cm, e envolvimento do tubo com o mesmo material, até a altura correspondente à metade do diâmetro (tubos com recobrimento superior a 5 m); e apoio sobre blocos.
- em tubos flexíveis⁵⁸ podem ser empregados os seguintes tipos de apoio: apoio sobre leito de material granular fino, conforme especificado na NBR 7367, para o caso de tubos de PVC rígido; apoio sobre leito de material granular fino, com espessura mínima de 15 cm, para tubos de poliéster armados com fios de vidro. A NBR14486, no entanto, especifica que, para o caso de tubos de PVC, em terrenos firmes e secos, com capacidade de suporte satisfatória, podem ser previstos dois tipo de berço (Figura 74): diretamente sobre o terreno ou com camada de material granular fino.

⁵⁷ Tubo que, quando submetido à compressão diametral, pode sofrer deformações, no diâmetro, medidas no sentido da aplicação da carga, superiores a 0,1 % e inferiores a 3 %, sem que apresente fissuras prejudiciais. Como exemplo: tubo de ferro dúctil revestido internamente com argamassa de cimento e areia.

⁵⁸ Tubo que, quando submetido à compressão diametral, pode sofrer deformações superiores a 3 % no diâmetro, medidas no sentido da aplicação da carga, sem que apresente fissuras prejudiciais. Como exemplo: tubo de ferro dúctil sem revestimento interno, tubo de PVC rígido, tubo de poliéster armado com fios de vidro e enchimento de areia silicosa, tubo de polietileno linear (alta densidade).

Figura 74- Tipo de berço para assentamento de tubos de PVC (NRB14486).

Outras referências (SEMASA, 2007; ABTC, 2003) sempre indicam a necessidade do apoio sobre leito ou berço para os tubos de PVC. A Figura 75, a Figura 76 e a Figura 77 exemplificam comparativos de apoios deste tipo de tubo com o cerâmico para condições idênticas.

Figura 75 - Coletores assentados em regiões que o solo natural oferece boa condição de suporte e não ocorra presença do lençol freático (Fonte: SEMASA, 2007).

Figura 76 - Coletores assentados em regiões onde as condições de suporte e o tipo de solo não aconselham um apoio direto (Fonte: SEMASA, 2007).

Figura 77 - Coletores assentados em regiões litorâneas, ribeirinhas e fundos de vale, em solos moles e na presença de água do lençol freático (Fonte: SEMASA, 2007).

- t) **envolvimento lateral:** trecho do aterro situado de cada lado da tubulação, limitado inferiormente pelo berço e superiormente pelo plano tangente à geratriz superior da tubulação (NBR7367).

O envolvimento lateral deve ser executado simultaneamente em ambos os lados da tubulação, com os cuidados necessários para que ocupe todo o vazio (NBR9814).

A NBR 9814 dispõe que o envolvimento em tubos rígidos e semi-rígidos deve ser feito até o topo da tubulação, usando-se material de boa qualidade, isento de pedras, tocos e matérias orgânicas, proveniente da própria vala ou importado, lançado em camadas de 10 cm de espessura e fortemente apiloadas.

Em tubos flexíveis, a NBR 14486 coloca que se a deformação diametral relativa da tubulação, em trechos com profundidade superior a 4,0 m ou que apresentem solo com módulo reativo⁵⁹ inferior a 2,8 MPa, for maior que 7,5%, deve ser especificado solo de envolvimento que apresente maior valor do módulo reativo ou proteção especial para a tubulação, de forma a resultar em deformação diametral relativa de no máximo 7,5%.

A NBR 9814 especifica que, em tubos flexíveis, o envolvimento deve ser efetuado com material granular fino, parcial ou totalmente, como segue:

- tubos de PVC rígido - aplica-se o preconizado na NBR 7367: após a execução das juntas, os tubos devem ser envolvidos conforme recomendações do projetista, tendo em vista a deformação diametral relativa dos tubos enterrados e sujeitos à pressão externa do solo; pressão esta devida:
 - às cargas de terra resultantes do peso do solo acima da tubulação; e
 - às cargas móveis representadas pelo tráfego na superfície do terreno.
- tubos de poliéster armados com fios de vidro- o envolvimento lateral deve atingir uma altura correspondente a 7/10 do diâmetro, devendo o material ser lançado em camadas com cerca de 7 cm de espessura, apiloadas manualmente.

Conforme ABTC (2003), os tubos flexíveis, devido à sua própria flexibilidade, precisam contar com o apoio do solo de envolvimento lateral para resistirem à carga de terra, resultante do peso do prisma de solo situado diretamente acima da tubulação. A Figura 78 representa tubos em condições de aterro, sendo identificado: o prisma de solo 1, situado diretamente acima da tubulação, os prismas laterais adjacentes 2 e 3, o solo de envolvimento lateral (regiões pontilhadas, nas laterais da tubulação) e o leito (região tracejada, abaixo do tubo). Na Figura 79, destaca-se que, sob a carga de solo, o tubo flexível tende a ovalizar, acarretando uma diminuição do diâmetro vertical e um

⁵⁹ Fator indicativo da capacidade de suporte do solo de envolvimento lateral do tubo.

aumento do diâmetro horizontal, provocando uma reação do solo de envolvimento lateral, que possui a função de limitar as deformações.

Figura 78- Carga sobre tubo flexível enterrado (Fonte: ABTC, 2003)

Figura 79- Reação do solo de envolvimento lateral em tubos flexíveis enterrados (Fonte: ABTC, 2003)

De acordo com ABCT (2003), os tubos rígidos, por suportarem cargas maiores, não dependem da ajuda do solo lateral de envolvimento como os flexíveis. Para se entender melhor, ABCT (2003) ilustra, na Figura 80, que para estes casos, os prismas laterais adjacentes (2 e 3) tendem a descer, puxando consigo, por atrito, o prisma 1 (solo acima do tubo). O solo de envolvimento lateral, neste caso, é menos rígido que o tubo, sofrendo recalque devido ao peso do aterro.

Figura 80- Carga sobre tubo rígido enterrado (Fonte: ABTC, 2003)

Na Figura 75, na Figura 76 e na Figura 77 ilustra-se o envolvimento dos tubos tendo-se apoio direto, apoio sobre material granular e sobre bloco.

- u) **remoção e recomposição da pavimentação:** conforme NBR 12266, a largura da faixa de pavimentação a ser removida ao longo da vala deve ser a mínima necessária, de acordo com o tipo da pavimentação. Em pavimento articulado e asfalto, a largura dessa faixa deve ser a largura da vala mais 0,30 m; em passeio, a largura da vala mais

0,20 m. A especificação e o detalhamento do tipo de acabamento a ser dado à superfície do terreno, quando da recomposição do pavimento, devem atender às disposições específicas dos órgãos municipais.

18. APÊNDICE E

REDE DE COLETA DE ESGOTO - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

A seguir apresentam-se, brevemente, baseando-se na NBR 9649/1986, Fernandes (2000) e Tsutiya; Alem Sobrinho (2000), os principais termos relacionados ao sistema de coleta de esgoto analisado, bem como aqueles seus aspectos considerados relevantes.

- a) **Rede coletora (*sewerage*)**: conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto, e seus órgãos acessórios;
- b) **ligação predial**: trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- c) **coletor de esgoto**: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento;
- d) **coletor principal**: coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia;
- e) **coletor tronco**: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- f) **interceptor (*interceptor*)**: é a canalização que, ao longo do seu comprimento, recebe os efluentes coletados pela rede coletora. Os interceptores não possuem ligações prediais diretas;
- g) **emissário**: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha; ou seja, canalização que deve receber esgoto exclusivamente em sua extremidade de montante, pois se destina apenas ao transporte das vazões reunidas;
- h) **trecho**: segmento de coletor, coletor tronco, interceptor ou emissário, compreendido entre singularidades sucessivas;
- i) **singularidade**: entende-se por singularidade qualquer órgão acessório, mudança de direção e variações de seção, de declividade e de vazão quando significativa.
- j) **estação elevatória**: é o conjunto de instalações responsáveis pelo transporte do esgoto de pontos de cotas mais baixas para pontos de cotas mais altas;

- k) **estação de tratamento (*treatment plant*):** é o conjunto de instalações que tem por função depurar o esgoto, antes do seu lançamento;
- l) **sifão invertido:** trecho rebaixado com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos d'água.
- m) **poço de visita (PV):** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem. Destaca-se apenas que, inicialmente, os poços de visita eram amplamente utilizados ao longo da extensão da rede de esgoto, especialmente nos pontos de singularidade, distanciados em função da extensão dos equipamentos de limpeza. Atualmente, os poços de visita podem ser substituídos por outros dispositivos, conforme será discutido mais adiante.
- n) **terminal de limpeza (TL):** dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor. Pode ser usado em substituição a poço de visita (PV) no início de coletores.
- o) **caixa de passagem (CP):** é uma câmara sem acesso localizada em pontos de curvas ou de mudanças de declividade. Garantidas as condições de acesso de equipamento para limpeza do trecho a jusante, pode ser usada caixa de passagem (CP) em substituição a poço de visita (PV), nas mudanças de direção, declividade, material e diâmetro, quando possível a supressão de degrau. Essas caixas de passagem (CP) podem ser substituídas por conexões nas mudanças de direção e declividade, quando as deflexões coincidem com as dessas peças.
- p) **poço de inspeção (PI) ou tubo de inspeção e limpeza (TIL):** dispositivo não visitável através do qual se realizam inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Os poços de inspeção podem substituir os poços de visita nos seguintes casos:
- na reunião de até dois trechos ao coletor (três entradas e uma saída);
 - nos pontos com degrau de altura menor que 0,50 m;
 - a jusante de ligações prediais cujas contribuições podem prejudicar a manutenção da rede;
 - em profundidades inferiores a 3,0 m.

- q) **degrau:** é executado quando a diferença de cotas entre o coletor e o poço de visita é inferior a 0,50 m, fazendo com que o esgoto seja lançado diretamente do coletor ao poço de visita. Caso o desnível entre os dois seja menor que 0,20 m, o coletor pode ser afundado, sendo desnecessário o uso do degrau;
- r) **tubo de queda:** é um dispositivo que liga um coletor afluente de cota mais alta ao fundo do poço de visita. O tubo de queda tem seu uso obrigatório quando o degrau (a diferença de cota) existente entre o coletor e o poço de vista possuir altura igual ou superior a 0,50 m. Não se devem utilizar tubos de queda em TIL;
- s) **distância entre singularidades:** o espaçamento existente entre PV, TIL e TL consecutivos deve ser limitado pelo alcance dos equipamentos de desobstrução utilizados. Convencionalmente, o valor adotado para essa distância é de 100 m.

Na Figura 81, ilustram-se as partes constitutivas de um sistema convencional de esgoto.

Figura 81- Partes constitutivas do sistema convencional (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).

- t) **vala:** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem.
- u) **escoramento:** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem.
- v) **fundo da vala, apoio ou berço:** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem.
- w) **envolvimento lateral:** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem.
- x) **remoção e recomposição da pavimentação:** informações sobre este elemento já foram apresentados no capítulo de drenagem.

Quanto aos materiais, os mais utilizados nas tubulações de esgoto são: **cerâmica, concreto, PVC, ferro fundido e aço.**

Segundo Tsutiya; Alem Sobrinho (2000), as características do esgoto, as condições locais e os métodos utilizados na construção condicionam a escolha do material empregado. Para a realização da escolha, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- resistência às cargas externas;
- resistência à abrasão;
- facilidade de transporte;
- disponibilidade dos diâmetros necessários;
- custos envolvendo o material, o transporte e o assentamento.

Nos projetos estudados nesta pesquisa foram empregados tubos de PVC, cerâmicos e de ferro fundido; por isso, explicitam-se os requisitos a serem considerados apenas para estes materiais.

- a) **Tubo de PVC:** a norma que fixa os requisitos exigíveis para tubos de poli cloreto de vinila (PVC) destinados aos sistemas enterrados para a condução de esgoto é a NBR 7362 (parte 1, parte 2, parte 3 e parte 4).

Os tubos de PVC podem ser encontrados nos seguintes diâmetros nominais: 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm. Todos esses tubos possuem comprimento total de 6,0 m (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).

Conforme Tsutiya; Alem Sobrinho (2000), os tubos de PVC possuem alta resistência à corrosão e são utilizados, principalmente, em áreas onde o lençol freático possui cota superior à dos coletores de esgoto (regiões litorâneas).

- b) **Tubo cerâmico:** os tubos cerâmicos, também chamados de manilhas de barro, utilizados em redes de esgoto, são do tipo ponta e bolsa. Esses tubos podem ser utilizados nos diâmetros nominais: 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 e 600 mm. E são encontrados com os comprimentos nominais de 600, 800, 1000, 1250, 1500 e 2000 mm.

Conforme Tsutiya; Alem Sobrinho (2000), os tubos cerâmicos são bastante utilizados em redes coletoras de esgoto devido à sua alta resistência a meios ácidos e à corrosão. Porém, os tubos cerâmicos são muito frágeis, sendo facilmente quebrados.

A NBR 5645 define as condições necessárias de recebimento e aceitação de tubos cerâmicos que não possuam juntas elásticas, utilizados em obras de redes de drenagem e de esgoto ou de despejos industriais, cuja operação se dê pela ação da gravidade e sob pressão atmosférica.

- c) **Tubo de ferro fundido:** conforme Tsutiya; Alem Sobrinho (2000), este tipo de tubo é aplicado em linhas de recalques de estações elevatórias. Também podem ser utilizados em escoamentos livres para a travessia de grandes áreas, passagem sob rios ou quando os tubos ficam submetidos a cargas extremamente altas.

Podem ser encontrados tubos de ferro fundido nos seguintes diâmetros nominais: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 e 1200 mm. Todos esses tubos possuem comprimento de 6,0 m.

Os tubos de ferro fundido são suscetíveis à corrosão por esgotos ácidos ou em estado séptico ou por solos ácidos. Caso seja prevista qualquer uma das condições citadas, deve-se prever no projeto a utilização de revestimentos internos e/ou externos apropriados.

No prosseguimento, dá-se destaque aos critérios gerais a serem considerados no dimensionamento da rede coletora de esgoto:

a) regime hidráulico do escoamento

As canalizações dos coletores e interceptores devem ser projetadas para funcionarem sempre como condutos livres.

Os sifões e linhas de recalque das estações elevatórias funcionam como condutos forçados.

Os emissários podem funcionar como condutos livres ou forçados.

b) vazão mínima considerada

Conforme a norma NBR 9649 (1986), inexistindo dados pesquisados e comprovados, com validade estatística, recomenda-se 1,5 l/s como o menor valor de vazão em qualquer trecho.

c) diâmetro

De acordo com a NBR 9649 (1986), o diâmetro mínimo a ser empregado em uma rede coletora de esgoto deve ser o de 100 mm (DN 100), independentemente do material da tubulação.

Entretanto, o diâmetro mínimo adotado nas redes coletoras pode variar de acordo com as condições locais. Por exemplo, em São Paulo, adota-se como valor mínimo o diâmetro de 150 mm (DN 150), exceto para coletores auxiliares com vazões pequenas.

d) declividade mínima

Segundo a NBR 9649, deve-se proporcionar a todos os trechos da rede, pelo menos uma vez ao dia, uma tensão trativa⁶⁰ mínima de 1,0 Pa. Para um coeficiente de Manning de $n = 0,013$ ⁶¹, pode-se obter o valor da declividade mínima que satisfaz a condição acima através da seguinte equação:

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47}$$

onde: $I_{\min}$ = declividade mínima (m/m) e Q_i = vazão a montante do trecho (l/s).

e) declividade máxima

⁶⁰ Tensão trativa, segundo Tsutiya, é a tensão tangencial exercida pelo líquido em escoamento sobre a parede do conduto.

⁶¹ O manual nº 60 da American Society of Civil Engineers - ASCE sobre juntas e o manual nº FD-5 da Water Pollution Control Federation - WPCF sobre projeto e construção de redes de esgoto por gravidade, apud Associação Brasileira dos Produtores de Tubos de Concreto - ABTC (2004), fazem a seguinte declaração sobre os materiais dos tubos e os seus respectivos coeficientes de rugosidade: “geralmente, o coeficiente de Manning para uma determinada rede de esgoto, depois de um certo tempo em operação, se aproximará a uma constante, que não é mais função do material do tubo, mas sim representada pelo atrito causado pela formação de limo nas paredes do tubo, onde ficará na ordem de 0,013”.

Conforme a NBR 9649, a máxima declividade admissível é aquela para a qual se obtenha uma velocidade final na tubulação igual a 5,0 m/s. Para o coeficiente de Manning $n = 0,013$, pode-se obter o valor da declividade máxima que satisfaz a condição acima através da seguinte equação:

$$I_{m\acute{a}x} = 4,65 \cdot Q_f^{-0,67}$$

onde: $I_{m\acute{a}x}$ = declividade máxima (m/m) e Q_f = vazão de jusante do trecho no final do plano (l/s).

f) lâmina de água máxima

As tubulações das redes coletoras são projetadas de forma a que, durante o seu funcionamento, a lâmina d'água (Y) tenha valor igual ou inferior a 75% do diâmetro do tubo (D). Esta medida é tomada para assegurar a ventilação do sistema e para dar garantia quanto a imprevisões e flutuações excepcionais de nível dos esgotos.

Para atender a condição acima ($Y/D = 0,75$) e considerando-se $n = 0,013$, o diâmetro pode ser calculado através da equação:

$$D = \left(0,0463 \cdot \frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

onde: D = diâmetro (m), Q_f = vazão final (m³/s) e I = declividade (m/m).

g) lâmina de água mínima

Pelo critério da declividade mínima, deve-se proporcionar a todos os trechos da rede, pelo menos uma vez ao dia, uma tensão trativa mínima de 1,0 Pa, para haver a autolimpeza das tubulações. De acordo com a equação apresentada, nota-se que a declividade mínima independe da altura da lâmina d'água. Logo, não há limitações para a altura mínima da lâmina d'água.

h) velocidade crítica

A velocidade crítica pode ser obtida através da equação:

$$V_C = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$$

onde: V_C = velocidade crítica (m/s), g = aceleração da gravidade (m/s²) e R_H = raio hidráulico para a vazão final (m).

Conforme a norma NBR 9649, quando a velocidade final é superior a velocidade crítica⁶², há a necessidade de diminuir a altura da lâmina d'água para 50% do diâmetro do tubo, a fim de se assegurar a ventilação do trecho.

i) condição de controle de remanso

Segundo a NBR 9649, sempre que a cota do nível d'água na saída de qualquer PV ou TIL for superior a quaisquer das cotas dos níveis d'água de entrada, é necessário verificar a influência do remanso no trecho de montante.

Em projetos de esgotos, onde o diâmetro do coletor de jusante for superior ao de montante, uma das medidas adotadas para se evitar o remanso é fazer coincidir a geratriz superior dos tubos. Esse caso é típico de quando se trabalha com as profundidades mínimas.

Caso se trabalhe com profundidades superiores à mínima, uma prática comumente adotada para se evitar remansos é a coincidência dos níveis d'água de montante e de jusante, tanto para poços de visita quanto para poços de inspeção. Quando existe mais de um coletor afluente, deve-se coincidir o nível d'água de jusante com o nível d'água mais baixo dentre os de montante.

Quanto aos tipos de sistemas de esgotamento sanitário, há três tipos: **unitário, separador parcial e separador absoluto**. A seguir, caracteriza-se cada um deles baseando-se em Mendonça (1999) e Tsutiya; Alem Sobrinho (2000).

- **Sistema de esgotamento unitário:** este sistema caracteriza-se pela coleta e transporte de águas servidas, também chamadas de residuárias (domésticas e industriais), de águas pluviais e de águas de infiltração (água do subsolo que penetra através das tubulações e órgãos acessórios). Este sistema utiliza uma única rede para fazer o esgotamento sanitário da área abrangida.
- **Sistema de esgotamento separador parcial:** as águas pluviais são reduzidas àquelas provenientes de telhados das edificações, pátios e jardins pavimentados. Além destas águas pluviais, este sistema admite as águas servidas e as infiltrações do subsolo;

transportando-as, por meio de uma única rede de tubulações, a uma estação de tratamento de esgoto sanitário.

- **Sistema de esgotamento separador absoluto:** também chamado, simplesmente, de sistema de esgoto sanitário, caracteriza-se pela coleta e transporte apenas das águas residuárias (domésticas e industriais) e das águas de infiltração; ou seja, as águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

Rezende Neto (2002) cita que, por ser o mais adequado às condições climáticas brasileiras, que apresentam precipitações atmosféricas elevadas sob forma de chuva, o sistema de esgotamento separador absoluto tem sido o mais empregado no país.

Em relação ao traçado das redes de esgoto, têm-se as seguintes nomenclaturas, conforme Tsutiya e Alem Sobrinho (2000):

- **perpendicular:** adotado em cidades atravessadas ou circundadas por cursos d'água; a rede compõe-se de vários coletores-troncos independentes (Figura 82);
- **leque:** traçado próprio para terrenos acidentados. O coletor-troco corre pelo fundo dos vales ou pela parte baixa das bacias. Os coletores secundários incidem em forma de leque ou espinha de peixe (Figura 83);
- **radial ou distrital:** traçado característico de cidades planas. A cidade é dividida em distritos ou setores independentes (Figura 84)

Figura 82 - Traçado de rede do tipo perpendicular (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).

Figura 83 - Traçado de rede do tipo em leque (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).

Figura 84 - Traçado de rede do tipo radial ou distrital (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000).

De acordo com as condições da via, podem-se ainda ter as seguintes configurações de rede coletora de esgoto (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000):

- **rede dupla:** este tipo de rede pode ser aplicado ao se verificar pelo menos um dos seguintes casos:
 - vias com tráfego intenso;
 - vias com largura entre os alinhamentos dos lotes igual ou maior do que 14 m para ruas asfaltadas, ou 18 m para ruas de terra;
 - vias com interferências que impeçam ou a execução de ligações prediais ou o assentamento da tubulação no leito carroçável.

A rede dupla também é aplicada quando há necessidade do uso de tubos de concreto ($\phi \geq 400$ mm) ou quando a profundidade dos tubos é superior a 4 m.

A rede dupla pode ter as seguintes configurações: ambas no passeio, ambas no terço, ou uma no passeio e a outra no terço.

- **rede simples:** esta rede é utilizada quando nenhum dos casos acima é verificado. Quanto à sua localização, esta rede pode ser lançada no eixo carroçável ou no terço. Se houver soleiras negativas em um dos lados da via, o coletor deverá permanecer no terço correspondente. A seguir, expõem-se todas as alternativas de posicionamento de redes.

Quanto à localização da tubulação nas vias públicas, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), existem cinco maneiras de se assentar a rede coletora (ilustradas na Figura 85): no eixo da rua, no terço par da rua, no terço ímpar da rua, no passeio par e no passeio ímpar. Esta escolha será influenciada pelo conhecimento prévio das interferências, profundidade dos coletores, largura da via, tráfego da via, soleira dos prédios etc.

Figura 85 – Localização dos coletores na via pública (Fonte: Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000)

19. APÊNDICE F

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

A seguir apresentam-se, brevemente, os principais termos relacionados ao sistema de abastecimento de água, bem como aqueles seus aspectos considerados relevantes. Conforme a NBR 12218 (1994) e Porto (2004):

- a) **Rede de distribuição:** é a parte do sistema de abastecimento composta por tubulações e órgãos acessórios, cuja função é disponibilizar a água potável aos consumidores, continuamente, em quantidade e pressão recomendadas;
- b) **Setor de manobra:** é a parte da rede de distribuição que pode abastecer parte da rede isoladamente, sem afetar o restante;
- c) **Setor de medição:** é a subdivisão da rede de distribuição capaz de acompanhar a evolução do consumo e avaliar as perdas de água na rede;
- d) **Consumo:** é a quantidade de água utilizada pelos consumidores numa unidade de tempo;
- e) **Vazão de distribuição:** é a quantidade de água consumida, considerando também as possíveis perdas na rede;
- f) **Condutos ou tubulações principais:** os condutos principais são aqueles de maior diâmetro que têm por finalidade abastecer os condutos secundários;
- g) **Condutos ou tubulações secundárias:** são as tubulações de menor diâmetro que têm a função de abastecer diretamente os pontos de consumo do sistema;
- h) **Pressão estática disponível:** é a pressão existente em certo ponto da rede medida sob condições de consumo nulo, e tendo como referência o nível do eixo da via pública;
- i) **Pressão dinâmica disponível:** é a pressão existente em certo ponto da rede, medida sob condições de consumo não nulo, e tendo como referência o nível do eixo da via pública;

- j) **Zona de pressão:** trata-se de uma subdivisão da rede, onde os limites pré-fixados das pressões estática e dinâmica são obedecidos.

Em relação ao projeto, segundo Porto (2004), para se apresentar uma proposta eficiente do ponto de vista de dimensionamento, operação e manutenção, o projetista de uma rede de abastecimento de água deve ter muito cuidado com os parâmetros do sistema, hipóteses assumidas nos cálculos e as metodologias adotadas. O projeto da rede de abastecimento de água será influenciado principalmente pelo porte da cidade a ser abastecida, pelas características do seu sistema viário e, principalmente, da topografia local.

Conforme a NBR 12218 (1994), nas tubulações de distribuição, a pressão máxima estática deve ser de 500 kPa; já o valor mínimo para a pressão dinâmica é de 100 kPa.

Para que os valores calculados para a pressão estática sejam superiores ao valor máximo ou inferiores ao mínimo para a pressão dinâmica, deve-se justificar técnica e economicamente.

Caso existam trechos do conduto principal que não abasteçam consumidores, ou das tubulações secundárias que não estejam sujeitos aos limites de pressão estabelecidos acima, deve-se verificá-los quanto à sua estabilidade estrutural e à sua segurança sanitária.

A NBR 12218 (1994) exige como diâmetro mínimo o valor de 50 mm para os condutos secundários. As velocidades mínima e máxima estabelecidas pela NBR 12218 (1994) para esses condutos são, respectivamente, 0,6 e 3,5 m/s. Tais limites são estabelecidos de acordo com as demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

A perda de carga distribuída deve ser calculada através da fórmula universal.

Também deve ser considerado no cálculo da perda de carga o efeito decorrente do envelhecimento da tubulação.

Segundo Porto (2004), utilizam-se, geralmente, valores de perda de carga unitária entre 0,1 m/100 m e 1 m/100 m, correspondentes às velocidades entre 0,60 m/s e 1,20 m/s.

Os cálculos tanto para o dimensionamento dos circuitos fechados quanto para análise do funcionamento global da rede, segundo a NBR 12218 (1994), devem utilizar métodos iterativos, com resíduos máximos de 0,1 l/s para vazão e 0,5 kPa para carga piezométrica.

Para trechos ramificados, o dimensionamento deve admitir distribuição uniforme do consumo ao longo do trecho e, para o cálculo de sua perda de carga, deve-se utilizar a vazão da

extremidade de jusante somada à metade da vazão distribuída, de acordo com a NBR 12218 (1994).

Essa norma também prevê que o dimensionamento dos condutos principais que formam circuitos fechados possa ser calculado supondo que os consumos sejam localizados nos pontos nodais e em pontos singulares intermediários.

Quanto aos tipos de traçado, as redes de abastecimento de água podem ser classificadas em função da disposição dos condutos principais e do sentido do escoamento nas tubulações secundárias, em (Porto, 2004; Mascaró, 1987):

- **rede ramificada (ou leque)** (Figura 86): nas quais as tubulações primárias e secundárias estão abertas, ou seja, terminam em pontas secas, não formando circuitos fechados. Nessa rede o abastecimento se faz a partir de uma tubulação tronco, e a distribuição é feita diretamente para os condutos secundários, sendo que o sentido da vazão, em qualquer trecho, é conhecido.
- **rede malhada** (Figura 87): nas quais as tubulações primária e secundária acham-se fechadas formando anéis.
- **rede mista:** nas quais nem todas as tubulações são malhadas. Tem-se, por exemplo, o caso em que a rede primária está aberta e a secundária malhada; a situação mais comum, no entanto, é o caso em que a rede primária está malhada e a secundária está aberta.

Figura 86 - Esquema geral de uma rede ramificada (Fonte: Porto, 2004)

Figura 87 - Esquema geral de uma rede malhada (Fonte: Porto, 2004)

Segundo Fernandes (2002), embora as redes ramificadas sejam mais fáceis de serem dimensionadas, para maior flexibilidade e funcionalidade da rede e redução dos diâmetros principais, recomenda-se que os condutos devam formar circuitos fechados (rede malhada) quando:

- a área a ser servida for superior a 1 km²;
- os condutos paralelos consecutivos distarem mais de 250 m entre si;
- os condutos principais distarem mais de 150 m da periferia;

- a vazão total distribuída for superior a 25 l/s;
- for solicitado pelo contratante.

A NBR 12218 (1994) estabelece algumas diretrizes relacionadas a esse traçado, das quais destaca-se que:

- os condutos principais da rede devem se localizar nas vias públicas e, preferencialmente, possibilitando a formação de circuitos fechados;
- os condutos secundários devem ser dispostos em malha, podendo ou não se interligar nos pontos de cruzamento;
- devem ser dispostos condutos secundários ao longo de condutos principais cujo diâmetro seja maior que 300 mm;
- a rede deve ser dupla quando as vias principais possuírem tráfego intenso de veículos ou quando algum estudo comprovar maior eficiência econômica deste tipo de configuração.

Quanto às disposições construtivas, a NBR 12218 (1994) faz as seguintes exigências:

- se houverem obstáculos que possam causar algum tipo de interferência no assentamento da rede, a solução adotada deve ser apresentada de forma bem detalhada;
- o projeto da rede deve apresentar os detalhes construtivos das travessias;
- o projeto deve prever um destino adequado às águas de descarga;
- caso existam trechos da rede que possam sofrer interferências ou danos decorrentes da operação de outros sistemas de utilidades públicas (por exemplo, esgoto, drenagem, petróleo e derivados etc), devem-se prever soluções adequadas para a sua proteção;
- devem-se prever estruturas capazes de absorver os esforços (em caso de condição operacional desfavorável) nos pontos de mudança de direção, de redução de diâmetro e de localização de dispositivos para fechamento ou controle nos condutos principais de grande diâmetro.

20. APÊNDICE G

PAISAGISMO - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

A seguir apresentam-se, brevemente, os principais termos relacionados ao paisagismo urbano, bem como aqueles seus aspectos considerados relevantes.

- a) As Áreas de Preservação Permanente (APP) são definidas por Lei Federal, Estadual e /ou Municipal segundo a altitude, declividade, ocorrência de corpos d'água, áreas remanescentes de matas nativas. Nos projetos da CDHU obtidos para esta pesquisa, as APP são denominadas de non-aedificandi. Para o escopo de um projeto de paisagismo, conforme CDHU (2008), se as APP estiverem degradadas é importante classificá-las em:
 - i. **áreas degradadas:** são aquelas que perderam sua capacidade de se auto-recuperar. Sem condições de regeneração, estas áreas dependem, da recuperação do solo, para depois se proceder a arborização;
 - ii. **áreas perturbadas:** são aquelas que sofreram a intervenção humana e ainda têm condições de retornar à condição original. Nesse caso o sistema de plantio pode ser feito, preenchendo-se com vegetação os espaços livres, para acelerar o processo de regeneração da floresta. Considera-se esse procedimento como um enriquecimento de plantio.
 - iii. **áreas onde já se verificam sinais de recuperação natural:** são florestas naturais primárias, que pouco sofreram com a ação do homem e conservam as características de alta diversidade e regeneração. Verificada esta situação, será necessário apenas o cercamento inicial de toda a área, para que o processo em curso não seja interrompido.

- b) **Arbusto:** arbustos são espécies vegetais lenhosas, com ramificação desde a base, e altura média de até 4 m de altura. Quanto à luminosidade, existem arbustos de pleno sol, meia-sombra e sombra. De modo geral, são plantas que aceitam poda, o que harmoniza a sua condução, permitindo obter um formato ajustado ao jardim onde estão inseridos ou ainda a formação de figuras, denominadas topiarias. Os arbustos, em função do porte, podem ser utilizados em diversas áreas e com diferentes finalidades no jardim. Podem ser utilizados como elemento dominante em determinada área, na formação de cercas vivas, com a finalidade de delimitar uma linha de vista, orientar a circulação, podendo ainda ser utilizados isolados, em pequenos grupos, ou associados a formações ou outros tipos de vegetação (SIMÕES et. al. s/ data). No Quadro 2, seguem alguns exemplos de arbustos.

Quadro 2 – Exemplos de arbustos

Nome comum	Nome científico
Acalifa	<i>Acalypha wilkesiana</i>
Azaléia	<i>Rhododendron indicum</i>
Bico-de-papagaio	<i>Euphorbia pulcherrima</i>
Buxinho	<i>Buxus sempervirens</i>
Cróton	<i>Codiaeum variegatum</i>

- c) **Árvore:** constitui toda espécie vegetal lenhosa, geralmente sem bifurcações na base do caule, com portes variados e diferentes formas de copas (SIMÕES et. al. s/ data). Quanto ao seu porte, a árvore pode ser classificada em:

- i. **de grande porte:** árvore acima de 6m (CESP, 1988). Uma extensa lista de espécie e sua caracterização pode ser encontrada em CESP (1988) e Ambiente Brasil (2007). Citam-se, alguns exemplos de árvores de grande porte no Quadro 3, apenas para ilustrar esta classe.

Quadro 3 – Exemplos de árvores de grande porte

Nome comum	Nome científico
Araucária, Pinheiro-do-Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>
Castanha-do-Pará	<i>Bertholletia excelsa</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>
Sibipiruna	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>

- ii. **de médio porte:** árvore de 4 a 6m de altura (CESP, 1988). A título de exemplificação desta classe, como no caso de grande porte, citam-se alguma espécies no Quadro 4. Em CESP (1988) e Ambiente Brasil (2007), outras espécies são caracterizadas.

Quadro 4 – Exemplos de árvores de médio porte

Nome comum	Nome científico
Aroeira-salsa, chorão-mexicano	<i>Schinus molle</i>
Bauínia, Unha-de-vaca	<i>Bauhinia variegata</i>
Chapéu-do-sol, sete-copa	<i>Terminalia catappa</i>
Chorão	<i>Salix babylonica</i>
Escova-de-garrafa	<i>Callistemon viminalis</i>

- iii. **de pequeno porte:** árvore de até 4m de altura (CESP, 1988). Citam-se alguns exemplos no Quadro 5. Em CESP (1988) e Ambiente Brasil (2007), outras espécies são caracterizadas.

Quadro 5 – Exemplos de árvores de pequeno porte

Nome comum	Nome científico
Flamboyant-mirim	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
Ipê-mirim	<i>Grevilea banksii</i>
Grevilha-anã	<i>Tecoma stans</i>
Manacá-da-serra	<i>Tibouchina mutabilis</i>
Manacá-de-cheiro	<i>Brunfelsia uniflora</i>

- d) **Forração:** as forrações são usualmente utilizadas para proteger o solo de processos erosivos. São divididas em gramíneas e forrações propriamente ditas (neste trabalho, consideram-se as gramíneas e as forrações como elementos distintos). Sua especificação deve considerar as características do solo e as condições de insolação (CDHU, 2007). As forrações

propriamente ditas, conforme Simões et al (s. data [2]), constituem um grupo de plantas herbáceas de pequeno porte e que são utilizadas em paisagismo com as seguintes finalidades: fazer o acabamento nos jardins, em composição com espécies de porte maior; revestir o solo, evitando a ocorrência de áreas nuas, as quais podem sofrer com erosão ou ainda serem motivo de poeira ou lama; quebrar a monotonia dos gramados quando são utilizadas intercaladas a esses; recobrir o solo, em locais onde há a impossibilidade de uso de gramas; manter a umidade do solo; evitar a incidência de plantas invasoras (plantas daninhas).

O hábito de crescimento pode ser horizontal ou vertical, dependendo da espécie. As forrações não suportam o pisoteio como os gramados. Nesse grupo, incluem-se as floríferas e aquelas que ornamentam pela folhagem e podem ser adaptadas a locais com incidência de sol pleno, meia sombra, sombra e até obscuridade. No Quadro 6, seguem alguns exemplos de forrações.

Quadro 6 – Exemplos de forrações

Nome comum	Nome científico
Amendoim-rasteiro	<i>Arachis repens</i>
Azulzinha, evólulos	<i>Evolvulus glomeratus</i>
Cacto-margarida	<i>Lampranthus productus</i>
Grama-preta	<i>Ophiopogon japonicus</i>
Rabo-de-gato, acalifa-rasteira	<i>Acalypha reptans</i>
Maria-sem-vergonha, beijo-turco	<i>Impatiens walleriana</i>
Amor-perfeito	<i>Viola tricolor</i>
Lírio-beladona	<i>Amaryllis belladonna</i>
Margarida	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>
Hemerocalis, lírio-de-são-josé	<i>Hemerocallis flava</i>
Vedélia, picão-da-praia, mal-me-quer	<i>Sphagneticola trilobata</i>

- e) **Grama:** a formação de um gramado pode se dar por placas irregulares, tapetes, mudas individuais, plugs ou sementes (SIMÕES et. Al. [1]). A partir do estudo dos memoriais dos projetos de paisagismo da CDHU, observou-se que, nos sistemas de lazer com acentuados declives, a grama se apresenta como um elemento fundamental na estabilização dos taludes e proteção contra erosão. As gramíneas, especialmente a grama batatais, são utilizadas em áreas que sofrerão pisoteio e pleno sol (CDHU, 2007).

Quanto ao uso de grama nas calçadas, CDHU (2007) propõe que, sempre que a largura destas permitir, “calçadas verdes”⁶³ deverão ser implantadas. Estas “calçadas verdes” têm especial atenção em Áreas de Proteção Ambiental (APA)⁶⁴. Um exemplo que se pode citar é o caso do Município de Campinas que, através da Lei Nº 10.850/2001, estabelece que as calçadas em APA devem ter tratamento com pavimentação de apenas 1/3 (um terço) de sua largura total, sendo o recobrimento do restante com espécies de gramíneas ou materiais que garantam a permeabilidade do solo. CDHU (2007) ressalta ainda a questão que, para este tipo de calçada, deve-se observar o acesso às garagens e o trânsito de pedestres e automóveis; e que as interrupções devem ser evitadas, pois as áreas gramadas contínuas são de manutenção mais fácil.

No Quadro 7, citam-se alguns exemplos de gramados.

Quadro 7 – Exemplos de gramados

Nome comum	Nome científico
Grama-batatais	<i>Paspalum notatum</i>
Grama-esmeralda	<i>Zoysia japonica</i>
Grama-são-carlos	<i>Axonopus compressus</i>

- f) **Mobiliário urbano:** em sistemas de lazer planos⁶⁵, as atividades sociais, recreativas e contemplativas são favorecidas a partir da implantação de mobiliários urbanos. Estes mobiliários, conforme CDHU (2007), contribui para a estruturação e organização do espaço. Comumente

⁶³ Calçadas verdes são áreas gramadas ao longo dos passeios, que acompanham as áreas de circulação de pedestres. Sua finalidade é aumentar a permeabilidade do solo. Elas podem estar junto aos muros ou às guias.

⁶⁴ A Lei Federal Nº 9.985/2000, no Art. 15. (§ 1º e § 2º) define que a Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas. Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção Ambiental.

⁶⁵ CDHU (2007) não dá referência ao que se chama de sistema de lazer plano, mas em CDHU (1998) dá-se o parâmetro que as áreas destinadas ao sistema de lazer devem conter partes em que as declividades sejam inferiores a 15% para que seja possível a implantação dos equipamentos de recreação, conforme já apresentado no item.... (Critérios para concepção – sistema de lazer/areas verdes...)

utilizam-se bancos, mesas, postes de iluminação etc. Devem ser resistentes e exigir pouca manutenção. Nos empreendimentos promovidos por essa Companhia, para a especificação destes mobiliários, deve-se consultar padrões CDHU e indicar produto disponível no mercado ou detalhar solução adotada. Cita-se CDHU (1998) que indica o percentual máximo de 15% da área livre destinável para recreação e passeios em empreendimentos unifamiliares.

g) **Pisos das áreas de lazer:** de acordo com CDHU (2007), a escolha dos pisos deve considerar os diferentes usos no projeto. Os critérios para a sua especificação devem privilegiar a qualidade estética, a durabilidade, a facilidade para manutenção, a permeabilidade às águas pluviais. A área pavimentada deve ser a mínima possível, deixando o máximo de solo permeável. Deve-se, contudo, pavimentar as áreas cujas atividades demandem este cuidado⁶⁶. A circulação em praças pode ser em concreto desempenado ou bloco de concreto intertravado. Recomenda-se a largura mínima de 1,50 m. Se o fluxo de pessoas for grande a largura deve ser aumentada⁶⁷. As rampas e as escadas podem ser em concreto desempenado. Quando houver tratamento de pisos, deve-se privilegiar o uso de elementos drenantes, como gramado, pedriscos, pisos articulados, etc. Recomenda-se que os pisos para os play grounds não sejam de areia. Eles podem ser gramados, em terra batida ou utilizar outras combinações como o piso PTA (composição de terra e areia).

h) **Palmeira:** constitui espécie cujo tronco é um estipe (único ou múltiplo), encimado por um capitel de folhas. Alguns exemplos de palmeiras são apresentados no Quadro 8 e no Quadro 9.

Quadro 8 – Exemplos de palmeiras

Nome comum	Nome científico
Coco-da-baía	<i>Cocos nucifera</i>
Gerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
Palmeira-imperial	<i>Roystonea regia</i>

⁶⁶ CDHU (2007) não especifica claramente quais são as áreas cujas atividades demandam piso.

⁶⁷ CDHU (2007) não especifica o que se entende por “fluxo grande” de pessoas nem em que proporção a largura dos passeios nas praças deve ser aumentada em função deste fluxo.

Palmeira-real	<i>Roystonea oleracea</i>
Cariota	<i>Caryota mitis</i>

Quadro 9 – Exemplos de palmeiras de sombra

Nome comum	Nome científico
Areca-bambu	<i>Dypsis lutescens</i>
Areca-triandra	<i>Areca triandra</i>
Palmeira-rápis	<i>Rhapis humilis</i>
Falsa-tamareira	<i>Phoenix canariensis</i>

- i) **Parques, praças e jardins:** os parques, normalmente são representados por grandes áreas abundantemente arborizadas. Os jardins, ou mesmo as praças, são espaços destinados ao convívio social. Nas praças, de acordo com CDHU (2007), poderão ser implantados play ground, quadras de esporte, pistas de skate, pistas de cooper, ciclovias, áreas para jogos, áreas para lazer contemplativo com bancos e outros equipamentos compatíveis com espaços públicos. Devem-se evitar áreas verdes de pequenas dimensões em pontas de quadras para que estas não sejam invadidas pelos confrontantes (áreas verdes na ponta de quadras economizariam viário). Nestes locais, conforme Pivetta & Silva Filho (2002), podem-se utilizar árvores de todos os portes. Consultas aos memoriais de paisagismo dos conjuntos habitacionais estudados indicaram que sistemas de lazer com acentuados declives implicam em inviabilidade de implantação de áreas recreativas específicas, podendo-se, nestes casos, optar por plantio de maciços de diversas espécies locados de forma a criar trilhas que interligam as ruas valorizadas por largas diferenciadas.
- j) **Trepadeiras:** corresponde a toda espécie vegetal de caule semi-lenhoso ou mesmo herbáceo, que necessita de um suporte para se desenvolver. Como seu crescimento pode ser conduzido, as trepadeiras, geralmente, são utilizadas na formação de cercas-vivas, separação de ambientes, revestimento de muros ou paredes, formação de pérgulas, arcos e treliças (SIMÕES et. al. s/ data). Alguns exemplos de trepadeiras são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 – Exemplos de trepadeiras

Nome comum	Nome científico
Amor-agarradinho	<i>Antigonon leptopus</i>
Buganvília, primavera, três-marias	<i>Bougainvillea spp.</i>
Brinco-de-princesa	<i>Fuchsia hybrida</i>
Cipó-uva	<i>Cissus rhombifolia</i>
Unha-de-gato, herinha, falsa-hera	<i>Ficus pumila</i>

k) **Arborização urbana:** considerando a relevância do projeto de paisagismo, mormente o de arborização, muitos municípios vêm elaborando legislação relacionada a esse tema. Tem-se, por exemplo, no Município de São Paulo, Projeto de Lei dispondo sobre a obrigatoriedade de arborização de vias e áreas verdes nos planos de parcelamento do solo para loteamentos e desmembramentos – PL 108/07.

Figura 88 – Ilustração de arborização urbana (CESP, 1988)

- l) Arborização de áreas privadas:** corresponde à arborização dos jardins particulares como quintais, jardins de hospitais, clubes, indústrias, entre outros (PIVETTA & SILVA FILHO, 2002). CESP (1988) coloca que, em áreas residenciais, deve-se priorizar o plantio de espécies que não prejudiquem futuras ampliações, o sistema de drenagem, esgoto e redes aéreas.

Figura 89 – Ilustração de arborização de áreas privadas (CESP, 1988)

m) Arborização do sistema viário:

- i. quanto à localização e ao porte,** CDHU (2007) indica que as faces mais adequadas para a arborização no sistema viário são a norte e a oeste, desde que não conflitantes com postes da rede elétrica. Na face leste, privilegiar o sol da manhã, empregando árvores com copa menor, nas faces oeste e norte utilizar árvores frondosas para proteger as edificações do sol da tarde (Figura 90).

Figura 90 – Utilização de árvores de pequeno porte nas faces leste e sul e de médio porte nas faces oeste e norte do sistema viário (Fonte: CESP, 1985)

CDHU (2007) determina que se devem implantar árvores de pequeno porte em calçadas estreitas e onde exista fiação aérea, mas não especifica claramente o que se entende por calçadas estreitas. E prossegue determinando que as árvores de médio porte poderão ser especificadas em calçadas mais largas e canteiros centrais. Miranda (1970) apud Pivetta & Silva Filho (2002) recomenda o porte da árvore especificando não só a largura da calçada, mas também a largura da rua⁶⁸ e o recuo das edificações (Quadro 11). Ressaltam ainda a não recomendação da arborização para ruas com largura menor que 7m. Esta recomendação, no entanto, pode se conflitar com disposições de legislação local. Como

⁶⁸ Acredita-se que o autor refere-se, neste caso, ao leito carroçável da rua.

exemplo, cita-se legislação paulistana (Decreto 29.716/1991⁶⁹), em que, para o caso de ruas de circulação de veículos, é obrigatória a arborização de um dos passeios. Este decreto não indica exceção alguma vinculada à largura.

Quadro 11 - Indicação do porte das árvores baseado na largura das ruas e calçadas e recuo das edificações (MIRANDA, 1970).

Largura da rua	Largura da calçada	Recuo das edificações (4m)	Porte de árvore recomendado
Rua estreita (<7m)	<3m	sem recuo com recuo	- pequeno
Rua larga (> 7m)	< 3m	sem recuo com recuo	pequeno médio
	> 3m	sem recuo com recuo	médio grande

Estas recomendações podem variar conforme diretrizes municipais. Em Mascaró (2005), por exemplo, encontram-se recomendações mais detalhadas, tomando-se como base as diretrizes da Prefeitura de Porto Alegre (Tabela 80).

Tabela 80 – Tipo de plantio recomendado em função da largura da rua e da situação de ocupação dos lotes (conforme diretrizes da Prefeitura de Porto Alegre apresentadas em Mascaró, 2005)

Largura		Situação construções		Plantio espécie	
Rua	Passeio	Na divisa	Com recuo	Porte	Local
≤ 6,0 m	≤ 2,5 m	sim			Não arborizar
			sim	Pequeno	Dentro propriedade
	> 2,5 m	sim		Pequeno	Oposto fiação
			sim	Pequeno	Oposto fiação Dentro propriedade
≥ 9,0 m	≤ 2,5 m	sim		Médio	Oposto fiação
			sim	Médio	Oposto fiação Dentro propriedade
	> 2,5 m	sim		Grande	Oposto fiação
		sim	sim	Pequeno	Sob fiação
	< 2,5 m	sim		Grande	Oposto fiação
			sim	Pequeno	Sob fiação
> 12,0 m	> 2,5 m	sim		Grande	Oposto fiação
			sim	Pequeno	Sob fiação

⁶⁹ Apesar de o Projeto de Lei 108/2007 revogar a Lei 10.948/1991, cita-se o Decreto 29.716/1991 como exemplo da necessidade de se verificar diretrizes locais quando do desenvolvimento do projeto de arborização das vias.

ii. **quanto ao canteiro central**, de acordo com Pivetta & Silva Filho (2002), recomenda-se, nos canteiros menores que 1,50m, o plantio de palmeiras e arbustos e, para aqueles mais largos, pode-se escolher espécies de porte médio a grande. CESP (1988) coloca que nos canteiros centrais de avenidas considera-se apropriado o uso de árvores colunares e palmáceas (Figura 91).

Figura 91 - Ilustração da arborização de canteiros centrais de avenidas (CESP, 1988)

Caso o canteiro possua mais de 3 m de largura, as árvores poderão ser plantadas em duas fileiras, em zigue-zague. Neste caso, Pivetta & Silva Filho (2002) recomenda manter, preferencialmente, a mesma espécie.

iii. **quanto às interferências com as redes de infraestrutura**, na Figura 92, CESP (1988) destaca algumas interferências causadas por uma espécie em local inadequado, necessitando de podas.

Figura 92 - Interferências causadas pela arborização do sistema viário urbano (Fonte: CESP, 1988).

[1] Forma natural da árvore com copa muito grande e baixa

[2] Copa interferindo a passagem de fiação aérea

[3] Copa interferindo a passagem de veículos

[4] 4 e 5. Raízes danificando ruas, acostamentos e calçadas

[5] 6. Copa interferindo na passagem de pedestres

Mascaró (2005) cita que os problemas entre as árvores e essas redes aparecem em três níveis, quais sejam: subterrâneo, superfície e aéreo:

i) **Subterrâneo:** a arborização em locais onde a fiação é subterrânea e mesmo onde há rede de água ou esgoto, de acordo com Pivetta & Silva Filho (2002), é feita somente a uma distância mínima de 1 a 2m para evitar problemas com obstruções das canalizações pelas raízes das árvores, como ilustrado pela Figura 93.

Figura 93 – Exemplo de interferência das raízes das árvores nas canalizações subterrâneas (CESP, 1988)

Caso contrário, será necessário construir um pequeno muro enterrado, como mostra a Figura 94.

Figura 94 – Esquema em planta de muro de proteção para dificultar o avanço das raízes das árvores no sentido das redes subterrâneas (Mascaró, 2005)

ii) **Superfície:** no nível da superfície é importante evitar a interferência das raízes das árvores nos pavimentos. No caso de proximidade entre eles, usam-se espécies com raízes superficiais. O uso de árvores de folhas caducas (que perdem sua folhagem no outono) na proximidade de bocas-de-lobo pode prejudicar o bom funcionamento das galerias de águas pluviais.

Figura 95 - Exemplo de interferência das raízes das árvores nos pavimentos (Fonte: arquivo próprio)

Figura 96 - Exemplos de uso de árvores de folhas caducas gerando interferências com a rede de drenagem (Fonte: arquivo próprio)

iii) **Nível aéreo:** é muito freqüente a aparição de conflitos sérios por falta de adequada planificação entre redes aéreas (eletricidade, telefone, tv a cabo etc.) e as copas das árvores. No caso em que houver arborização sob fiação, de acordo com Pivetta & Silva Filho (2002), recomendam-se árvores de pequeno porte e distantes de 3 a 4 m dos postes de iluminação; já CESP (1988) indica uma distancia mínima de 5,0m (Tabela 81). Quando de sua análise, conforme Mascaró (2005), deve-se considerar que a iluminação pública artificial tem uma importância fundamental para os espaços públicos. Sua insuficiência limita o uso desses espaços, dificultando a orientação e produzindo insegurança nas pessoas durante a noite. Por isso, é necessária uma cuidadosa planificação que compatibilize ambos os sistemas. Outra observação colocada por CESP (1988) é que nunca se deve plantar palmeiras sob fiação, cuja altura da espécie adulta seja superior ao da fiação. Palmeira nunca se poda. O estudo de alguns memoriais de paisagismo indicou que, em avenidas sem rede de energia, pode-se adotar maciço vegetal com espécies de grande porte e maior variedade para valorizar a paisagem local. A fiação aérea pode ser composta pela rede elétrica primária, de alta tensão (13.000 e 22.000v); rede elétrica secundária, de baixa tensão (110v e 220v) e rede telefônica aérea e TV a cabo. Mascaró (2005) indica distâncias mínimas recomendadas entre estas redes aéreas e as árvores, dando subsídios quantitativos para a análise do seu porte.

Figura 97 – Distâncias mínimas recomendadas entre redes aéreas e árvores (Mascaró, 2005)

Para se evitar qualquer interferência, CDHU (2005) indica que o ponto de locação da árvore deve manter uma distância mínima da metade de sua copa adulta, de qualquer obstáculo (por exemplo, postes e edificações)⁷⁰.

Pivetta & Silva Filho (2002), acrescenta ainda a recomendação que a implantação das árvores tenha início a 6,0m das esquinas. CESP (1988) apresenta a distância mínima de 5,0m para este caso (Tabela 81).

O estudo dos memoriais de paisagismo dos conjuntos habitacionais analisados indicou que a locação das mudas na calçada se dá, basicamente, na direção do muro de divisa entre os lotes. Deve-se observar, contudo, segundo CESP (1988) a distância mínima de 5,0m entre árvores de pequeno porte e 7,0m entre as de médio porte. Na Tabela 81, apresentam-se os espaçamentos mínimos indicados no guia de arborização da CESP (1988).

Tabela 81 - Espaçamentos mínimos indicados no guia de arborização da CESP (1988)

	Espaçamento mínimo (m)
Entre árvores de pequeno porte	5,0
Entre árvores de médio porte	7,0
Entre árvores de pequeno porte e poste	5,0
Entre a esquina e as árvores	5,0
Entre as árvores e as entrada de garagem	1,0

No Projeto de Lei 108/07 do Município de São Paulo, também se dispõem que *“a arborização das vias se fará com árvores espaçadas longitudinalmente de, no máximo 10,0 m (dez metros) uma da outra”*. Para este espaçamento entre as árvores, no entanto, o estudo dos memoriais dos conjuntos habitacionais da CDHU apresentou discordância; encontrando-se, em alguns casos, distâncias de aproximadamente 20m. Tal informação corrobora a necessidade de se consultar as legislações locais correlatas quando da elaboração do projeto.

⁷⁰ Esta companhia, com certeza, refere-se, neste caso, aos obstáculos encontrados no eixo horizontal.

- n) **Canteiro ao redor da muda:** canteiro ideal para um bom desenvolvimento das árvores situadas em vias públicas é de 1m^2 . Muitas vezes, de forma errônea, são plantadas mudas menores do que o recomendado e estas mudas ficam desproporcionais ao canteiro de 1m^2 ; buscando a proporção, o canteiro, muitas vezes, é reduzido consideravelmente. Porém, à medida que a árvore vai crescendo, o tronco vai naturalmente engrossando e quebrando a calçada por absoluta falta de espaço e não porque a espécie tem a característica de raízes superficiais (PIVETTA & SILVA FILHO, 2002).
- o) **Cinta:** a cinta é uma pequenina mureta de concreto ou tijolo, ao redor de todo o canteiro, feita para evitar que água com detergente ou ácido de limpar pedra entre no canteiro quando se lava a calçada. O inconveniente é que esta cinta impede também a entrada de água de chuva que escorre pela calçada (PIVETTA & SILVA FILHO, 2002).
- p) **Tutor:** conforme CDHU (2007), não é necessário a utilização de tutores para o plantio com "tubetes". Recomenda-se um piquete com o topo pintado de branco, cal ou látex, ao lado da muda para sinalizar que não é mato e deve ser coroadado. Para o plantio em sacos plásticos, o uso de tutor é necessário para proteger a planta e o seu torrão dos ventos fortes. Quando for o caso, o tutoramento é feito utilizando-se estacas de madeira ou bambu, com o mínimo de 2,50m de comprimento, que são enterradas a uma profundidade de 0,50cm e 0,15cm de distância do tronco da muda. Para prender a muda ao tutor, podem-se utilizar diferentes materiais, como barbante, sisal ou tiras de borracha. O amarrilho deve ser em forma de oito deitado (PIVETTA & SILVA FILHO, 2002). Em alguns locais a legislação preconiza que todas as mudas de árvores devem ser amparadas por tutor, como é caso do Município de São Paulo (DECRETO 29.716/91). Na Figura 98, ilustram-se os elementos supracitados.
- q) **Grade de proteção:** para minimizar o problema de vandalismo, recomenda-se proteger as mudas com grades (Figura 98). O material é bem variável, pode-se utilizar madeira, ferro, bambu ou tela de arame deitado (PIVETTA & SILVA FILHO, 2002). Na legislação do Município de São Paulo (DECRETO 29.716/1991), por exemplo, dispõem-se que somente as mudas de árvores plantadas nas vias devem possuir proteção, à sua volta, de ferro, madeira ou

alvenaria; essa proteção deve ter uma altura mínima de 1,50m e área onde possa ser inscrito um círculo com diâmetro mínimo de 0,50 m.

Figura 98 – Ilustração de proteção das mudas das árvores (amarrilho, tutor e grade de proteção) (CDHU – memorial de projeto)

Figura 99 – Ilustração de proteção das mudas de palmeiras (CDHU – memorial de projeto)

21. APÊNDICE H

PAVIMENTAÇÃO - TERMINOLOGIA, DEFINIÇÕES E ASPECTOS RELEVANTES

A seguir, baseando-se em Mascaró (2005), NBR 7207/82 da ABNT, Müller (2005), apresentam-se os principais termos relacionados aos pavimentos urbanos, bem como aqueles seus aspectos considerados relevantes.

- a) **Revestimento:** é a camada superficial cuja função primordial é receber e suportar as ações do tráfego, melhorando as condições de rolamento quanto à segurança e comodidade.
- b) **Pavimento:** é uma estrutura construída após os serviços de terraplanagem que tem, em seu conjunto, a função de: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; resistir aos esforços horizontais tornando mais durável possível a superfície de rolamento. Tradicionalmente, por simplificação, pode-se classificar a estrutura dos pavimentos em: Pavimentos Flexíveis; Pavimentos Rígidos; Pavimentos Semi-Rígidos (Semi-Flexíveis).
- c) **Pavimentos Flexíveis:** são aqueles constituídos por camadas que não trabalham à tração. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as de melhor qualidade encontram-se mais próximas da carga aplicada (MARQUES, 2002). Um exemplo de uma seção típica pode ser visto na Figura 100.

Figura 100 - Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível (Marques, 2002)

- d) **Pavimentos Rígidos:** são constituídos por camadas que trabalham essencialmente à tração. Seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland, as quais são apoiadas em uma camada de transição, a sub-base. São pouco deformáveis e têm uma vida útil maior. Enquanto o dimensionamento do pavimento flexível é comandado pela resistência do sub-leito, o do pavimento rígido é pela resistência do próprio pavimento (MARQUES, 2002). Um exemplo de uma seção típica pode ser visto na Figura 101.

Figura 101 - Seção Transversal Típica de Pavimento Rígido (Marques, 2002)

- e) **Pavimento Semi-rígido ou Semiflexível:** situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. É o caso das misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume dentre outras, que apresentam razoável resistência à tração. Quando se tem uma base cimentada sob o revestimento betuminoso, o pavimento é dito semi-rígido. O pavimento reforçado de concreto asfáltico sobre placa de concreto é considerado como pavimento composto (MARQUES, 2002).
- f) **Base, sub-base e reforço do subleito:** são camadas que visam, além de distribuir as cargas, a proteger o revestimento de possíveis falhas do subleito. Geralmente, as camadas inferiores da pavimentação são compostas da base e da sub-base. Em solos de baixa capacidade de suporte agrega-se a terceira camada dita reforço do subleito. Cada uma delas tem, normalmente, uma resistência maior à medida que se aproxima do revestimento. Seus custos estão diretamente ligados à sua resistência (MASCARÓ, 2005).
- g) **Escolha do revestimento:** nas obras de alto padrão, costuma-se usar revestimento de concreto asfáltico; nas de padrão médio, opta-se pelo concreto asfáltico pré-misturado a frio ou tratamento superficial triplo. Em obras de acabamento mais simples, usa-se o tratamento superficial duplo ou simples de asfalto. Um aspecto importante que se deve considerar na escolha do pavimento é a disponibilidade dos materiais necessários no mercado local. A adoção de um só tipo de material é vantajosa quanto à padronização, porém a diversificação pode ser importante pelas múltiplas funções que os pavimentos têm (MASCARÓ, 2005).
- h) **Pavimentos betuminosos por penetração:** a pavimentação asfáltica por penetração é feita pela associação de agregados e asfalto quando estes são espalhados separadamente na pista e depois compactados. Existem dois tipos de execução para esta pavimentação: tratamento superficial e macadame betuminoso.
- i) **Tratamento superficial:** nos tratamentos superficiais, os agregados devem apresentar granulometria uniforme. Após a imprimação, espalha-se o material betuminoso por intermédio de caminhões acoplados a um dispositivo apropriado. Executado o espalhamento do agregado, procede-se a compactação com rolos de pneus e rolos lisos. As partículas de asfalto, sendo mais leves que os agregados, tendem a migrar para a parte superior da camada, preenchendo os vazios existentes entre os grãos e, por este motivo, diz-se que este tipo de execução é feito por penetração invertida. A camada obtida após compactação varia, em geral, de 2 a 2,5 cm de espessura. Se esta sequência de operações é realizada apenas uma vez, obtêm-se o **tratamento superficial simples**. Conforme o número de vezes que a operação é repetida, o **tratamento** pode ser **duplo ou triplo**. A espessura vai crescendo e a

granulometria do agregado vai decrescendo à medida que cresce o número de camadas alternadas de asfalto e agregado.

- j) **Macadame betuminoso:** no revestimento de macadame betuminoso, espalha-se um material de brita graúda, compactando-se em seguida. Logo após, espalha-se o asfalto, que pode ser de cimento asfáltico ou asfalto emulsionado ou diluído. O asfalto, neste caso, é aplicado e aquecido com temperaturas variáveis, conforme o tipo usado. Espalha-se, na pista, nova camada de brita média, que deve ser também compactada. Finalmente, dá-se nova pintura ao asfalto, jogando-se um material bem fino – o agregado de fechamento – compactando-se, em seguida, uma vez mais. Esta última operação também ganha o nome de **capa selante**.
- k) **Sub-base ou base de bica corrida:** é a camada de sub-base ou base composta por produtos resultantes de britagem primária de rocha sã, que em uma condição granulométrica mínima assegura estabilidade à camada, quando executada através das operações de espalhamento, homogeneização, umedecimento e compactação (DER, 2005).
- l) **Sub-base ou base de solo-cimento:** é o produto endurecido resultante da cura úmida da mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas em projeto e determinadas por ensaios prévios de laboratório por dosagem experimental (DER, 2006a).
- m) **Pavimentos betuminosos por mistura (pré-misturados a frio e pré-misturados a quente):** nos pré-misturados, o asfalto e os agregados são misturados na usina e, por isso, também podem ser chamados de **usinados**. O agregado e o ligante, que podem ser espalhados na pista na temperatura ambiente, são chamados de **pré-misturados a frio**, embora a mistura na usina tenha sido feita a quente. No caso da pavimentação ter que ser espalhada ainda quente, têm-se os **pré-misturados a quente (PMQ)**. Os pré-misturados distinguem-se de acordo com a distribuição granulométrica de seus grãos. Os de **gradação densa** dispensam a capa selante; já os de **gradação tipo macadame ou aberta** necessitam ser recobertos pela capa selante (capa asfáltica). A designação **concreto asfáltico ou concreto betuminoso** tem sido reservada aos pré-misturados a quente de graduação densa (Mascaró, 2005). O PMQ pode ser empregado como camada de regularização, de ligação, *binder*, ou base em obras de pavimentação (DER, 2006b).

- n) **Pavimentos com blocos de concreto:** pavimento constituído por lajotas ou blocos de concreto de cimento Portland com diversos formatos, justapostos, com ou sem articulação e rejuntados ou não com material asfáltico, assentados sobre lastro de pó de pedra, ou areia lavada, executados sobre sub-base ou base; de acordo com os alinhamentos, perfis, dimensões e seção transversal estabelecida pelo projeto e confinada lateralmente por sarjetas ou guias (DER, 2006a).
- o) **Blocos de concreto sem articulação:** são aqueles cujas faces laterais são paralelas (Figura 102);

Figura 102 – Exemplo de um bloco de concreto sem articulação e de sua aplicação

- p) **Blocos de concreto com articulação:** são aqueles cujas faces laterais têm disposições tais que as cargas recebidas por um determinado bloco são parcialmente transferidas para outros blocos adjacentes. Os tipos de blocos de concreto articulados mais comuns no mercado são os **blocos sextavados** (Figura 103) e os **intertravados** (Figura 104). Os primeiros são mais apropriados para ruas de maior movimento, ao passo que os intertravados têm seu maior emprego nas áreas de pouco movimento de veículos, tais como: estacionamento, acostamentos e faixas redutoras de velocidade, calçadas, praças e playgrounds.

Figura 103 - Exemplo de um bloco sextavado e de sua aplicação

Figura 104 – Exemplos de blocos intertravados e suas aplicações

22. APÊNDICE I

DISCUSSÃO SEMI-ESTRUTURADA COM OS ESPECIALISTAS

Nome do Especialista: _____

Telefone para contato: (____) _____ E-mail: _____

Área de atuação profissional: (no caso de múltiplas atuações, indique a principal com o número 1 e as secundárias com o número 2)

() Projeto
() Orçamento

() Consultoria
() Ensino e Pesquisa

Esta aplicação (na forma de um exercício simplificado) tem por objetivo testar, com o auxílio de profissionais de reconhecida experiência no tema, o método/resultados de uma pesquisa de doutorado em andamento na Escola Politécnica da USP e apoiado pela FAPESP. Os autores desde já agradecem este auxílio e se comprometem a citar e agradecer as Instituições e suas áreas envolvidas, guardando sigilo dos nomes dos envolvidos.

22.1. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DOS INDICADORES

Considerando a gleba e os lotes com as características apresentadas na Tabela 82, estime as quantidades dos itens da urbanização (pavimentação, terraplenagem, drenagem superficial, drenagem subterrânea, esgoto, água e paisagismo), usando os indicadores propostos, para as opções de desenho urbano dos itens (a), (b) e (c).

Tabela 82 – Características gerais da gleba

Área total da gleba	30.000,00 m ²
Área non-aedificandi	450,00 m ²
Declividade média da gleba	8%
Relevo	Plano
Testada média dos lotes	11,0 m
Profundidade média dos lotes	18,5 m

- a.** Desenho urbano ramificado (vias em cul-de-sacs ou em laço). Considerando: vias externas ao longo de toda a divisa (perímetro) da gleba, permitindo seu aproveitamento para acesso aos lotes, grande parte do perímetro das áreas de lazer e institucional na divisa da gleba ou anexo às áreas habitacionais, contribuindo para a concepção de grandes quadras com o mínimo de perímetro interno ao conjunto.
- b.** Desenho urbano misto. Considerando: áreas de lazer e institucionais distribuídas de modo a formarem quadras de áreas e perímetros medianos com as áreas habitacionais.
- c.** Desenho urbano em malha com áreas de lazer e institucionais formando praças centralizadas no conjunto (ou seja, vias circundando-as por todos os lados) e quadras habitacionais pequenas com nenhum aproveitamento das vias externas à gleba para acesso aos lotes.

Após o término do exercício, favor preencher a ficha de avaliação do método proposto.

22.2. AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

22.2.1. O método é de fácil entendimento?

Sim ()

Não ()

Justificativa da resposta:

Sugestões:

22.2.2. O método é rápido de ser aplicado?

Sim ()

Não ()

Justificativa da resposta:

Sugestões:

22.2.3. Para cada um dos indicadores propostos indique seus comentários, destacando quais os pontos positivos e quais os pontos que deveriam ser melhorados.

23. APÊNDICE J

LISTA DE CONJUNTOS HABITACIONAIS ANALISADOS

Conjunto Habitacional	Nº unidades habitacionais por tipologia	Total de unidades habitacionais	Área da Gleba (m²)	Área da gleba por uso
Adamantina J	110 TI24C 225 TI13AVI	335	136.998,00	Lotes: 64.988,86 Viário: 31.601,11 Institucional: 7.628,98 Lazer: 32.779,05
Pardinho B1 e B2	134 TI 24C	134	55.308,12	Lotes: 28.146,70 Viário: 17.254,12 Institucional: 3.452,79 Lazer: 6.454,53
Cerqueira César D1 e D2	297 TI24C	297	134.699,6	Lotes: 63.577,03 Viário: 42.036,50 Institucional: 4.489,88 Lazer: 24.596,22
Igarata B	18 TG13A	18	5.812,15	Lotes: 3.395,48 Viário: 801,01 Institucional: 467,30 Lazer: 1.148,48
Sete Barras C	70 TI24C 42 TG13A	112	89.175,10	Lotes: 22.229,07 Viário: 15.491,92 Institucional: 1.908,35 Lazer: 49.545,96
Avaré E	44 TI34 31 TI24C	75	26.819,45	Lotes: 15.506,3 Viário: 6.792,42 Institucional: 1.067,64 Lazer: val
Atibaia D	300 SR 69 TR	369	83.090,360	Lotes: 45.772,49 Viário: 25.260,72 Institucional: 1.778,18 Lazer: 10.278,97
Hortolândia A	1465 CASA	1465	487.089,710	Lotes: 217.470,38 Viário: 122.272,72 Institucional: 19.426,28 Lazer: 127.920,33
Louveira B	93 TI13A	93	29.885,30	Lotes: 16.710,3 Viário: 8.495,0 Institucional: 1.700,0 Lazer: 2.980,0
São João da Boa Vista E	701 TI13A	701	338.595,61	Lotes: 138.024,49 Viário: 86.742,77 Institucional: 15.886,89 Lazer: 97.941,46
Aguaf F	63 TI24A 92TI24C	155	54.641,640	Lotes: 29.928,88 Viário: 16.375,46 Institucional: 2.749,81 Lazer: 5.587,49 Non-Aedificandi: 521,65

Sete Barras A	55 TI13A	55	19.002,95	Lotes: 18425,58 Viário: 577,37
Guararema C	60 TI24	60	41.734,00	Lotes: 12.566,51 Viário: 13.418,54
Anhembi E	TI13A 90 TI24A 50 TI13A/v2 108	278	106.851,440	Lotes: 58.020,40 Viário: 30.680,28 Institucional: 6.666,06 Lazer: 11.484,70
Águas Sta. Bárbara B	92 TI24C	92	38.526,200	Lotes: 17.745,81 Viário: 15.435,16 Institucional: 1.115,73 Lazer: 4.229,50
Iguape A	179 TI13A	179	65.165,050	Lotes: 37.587,37 Viário: 18.232,02 Institucional: 2161,45 Lazer: 4.264,29 Sem definição de uso: 256,33 Invadida para CDHU: 190,89 Invadida por confrontantes: 2.287,81 Invadida por terceiros: 566,67
Guaraçaí C	27 TI24A 54 7/88	81	24.200,00	Lotes: 16.053,96 Viário: 4.661,93 Institucional: 556,68 Lazer: 2.927,43
Guaiúba D	301 TI13A	301	108.963,92	Lotes: 60.306,84 Viário: 31.816,99 Institucional: 5.888,13 Lazer: 10.951,96
Itariri D	14 TI24A 28 TI24C	42	13.380,000	Lotes: 7.560,52 Viário: 2.284,20 Lazer: 3.535,28 Non-Aedificandi: 1.189,40
Votuporanga I	432 TI13A	432	160.004,000	Lotes: 87.958,60 Viário: 44.287,03 Institucional: 8.057,37 Lazer: 19.701,20 Non-Aedificandi: 3.039,8
Américo Brasiliense B	100 TI13A	100	50.360,45	Lotes: 19.193,04 Viário: 18.229,61 Institucional: 7.518,60 Lazer: 5.419,20
Álvaro de Carvalho B	62 TI24C	62	24.162,970	Lotes: 11.592,37 Viário: 7.011,99 Institucional: 736,53 Lazer: 4.822,08
Mirassolândia C	86 TI24A	86	30.596,790	Lotes: 16.589,41 Viário: 8.795,94 Institucional: 1.234,65 Lazer: 3.976,79

Valentim Gentil E	84 SR13A (Fase E1) 20 SB22B 48 DI22F	152	Total 23.825,130	Total Lotes: 15.482,71 Viário: 5.054,39 Lazer: 3.288,03	Fase E1 Lotes: 10.148,76 Viário: 5.007,39 Lazer: 1.506,11
			Fase E1 16.662,26		
S. J. Campos A	SR23A	434	87.091,250	Lotes: 45.405,31 Viário: 23.599,94 Institucional: 9.000,48 Lazer: 9.085,52	
Tatui C	83 TI24A 128 TI24C	211	106.426,000	Lotes: 43.873,81 Viário: 22.348,73 Institucional: 5.964,25 Lazer: 34.239,21 Non-Aedificandi: 27.121,99	
Taquarivaí A1	17 TI24A 30 TG13A	47	18.167,580	Lotes: 7.771,90 Viário: 5.840,28 Institucional: 1.126,89 Lazer: 3.428,51 Non-Aedificandi: 1.343,24	
Monguaguá C	130 TI13A	130	47.746,16	Lotes: 2.487,928 Viário: 1.258,464 Institucional: 204,242 Lazer: 823,982	
Tapiraí A	50 TI13A	50	24.181,78	Lotes: 9.911,569 Viário: 7.640,83 Lazer: 7.425,26	
Itapira C	25 TI13A	25	11.789,850	Lotes: 6.558,01 Viário: 1.702,14 Institucional: 1.963,05 Lazer: 1.786,00	
Alambari A	80 TI24C	80	26.787,070	Lotes: 15.024,41 Institucional: 511,03 Lazer: 2800,14	
Alvares Machado A			13.565,000	Lotes: 7.199,72 Institucional: 2.460,00 Lazer: 1.363,20	
Alfredo Marcondes C	90 TI24C	90	37.654,760	Lotes: 18.406,79 Viário: 11.482,40 Institucional: 647,75 Lazer: 7.117,82	
S. Miguel Arcanjo A	150 unifamiliar	150	44.088,99	Lotes: 25.608,12 Viário: 14.145,62 Lazer: 4335,25	
Caieras A	500 SR23A	500	148.121,32	Lotes: 59.945,35 Viário: 41.732,83 Institucional: 20.243,41 Lazer: 26.199,73	
Taiuva A	130 TI13A	130	45.346,50	Lotes: 24.187,86 Viário: 14.368,36 Institucional: 1.899,14 Lazer: 4.891,14	

Arthur Nogueira B	301 TI13A	301	108.275,36	Lotes: 59.901,04 Viário: 33.893,05 Institucional: 2.172,44 Lazer: 12.308,83
Magda A	100 TI13A	100	44.265,22	Lotes: 20.294,68 Viário: 16.502,75 Institucional: 1.714,49 Lazer: 5.753,30
Pardinho A	100 TI13A	100	33.400,00	Lotes: 19.240,00 Viário: 10.309,52 Institucional: 506,00 Lazer: 3.344,48
Marechal Tito - S. M. Paulista H1	478 SR05A 96 VI	574	109.434,34	Lotes: 57.797,75 Viário: 28.373,96 Institucional: 10.631,55 Lazer: 12.631,08
Bebedouro F	482 TI13A	482	202.618,820	Lotes: 99.023,90 Viário: 71.440,76 Institucional: 12.109,93 Lazer: 18.772,40 Invadida para CDHU: 87,33 Invadida por confrontantes: 1.359,16
Araçoiaba da Serra C	201 TI24C	201	68.122,710	Lotes: 35.865,95 Viário: 25.325,69 Lazer: 6.931,07
Monte Alto A1	275 TI13A	275	82.248,57	Lotes: 82.118,70 Viário: 129,87
Monte Alegre do Sul	31 TI13A 02 Casas existentes	33	19.543,50	Lotes: 7.957,67 Viário: 2.115,43 Lazer: 9.472,25
Arealva A	119 TI13A	119	39.375,17	Lotes: 23.080,01 Viário: 11.549,89 Institucional: 421,69 Lazer: 4.323,58
Monte Azul Paulista C	263 TI13A	263	90.066,49	Lotes: 51.535,39 Viário: 26.455,95 Institucional: 1.956,60 Lazer: 10.118,55
Pompéia B	21 TI24C 41 SRI23A	62	14.777,339	Lotes: 9.162,000 Viário: 3.958,699 Lazer: 1.676,640
Saúde A	151 SR23A	151	26.782,26	Lotes: 16.703,06 Viário: 5.602,11 Institucional: 1.617,63 Lazer: 2.859,46

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas enterrados para condução de esgoto** – NBR 7362-1. 2005. 9p.
2. _____. **Tubo Cerâmico para Canalizações** - NBR 5645. 1990. 8p.
3. _____. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – NBR 9648. 1986. 5p.
4. _____. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário** – NBR 9649. 1986. 7p.
5. _____. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público** - NBR 12218. 1994. 4p.
6. _____. **Projeto e Execução de Valas Para Assentamento de Tubulação de Água, Esgoto ou Drenagem Urbana** – NBR 12266. 1992. 17p.
7. _____. **Tubo de concreto simples de seção circular para águas pluviais** - NBR 9793.
8. _____. **Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais** - NBR 9794.
9. _____. **Terminologia e classificação de pavimentação** - NBR 7207. 1982.
10. AELO. **Aelo informa**. Ano XI, N. 67. São Paulo, abril de 2004.
11. _____. **O mercado brasileiro de desenvolvimento urbano: dados de produção/cultura da atividade**. Disponível em: <http://www.aelo.com.br>. Acessado em: mar. 2004
12. _____. <http://www.aelo.com.br>. Acessado em: mar. 2004.
13. AISSE, M. M. Drenagem urbana. In: FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIA, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4 ed. Curitiba:Champagnat, 1997. p. 195-267.
14. ATHIAS, G. Falta de saneamento mata mais que crime. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 16 jul. 2000. Cotidiano, Saúde Pública. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1607200001.htm>. Acesso em: abr., 2007.
15. BEN-JOSEPH, E. **The Future of Standards and Rules in Shaping Place: Re-engineering the Urban Genetic Code**. ASCE Journal of Urban Planning and Development, 2004. p. 67-74.

16. BASTOS, F. **Parcelamento do solo urbano**. Consultores: Raquel Rolnik, Nelson Saule Jr. e Ana Lucia Ancona. Instituto POLIS – Instituto de Estudos, Assessoria e Formação em Políticas Sociais, 1999. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/dicas/221606.html>. Acesso em: mai. 2004.
17. BUENO, F. S. **Dicionário da língua portuguesa**. Colaboração de Dinorah da Silveira Campos Pecoraro, Giglio Pecoraro, Geraldo Bressane. 11. ed. Rio de Janeiro: FAE, 1986.
18. BUTLER, D; DAVIES, J. W. D. **Urban drainage**. London; New York : E & FN Spon, 2000. 489 p.
19. CAMINOS, H; GOETHERT, R. **Elementos de urbanizacion (Urbanization primer)**. México: ediciones G. Gilli, S. A, 1984. 330p.
20. CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. **Pequisa exploratória : Avaliação dos programas e projetos nos conjuntos habitacionais**. São Paulo, SP. 1993. v.2, p. 969-970. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. Comunicação técnica.
21. _____. **Pré-viabilidade técnico-econômica: manual de referência**. 1997. 18p.
22. _____. **Manual Técnico de Projetos**. 1998. Disponível em: <http://www.cdhu.sp.gov.br>. Acesso em: fev. 2002.
23. CEPAM - FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA. **O controle de loteamentos e conjuntos em condomínio pelo município**. São Paulo: CEPAM, 1990.
24. CEROI (Cities Environment Reports on the Internet). **Understanding the CEROI template**. Cities Environment Reports on the Internet. Arendal, 2000. 12p.
25. CEROI (Cities Environment Reports on the Internet). **City Environmental Indicators Encyclopedia**. Cities Environment Reports on the Internet. <http://www.ceroi.net/ind/display.asp?indID=78>. Acessado em: 14 de julho de 2005.
26. CESP. **Guia de arborização**. 3ed. São Paulo, 1988. 33p. (Coleção Ecossistemas Terrestres,006)
27. CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 3 ed. São Paulo: Cetesb/ascetesb, 1986. 452 p.

28. CHURCHILL, C. J.; BAETZ, B. W. **Development of decision support system for sustainable community design**. Journal of Urban Planning and Development © ASCE. 1999, ASCE, Vol. 125, n.1, p.17-35.
29. CORREIO BRASILIENSE. **Qualidades: projeto vai estudar desenvolvimento das cidades**. Brasília: [14 de Outubro de 2005](#).
30. CSIR BUILDING AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY. **Guidelines for human settlement planning and design**. CTP Book Printers (Pty) Ltd: Parow, Cape Town. 2001.
31. CURTIS, F. A., AND SCHLOSSER, M. W. **Computer-assisted procedure for subdivision cost analysis**. Journal of Urban Planning and Development © ASCE. 1986, ASCE, Vol. 112, n. 1, p.15–25.
32. DER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IP-DE-H00/002 – Projeto de Drenagem**. São Paulo, 2006. 41p.
33. _____. **DE 01/HID-001 - Estudos hidrológicos**
34. _____. **Manual de Drenagem Rodoviária**
35. _____. **Pavimento com peças pré-moldadas de concreto - ET-DE-P00/048**. São Paulo, 2006.
36. _____. **Pré-misturado a quente - ET-DE-P00/026**. São Paulo, 2006.
37. _____. **Sub-base ou base de bica corrida - ET-DE-P00/010**. São Paulo, 2005.
38. ENVIRONMENT & URBANIZATION. Vol. 17 no. 1 Abril 2005.
39. ENVIRONMENTAL NEWS NETWORK. **Green space fosters social ties, study finds**. May 10, 1999. Disponível em: http://www.enn.com/enn-news-archive/1999/05/051099/greenspace_3096.asp.
40. FARAH, F. **Habitação e encostas**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Brasil. (Publication IPT ; 2795). 2003. 312p.
41. FENDRICH, R. Erosão Urbana. In: FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4 ed. Curitiba:Champagnat, 1997. p. 15-49.

42. FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435p. Reimpressão Jan/2000. Disponível em: http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES00_00.html. Acesso em: mai. 2007.
43. _____. **Sistemas de drenagem pluvial** – Notas de aula. Disponível em: <http://www.saneamento10.hpg.ig.com.br/Dren01.htm>. Acesso em: set. 2002.
44. FOLHA DE SÃO PAULO. **Parceria potencializa efeito de investimento**. São Paulo: 27 de outubro de 2004.
45. _____. **Água para todos**. São Paulo: 29 de março de 2002. Caderno Opinião. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaofz2903200201.htm>. Acesso em: abr., 2007.
46. FREITAS, J. C. **Bens públicos de loteamentos e sua proteção legal**. São Paulo. 1996. Disponível em: <http://www.mp.sp.gov.br/caouma/caouma.htm>. Acesso em: mar. 2003.
47. FUKAHORI, K; KUBOTA, Y. **The role of design elements on the cost-effectiveness of streetscape improvement**. Landscape and Urban Planning, vol. 63, 2003. p. 75-91.
48. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2000**. Belo Horizonte: Centro de Estatísticas e Informações, 2001.
49. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2006**. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações, 2008.
50. GASPARINI, M; GIMENEZ FILHO, C. **Habitação em encostas: algumas reflexões**. IV Curso Internacional de Planejamento e Tecnologia da Habitação. 1994. 13p.
51. GRAPROHAB - GRUPO DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DE PROJETOS HABITACIONAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de orientação**. Disponível em: <http://www.cdhu.sp.gov.br/http/indexhtm.htm>. Acesso em: ago. 2002.
52. _____. **Manual para projetos de loteamentos e núcleos habitacionais**. São Paulo, 2003.
53. HASAN, A.; PATEL, S.; SATTERTHWAITE, D. **How to meet the millennium development goals (MDGS) in urban areas**. Environment & Urbanization. Vol. 17 no. 1 Abril 2005. p. 3-19.

54. HARPHAM, T.; WERNA, E. **Sustainable urban health in developing countries.** abitat International, 2003, 421-429.
55. IBAPE/SP - INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Glossário aplicável à engenharia de avaliações do IBAPE/SP.** 1994. Disponível em: http://www.manualdepericias.com.br /Glossario_Ibape_1.asp. Acesso em: fev. 2003.
56. IBGE. **Censo 2000.** Disponível em <http://www.ibge.org.br>. Acesso em: set. 2002.
57. _____. **Atlas de saneamento.** Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2004.151p.
58. ISA. **Água :: Abastecimento no Brasil.** Disponível em: <http://www.mananciais.org.br/site/agua/abastecimento>. Acesso em: abril de 2007.
59. IDEC. **Água e Esgoto em más condições.** Disponível em: <http://www.idec.org.br/files/agua.doc>. Acesso em: abril de 2007.
60. INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT. **Glossary of Urban Infrastructure Maintenance/ Glossaire de l'entretien de l'infrastructure urbaine.** 3 ed. Washington: The World Bank, 1990.
61. INOUE, K.P. **Indicadores físicos de urbanização para subsidiar a avaliação de custos de conjuntos habitacionais horizontais de interesse social.** 2003. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
62. ____; SOUZA, U. E. L. **Estudo dos fatores que influenciam a variação do volume de terraplenagem em empreendimentos habitacionais horizontais.** In: X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. 2004, São Paulo: ANTAC, 2004.
63. _____. **Indicadores físicos para auxiliar a discussão da variação dos custos de terraplenagem em empreendimentos habitacionais horizontais de interesse social.** In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção SIBRAGEC, 2005, Porto Alegre. Construção na América Latina: Inclusão e Modernização. Porto Alegre: ANTAC, 2005.
64. _____. **Modelo para prognóstico de custos do sistema de drenagem superficial para conjuntos de habitações unifamiliares.** In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no

- Ambiente Construído, 2006, Florianópolis. Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído: a Construção do Futuro, 2006.
65. _____. **Estimating earthwork cost for human settlements.** In: Joint International Symposium of CIB Working Commissions W55/W65/W86, 2006, Rome. Joint International Symposium of CIB Working Commissions W55/W65/W86 - Construction in the XXI century: Local and global challenges, 2006.
66. KESSLER, R. M. P. **Estudo acerca das possibilidades de racionalização dos itens de infra-estrutura em conjuntos de habitação popular.** In: Simpósio latino-americano de racionalização e sua aplicação às habitações de Interesse Social. São Paulo, 1981. Artigo Técnico. Florianópolis, 1981. p.763-776.
67. _____. **Estudo acerca da racionalização dos itens de infra-estrutura em conjuntos de habitação popular com unidades habitacionais individuais, baseado na obra da COHAB - RS.** 1982. 198p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
68. KIM, S; RUSSELL, J. S. **Framework for an intelligent earthwork system Part I. System architecture.** Automation in Construction 12. pp. 1– 13. Disponível em: www.elsevier.com/locate/autcon. Acesso em: 6 jul.
69. LAREU, S. **Método para estimativa de custos de infra-estrutura em urbanização de favelas no município de São Paulo.** São Paulo. 2005. 70p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).
70. LEAL, U. **Infra-estrutura: quanto custa?** Revista Construção Mercado, São Paulo, n. 11, p. 34-41, junho 2002.
71. **Lei Nº 6.766** - Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano (modificada pela Lei 9785/99). Brasília, 1979. <http://wwwt.senado.gov.br/legbras/>. Acesso em: abr. 2002.
72. MANI, M.; Varghese, K.; Ganesh L. S. **Integrated Model Framework to Simulate Sustainability of Human Settlements.** Journal of Urban Planning and Development © ASCE. 2005. vol. 131. n. 3. p. 147-158.
73. MARQUES, G. L. de O. **Curso Básico Intensivo de Pavimentação Urbana – Módulo I.** Juiz de Fora, 2002.

74. MASCARÓ, J. L. **Custos de infra-estrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano**. 1979. 273p. Tese (Livre docência) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo.
75. _____. **Infra-estrutura habitacional alternativa**. Porto Alegre: Sagra, 1991.
76. _____. **Loteamentos Urbanos**. 2005. 207p. Livro, Porto Alegre.
77. MENDONÇA, S. R. Alcantarillados condominiales. In: **CONGRESO DE LAS AMERICAS DE MUNICIPIOS SALUDABLES Y COMUNIDADES SALUDABLES**, 3. Medellín, 1999. OPS-OMS, 1999. Disponível em: <http://www.disaster-info.net/col-ops/saludambiente/Medellin99.doc>. Acesso em: mai. 2007.
78. MICHIGAN STATE. **Land division act (Public Act 288)**. 1967. Disponível em: <http://www.msue.msu.edu/luf/lda/ldact.htm>. Acesso em abr. 2002.
79. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Relatório de Investimentos do MCidades**. Brasil, 2005. 64p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=category&id=425>. Acesso em 30 de agosto de 2006.
80. MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT. **Le lotissement: définition réglementaire**. <http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/cdu/texteintegral/pologne/bonini.htm#lien2>. Acesso em: mai. 2003.
81. _____. **Les mots de la ville: un glossaire français-russe de l'urbanisme, de l'aménagement et de la gestion urbaine**. França. Disponível em: <http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/cdu/accueil/glossaires/motsdelaville/russe/definitions.htm>. Acesso em: mai. 2003.
82. MON IMMEUBLE – AU SERVICE DE LA COPROPRIÉTÉ. **Le lexique de la copropriété: définition des termes techniques**. Disponível em : <http://www.mon-immeuble.com/lexique02.htm>. Acesso em: mai. 2003.
83. MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro : Petrobras, 1991. 246 p.
84. MORETTI, R. S. **Critérios de urbanização para empreendimentos habitacionais**. 1993. 193p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

85. MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Lei de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. Disponível em: <http://sampa3.prodam.sp.gov.br/sehab/download.htm>. Acesso em: abr.2002
86. MUKAI, T; ALVES, A. C; LOMAR P. J. V. **Loteamentos e desmembramentos urbanos: comentários à lei de parcelamento do solo urbano, Lei Nº6766 de 19/12/79**. 2a. ed. São Paulo : Sugestões Literárias, 1987. 353 p.
87. MÜLLER; R. M. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. Rio de Janeiro, 2005. Dissertação de mestrado. 234 p.
88. NICHOLS JR., H. L. **Moving the earth: the workbook of excavation**. 5a edição. West Hanover: Halliday Lithograph Corporation, 1957.
89. OLIVEIRA, C. H. **Planejamento Ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1996.
90. Oxford English Dictionary
91. PISANI, M. A. J. **Características naturais e antrópicas agravantes nos processos de escorregamentos em encostas urbanas**. Revista Sinergia, São Paulo, Vol. 4, nº 2, 2005. Disponível em: <http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/>. Acesso em: 20 jul. 2005.
92. PIVETTA, K. F. L; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. UNESP/FCAV/FpiUNEP. Jaboticabal, 2002. Boletim acadêmico – série Arborização urbana.
93. PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE BAURU. **Plano Diretor Participativo**. Disponível em:
http://www.bauru.sp.gov.br/prefeitura/conteudo.php?cat=13&action=ler&news_id=187&acao=cat .
94. PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Tabelas de Custos**. Julho de 2006. Disponível em: http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/tabela_de_precos/0017. Acesso em: 04 jan. 2007.

95. PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Reedição eletrônica: São Paulo, 1999.
96. PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006**. New York, New York, 2006. 422p.
97. RICARDO, H. S; CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação - Terraplenagem e Escavação de Rocha**. 2a edição. São Paulo: Editora PINI Ltda. 1990. Cap. 8, p. 64-70.
98. SALINGAROS, N.A. **Theory of the urban web**. Journal of Urban Design, 3, 1998. p. 53-71.
99. SCOPEL, C. **Loteamento como solução de moradia**. Informativo: Aelo Informa, São Paulo, n. 67, p. 4, abr. 2004.
100. SENÇO, W. **Terraplenagem**. São Paulo: Grêmio Politécnico - DLP, 1980.
101. SILVA, J. A. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 2ª ed. São Paulo: Malheiros, 1995. p. 289.
102. SIMÕES, F. C.; Paiva, P. D. O.; Neri, G. J. O.; Paiva, R. **Noções básicas de jardinagem**. Universidade Federal de Lavras (Boletim de Extensão, 61).
103. Simões, F. C.; Paiva, P. D. O.; Gavilanes, M. L.; Landgraf, P. C.; Neri, G. J. O.; Paiva, R. **Plantas ornamentais utilizadas em paisagismo**. Universidade Federal de Lavras (Boletim de Extensão, 71).
104. SOUTHWORTH, M; BEN-JOSEPH, E. **Reconsidering the Cul-de-sac**. Access, 24, 2004. p.28-33.
105. STEIN, C. S. **Toward New Towns for America**. New York, 1957. 245 p.
106. SUEN I-S. **Residential development pattern and intraneighborhood infrastructure provision**. Journal of urban planning and development . 2005, vol. 131, n. 1, p. 1-9.
107. TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428p.
108. TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. p. 5-127.

109. THOMAS, H.R.; KRAMER, D.F. **The manual of construction productivity measurement and performance evaluation.** Austin, Construction Industry Institute Report, 1987. 168p.
110. UN-HABITAT (United Nations Human Settlements Programme). **Responding to the challenges of an urbanizing world: UN-HABITAT Annual Report 2004.** UN-HABITAT: NAIROBI, 2005. 35p.
111. U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Urban drainage design manual. Hydraulic Engineering Circular No. 22,** Second Edition Publication No. FHWA-NHI-01-021. August 2001.
112. VARJABEDIAN, R. Ambiente Urbano e Áreas Verdes. Promotoria do Ministério Público de São Paulo: São Paulo. Disponível em: <http://www.mp.sp.gov.br/caouma/caouma.htm>.
113. WIKIPÉDIA. **Planejamento Urbano.** Dezembro de 2006. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Plano_diretor#Plano_diretor. Acesso em: 04 de Janeiro de 2007.
114. WONG, L. T. **A cost model for plubim and drainage systems.** Facilities, vol. 20, n. 11/12, 2002. p. 386-393.
115. ZMITROWICZ, W; NETO, G. A. **Infra-Estrutura Urbana.** São Paulo: EPUSP, 1997. (Texto técnico/ Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/17).

ANEXO A

(PLANTAS DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS ESTUDADOS)