



MODELO PARA PROGNÓSTICO DE CUSTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL PARA CONJUNTOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES

Kelly P. Inouye (1); Ubiraci E. L. Souza (2) Cristina I. C. Pimentel (3)

- (1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: kelly.inouye@poli.usp.br
(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br
(3) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – cristina.pimentel@poli.usp.br

RESUMO

Proposta: Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo exploratório para a proposição de um modelo para subsidiar o prognóstico do custo da rede de drenagem superficial. **Método de pesquisa/Abordagens:** levantamento bibliográfico e análise de orçamentos de empreendimentos habitacionais reais foram realizados com o objetivo de se buscar o entendimento analítico dos custos envolvidos na execução do item em estudo e dos fatores que poderiam influenciar tais custos. Uma análise, com base estatística, servirá para se expressar formalmente a relação entre causas e resultados na variação da demanda pela rede de drenagem. **Resultados:** da amostra estudada, obtiveram-se faixas de variação, apontando-se os valores mínimo, máximo e médio para o indicador elaborado para avaliar a demanda por guias e sarjetas (elementos da drenagem pluvial superficial), servindo de referência para futuros prognósticos. A correlação da demanda pela rede de drenagem com os fatores que a faz variar favorece uma estimativa mais precisa e a discussão de diferentes posturas de projeto. **Contribuições/Originalidade:** os indicadores avaliados podem ser usados: de maneira reativa, isto é, dada uma certa concepção, pode-se prognosticar o custo esperado; ou pró-ativa, na medida em que, dado um custo a ser alcançado, podem-se definir diretrizes de projeto com ele coerentes. Academicamente, este artigo atua num tema pouco explorado, embora relevante tanto para a gestão da concepção quanto dos custos de empreendimentos habitacionais.

Palavras-chave: indicadores, custo, drenagem, conjuntos habitacionais de interesse social.

ABSTRACT

Proposal: this paper presents an exploratory study to propose a cost estimation model for the surface drainage net. **Methods:** bibliographic survey and real housing projects budget analyses were carried out to understand the costs related to this job and what factors influence that costs. Statistical analysis will allow recognizing relationships between results and causes objectively. **Findings:** the samples analyses' provide calculation of minimum, average and maximum values of influencing factors to elaborated indicators, which evaluate the demands of gutters and trenches (elements of surface drainage). These results will help preliminary forecasts when evaluating drainage implementation in housing projects. The correlation among factors and drainage net demands helps a more accurate estimating, and facilitates discussions about different design approaches. **Originality/value:** the studied indicators can be used: in a reactive way (using information from designs to forecast cost), or in a pro-active way (using established cost to define directives). Academically, the paper contents are poorly explored although it is very important both for the design and for the cost management in housing projects.

Key-words: indicators, cost, drainage, housing projects.

1 INTRODUÇÃO

A construção de conjuntos de residências, para famílias de baixa renda, têm sido um caminho adotado para minimizar os problemas relativos à falta de habitação no país. Tal contexto demanda a concepção de soluções de qualidade e baixo custo.

O custo destes conjuntos envolve os ônus com terreno, edificações e redes de infra-estrutura urbana. Na medida em que os custos das edificações têm sido abordados por vários pesquisadores (que têm tentado achar alternativas que evitem a redução de áreas das unidades habitacionais como único caminho para barateamento das unidades) e que o custo do terreno depende de parâmetros de mercado, este artigo apresenta alguns resultados obtidos através de uma pesquisa que vem sendo desenvolvida, onde se analisam os custos de urbanização, tema bem menos explorado, embora relevante, inclusive quanto à definição da tipologia da edificação e da viabilidade, ou não, de utilização de certo terreno (Inouye; Souza, 2004).

Baseado em uma revisão dos anais dos últimos congressos nacionais mais relevantes na área de gestão e economia da construção (Sibragec e Entac), percebe-se que vem se tentando introduzir no país teorias em que se buscam diminuições de custos e aumento da qualidade através de gestão e de melhoria contínua, principalmente nas etapas de concepção do empreendimento. Nesse sentido, os indicadores propostos pela pesquisa, que gerou este artigo, poderão auxiliar na implementação dessas teorias no âmbito das obras de infra-estrutura de conjuntos habitacionais, pois darão subsídios para a avaliação da viabilidade dos custos estabelecidos e de posturas adotadas na fase de 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 seja compatível com o terreno em estudo, qual o impacto que se terá nos custos?

Os resultados abordados aqui dizem respeito ao estudo de fatores físicos que permitam o entendimento dos custos dos sistemas de drenagem superficial, um dos serviços demandados na urbanização de conjuntos habitacionais. As demais partes da urbanização (pavimentação, rede drenagem subterrânea, rede de água, dentre outras) têm sido motivo de outros artigos destes autores, utilizando abordagem semelhante a aqui indicada e os resultados finais serão apresentados em uma tese de doutorado que está atualmente em andamento.

Neste artigo, apresenta-se a proposição preliminar de um modelo em que se busca expressar de forma simples, fácil e objetiva a variação da quantidade de guias e sarjetas (elementos que compõem a rede drenagem superficial) demandada para um certo terreno, considerando-se os fatores definidos como relevantes.

Quando se fala na rede de drenagem destaca-se não só sua influência sobre os custos dos empreendimentos habitacionais, mas também seu aspecto ambiental, pois na sua ausência, ou deficiência, podem-se encontrar situações catastróficas como grandes erosões em taludes e, até mesmo, o escorregamento destes. 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 abaixam quase 1 metro em consequência de uma única chuva intensa, causando danos a imóveis e a obras de infra-estrutura existente.

1.1 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.

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. Quando este sistema é bem projetado, pode-se obter diminuição considerável do custo do sistema inicial, reduzindo-se, por exemplo, a extensão das tubulações enterradas.

Como nos ateremos, neste artigo, ao estudo da drenagem pluvial no nível do conjunto habitacional, o sistema que abordaremos aqui 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. Apesar de se saber que a drenagem superficial é realizada por estes quatro elementos, em termos dos itens que compõem os custos da drenagem superficial, consideram-se apenas os três últimos, já que o custo de execução das ruas é analisado em outros serviços (terraplenagem e pavimentação).

Considera-se como **subterrânea** aquela composta pelas galerias de águas pluviais, que por sua vez, é composta pelas bocas de lobo, pelas tubulações, pelos poços de visita e estruturas acessórias, e é projetada 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:

- **guia** - também conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio em relação ao leito viário, e forma um conjunto com as sarjetas;
- **sarjeta** - é o canal longitudinal, 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 (Figura 1).
- **sarjetões** - canais de seção triangular, situado nos pontos baixos¹ ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta (Figura 2).

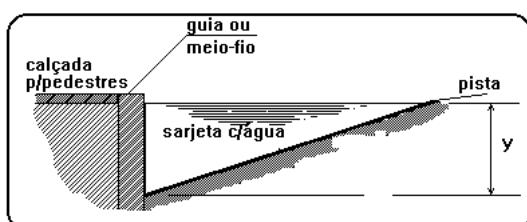


Figura 1 - Modelo de sarjeta (fonte: Fernandes, 2002)

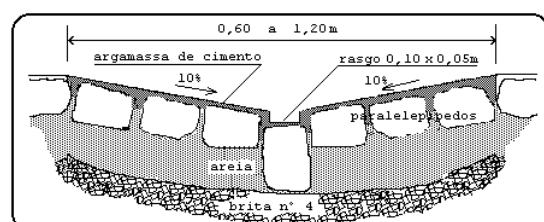


Figura 2 - Sarjetão típico em paralelepípedos (Fonte: Fernandes, 2002)

- **bocas coletoras** - também denominadas de bocas-de-lobo, ou bueiro, são estruturas hidráulicas

¹ Entende-se por ponto baixo o encontro entre via em declive e via em acidente.

para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões; e em geral, situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta (Figura 3).

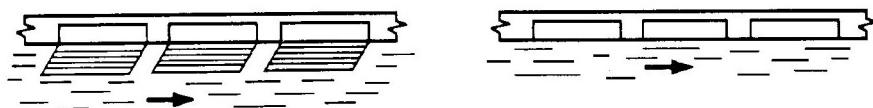


Figura 3 – Bocas-de-lobo múltiplas (fonte: CETESB, 1980)

- **caixas de ligação** - também denominadas de caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com a finalidade de reunir condutos de ligação entre si ou estes à galeria.
- **galerias** - são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento; esses condutos são tecnicamente denominados de galerias tendo em vista serem construídos com diâmetro mínimo de 400mm.
- **condutos de ligação** - também denominados de tubulações de ligação, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até às galerias pluviais.
- **poços de visita** - são câmaras visitáveis, situadas em pontos previamente determinados, destinadas a permitir a inspeção e a limpeza dos condutos subterrâneos.

Na Figura 4, é ilustrado o esquema geral de uma rede pública de drenagem de águas pluviais, onde são explicitados os seus elementos.

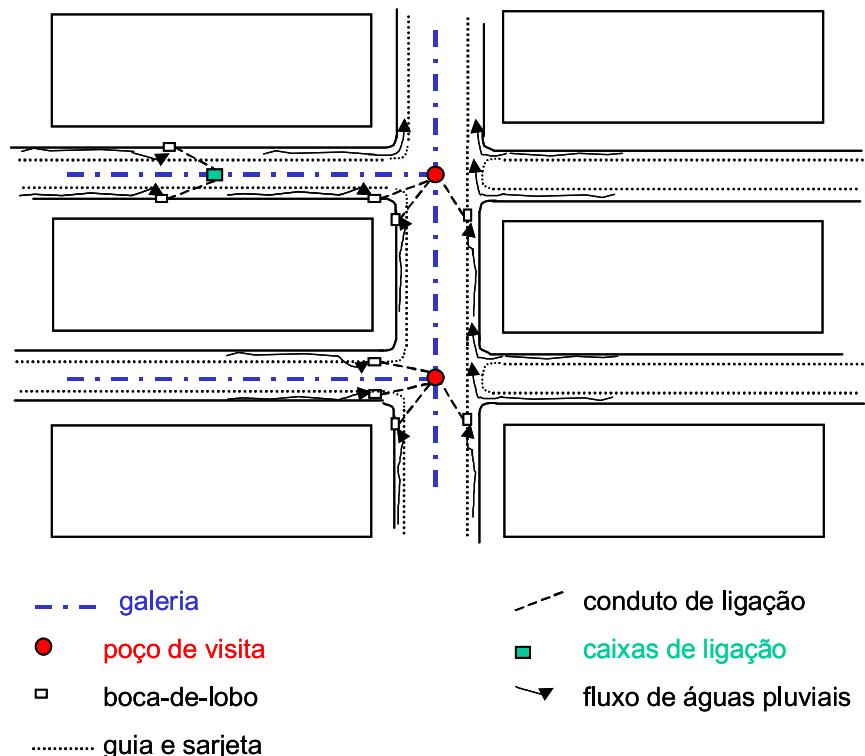


Figura 4 - Esquema geral de uma rede de drenagem de águas pluviais (adaptado da Figura 3.4 de Mascaró, 1987)

1.2 Custos da rede de drenagem

Quanto aos custos relativos à concepção do sistema de drenagem, conforme CETESB (1986), sempre é possível, através de estudos mais amplos, planejá-lo de forma a diminuí-los e aumentar os benefícios resultantes. 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.

Nessa etapa de estudo (locação das quadras e das ruas) são tomadas decisões que influirão bastante no custo do sistema, por isso quanto mais cedo as questões da drenagem forem examinadas, melhores resultados poderão ser obtidos do plano urbanístico.

Em relação a incidência dos custos dessa rede sobre os custos das edificações promovidas pelo poder público, conforme uma pesquisa realizada internamente a CDHU, com 18 empreendimentos prioritariamente em habitação térrea isolada (TI13A), a rede de drenagem é responsável por, aproximadamente, 9,6% do valor da unidade habitacional.

De acordo com o estudo de memoriais de projetos habitacionais horizontais da CDHU, os itens que são considerados no custo da rede de drenagem são: abertura de valas (que inclui escavação mecânica, reaterro compactado e remoção do material excedente); escoramento de valas, berço para tubos, fornecimento e assentamento de tubos (diâmetros nominais DN 400, 500, 600, 800, 1000, 1200); poços de visita (incluindo jogos de lajes, paredes, chaminés e tampões); bocas de lobo (simples, duplas, triplas...); guias e sarjetas; sarjetões; caixas pluviais; canaletas; enrocamentos²; bocas, gárgula, ralo, concreto, fôrmas, aço.

A partir de planilhas de custos da rede de drenagem de 15 empreendimentos habitacionais horizontais, promovidos pela CDHU, levantou-se a incidência de cada item no custo total dessa rede (Tabela 1).

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%) e os sarjetões (28%). Como visto na introdução deste texto, tais elementos compõem a rede de drenagem superficial. Em seguida, o elemento mais significativo é a tubulação (17%), que compõe a drenagem subterrânea e está intimamente relacionado com o próximo grupo de elementos de maior impacto, qual seja, o composto pela escavação, reaterro e remoção de material excedente das valas (9%), na medida em que o mesmo depende do diâmetro e comprimento da tubulação a ser aterrada.

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, 15 e 7%, respectivamente para o concreto, aço e fôrma, no “Guianazes 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 específico para cada caso. Os outros elementos (caixas pluviais, canaletas, bocas, enrocamentos), além de não serem freqüentemente necessários, têm pouca influência sobre o custo total. Assim, a demanda por esses materiais não tem sido abordada na pesquisa que gerou esse trabalho, já que se busca um modelo mais generalizado.

Para este artigo, optou-se por apresentar o estudo realizado para as guias e sarjetas, sendo os outros elementos assuntos a serem tratados em futuros trabalhos.

² Enrocamento é um maciço de pedras destinado a proteger aterros ou estruturas do efeito da erosão (DNIT, 2003).

Tabela 1 – Incidência dos elementos da rede de drenagem sobre seu custo total

Conjunto habitacional	% Custos														
	Válas	Escoramento	Berço	Tubo	PVs ³	BLs ⁴	Guias e sarjetas	Sarjetões	CP ⁵	Canaleta	Entrocamentos	Boca	Concreto	Forma	Aço
Taiuva A	11,77	5,92	4,57	44,31	5,53	3,73	16,15	5,83	0,58	0	0,18	0,94	0,45	0,03	0
Saúde A	10,40	5,27	0,88	11,65	7,23	8,76	34,85	20,01	0	0	0,29	0,66	0	0	0
Monte Aprazível B	14,98	1,39	2,84	29,75	6,81	5,62	21,26	16,24	0,48	0,63	0	0	0	0	0
Monte Alto A	12,16	6,09	2,56	25,56	7,11	5,68	28,35	11,47	0	0	0,72	0,3	0	0	0
Marechal Tito	18,72	4,15	1,5	22,05	6,68	5,05	33,53	7,93	0	0	0	0,39	0	0	0
Monte Azul Paulista C	0	0	0	0	0	0	42,87	57,13	0	0	0	0	0	0	0
Bebedouro F	4,38	2,82	1,59	17,62	2,8	2,22	29,78	38,56	0	0	0	0,21	0	0	0
Américo de Campos B	4,07	0,86	0,35	4,66	0,97	2,11	32,66	54,32	0	0	0	0	0	0	0
Arealva A	0	0	0	0	0	0	73,86	26,14	0	0	0	0	0	0	0
Buri C	12,47	5,52	2,8	26,47	5,08	5,85	18,79	22,29	0	0	0,09	0,64	0	0	0
Guaiianazes C1	18,11	5,66	2,56	16,24	11,47	9,08	0	0	0,44	0	0	14,29	15,26	6,90	
Olímpia D	11,33	6,99	4,06	44,22	9,88	2,32	12,66	5,8	0	0	0	0,84	0	1,43	0,45
Nhandeara B	7,82	0	0	0	0	0	46,39	45,6	0	0	0,2	0	0	0	0
Nhandeara C	7,59	0	0	0	0	0	44,99	47,42	0	0	0	0	0	0	0
Magda A	5,81	5,83	1,06	14,11	11,77	4,65	0	56,16	0	0	0,12	0,49	0	0	0
Média	9,31	3,37	1,65	17,11	5,02	3,67	29,08	27,66	0,10	0,04	0,11	0,30	0,98	1,11	0,49
Mediana	9,85	3,76	1,55	16,67	5,31	3,70	29,43	24,22	0	0	0,25	0	0	0	0
Máximo	18,72	6,99	4,57	44,31	11,77	9,08	73,86	57,13	0,58	0,63	0,72	0,94	14,29	15,26	6,90
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

³ PVs: poços de visita

⁴ BLs: bocas de lobo

⁵ CPs: caixas pluviais, ou caixas de ligação

2 OBJETIVOS

Como objetivo global, este trabalho apresenta parte de um estudo exploratório para a proposição de um modelo que subsidiará o prognóstico do custo da rede de drenagem superficial.

Como objetivos específicos, tem-se:

- 1) criar indicador que caracterize a demanda dos elementos da rede de drenagem superficial;**
- 2) levantar/organizar banco de dados a partir de estudos de projetos de conjuntos habitacionais horizontais;**
- 3) correlacionar o indicador criado 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.

3 METODO DE PESQUISA

A pesquisa, que gerou este trabalho, tem feito uso de princípios advindos do Modelo dos Fatores (THOMAS, KRAMMER, 1987), que 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 deste contexto, neste trabalho as quantidades de serviços de drenagem são consideradas dependentes de alguns fatores que podem estar presentes em intensidades distintas (tais como a forma da rede adotada).

Para gerar os indicadores, primeiramente, promoveram-se: um levantamento bibliográfico e uma análise de projetos e orçamentos de empreendimentos habitacionais reais, que favoreceram o entendimento analítico dos custos envolvidos na execução da rede de drenagem e os fatores que influenciam sua variação para mais ou para menos.

Os indicadores elaborados foram aplicados em projetos reais e uma análise, com base estatística, serviu para se expressar formalmente a relação entre causas e resultados na variação da demanda pela rede de drenagem.

Com base nas análises realizadas, propõe-se um modelo preliminar. Caso o modelo se mostre consistente, é submetido a testes onde se utiliza um grupo de conjuntos que não foi utilizado para a elaboração do modelo para sua validação. Além disso, o modelo é submetido a críticas e sugestões de especialistas da área. A partir dos testes e da apreciação dos especialistas, modificações são feitas no modelo preliminar. Essa etapa se repete até que se obtenha um modelo final.

O esquema apresentado na Figura 5 resume o método de pesquisa seguido para o desenvolvimento deste trabalho.

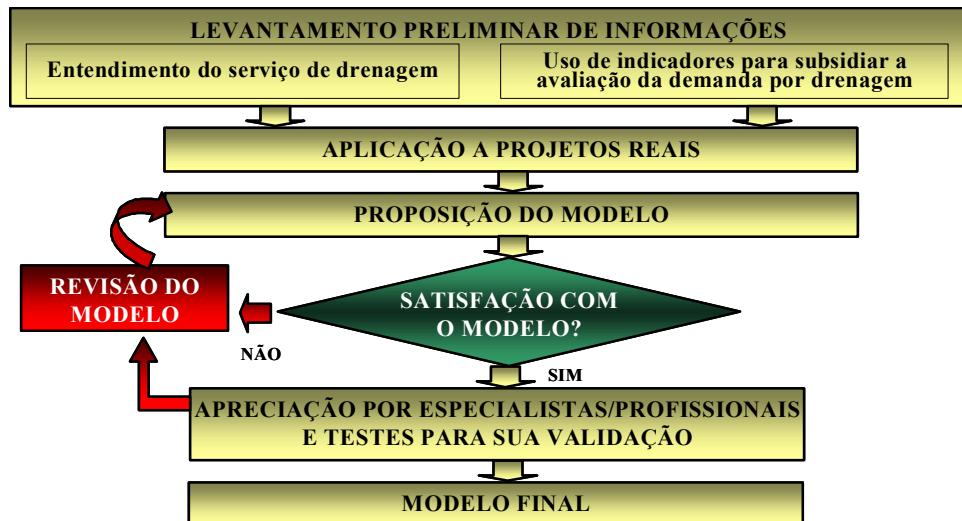


Figura 5 – Esboço do Método de pesquisa

4 INDICADOR PARA A 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), é função do sistema viário da área a ser drenada.

Através da porcentagem de área a ser reservada ao viário e a sua largura média a ser adotada, pode-se estimar facilmente o seu comprimento em fases de estudos preliminares. Assim, propõe-se o seguinte indicador para a avaliação da demanda por guias e sarjetas:

$$\frac{ml\ guia\ &\ sarjeta}{ml\ viário} = \frac{comprimento\ de\ guias\ e\ sarjetas}{comprimento\ total\ de\ ruas}$$

5 FATORES QUE FAZEM O INDICADOR PROPOSTO VARIAR

A partir da visão analítica dos autores, e com base na revisão bibliográfica e no estudo de projetos reais, considerou-se como fatores potencialmente relevantes à variação do indicador $ml\ guia\ &\ sarjeta/ml\ viário$ os seguintes: o perímetro das quadras, a largura das vias e o tipo de desenho urbano.

Como para se obter o perímetro total das quadras é necessário que se tenha o parcelamento do solo todo definido, e após a realização de alguns testes estatísticos com esta variável, optou-se por não considerá-la na proposição do modelo.

Considerando o fator da **largura da via** e o **tipo de desenho urbano (em malha ou ramificado)**⁶, definiram-se os seguintes pressupostos:

- a) a quantidade de guias e sarjetas varia com o comprimento da rede viária na proporção de 2 para 1, deste modo: $\frac{ml\ guia\ &\ sarjeta}{ml\ viário} \approx 2,0$;

⁶ desenho urbano ramificado seria aquele em que se usam vias com cul-de-sac.

- b) no caso em que o desenho urbano for em **malha**, há trechos das ruas que não se tem guias e sarjetas como se indica em vermelho na Figura 6. Assim, a proporção indicada no item (a) será menor que 2 devido à influência da **largura das ruas**.
- c) no caso de desenho urbano **ramificado**, o indicador $\frac{ml\ guia\& sarjeta}{ml\ de\ viário}$ tende a ser igual ou maior que 2,0, pois, conforme Salingaros (1998), as conexões das vias, e portanto o efeito de sua largura, são muito diminuídas com o desenho de cul-de-sacs e de ruas em forma de laço. Além disso, nesse tipo de desenho urbano, há o acréscimo das guias e sarjetas que contornam os retornos do fim da rua, como ilustrado na Figura 7.

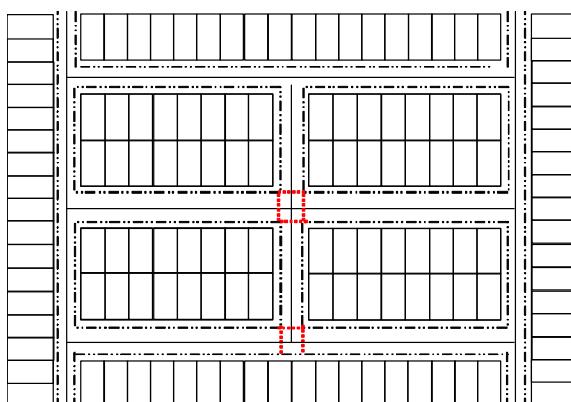


Figura 6 – Esboço da rede superficial de drenagem de conjuntos habitacionais unifamiliares com desenho urbano em malha

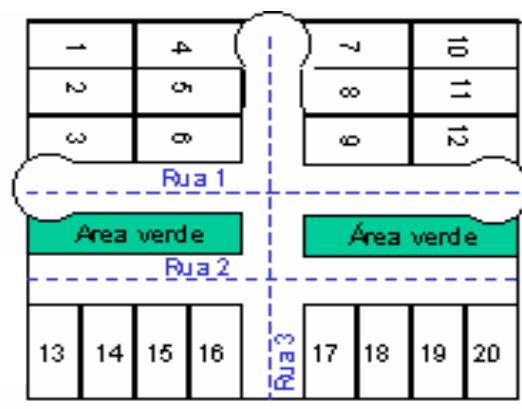


Figura 7 – Esboço de conjuntos habitacionais unifamiliares com vias em cul-de-sacs (rede viária ramificada)

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para as análises que se seguem, foram obtidas do arquivo técnico da CDHU amostras representativas dos conjuntos habitacionais.

Nessa amostragem, buscou-se variar o porte do empreendimento, as características físicas da gleba (declividade, tamanho, forma, presença de áreas *non-aedificandi*) e a configuração urbanística (vias em malha, vias com cul-de-sac).

Na Tabela 2, apresenta-se o resumo das informações obtidas dos projetos analisados e os valores resultantes para o indicador $\frac{ml\ guia\& sarjeta}{ml\ viário}$, bem como suas faixas de variação, para:

- os conjuntos habitacionais com desenhos urbanos em malha: que compreendem tanto os conjuntos totalmente em malha, como aqueles que possuem rua em cul-de-sac que não tenham efeito significante sobre o total;

-os conjuntos mistos: que são aqueles em que tanto as vias em malha como as em cul-de-sac são representativas;

-os conjuntos com vias em cul-de-sac: onde pode se ter todas as vias com cul-de-sac ou algumas poucas vias em malha, cujo efeito não seja significante sobre o total;

Tabela 2 – Metros lineares de guias e sarjeta, metros lineares de ruas, indicador ml guia&sarjeta/ml viário

Tipo do parcelamento do solo	Conjunto Habitacional	Guias e Sarjetas (m)	ml viário (m)	ml guia&sarjeta/viário (m/m)	Faixa de variação para o indicador (m/m)	Média (m/m)
Malha	Pardinho B	2.627,00	1.508,56	1,7	1,5 – 1,9	1,7
	Cerqueira D	5.790,00	3.488,39	1,7		
	Saúde A	1.388,00	753,29	1,8		
	Avaré E	1.006,00	531,83	1,9		
	Valentim Gentil E1	978,00	643,29	1,5		
Misto	Sete Barras C	2.439,70	1.377,43	1,8	1,8	1,8
Ramificado	Guararema C	2.010,00	1.023,14	2,0	2,0 – 2,6	2,2
	Pompéia B	825,00	403,44	2,0		
	Igaratá B	238,28	92,61	2,6		

Conforme esses resultados, percebe-se que os pressupostos de pesquisa apresentados anteriormente foram confirmados, tendo-se:

- a) para conjuntos habitacionais com parcelamento do solo em malha, valores menores que 2,0, variando de 1,5 a 1,9 ml de guia&sarjeta/ ml de viário, sendo a média 1,7 ml de guia&sarjeta/ ml de viário;
- b) para conjuntos habitacionais mistos, analisou-se apenas um conjunto, o que sugere a necessidade de se ampliar a amostragem para uma melhor análise;
- c) para os conjuntos com vias em cul-de-sac, o valor do indicador ml guia&sarjeta/ml de viário variou de 2,0 a 2,6, sendo a média 2,2.

7 PROPOSIÇÃO PRELIMINAR DO MODELO

A partir das análises apresentadas anteriormente, pode-se propor o seguinte modelo para o prognóstico da demanda de guias e sarjetas para conjuntos habitacionais uni-familiares:

- a) para conjuntos habitacionais com alta predominância de vias em malha tem-se:

$$\text{ml guia&sarjetas} = 1,7 \times \text{ml viário}$$
- b) para conjuntos com predominância de vias com cul-de-sacs:

$$\text{ml guia&sarjetas} = 2,2 \times \text{ml viário}$$

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se opta por rede viária ramificada ao invés de rede em malha, tem-se uma tendência de se reduzir o comprimento das ruas. Pelos resultados apresentados neste artigo, no entanto, percebe-se que se tem a tendência de uma maior demanda por rede de drenagem superficial 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 o custo total da urbanização de glebas para a implantação de conjuntos habitacionais.

Nesse sentido, pode-se comentar que os fatores avaliados podem ser usados: de maneira reativa, isto é, dada uma certa concepção, pode-se prognosticar o custo esperado; ou pró-ativa, na medida em que, dado um custo a ser alcançado, podem-se definir diretrizes de projeto coerentes com ele.

Outra vantagem associada ao uso do modelo proposto, como já comentado em outros artigos dos

autores, é que o conhecimento, por parte do projetista, de modo rápido e simples, dos impactos gerados pelas diferentes alternativas de concepção do desenho urbano sobre os custos de sua produção o auxiliará a conceber os desenhos a partir dos custos. Tal vantagem inverte o processo hoje estabelecido, onde se concebe, primeiramente, o desenho urbano para depois se ver os custos.

Vale ressaltar que o modelo aqui apresentado é preliminar, pois o banco de dados tem sido ampliado e testes de validação serão realizados, a fim de se propor o modelo final para a avaliação da demanda por guias e sarjetas.

Por fim, pode-se destacar que, academicamente, este artigo atua num tema pouco explorado e relevante tanto para a gestão da concepção quanto dos custos de empreendimentos habitacionais.

9 REFERÊNCIAS

- CETESB. Drenagem Urbana. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1980.
- CETESB. Drenagem urbana: manual de projeto. 3 ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- DNIT. Manual de custos rodoviários: composições de custos unitários de referência - obras de construção rodoviária. Vol.4. 3. ed. - Rio de Janeiro, 2003.
- FERNADES, C. Sistemas de drenagem pluvial – Notas de aula. Disponível em: <<http://www.saneamento10.hpg.ig.com.br/Dren01.htm>>. Acesso em: set. 2002.
- INOUYE, K. P. ; SOUZA, U. E. L. . A utilização de indicadores físicos na discussão dos custos de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 79-91, 2004.
- MASCARÓ, J. L. Desenho urbano e custos de urbanização. Brasília, MHU-SAM, 1987.
- _____. Infra-estrutura habitacional alternativa. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- MORETTI, R. S. Critérios de urbanização para empreendimentos habitacionais. 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- SALINGAROS, N.A. Theory of the urban web. Journal of Urban Design, 3, pp. 53-71, 1998.
- THOMAS, H.R.; KRAMER, D.F. The manual of construction productivity measurement and performance evaluation. Austin, Construction Industry Institute Report, 1987. 168p.
- 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).

10 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, e à Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano – CDHU.