UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

DIEGO CESAR SANCHEZ

ESTUDO PARA CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA
NO SETOR RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO PAULO

São Paulo
2007

DIEGO CESAR SANCHEZ

ESTUDO PARA CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA
NO SETOR RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia.

São Paulo
2007

DIEGO CESAR SANCHEZ

ESTUDO PARA CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA
NO SETOR RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e Urbana

Orientador: Prof. Livre-Docente
Racine Tadeu Araujo Prado

São Paulo
2007

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, 09 de maio de 2007.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Sanchez, Diego Cesar

Estudo para caracterização da demanda urbana de água no setor residencial da cidade de São Paulo / D.C. Sanchez. -- ed.rev. -- São Paulo, 2007.

166 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Consumo de água (Uso residencial) 2.Demanda – São Paulo (SP) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Aos meus pais
Cesar e Ana

AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos aos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho:

Primeiramente ao meu orientador profº Dr. Racine Tadeu Araújo Prado, pela oportunidade, pelos seus valiosos ensinamentos e direcionamento dos trabalhos.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, órgão financiador desta pesquisa.

Aos Srs. Jefferson Eduardo Vasconcelos Santos, Antônio de Oliveira e João Eduardo Barbosa dos Santos, que, em nome da Prefeitura Municipal de São Paulo, contribuíram com dados para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de departamento: Airton, Alexandre, Rodrigo, Cristina, Vanessa, Jamil, Ana, Ricardo e Silvana, pela amizade e apoio.

À Camilla Rillo, pela participação no desenvolvimento deste trabalho.

À Engrácia, pela inestimável ajuda em todos os momentos e situações.

À Daiane Vaz Machado, pelo apoio e pelo incentivo.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que se adquira um sentimento, senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.

(Albert Einstein)

RESUMO

O racionamento de água potável acontece em muitas cidades do mundo e é um assunto iminente para muitas outras. Tal fato se deve ao aumento gradativo das populações nos centros urbanos, que carrega consigo os efeitos da poluição dos mananciais, da impermeabilização, da modificação do clima, entre vários outros fatores adversos desta questão, tão séria, visto que o ser-humano é totalmente dependente da água doce para sua sobrevivência. Partindo deste pressuposto e seguindo a linha do uso racional da água para atenuar a sua escassez, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um estudo para caracterização da demanda urbana de água no setor residencial, de modo a auxiliar, entre outros fatores, a estabelecer a capacidade dos sistemas produtores, as solicitações máximas aos sistemas de distribuição, os investimentos para ampliação de capacidade e avaliação de benefício líquido potencial de medidas de conservação e uso racional da água voltadas à redução das vazões médias demandadas. Esta pesquisa foi fundamentada em uma metodologia científica que estratificou amostras de demanda de água em diferentes modalidades de moradias, assim como em diferentes classes sociais.

Palavras-chave: Consumo de água. Uso residencial de água. Demanda de água.

ABSTRACT

Potable water rationing happens in many cities in the world and it is an imminent subject for many others. Such fact is due to the gradual raise of the populations in the urban centers, which carries with them the effects of the pollution of the watershed areas, waterproofing, climate modification, among several other adverse factors of this issue that are so important, since human beings are totally dependent of water for their survival. Based on this assumption and following the line of the rational use of water to diminish its scarcity, this research had the purpose to develop a study for characterization of the urban water demand in residential sector, in order to assist, among other factors, in the establishment of the producing systems capacity, the maximum requests to the distribution systems, the investments for capacity magnification and evaluation of potential liquid benefit of measures of conservation and rational use of the water directed to the reduction of the demanded average outflows. This research was based on a scientific methodology which stratified samples of water demand in different modalities of housing, as well as in different social classes.

Keywords: Water Consumption. Residential water use. Water demand.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição do consumo de água doce no mundo	20
Figura 2. Distribuição do consumo de água doce no Brasil	20
Figura 3. Distribuição de água doce no Brasil	21
Figura 4. Esquema de medição da demanda de água em um edifício residencial.....	51
Figura 5. Esquema de medição da demanda de água em um banheiro residencial	52
Figura 6. Primeira regressão linear efetuada na seqüência de dados da bacia sanitária.....	70
Figura 7. Primeira regressão linear efetuada na seqüência de dados do chuveiro elétrico.....	70
Figura 8. Foto de um hidrômetro velocimétrico classe B com saída pulsada.....	76
Figura 9. Foto de um módulo transmissor	78
Figura 10. Foto do medidor ultrassônico de vazão	79
Figura 11. Foto da bancada hidráulica do Laboratório de Sistemas Prediais.....	80
Figura 12. Foto da bancada construída para aferição dos hidrômetros	81
Figura 13. Medidor ultrassônico em fase de testes no laboratório	82
Figura 14. Fachada do edifício	97
Figura 15. Esquema do barrilete	97
Figura 16. Corte na parede expondo a tubulação principal.....	97
Figura 17. Transferência de dados do medidor ultrassônico para o notebook.....	97
Figura 18. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Quatiara (Período de 7 dias)	99
Figura 19. Gráfico de demanda de água quente no Edifício Quatiara (Período de 7 dias).....	99
Figura 20. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Les Jardins Des Jardins (Período de quinta-feira a domingo).....	101
Figura 21. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Les Jardins Des Jardins (Período de domingo a quinta-feira).....	101
Figura 22. Demanda de água no Edifício Holanda (Período de 24 horas)	103
Figura 23. Desagregação do consumo de água no Edifício Holanda – com vazamento.....	105
Figura 24. Desagregação do consumo de água no Edifício Holanda – sem vazamento.....	105
Figura 25. Demanda de água no Edifício Almeria (Período de 24 horas)	107
Figura 26. Desagregação do consumo de água do Edifício Almeria.....	109
Figura 27. Demanda de água no Edifício São José (Período de 24 horas).....	110
Figura 28. Consumo total de água no Edifício São José	112
Figura 29. Consumo de água no Edifício São José desconsiderando vazamentos	112
Figura 30. Instalação de hidrômetro no lavatório do banheiro	113

Figura 31. Instalação de hidrômetro na máquina de lavar roupas	113
Figura 32. Consumos finais obtidos dos dois apartamentos monitorados	114
Figura 33. Local onde foi instalado o medidor	115
Figura 34. Transdutor acoplado no barrilete	115
Figura 35. Demanda de água na Residência A (Período de 24 horas).....	116
Figura 36. Histograma de duração de banhos com chuveiro elétrico.....	120
Figura 37. Histograma do volume de água consumido em banho com chuveiro elétrico	121
Figura 38. Histograma de duração de enchimento dos reservatórios das bacias sanitárias com caixa acoplada	122
Figura 39. Histograma do volume de descarga das bacias sanitárias com caixa acoplada	122
Figura 40. Histograma da duração de acionamento das válvulas de descarga	123
Figura 41. Histograma vazões instantâneas máximas registradas em válvulas de descarga ..	124
Figura 42. Histograma dos volumes de água gastos em descargas com válvula de descarga	125
Figura 43. Histograma das durações dos eventos de abertura de torneira do tanque de lavar roupas.....	126
Figura 44. Histograma do volume de água gasto em uma abertura de torneira de um tanque de lavar roupas	126
Figura 45. Histograma vazões máximas por evento de torneira de tanque de lavar roupas	127
Figura 46. Aplicação de questionário em um sobrado	128
Figura 47. Aplicação de questionário em uma casa térrea	128
Figura 48. Renda média mensal das famílias em apartamentos	129
Figura 49. Valor médio dos apartamentos	129
Figura 50. Quartos nos apartamentos	130
Figura 51. Banheiros nos apartamentos	130
Figura 52. Área útil dos apartamentos.....	130
Figura 53. Idade dos edifícios.....	130
Figura 54. Tipos de torneiras utilizadas nos lavatórios	130
Figura 55. Tipos de torneiras utilizadas nas pias	130
Figura 56. Tipos de bacias sanitárias	131
Figura 57. Tipos de chuveiro	131
Figura 58. Tempo médio em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça.....	132
Figura 59. Opiniões sobre a importância em se economizar água	132
Figura 60. Moradores que tomam atitudes para economizar água	132
Figura 61. Como os moradores economizam água nos apartamentos	132
Figura 62. Número de moradores por apartamento	133
Figura 63. Idade dos moradores de apartamentos	133

Figura 64. Sexo dos moradores dos apartamentos	133
Figura 65. Grau de escolaridade dos moradores.....	133
Figura 66. Moradores com algum tipo de deficiência.....	133
Figura 67. Hábitos sobre escovar os dentes.....	133
Figura 68. Hábitos sobre lavar o rosto.....	134
Figura 69. Hábitos sobre lavar as mãos	134
Figura 70. Hábitos sobre fazer a barba	134
Figura 71. Hábitos sobre utilização das bacias sanitárias.....	134
Figura 72. Hábitos sobre tomar banho	135
Figura 73. Duração média de banho	135
Figura 74. Ocupação dos moradores de apartamentos	135
Figura 75. Local onde os moradores dos apartamentos costumam almoçar	135
Figura 76. Renda média mensal das famílias em sobrados	136
Figura 77. Valor médio dos sobrados.....	136
Figura 78. Número de quartos dos sobrados.....	137
Figura 79. Número de banheiros dos sobrados	137
Figura 80. Área útil dos sobrados.....	137
Figura 81. Idade dos sobrados.....	137
Figura 82. Tipos de torneiras dos lavatórios	137
Figura 83. Tipos de torneiras das pias.....	137
Figura 84. Tipos de bacias sanitárias nos sobrados	138
Figura 85. Tipos de chuveiros nos sobrados	138
Figura 86. Tempo médio em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça.....	139
Figura 87. Residências que possuem empregada doméstica.....	139
Figura 88. Opiniões sobre economia de água	139
Figura 89. Moradores que economizam água	139
Figura 90. Como os moradores economizam água	139
Figura 91. Número de moradores por sobrado.....	139
Figura 92. Idade dos moradores dos sobrados	140
Figura 93. Sexo dos moradores dos sobrados	140
Figura 94. Escolaridade dos moradores dos sobrados	140
Figura 95. Moradores que possuem algum tipo de deficiência física.....	140
Figura 96. Hábitos sobre escovar os dentes.....	141
Figura 97. Hábitos sobre lavar o rosto.....	141
Figura 98. Hábitos sobre lavar as mãos	141
Figura 99. Hábitos sobre fazer a barba	141

Figura 100. Hábitos sobre acionamento das bacias sanitárias	141
Figura 101. Hábitos sobre banhos.....	141
Figura 102. Duração média dos banhos.....	142
Figura 103. Ocupação dos moradores dos sobrados	142
Figura 104. Local onde os moradores dos sobrados costumam almoçar	142
Figura 105. Renda média mensal das famílias nas casas térreas	143
Figura 106. Valor médio das casas térreas	143
Figura 107. Número de quartos das casas.....	144
Figura 108. Número de banheiros das casas	144
Figura 109. Área útil das casas	144
Figura 110. Idade das casas térreas	144
Figura 111. Tipos de torneiras dos lavatórios.....	144
Figura 112. Tipos de torneiras das pias.....	144
Figura 113. Tipos de bacias sanitárias das casas	145
Figura 114. Tipos de chuveiros das casas.....	145
Figura 115. Tempo em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça	146
Figura 116. Casas térreas que possuem empregada doméstica.....	146
Figura 117. Opiniões sobre economia de água	146
Figura 118. Moradores que economizam água	146
Figura 119. Como os moradores economizam água	146
Figura 120. Número de moradores por casa térrea	146
Figura 121. Idade dos moradores das casas térreas.....	147
Figura 122. Sexo dos moradores das casas térreas.....	147
Figura 123. Moradores com algum tipo de deficiência física.....	147
Figura 124. Grau de escolaridade dos moradores das casas.....	147
Figura 125. Hábitos sobre escovar os dentes.....	148
Figura 126. Hábitos sobre lavar o rosto.....	148
Figura 127. Hábitos sobre lavar as mãos	148
Figura 128. Hábitos sobre fazer a barba	148
Figura 129. Hábitos sobre acionamentos de bacias sanitárias	148
Figura 130. Hábitos sobre banhos.....	148
Figura 131. Duração média dos banhos.....	149
Figura 132. Ocupação dos moradores das casas térreas.....	149
Figura 133. Local onde os moradores costumam almoçar	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da disponibilidade de água mundial	22
Tabela 2 – Disponibilidade de água mundial no ano 2000.....	22
Tabela 3 – Média <i>per capita</i> do consumo doméstico (L/hab/dia).....	33
Tabela 4 – Volume médio por lavagem (L).....	33
Tabela 5 – Frequência de uso doméstico por semana (período de 10 semanas).....	34
Tabela 6 – Casas com níveis elevados de consumo	35
Tabela 7 – Média de consumo por intervalo de idade (L/hab/dia).....	35
Tabela 8 – Caracterização do consumo doméstico de água em Mansfield e Malvern	36
Tabela 9 – Uso padrão do consumo de água doméstico em Boulder - EUA.....	37
Tabela 10 – Caracterização do consumo doméstico de água em Boulder - EUA	38
Tabela 11 – Valores médios dos resultados da medição no prédio 24 do IPT	39
Tabela 12 – Valores médios de resultados de quatro campanhas de medição	40
Tabela 13 – Consumos médios diários nos prédios da CDHU	42
Tabela 14 – Perfil do consumo doméstico de água obtido no prédio da CDHU.....	43
Tabela 15 – Uso doméstico de água em diferentes tipologias de edificações (m ³ /mês)	46
Tabela 16 – Consumo doméstico de água para diversas finalidades (m ³ /mês)	46
Tabela 17 – Indicadores habitacionais do Município de São Paulo	61
Tabela 18 – Número de unidades residenciais por tipologia de edificação em São Paulo.....	62
Tabela 19 – Desagregação de consumo convergindo em um acionamento de bacia sanitária com caixa acoplada	64
Tabela 20 – Desagregação de consumo convergindo em um acionamento de válvula de descarga	65
Tabela 21 – Desagregação de consumo convergindo em um banho – chuveiro elétrico.....	66
Tabela 22 – Desagregação de consumo – dois eventos ocorrendo ao mesmo tempo	67
Tabela 23 – Desagregação de consumo – três eventos ocorrendo ao mesmo tempo.....	68
Tabela 24 – Análise laboratorial para determinação da margem de erro do medidor eletromagnético modelo Altometer.....	84

Tabela 25 – Análise laboratorial para determinação da margem de erro do medidor mássico modelo Rotamass	85
Tabela 26 – Análise laboratorial para determinação da margem de erro medidor ultrassônico .	85
Tabela 27 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício Holanda	104
Tabela 28 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício Almeria.....	108
Tabela 29 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício São José	111
Tabela 30 – Eventos de pia de cozinha e tanque de lavar roupas da residência A.....	117

LISTA DE SIGLAS

CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo
DICA	Dispositivo Condicionador e Armazenador de Dados
GPRs	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LSP	Laboratório de Sistemas Prediais da Universidade de São Paulo
OMS	Organização Mundial da Saúde
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNEP	United Nation Environment Programme
ARTE	Armazenador Temporal de Eventos

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	média da população
$\bar{\chi}$	média da amostra
σ^2	variância da população
η	número de elementos da amostra
N	número de elementos da população
ρ	parâmetro
$1 - \alpha$	nível de confiança
e_0	semi-amplitude
η_0	número de elementos da amostra piloto
Z_α	intervalo de confiança
s	limite superior do desvio padrão
e	erro amostral absoluto máximo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	27
3. CONTEXTUALIZAÇÃO	29
3.1. Estudos sobre perfis de consumos de água existentes na literatura para o setor residencial	29
▪ <i>Malvern e Mansfield – Inglaterra – 1978</i>	31
▪ <i>Análise de traço – EUA – 1996</i>	36
▪ <i>Experiência do IPT - Brasil</i>	38
▪ <i>Armazenador temporal de eventos – Brasil – 1991</i>	44
▪ <i>Uso da água no setor residencial – China – 2004</i>	44
3.2. Consumo de água no Brasil	47
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	50
4.1. Inferência Estatística	53
4.2. Amostragem	54
4.3. Distribuição Amostral	55
4.4. Estimativas de parâmetros e intervalos de confiança	56
4.5. Dimensionamento das Amostras	58
4.6. Plano amostral e desagregação do consumo	60
4.7. Dimensionamento através da amostra piloto	69
4.8. Questionários	73
4.9. Instrumentação	74
4.9.1. <i>Hidrômetros</i>	75
4.9.2. <i>Módulo Transmissor</i>	76
4.9.3. <i>Medidor Ultrassônico</i>	78
4.9.4. <i>Aferição dos Equipamentos</i>	80
4.10. Telemetria	86
4.11. Levantamento de Dados em Campo	87
4.11.1. <i>Residências Unifamiliares</i>	88
4.11.2. <i>Edifícios Multifamiliares</i>	88
4.11.3. <i>Sobrados</i>	89
4.12. Verificação de Vazamentos	89
4.13. Caracterização da Demanda de Água	91

5. RESULTADOS	96
5.1. Medições Experimentais.....	96
5.2. Medições para Coleta de Dados.....	102
5.2.1. Edifícios multifamiliares	102
5.2.1.1. Medições em pontos finais de consumo	113
5.2.2. Residências Unifamiliares	114
5.3. Caracterização dos Aparelhos Sanitários	119
5.4. Caracterização dos moradores e das edificações.....	127
5.4.1. Unidades residenciais multifamiliares (apartamentos de edifícios).....	128
5.4.2. Unidades residenciais unifamiliares com mais de um pavimento (sobrados)	136
5.4.3. Unidades residenciais unifamiliares térreas (casas).....	142
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
REFERÊNCIAS	154
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	158
ANEXO A – Certificado de Calibração do Medidor Ultrassônico.....	161
APÊNDICE A – Modelo de Questionário Aplicado em Edifícios Multifamiliares	162

1. INTRODUÇÃO

Por séculos, a humanidade vem desperdiçando e deteriorando a qualidade da água, utilizando este recurso natural sem se preocupar com a sua sustentabilidade. Tal fato carrega consigo efeitos muitas vezes irreversíveis para as populações, no que se refere ao abastecimento de água potável. Somente agora é que o homem está despertando para este problema, depois de já estarmos no limiar de uma escassez hídrica mundial.

As exigências da racionalidade no uso dos recursos naturais como uma questão de sobrevivência do planeta têm provocado inúmeros questionamentos na sociedade para encontrar saídas satisfatórias. A água possui um valor econômico e é um dos recursos naturais mais importantes do nosso planeta, pois a manutenção da vida está totalmente atrelada a este mineral.

Nos últimos anos, a água doce vem sofrendo processos de degradação contínuos, tanto de forma direta como de forma indireta, através da impermeabilização do solo e da destruição da vegetação; este problema causa calamidades, principalmente nas grandes cidades.

Harvey (1966), já dizia na década de 1960 que, com o crescimento das cidades e expansão das indústrias, a água doce até então considerada abundante na natureza se tornaria um recurso natural precioso e limitado.

Aproximadamente um terço da população mundial vive em países que sofrem constantemente com a escassez hídrica, num grau de relevância que varia de moderado a alto. De acordo com a UNEP (2002), estima-se que em menos de 25 anos, cerca de dois terços da humanidade estará vivendo em países com estresse hídrico.

Para se ter uma idéia do panorama de distribuição de água no planeta, de acordo com a United Nation Environment Programme (UNEP, 2002), o volume total de água na Terra é de aproximadamente 1,4 bilhão de km^3 , dos quais apenas 2,493%, ou cerca de 35 milhões de Km^3 , correspondem à água doce. Sendo que a maior parte da água doce se apresenta como gelo ou neve permanente, armazenada na Antártida e na

Groelândia, ou em aquíferos de águas subterrâneas profundas. As principais fontes de água para o consumo humano estão nos lagos, rios, na umidade do solo e nas bacias de águas subterrâneas pouco profundas. A parte aproveitável destas fontes é de apenas cerca de 200 mil Km³ de água, ou seja, menos de 1% de toda água doce e somente 0,007% de toda a água da Terra. Além de todos estes fatores, grande parte da água disponível para o consumo humano está longe dos grandes centros urbanos, dificultando ainda mais sua utilização. Como se não bastasse, Monticelli (1993, p.15) constata que

[...] a desigual distribuição das precipitações atmosféricas sobre os continentes e a sua aleatória variação ao longo do tempo, fazem da água, entretanto, um recurso extremamente escasso em algumas regiões, em determinados períodos de tempo.

A água que há na Terra é a mesma que existe há 5 bilhões de anos. Ela apenas passa por constantes modificações. Seu volume total, porém, permanece sempre igual. “A água pode ser poluída, maltratada e mal utilizada, mas não é criada nem destruída” (VILLIERS, 2002, p. 31).

Segundo Braga (2002), a demanda de água nos grandes centros urbanos pode superar a oferta, seja em termos quantitativos, seja porque a qualidade da água local está prejudicada devido à poluição ou está sendo utilizada de maneira indevida. Em algumas regiões, a água já se torna um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Nos gráficos mostrados nas Figuras 1 e 2, na seqüência, apresenta-se a distribuição de consumo da água doce no mundo e no Brasil respectivamente.

Figura 1. Distribuição do consumo de água doce no mundo
Fonte: *World Resources Institute, 2000*

Figura 2. Distribuição do consumo de água doce no Brasil
Fonte: *World Resources Institute, 1992*

A política de uso racional da água deve ser adotada não apenas em regiões onde exista a escassez de água, mas sim em todo e qualquer local de consumo deste recurso, prevenindo desta forma problemas futuros.

Na Figura 3, mostra-se que no Brasil, 68,5% da água doce disponível está na região norte, em contrapartida, é a região com a menor densidade populacional de nosso país, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2005), a região norte possui 3,77 hab/km². Já a região nordeste dispõe de apenas 3,3% da disponibilidade hídrica nacional, ainda segundo o IBGE (2005), apresenta uma densidade populacional de 32 hab/km².

Figura 3. Distribuição de água doce no Brasil
Fonte: Tomaz, 2001

Em maior escala, nosso planeta apresenta as mesmas desigualdades com relação à oferta e demanda de água. Esta desigualdade vem crescendo com o passar dos anos, devido ao aumento populacional e ao decréscimo da disponibilidade de água doce acessível. Nas Tabelas 1 e 2, na seqüência, mostra-se a classificação da disponibilidade de água realizada pelo UNEP, no âmbito mundial.

Tabela 1 – Classificação da disponibilidade de água mundial

Disponibilidade de água (m³ per capita/ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito Alta
10.000 – 20.000	Alta
5.000 – 10.000	Média
2.000 – 5.000	Baixa
1.000 – 2.000	Muito Baixa
Menor que 1.000	Catastroficamente Baixa

Fonte: *UNEP, 2002.*

Tabela 2 – Disponibilidade de água mundial no ano 2000

Disponibilidade de água (m³ per capita/ano)	Classificação
Maior que 20.000	América do Sul, África (Gabão, Congo)
10.000 – 20.000	América do Norte, Rússia, Ásia (Indonésia, Malásia, Tailândia)
5.000 – 10.000	América Central
2.000 – 5.000	Europa, África (África do Sul), Ásia (China, Mongólia, Japão)
1.000 – 2.000	África (Quênia, Etiópia, Sudão), Ásia (Índia, Paquistão, Irã)
Menor que 1.000	África (Egito, Líbia, Argélia), Ásia (Arábia Saudita, Lêmen)

Fonte: *UNEP, 2002.*

Partindo desta análise geral sobre a escassez hídrica nos centros urbanos e considerando que este é um assunto de grande relevância para os seres humanos, um problema que deverá se agravar com o passar dos anos, considerando-se ainda que na cidade de São Paulo e região metropolitana, já existem propostas de racionamento de água no fornecimento público em épocas de escassez; surgiu a idéia de desenvolver um trabalho de pesquisa nesta área, que contribuísse para a obtenção de dados referentes ao consumo de água no setor residencial, de modo a otimizar a gestão hídrica nas cidades.

Os dados obtidos neste trabalho poderão ser utilizados para detalhamento de novas possibilidades tecnológicas de redução do consumo de água, sem afetar o conforto ou padrões de higiene das pessoas.

De acordo com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDa (1998), pesquisas envolvendo a caracterização do consumo de água residencial estão sendo feitas em poucos países do hemisfério norte. No Brasil, ainda não existem pesquisas relevantes nesta área, e por falta de pesquisas nacionais, o país tem utilizado documentos técnicos estrangeiros como material de apoio. Sabe-se que existem grandes discrepâncias de uma região para outra, mudam os costumes, o poder aquisitivo, o clima e os hábitos culturais dos moradores, fato este que conduz a divergências, comparando-se a caracterização do consumo residencial estrangeiro com o nacional.

Com relação às tipologias de edificações que consomem água nas cidades, Tomaz (2000), comenta que as categorias de consumo de água em sistemas prediais hidráulicos podem ser residenciais, comerciais, industriais e públicas. O consumo residencial é relativo a residências unifamiliares e edifícios multifamiliares.

Segundo Maddaus (1987), os usos da água em consumo residencial urbano dividem-se em usos internos e externos. O uso externo deve-se à rega de jardins, passeios, lavagem de carros etc. O uso interno trata-se de consumo doméstico e outros tipos de consumo.

Para caracterizar o consumo de água nas edificações residenciais, necessita-se efetuar a monitoração da demanda de água no interior destas edificações, com o intuito de desagregar e identificar os diversos consumos específicos domésticos.

Tomaz (2000), diz que é muito importante que se conheça a desagregação da água, isto é, de que maneira a água é consumida em uma residência.

Pode-se definir inicialmente, para este trabalho, que demanda é o consumo instantâneo, ou seja, é a leitura da vazão em um determinado instante. Demanda é sempre referente a quantidade e o consumo é a integral da demanda. Portanto a demanda pode ser impressa em um gráfico onde constam as vazões medidas para cada unidade de tempo.

Nos dias atuais, a demanda de água nas residências é realizada através de estimativas, isso por falta de estudos desta natureza. Segundo Brown e Caldwell (1984), a estimativa de demandas de água no setor residencial conflita com uma grande dificuldade em se aplicar os parâmetros inerentes ao consumo doméstico, devido ao grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

A atividade de previsão de demanda é inerente a qualquer setor econômico, inclusive no saneamento. As previsões de longo prazo auxiliam, entre outros fatores, a estabelecer a capacidade dos sistemas produtores, as solicitações máximas aos sistemas de distribuição, os investimentos para ampliação de capacidade e avaliação de benefício líquido potencial de medidas de conservação e uso racional da água voltadas a redução das vazões médias demandadas.

Uma atividade central, de caráter fundamental em programas de economia de água e que precede as ações de economia propriamente ditas, diz respeito ao conhecimento de como se dá o consumo ou, de outro ângulo, como se caracteriza a demanda.

As ações de economia de água engendram impactos de diversa natureza. Destacam-se aqueles referentes ao comportamento dos usuários, os de ordem econômica e aqueles

que afetam os aspectos sanitários envolvidos. Aspectos sociais e econômicos também serão analisados e acrescentados ao estudo utilizado nesta pesquisa.

De acordo com Gonçalves et al. (1998), programas de conservação de água, referidos na literatura, mostram que as diretrizes para o estabelecimento de subprogramas e ações se assentam na análise dos fatores que compõem a demanda combinada à consideração dos impactos previstos. As tomadas de decisão quanto às ações obedecem ao critério de maximização dos benefícios considerados para determinados tipos de cenários.

Além dos aspectos citados acima, este trabalho poderá contribuir para o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento de água, de reúso e no auxílio à detecção de onde se encontram os maiores vilões de consumo de água, e qual a forma mais correta para que possamos corrigir e atenuar o seu desperdício.

Pode-se citar como exemplo, o programa de conservação de água realizado pelo distrito de Harris, localizado no Texas, que efetivou um programa fornecendo gratuitamente para seiscentas residências um kit contendo um redutor de vazão para chuveiros, aeradores para lavatórios e pias e também uma cartilha alertando sobre todos os aspectos da conservação de água. De acordo com os estudos preliminares, houve uma redução de 18% na demanda de água nestas residências (DURAND, 1992).

Segundo Lucas (2000), o setor residencial é um grande foco de desperdício e mau uso de água potável dentro dos centros urbanos. Um grande percentual de água pode ser economizado, apenas adotando medidas efetivas de combate ao desperdício deste importante recurso.

Os brasileiros consomem, em média, aproximadamente cinco vezes mais água do que o volume indicado como suficiente pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que recomenda o consumo diário de 40 litros/pessoa/dia (OMS apud RECICLOTECA, 2003).

A questão hídrica, no que se refere à água doce destinada ao consumo humano, é um recurso que pode se tornar escasso em pouco tempo, um assunto que não tinha

nenhuma relevância há poucos anos atrás, hoje se torna um grande problema mundial. Medidas devem ser tomadas em curto prazo, para que ações como o rodízio de água na grande São Paulo não venham a ser efetivados.

Segundo Allerd (1998), a água é um recurso natural que tem grande relevância quanto ao aspecto qualitativo, e que ela é a condição mais básica para promover o desenvolvimento sustentável no século XXI.

A utilização de tecnologias apropriadas na questão do uso racional da água, embasadas em pesquisas científicas, é hoje, junto com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, a estratégia básica para a solução do problema da falta de água.

Segundo Harvey (1966), não é possível fornecer água de forma a incrementar as reservas hídricas mundiais, mas pode-se aumentar a quantidade disponível deste recurso, de forma a suprir todas as necessidades do homem. Este aumento da quantidade hídrica disponível será mais eficaz quanto maiores forem os esforços relativos à preservação do meio ambiente, diminuindo a poluição da água doce e aumentando a quantidade disponível para o consumo humano.

2. OBJETIVOS

O presente projeto tem por objetivos gerais contribuir para estabelecer uma caracterização do perfil de consumo de água doméstico, tendo-se como produto final deste trabalho um estudo contendo informações relevantes na questão da determinação da demanda de água para avaliação de impactos, pelo prestador do serviço, que permita prever os efeitos de ações na fase de planejamento e também obter um conjunto de informações que possam auxiliar no estabelecimento de diretrizes para o uso racional da água.

A pesquisa é devidamente desenvolvida, baseando seu estudo em análises sociais, econômicas, sanitárias e principalmente através de uma pesquisa de campo, onde são efetuadas medições de demandas de água em barriletes de diferentes tipos de residências, conforme estabelecido na metodologia, em função das diferentes modalidades de habitação e também dos diferentes níveis sociais. O objetivo desta medição de demanda é descobrir como, de que forma, quanto e onde é consumida a água potável nas residências, em função dos diferentes pontos de consumo interno, tais como: chuveiros, bacias sanitárias, lavatórios, pias e máquinas de lavar roupa.

Os trabalhos de campo envolvem as medições de consumo de água, através de medidores específicos e também a aplicação de questionários. As medições em campo têm como objetivo principal, a obtenção de dados de vazão em função do tempo. Assim é possível desagregar as vazões em diferentes eventos de usos finais da água. Os questionários têm como função principal coletar dados inerentes aos fatores sociais, hábitos e costumes dos moradores, frequências de usos dos aparelhos sanitários, características físicas da residência e dos aparelhos sanitários e questões envolvendo medidas para a redução do consumo de água.

A consistência maior de programas de economia de água depende essencialmente de avaliações abrangentes sobre os balanços econômicos desses programas. Não será possível concluir de forma mais precisa sobre esse aspecto sem o conhecimento específico dos perfis de consumo. Consumo *per capita*, consumo per capita por

aparelho, consumos específicos de aparelhos, etc, são parâmetros sem os quais será impossível fechar balanços abrangentes.

A realização dessas atividades exige, além dos cuidados no estabelecimento da amostra e dos trabalhos de comunicação social e envolvimento, um nível de articulação e potencialização de disponibilidades para monitoramento bastante complexo tendo em conta as dificuldades inerentes ao processo de instalação da instrumentação e seu controle.

Os objetivos específicos desta pesquisa dividem-se em três partes:

1 – Monitorar a demanda de água em todas as tipologias definidas na metodologia deste trabalho, através de medidor ultrassônico. Esta monitoração é efetuada em trechos de tubulações específicas. São selecionados os trechos que potencialmente fornecem os melhores dados de vazão. Com estas medições são obtidos dados referentes ao consumo final dos aparelhos sanitários e também o consumo total das unidades residenciais.

2 – Monitorar o consumo de água através da instalação de hidrômetros diretamente nos sub-ramais que precedem os aparelhos sanitários, tais como pias, lavatórios e máquinas de lavar roupa. Estes hidrômetros são ligados a um módulo transmissor, especificado na metodologia deste trabalho, o qual transmitirá os dados de consumo para o leitorista em local externo à unidade residencial. Com estas medições são obtidos dados referentes ao consumo total de cada aparelho sanitário monitorado. Esta etapa tem como objetivo complementar a etapa 1 mencionada acima.

3 – Aplicar questionários em todas as tipologias definidas na metodologia deste trabalho. Nesta etapa são obtidos dados referentes à caracterização geral dos moradores e das edificações, tais como os hábitos dos moradores e idade das edificações.

Uma vez finalizadas as medições e a aplicação dos questionários, as informações coletadas em campo são analisadas e refinadas através de tratamentos estatísticos e, por fim, são apresentadas no capítulo referente aos resultados deste trabalho.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica das pesquisas realizadas sobre caracterização do consumo de água no setor residencial, os usos finais da água, consumos específicos; e também sobre o consumo de água no Brasil, em função do clima, poder aquisitivo, hábitos e aspectos culturais.

3.1. Estudos sobre perfis de consumos de água existentes na literatura para o setor residencial

Existe uma grande deficiência de dados relativos à caracterização do consumo de água no setor residencial; conforme citado anteriormente, as poucas pesquisas foram realizadas por países do hemisfério norte. No Brasil, ainda não existe uma pesquisa relevante nesta área que contemple todas as tipologias residenciais, assim como as várias regiões do país.

Um marco importante na determinação da caracterização do consumo de água é o trabalho realizado por Tackay, Cocker e Archibald (1978), nas cidades de Malvern e Mansfield, na Inglaterra. Este trabalho é notável devido à vasta quantidade de dados gerados e pela consistência obtida.

Gibson (1972), realizou outro importante trabalho sobre caracterização do consumo de água, foram investigados os consumos de água fria e quente em várias tipologias de edifícios. Nas edificações residenciais, a pesquisa foi realizada em três residências unifamiliares e três apartamentos multifamiliares. Nesta época utilizaram-se sensores de fluxo e um gravador de fita magnética para registrar os dados sobre os eventos de consumo. O objetivo deste trabalho foi de apresentar o comportamento da demanda de água num dia típico.

Kiya (1979), caracterizou o consumo de água através de um transdutor de pressão instalado abaixo do reservatório de água de uma edificação. Ele monitorava o consumo dos aparelhos sanitários da edificação através da variação do volume de água do reservatório.

Holmberg e Olsson (1979), realizaram um estudo em um prédio com vinte apartamentos, na Suécia. Neste caso foram instalados nos aparelhos sanitários: sensores de fluxo e hidrômetros instrumentados, além de sensores de pressão e de temperatura. Também foram utilizados sensores para o monitoramento das frequências de uso dos aparelhos instrumentados. As informações foram armazenadas em um sistema de aquisição de dados e analisadas com o auxílio de computadores.

Murakawa (1985), realizou um estudo em dois prédios residenciais no Japão. Foram instalados sensores de presença junto aos aparelhos sanitários, sensores de fluxo, hidrômetros instrumentados e aparelhos registradores de dados.

Mais recentemente, DeOreo (1996), desenvolveu um estudo de análise de traço, o qual identificou, através de um gráfico, as vazões dos aparelhos sanitários. Este gráfico foi construído com os dados de um data-logger, o qual foi conectado a um hidrômetro instalado num cavalete. Neste caso, o data-logger armazenou os pulsos que foram emitidos pelo hidrômetro.

No Brasil, foram efetuados estudos de consumo de água residencial através do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Em 1981, o IPT desenvolveu um Dispositivo Condicionador e Armazenador de Dados (DICA) que consistia num equipamento eletrônico com capacidade de armazenamento programável. Este aparelho facilitou os estudos de consumos internos de água em residências. O DICA ficou em desuso quando os data-loggers tornaram-se acessíveis.

Em 1989, o IPT desenvolveu um equipamento exclusivo para monitoração de consumo de água. Este equipamento foi construído utilizando componentes e tecnologia brasileiras. Consistia em uma instrumentação composta de sensores de fluxo,

hidrômetros instrumentados, placa de aquisição de dados e programa gerenciador da coleta de dados.

Zhang e Brown (2004), publicaram recentemente um estudo sobre o consumo de água no setor residencial, especificamente nas cidades de Beijing e Tianjin, na China. Porém, este estudo se ateve empiricamente à aplicação de questionários, com o intuito de conhecer o consumo de água em variação às diversas tipologias prediais e classes sociais.

A seguir, apresentam-se com maior detalhamento, alguns dos principais estudos realizados na área da caracterização do consumo de água, os quais foram mencionados acima.

- **Malvern e Mansfield – Inglaterra – 1978**

Este trabalho foi desenvolvido no final da década de 1970, nas cidades de Mansfield e Malvern, Inglaterra. Foi um estudo pioneiro na área e demonstrou já naquela época a preocupação com o uso da água, com sua racionalização.

Para o desenvolvimento da pesquisa, o primeiro passo foi selecionar uma amostra de residências que contemplassem todas as classes sociais, para isso foram selecionadas aleatoriamente 10.000 residências, entre as duas cidades. Em seguida foram aplicados, dentro da amostra selecionada, questionários que abordavam o consumo de água nos aparelhos sanitários, além de outros fatores relevantes, como a idade da edificação.

Antes de selecionar a amostra final, representativa das residências, decidiu-se selecionar todas as casas onde poderia estar ocorrendo um consumo de água acima da média, ou seja, todas as casas que possuísem máquina de lavar louças, piscina ou com oito ou mais moradores. Foi realizado um estudo piloto com estas residências.

Depois de escolhida a amostra final, foram instalados 977 hidrômetros, geralmente na parte externa frontal das residências. A fase de monitoramento durou 12 meses, de

modo a fornecer dados sobre todas as circunstâncias sazonais. A leitura dos medidores foi realizada diariamente. Durante este período, cada casa registrou as frequências de usos da água através de um questionário.

Nas cidades de Mansfield e Malvern, o sistema de distribuição de água municipal possui barriletes que abastecem mais de uma casa, não sendo possível instalar um hidrômetro para cada residência. Devido a este fato, para esta pesquisa, cada hidrômetro instalado monitorava mais de uma casa simultaneamente.

Após as medições com os 977 hidrômetros, os autores concluíram que o único método confiável para o estudo seria medir casas individualmente, pois não conseguiriam obter uma desagregação confiável do consumo de água apenas com a demanda total fornecida pelos hidrômetros e pelos questionários.

Com a decisão tomada pelos pesquisadores, a medição individual envolveu a monitoração de hidrômetros em um grupo residencial cuidadosamente selecionado. As leituras dos hidrômetros foram efetuadas diariamente, assim como os questionários também foram aplicados diariamente a todos os ocupantes das casas.

Os resultados foram obtidos com a leitura dos hidrômetros e os registros diários dos questionários, que abordavam os tipos de utilização da água e a frequência de repetições diárias dos aparelhos sanitários. Consumos que não sofriam significativa interferência do usuário (volume de água das bacias sanitárias com caixa acoplada, volume de água em máquinas de lavar, etc) foram determinados previamente. A determinação do consumo específico de água foi obtida com a ajuda de análise de regressão. Na seqüência, são apresentados os resultados obtidos pelos pesquisadores ingleses.

Tabela 3 – Média *per capita* do consumo doméstico (L/hab/dia)

Número de moradores da residência	Malvern	Mansfield
1	127,3	116,1
2	105,1	117,9
3	110,1	109,0
4	91,2	91,9
5	89,0	96,3
6	73,6	75,2
7 ou mais	100,1	68,9

Fonte: Baseado em TACKRAY, 1978.

A Tabela 3 mostra o consumo médio *per capita* de água em relação ao número de moradores da residência. Pode-se notar que as residências ocupadas por um morador apenas, em proporção, consomem mais água do que residências ocupadas por cinco pessoas de uma família. A Tabela 4 mostra o volume médio gasto com água para a lavagem de roupas com dois tipos de máquina, com abertura superior (tanque com rotação vertical) e com abertura frontal (tanque com rotação horizontal).

Tabela 4 – Volume médio por lavagem (L)

Máquinas de lavar	Malvern	Mansfield
Roupa, automática com abertura superior	127	129
Roupa, automática com abertura frontal	96	99
Louças	55	62

Fonte: Baseado em TACKRAY, 1978.

A Tabela 5 mostra as frequências de ocorrências com eventos relacionados a atividades domésticas. As frequências apresentadas são uma média das repetições registradas num período de 10 semanas. Nota-se que no ano de 1978, nas cidades de Mansfield e Malvern, as pessoas tomavam menos de 2 banhos por semana.

Tabela 5 – Frequência de uso doméstico por semana (período de 10 semanas)

Atividade	Malvern	Mansfield
Lavar carro com mangueira	0,06	0,08
Lavar carro com balde	0,18	0,29
Irrigação de gramado	0,21	0,09
Rega de jardim	1,30	1,13
Triturador de lixo	9,41	5,60
Uso de máquina de lavar roupa automática	4,70	5,25
Uso de máquina de lavar louças	4,77	5,53
Banhos de banheira por pessoa por semana	1,43	1,54
Banhos de chuveiro por pessoa por semana	1,38	1,29
Descarga de bacia sanitária por pessoa por dia	3,10	3,47

Fonte: *Baseado em TACKRAY, 1978.*

Na Tabela 6, na seqüência, apresenta-se uma comparação entre os consumos de água de todas as casas monitoradas com as casas que apresentaram consumo elevado, acima de 150 L/hab/dia. Nesta tabela podem-se distinguir grupos de consumos entre os dois casos, verificando quais fatores intervêm para o consumo elevado de água. Por exemplo, pode-se verificar que para a cidade de Malvern, 42% das residências que ultrapassaram 150 L/hab/dia possuíam máquina de lavar roupa automática, enquanto que na amostra total de residências monitoradas este índice era igual a 26%.

Tabela 6 – Casas com níveis elevados de consumo

Grupo de consumo	Malvern		Mansfield	
	Total	> 150 L/hab/dia	Total	> 150 L/hab/dia
Porcentagem da amostra	100	13	100	11,9
Consumo médio (L/hab/dia)	97,7	195	98,2	195,9
Moradores proprietários do imóvel (%)	68	84	53	68
Casas com máquina de lavar roupa automática (%)	26	42	26	48
Casas com chuveiros (%)	28	40	19	24
Casas sem chuveiros				
Frequência de banhos em banheira (hab/semana)	1,6	2,4	1,6	2,6
Casas com chuveiro				
Frequência de banhos em banheira (hab/semana)	1	1,4	1,2	1,2
Frequência de banhos com chuveiro (hab/semana)	1,4	1,8	1,3	2,7

Fonte: *Baseado em TACKRAY, 1978.*

A Tabela 7 mostra o consumo total de água por habitante por dia, em função dos intervalos de idade. Verifica-se que na média, quanto mais idosa a pessoa fica, menos água ela consome. Com relação à tabela 8, são apresentados os consumos específicos de água para as duas cidades.

Tabela 7 – Média de consumo por intervalo de idade (L/hab/dia)

Intervalo de idade	Malvern	Mansfield
25 - 44	114,8	96,1
45 - 64	109,5	97,4
65 ou mais	95,6	93,7

Fonte: *TACKRAY, 1978.*

Tabela 8 – Caracterização do consumo doméstico de água em Mansfield e Malvern

Pontos de utilização	Malvern		Mansfield	
	L/hab/dia	%	L/hab/dia	%
Lavagem de carro com mangueira	<0,05	<0,05	0,1	0,1
Lavagem de carro com balde	0,3	0,3	0,4	0,4
Rega de jardim	3,8	3,9	2,1	2,1
Irrigação de gramado	0,3	0,3	0,1	0,1
Banho de banheira	14,7	15,0	14,8	15,1
Banho de chuveiro	1,6	1,6	1,1	1,1
Descarga bacia sanitária	30,0	30,7	33,0	33,6
Triturador de lixo	0,3	0,3	-	-
Lavadora de roupa	7,5	7,7	9,7	9,9
Lavagem de roupa	2,7	2,8	4,0	4,1
Lavadora de louça	0,3	0,3	0,3	0,3
Uso básico	36,3	37,1	32,6	33,2
Total	97,8	100,0	98,2	100,0

Fonte: TACKRAY, 1978.

▪ Análise de traço – EUA – 1996

Este trabalho apresentou uma nova técnica de análise de dados de consumo, denominada análise de traço, a qual consiste num procedimento não intrusivo para a desagregação do consumo de água. Com esta técnica, obtêm-se traços de fluxo, que são obtidos através dos hidrômetros localizados nos cavaletes residenciais, os dados gerados nos hidrômetros são armazenados em data-loggers portáteis.

A caracterização do consumo de água através da análise de traço tem como objetivo identificar os usos finais da água através da associação de diferentes categorias de usos da água com o gráfico de demanda. Para este estudo, mais de 10.000 eventos de usos de água foram gravados, classificados e incorporados em um banco de dados.

O intervalo de gravações de dados no data-logger foi de 10 segundos, ou seja, a cada 10 segundos era registrado o volume de água instantâneo. Com isso foi possível a confecção de um gráfico e através deste, foram identificados os eventos relativos aos aparelhos sanitários, pois cada consumo específico possui um perfil característico de vazão em relação ao tempo, e através da repetição deste perfil pode-se obter informações sobre valores médios de vazões e volume de água consumido.

Os estudos foram realizados na cidade de Boulder – Colorado – EUA. Foram monitoradas 16 casas por um período de três semanas, entre junho e setembro de 1994. Os dados incluíram mais de 3.400 eventos de descargas de bacia sanitária e mais de 600 eventos com chuveiros.

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados em síntese, os resultados obtidos pelos pesquisadores norte-americanos.

Tabela 9 – Uso padrão do consumo de água doméstico em Boulder - EUA

Categoria de uso	Uso diário (L/hab/dia)
Bacia sanitária	57,4
Chuveiro	38,4
Banheira	3,84
Torneiras	36,5
Lavadora de louças	7,22
Lavagem de roupas	54,6
Vazamentos	27,4
Total	223

Fonte: Baseado em DEOREO, 1996.

Tabela 10 – Caracterização do consumo doméstico de água em Boulder - EUA

Tipo de consumo	Perfil do consumo	
	Uso interno (%)	Uso total (%)
Uso externo geral	-	77,61
Piscina	-	2,58
Banheira	2,31	0,46
Chuveiro	17,38	3,44
Bacia sanitária	26,32	5,21
Lavadora de louças	2,99	0,59
Lavagem de roupas	24,83	4,92
Torneiras em geral	14,72	2,91
Vazamentos	11,45	2,27

Fonte: Baseado em DEOREO, 1996.

Pode-se verificar nas Tabelas 9 e 10 que, o aparelho sanitário de maior significância no consumo de água é a bacia sanitária, com 26,32% do consumo interno total. Nota-se também o quanto é desperdiçado de água através de vazamentos nas residências, contribuindo com uma parcela de 11,45% do consumo doméstico interno.

▪ Experiência do IPT - Brasil

Em 1981, o IPT desenvolveu um equipamento eletrônico com o objetivo de monitorar o consumo de água em edificações, este equipamento, denominado DICA (Dispositivo Condicionador e Armazenador de dados), era associado a um hidrômetro instrumentado e instalado junto ao cavalete de entrada de água da edificação, rente ao hidrômetro. O DICA tinha uma capacidade de armazenamento programável, entre uma semana e um mês. Isso permitiu a caracterização da vazão em edificações. Com o

passar dos anos, o DICA foi substituído pelos data-loggers portáteis, que tornaram-se mais viáveis, em função do seu custo e sua capacidade de armazenamento.

No ano de 1989, o IPT desenvolveu uma pesquisa que resultou na elaboração de um equipamento destinado a monitorar o consumo de água. Este equipamento foi totalmente desenvolvido com tecnologia e materiais nacionais. Era constituído por sensores de fluxo, hidrômetros instrumentados, placas de aquisição de dados e programa de gerenciamento de dados.

Este equipamento foi instalado no campus do IPT, no prédio 24, que abriga um conjunto de escritórios de pesquisadores. Foram instrumentados 14 pontos de consumo de água. Com esta experiência, evidenciou-se a necessidade do desenvolvimento de programas para o tratamento dos dados gerados pelo equipamento.

Após estudos, objetivando o aprimoramento do monitoramento de água, foi desenvolvido um programa específico para tratamento de dados gerados pelo equipamento. Após um ano de monitoramento no prédio 24, e com a ajuda do programa desenvolvido, foram obtidos os resultados apresentados pela Tabela 11.

Tabela 11 – Valores médios dos resultados da medição no prédio 24 do IPT

Aparelho Sanitário	Duração de Uso (s)	Intervalo entre Usos (min)	Volume Médio (L)	Vazão Média (L/s)
Bacia sanitária com válvula de descarga	5,9	21,9	7,19	1,57
Bacia sanitária com caixa acoplada	186,97	21,7	8,85	0,06
Torneira de lavatório	11,1	18,16	1,02	0,06
Torneira de pia de cozinha	6,12	2,7	1,07	0,12
Torneira de tanque	25,52	6,34	5,40	0,19
Torneira de serviço	4,17	6,29	0,57	0,07

Fonte: PNCDA – DTA E1, 1998.

Em 1996, o equipamento desenvolvido pelo IPT foi novamente aplicado, com o objetivo de monitorar consumos de aparelhos sanitários. Com este intuito, instalou-se o equipamento num prédio de escritórios da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), localizado na cidade de São Paulo. Neste edifício, foram instrumentado dois banheiros, um masculino e outro feminino, onde 18 pontos de utilização foram monitorados.

Realizaram-se quatro campanhas de medição, basicamente em torneiras e bacias sanitárias. O objetivo desta pesquisa era de avaliar o comportamento de diferentes tipos de aparelhos sanitários economizadores de água. Para isso, inicialmente foram monitoradas as torneiras e bacias sanitárias existentes no prédio; nas etapas seguintes, estes aparelhos sanitários convencionais foram trocados por aparelhos mais modernos economizadores de água. Para concluir, foram realizados diversos estudos comparativos entre os aparelhos convencionais e os aparelhos economizadores de água. A Tabela 12 mostra um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 12 – Valores médios de resultados de quatro campanhas de medição

Aparelho Sanitário	Duração de Uso (s)	Intervalo entre Usos (min)	Volume Médio (L)	Vazão Média (L/s)
Bacia sanitária com válvula de descarga	6,15	35,66	7,90	1,24
Bacia sanitária com caixa acoplada	78,32	56,77	5,87	0,06
Torneira comum de lavatório	20,40	23,17	1,38	0,08
Torneira de acionamento hidromecânico	8,86	9,24	0,72	0,07
Torneira de funcionamento fotoelétrico	3,93	10,63	0,42	0,05

Fonte: PNCDA – DTA E1, 1998.

Com esta pesquisa, realizada pelo IPT, não foi possível obter conclusões comparativas entre consumos de aparelhos convencionais e de aparelhos economizadores de água, pois, foram obtidos dados sobre as características de funcionamento dos aparelhos sanitários sem levar em consideração quantas vezes cada aparelho é acionado pelo usuário, ao longo do tempo.

Baseado em resultados anteriores e buscando o aprimoramento, o IPT realizou uma nova pesquisa sobre consumo residencial de água. Desta vez foi desenvolvida uma metodologia para a realização de um monitoramento piloto em um conjunto habitacional da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo (CDHU), localizado no bairro Jardim São Luiz, zona sul da cidade de São Paulo. O prédio é formado por dois blocos de quatro pavimentos cada e com quatro apartamentos por andar. Tratou-se de um monitoramento em classe social de baixa renda.

A campanha de medição foi realizada em um dos apartamentos do conjunto, e teve a duração de alguns dias. Antes da instrumentação do apartamento, os equipamentos de medição foram testados em laboratório para aferição. Foram utilizados hidrômetros instrumentados, data-logger e microcomputador.

O apartamento monitorado era composto por dois dormitórios, sala, cozinha, área de serviço e um banheiro, totalizando uma área de 38,5 m². Além deste apartamento, foram realizadas medições gerais em seis prédios: blocos 32, 33, 37, 38, 39 e 40. As leituras foram realizadas duas vezes ao dia, por um período de dez dias, uma leitura de manhã (entre 8:00 e 20:00 horas) e outra à noite (após 20:00 até 8:00 horas). A Tabela 13, a seguir, mostra os consumos médios diários gerais calculados a partir da leitura dos hidrômetros.

Tabela 13 – Consumos médios diários nos prédios da CDHU

Blocos	Consumos médios (m ³)			
	De Segunda a Sexta		Sábado e Domingo	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
32	9,8	8,4	10,9	5,7
33	7,4	9,3	10,3	4,7
37	7,3	7,0	8,9	4,3
38(*)	-	-	-	-
39	8,6	8,6	11,2	8,8
40	9,0	7,5	12,1	5,3

(*) O hidrômetro encontrava-se avariado.

Fonte: PNCDA – DTA E1, 1998.

A monitoração do apartamento para desagregação dos consumos específicos foi realizada entre os dias 2 a 11 de março de 1998. O apartamento escolhido foi o 12-B, do bloco 38. Após o término das medições, foram obtidos gráficos dos consumos específicos ao longo do dia de cada aparelho sanitário monitorado. Na Tabela 14, na sequência, são apresentados os resultados obtidos pelo monitoramento piloto.

Tabela 14 – Perfil do consumo doméstico de água obtido no prédio da CDHU

Pontos de utilização de água	Consumo diário por habitação (L/dia/habitação)	Consumo (%)
Bacia sanitária	24	5
Chuveiro	238	55
Lavadora de roupas	48	11
Lavatório	36	8
Pia	80	18
Tanque	11	3
Consumo total	437	100

Fonte: PNCDA – DTA E1, 1998.

Conclui-se neste estudo desenvolvido pelo IPT que, os dados aqui apresentados não podem ter sua aplicação estendida para outras comparações com edificações residenciais, uma vez que este estudo teve a única intenção de desenvolver uma metodologia para medições futuras. Para poder inferir sobre um resultado de caracterização do perfil doméstico em comparação a outras situações, necessita-se de um levantamento estatístico abrangente.

- **Armazenador temporal de eventos – Brasil – 1991**

Ilha (1991), desenvolveu um sistema de medição e armazenamento de vazões, com o intuito de monitorar vazões de água quente em edificações residenciais no município de São Paulo. Este sistema constitui-se em um conjunto formado por um medidor de água instrumentado, com um *reed switch* acoplado e um registrador de dados.

O registrador consiste em um equipamento eletrônico, com a função de registrar e armazenar dados, denominado de Armazenador Temporal de Eventos – ARTE.

O ARTE, que teve sua origem em estudos com medição de gás, é constituído por um microprocessador com capacidade de memória de 8 Kbytes e um relógio com calendário interno. A energia necessária para o funcionamento do equipamento provém de baterias recarregáveis (pilhas de níquel-cádmio).

Os dados de vazão gerados pelo hidrômetro, no formato de pulsos, são enviados ao ARTE, o qual armazena as vazões instantâneas demandadas em função da data e da hora. Na seqüência, o ARTE é conectado à saída serial de um microcomputador, o qual permite, através de um software, a visualização e manuseio dos dados registrados. O intervalo entre as gravações de dados é programável, conforme a necessidade do usuário.

- **Uso da água no setor residencial – China – 2004**

Na China, o uso de água no setor residencial é o componente mais importante do uso municipal da água. Porém, pouco se sabe sobre de que forma este insumo é consumido. Baseado nisso, pela primeira vez, realizou-se um estudo para saber mais sobre as determinantes do consumo de água nas residências e através disso traçar metas para o uso racional da água e rever as taxas que envolvem o custo da água. Na China, a água é um recurso precioso e limitado, mesmo quando o usuário pode pagar por ela.

Este estudo foi realizado de forma empírica e consolidou-se apenas com a aplicação de questionários. Através do método estatístico estratificado, envolvendo as diversas classes sociais e tipologias de habitações, foram entrevistados um total de 806 residências nas cidades de Beijing e Tianjin. Uma análise de multivariáveis também foi efetuada, com a finalidade de relacionar e caracterizar o consumo de água através dos dados fornecidos pelos questionários.

Os questionários abordaram aspectos como comportamento e hábito dos moradores em relação ao consumo de água com lavagens de roupas, consumo na cozinha para cozer alimentos, banhos, rega de jardins, lavagem de carro, acionamentos de bacias sanitárias etc. Foram abordadas também as opiniões dos moradores com relação ao abastecimento público de água.

Quatro tipologias de edificações foram escolhidas na estratificação: edifícios altos com mais de sete pavimentos que utilizam elevadores (**H**); edifícios com quatro a sete pavimentos (**M**); unidade residencial de apartamentos com dois a três blocos de edifícios com menos de três pavimentos (**L**) e casas de pequeno porte (**MI**).

Uma amostra aleatória com 400 casas foi estudada em cada uma das cidades. Os questionários aplicados abordavam 52 perguntas relacionadas com os seguintes tópicos: ambiente físico da habitação, dados socioeconômicos, pontos de consumo interno de água, comportamento e frequências do uso da água e questões ambientais relacionadas à casa. Para este estudo, a caracterização do consumo de água foi realizada com base nas medições de consumos mensais efetuadas pela companhia pública de abastecimento e pelos questionários. Alguns dos resultados são apresentados nas Tabelas 15 a 16, na seqüência, de acordo com as tipologias de edificações pré-estabelecidas anteriormente.

Tabela 15 – Uso doméstico de água em diferentes tipologias de edificações (m³/mês)

Uso da água	Beijing					Tianjin				
	H	M	L	MI	Total	H	M	L	MI	Total
Banho de Chuveiro	15,56	13,66	12,84	14,23	14,21	11,67	9,56	6,30	9,25	9,58
Descarga de bacia sanitária	15,50	13,59	18,20	15,28	14,43	11,27	9,23	8,57	7,50	9,49
Lavatório	15,57	14,02	12,66	10,44	14,26	10,53	9,01	5,49	6,67	8,47
Banheira	15,11	12,72	14,00	-	13,84	9,40	8,94	-	-	10,42
Máquina de lavar roupa	15,56	13,37	13,60	16,41	14,16	11,73	9,38	6,06	6,80	9,13
Boiler de água quente	15,86	14,02	13,83	13,50	14,59	11,49	9,93	6,92	8,50	10,00
Máquina de lavar louças	13,83	19,14	-	-	17,07	-	12,00	-	-	12,00

Fonte: *Zhang and Brown (2004)*

Tabela 16 – Consumo doméstico de água para diversas finalidades (m³/mês)

Uso da água	Beijing					Tianjin				
	H	M	L	MI	Total	H	M	L	MI	Total
Beber	15,67	13,71	12,28	14,54	14,08	11,13	9,11	5,92	7,50	8,78
Cozinhar	15,71	13,26	11,99	14,54	13,82	11,51	9,16	5,79	7,14	8,88
Lavar	15,41	13,48	12,13	14,54	13,88	11,22	9,19	5,76	7,50	8,81
Tomar banho de banheira	15,41	13,60	12,76	14,23	14,08	11,78	9,27	6,02	8,60	9,07
Descarga de bacia sanitária	15,81	13,73	14,92	13,65	14,46	11,42	9,21	8,57	8,00	9,46
Regar flores	16,35	13,27	12,40	18,50	14,39	10,79	9,07	6,44	8,50	8,84
Lavar carro	18,86	12,33	16,60	11,00	14,67	-	9,88	4,20	-	7,69

Fonte: *Zhang and Brown (2004)*

Para os chineses, este estudo está contribuindo principalmente para detectar as diferenças entre os consumos das duas cidades, e através disso, detectar as causas das variações, quais os motivos que levam uma cidade a consumir mais do que a outra, em um determinado uso específico.

3.2. Consumo de água no Brasil

No Brasil, o consumo de água *per capita* multiplicou-se por mais de 10 ao longo do século XX. Apesar da grande abundância de água, existe uma desigualdade hídrica em relação à sua distribuição, algumas regiões enfrentam graves problemas com a seca. Além desta questão, existem muitas perdas de água, principalmente com o desperdício e o comprometimento dos mananciais com a poluição e destruição das matas ciliares.

Segundo a SABESP (2006), no Brasil, programas de uso racional da água estão sendo pesquisados e implantados recentemente. Já os países desenvolvidos, desde a década de 70 vêm adotando medidas para o uso racional da água. Um deles é o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes. Inúmeros países tornaram obrigatória a utilização de aparelhos sanitários conservadores de água.

Ainda segundo a SABESP (2006), na cidade do México, o governo substituiu três milhões e meio de bacias sanitárias com válvula de descarga por vasos sanitários com caixa acoplada de seis litros, resultando numa redução de consumo de cinco mil litros de água por segundo. Nos Estados Unidos, além de ser obrigatório o limite de seis litros por descarga, a legislação limitou a vazão de chuveiros e torneiras em nove litros de água por minuto, o que resultou numa redução de 30% no consumo de água.

Como mencionado no capítulo de introdução, estima-se que no Brasil, 61% do consumo total de água tenha fins agrícolas, 21% abasteça o setor doméstico e 18% o setor industrial.

Apesar de o Brasil ainda estar longe da sustentabilidade no consumo de água, dia a dia o país vêm apresentando reduções significativas no consumo. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2006), de 1999 para 2002, a média de consumo caiu de cerca de 15,8 mil litros por domicílio por mês para aproximadamente 14,3 mil litros, uma redução de quase 10%.

O Jornal do Senado (2006) conclui que o Brasil apresenta um consumo *per capita* baixo se comparado aos países desenvolvidos; aqui, o maior consumo *per capita* é observado no Distrito Federal, que é ainda 33% menor que o consumo médio do Canadá. Em Nova York, um cidadão chega a gastar dois mil litros de água por dia.

O sistema de abastecimento de água adotado no Brasil para as residências é realizado de maneira indireta, ou seja, pressupõe-se o uso de reservatórios para regularização do consumo. Países mais desenvolvidos adotam o sistema direto de abastecimento, assumindo a responsabilidade de não falhar com o fornecimento, com o risco das residências ficarem absolutamente sem água.

O sistema indireto é utilizado principalmente quando não se tem um fornecimento de água contínuo. É típico de países em desenvolvimento, onde o fornecimento varia muito, chegando até a interromper o abastecimento nos horários de pico. Um ponto negativo deste sistema é que, no armazenamento de água nas residências, podem surgir pontos de contaminação, devido ao fato de que a matéria orgânica pode se acumular no fundo das caixas d'água propiciando um potencial ambiente para proliferação de microorganismos patogênicos.

A cidade de São Paulo, que é o foco desta pesquisa, segue o mesmo padrão de abastecimento brasileiro. Segundo a Sabesp (2006), a produção de água de abastecimento público na Grande São Paulo é da ordem de 40 metros cúbicos por segundo e cerca de 80% desse total é consumido nas residências e prédios de escritórios.

De acordo com Wolney (informação pessoal)¹, as perdas nos sistemas públicos de abastecimento variam fortemente com características diversas, entre as quais, padrão operacional, idade da rede, etc. Não são raros casos de perda física de 40% até 60%. Mas combates a perdas nas redes reduzem rapidamente essa cifra para valores da ordem de 25% a 30%. Perdas menores que 25% exigem medidas mais complexas. A Sabesp, na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, alcançou valores de perdas abaixo de 20%, sendo a meta 14%.

¹ Informação oral fornecida pelo Engenheiro Civil e Sanitarista Wolney Castilho Alves em um debate programado do IPT, sobre conservação e reúso de água, São Paulo, em 05 fevereiro de 2002.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

O desenvolvimento dos trabalhos obedeceu a uma metodologia que contemplasse o envolvimento da diversidade dos fatores que influem na demanda, de modo que fosse possível uma caracterização de avaliação de demanda de caráter o mais amplo possível e que permitisse fornecer os elementos necessários à elaboração da avaliação de impactos.

Uma série de levantamentos foram realizados, quantificando e descrevendo os parâmetros de interesse desta pesquisa. Entre estes levantamentos estão as medições com um medidor ultrassônico de vazão, com os hidrômetros e a aplicação de questionários para a caracterização dos hábitos dos moradores. Os levantamentos foram realizados sobre amostras probabilísticas estratificadas em bairros da cidade de São Paulo.

Com relação aos estratos, foi adotada a seguinte divisão de tipologias de edifícios habitacionais: residências unifamiliares (casas térreas), edifícios multifamiliares (apartamentos) e sobrados.

Com as tipologias acima, que cobrem construtiva e economicamente os diversos tipos de moradias mais estáveis e planejando abarcar as situações mais representativas das regiões pesquisadas, o aspecto geográfico de implantação dos programas também ficou resolvido.

Em cada unidade residencial, foram instalados hidrômetros acoplados em aparelhos de aquisição de dados e/ou medidor ultrassônico, em prumadas significativas de abastecimento de água durante 7 (sete) dias completos. Caso fosse notado vazamento na prumada ou em suas derivações, em primeiro lugar, eram efetuados os reparos necessários. Inicialmente, os principais equipamentos de uso final em vista foram a bacia sanitária, chuveiros e banheiras, lavatório e máquina de lavar roupas. Os estudos tiveram como finalidade conhecer o consumo real e tomar as providências para economia de água no futuro.

Inicialmente foram previstas medições experimentais, com o intuito de se adquirir experiência e conhecer as dificuldades encontradas em medições de campo.

As Figuras 4 e 5 apresentadas na seqüência demonstram dois esquemas típicos para avaliação da demanda de água. A Figura 4 mostra o esquema que foi adotado para medir a demanda num edifício residencial, onde o medidor ultrassônico foi acoplado nos barriletes de alimentação. O aparelho de medição foi instalado na cobertura do edifício.

Figura 4. Esquema de medição da demanda de água em um edifício residencial

A Figura 5 mostra um esquema de instalação dos equipamentos para medição da demanda de água em uma residência, onde é possível alocar os transdutores nos próprios ramais que abastecem os pontos de utilização de interesse. Neste caso é demonstrada a instalação dos transdutores e do medidor ultrassônico em um banheiro de uma residência, onde o medidor foi alocado forro do banheiro.

Figura 5. Esquema de medição da demanda de água em um banheiro residencial

O conjunto de elementos obtidos na medição de campo e das análises sociais e sanitárias foram organizados, analisados e descritos de forma sistemática, permitindo a elaboração da caracterização de demanda.

4.1. Inferência Estatística²

A ciência estatística é um ramo da matemática que tem por objetivo a realização de cálculos probabilísticos para estabelecer hipóteses e previsões com base em acontecimentos reais. Subdivide-se em estatística descritiva, que se atém a organização e descrição de dados experimentais, e a estatística indutiva, que cuida da análise e interpretação.

“O processo da inferência estatística consiste em fazer afirmações a respeito de uma certa característica de uma dada população em estudo, a partir de informações de uma parte desta população, denominada amostra.” (PRADO, 1991, p. 31).

O termo população, ou universo, se refere a todos os casos ou situações onde o pesquisador almeje obter conclusões, caracteriza-se pelo conjunto de elementos com pelo menos uma característica em comum. Com relação ao termo amostra, este constitui um subconjunto da população, finito, usado para a obtenção de informações acerca do todo. As características de uma população que diferem de um elemento para outro são denominadas variáveis.

O estudo e atribuição de conclusões com base na amostra é necessário, uma vez que, seria impossível, na maioria dos casos, realizar um determinado estudo em toda a população. Além disso, o estudo de toda população poderia gerar altos custos e altos dispêndios de tempo.

Uma afirmação acerca da amostra, tanto será mais precisa, quanto maior for o número de elementos conhecidos e estudados. Existirá uma relação entre o número de elementos totais da amostra e o número de elementos estudados dentro desta mesma amostra, definindo o percentual de confiança com relação a tal afirmação. Isso se dá através da amostragem probabilística, onde os elementos da amostra são selecionados aleatoriamente.

² Os conceitos consultados para formular as idéias do item 4.1 foram obtidos das seguintes fontes: (Costa Neto, 1989), (Prado, 1991), (DEST/UFPR, 2006).

4.2. Amostragem

A correta seleção da amostra, através de processos adequados, é de suma importância para a obtenção dos resultados finais confiáveis e significativos. Esta etapa deve ser minuciosamente planejada, para que a amostra selecionada forneça os melhores dados representativos da população. Para isso, a amostra selecionada deve possuir as mesmas características básicas da população.

Existem dois tipos de amostragem, a probabilística e a não-probabilística. A amostragem probabilística acontece quando todos os elementos da população possuem probabilidade, diferente de zero, de pertencer à população. Com relação à não-probabilística, esta ocorre quando pelo menos um dos elementos estudados possui probabilidade zero de pertencer à população.

A amostragem abordada neste trabalho será a probabilística, pois é o tipo de processo que melhor conduz à representatividade da amostra. Existem inúmeras técnicas para a obtenção da amostragem probabilística, entre elas estão a amostragem sistemática, a amostragem casual simples, amostragem múltipla e a amostragem estratificada.

A amostragem sistemática é utilizada quando os elementos da população estão ordenados e a retirada dos elementos da amostra é realizada periodicamente. A vantagem desta técnica está na facilidade de determinação dos elementos da amostra. Como desvantagem pode-se citar a possibilidade de ocorrência de ciclos de variação da variável de interesse.

A amostragem casual simples caracteriza-se pela igual probabilidade dos elementos da população pertencerem à amostra, além disso, todas as possíveis amostras têm também igual probabilidade de ocorrer.

Na amostragem múltipla, a amostra é retirada em diversas etapas sucessivas. Dependendo dos resultados, outras etapas podem ser dispensadas.

A amostragem estratificada é utilizada quando a população subdivide-se em subpopulações, nesse caso, geralmente a variável de interesse difere em comportamento em função das subpopulações, entretanto, a variável deve possuir um comportamento homogêneo dentro do universo. Este tipo de amostragem probabilística consiste em definir quantos elementos de cada subpopulação serão objetos de estudo.

Para esta pesquisa, será utilizada a amostragem probabilística estratificada, uma vez que, a população será a cidade de São Paulo e a subpopulação serão os bairros ou regiões. Estes bairros e regiões possuem elementos de interesse variável, porém, homogêneos, como é o caso do consumo de água em aparelhos sanitários.

4.3. Distribuição Amostral

O conceito de distribuição amostral será utilizado para caracterizar a distribuição dos diversos valores de uma variável em uma população, uma vez que, na amostragem probabilística, os elementos e as variáveis de interesse são escolhidos aleatoriamente, e os resultados também são obtidos aleatoriamente.

Chama-se de estatísticas, os valores calculados baseados em variáveis da amostra. Como estas variáveis são aleatórias, terão alguma distribuição de probabilidade do evento acontecer. Esta distribuição de probabilidade é denominada distribuição amostral estatística.

Nesta pesquisa, utilizar-se-á a distribuição amostral das médias, pois é necessário conhecer a distribuição de todas as estatísticas. Neste caso, todos os valores da amostra podem ser considerados com a mesma distribuição de probabilidade da população, ou seja, com a mesma média μ e com a mesma variância σ^2 da população, desta forma tem-se:

$$\mu(\bar{\chi}) = \frac{1}{n} \eta \mu = \mu \quad (4.1)$$

onde η é o número de elementos e $\bar{\chi}$ é a média da amostra.

Para o cálculo da variância, tem-se que:

$$\sigma^2(\bar{\chi}) = \frac{1}{\eta^2} \eta \sigma^2 = \frac{\sigma^2}{\eta} \quad (4.2)$$

A Equação (4.2) mostra que a variância é η vezes menor que a variância da população de onde é retirada a amostra. Tem-se que:

$$\sigma(\bar{\chi}) = \sigma_{\bar{\chi}} = \frac{\sigma}{\sqrt{\eta}} \quad (4.3)$$

Para o caso de amostragens finitas e sem reposição, onde a independência entre os valores χ_i não se verifica, demonstra-se que:

$$\sigma^2(\bar{\chi}) = \frac{\sigma^2}{\eta} \times \frac{N - \eta}{N - 1} \quad (4.4)$$

onde N é o número de elementos da população e $\frac{N - \eta}{N - 1}$ é o fator de população finita.

Se a distribuição da população for normal, a distribuição amostral de $\bar{\chi}$ também será normal, porém se a distribuição não for normal, mas a amostra for grande e com reposição, a distribuição amostral de $\bar{\chi}$ se aproximará de uma normal.

4.4. Estimativas de parâmetros e intervalos de confiança

Na maioria dos casos de análise estatística, nos deparamos com a seguinte situação: conhece-se a população total N e quer-se saber o número de elementos p com uma determinada característica dentro desta população. Se desta população retirarmos uma

amostra aleatória de n elementos, saberemos calcular a probabilidade de dentro desta amostra existirem p elementos. Porém, para resolver este problema deveríamos conhecer o parâmetro p do universo N , no entanto só conseguimos determinar o parâmetro p da amostra dos N elementos.

Para resolver este problema, deve-se estimar o parâmetro p , contido no universo, através da evidência experimental. Devemos conhecer a distribuição de probabilidade da variável p da amostra dos N elementos. Para isso, este problema deverá possuir uma curva normal. Lembrando que a curva normal se caracteriza por dois valores: σ e μ .

Existem duas maneiras de se realizar a estimativa do parâmetro p : por ponto e por intervalo. A primeira técnica resulta da estimativa do parâmetro através de um único valor estimado, satisfatoriamente próximo do verdadeiro valor do parâmetro, a segunda técnica requer a construção de um intervalo, que deverá conter o parâmetro com probabilidade conhecida e margem de segurança pré-fixada.

Para este trabalho, explora-se a estimação intervalar, pois necessita-se estimar um parâmetro que nos conduzirá ao resultado final deste trabalho. Esta é a técnica que nos fornece a maior confiabilidade no resultado final.

A idéia inicial da estimação intervalar consiste em construir um intervalo em torno da estimativa por ponto, de modo que este intervalo tenha uma probabilidade conhecida de conter o verdadeiro valor do parâmetro. Este intervalo chama-se intervalo de confiança.

O estudo do intervalo de confiança é dividido em dois casos: quando o desvio-padrão da população é conhecido e quando é desconhecido. Quando é conhecido, supõe-se normal a distribuição amostral do estimador $\bar{\chi}$, este caso ocorre quando a população é normalmente distribuída, ou se a amostra for suficientemente grande.

Tem-se que construir um intervalo em torno de $\bar{\chi}$, de modo que este intervalo contenha o valor do parâmetro com confiança $1 - \alpha$. Para isso, imaginamos na distribuição por

amostragem de $\bar{\chi}$, dois pontos $\mu - e_0$ e $\mu + e_0$, estes pontos deverão ser simétricos em relação à média μ . Para a determinação de e_0 , com o auxílio da variável normal reduzida Z, tem-se:

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{(\mu + e_0) - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (4.5)$$

ou

$$e_0 = Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.6)$$

onde $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ é o desvio padrão. Logo, a expressão do intervalo de confiança para a média μ da população, conforme o nível de confiança $1 - \alpha$ é:

$$\bar{\chi} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.7)$$

Interpretando-se a equação (4.7), tem-se que:

$$P\left(\bar{\chi} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{\chi} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad (4.8)$$

4.5. Dimensionamento das Amostras

O nível de confiança almejado deve ser fixado de acordo com a probabilidade de acerto que se deseja ter na estimação por intervalo. Porém, quando viável, é possível elevar o nível de confiança de um estudo estatístico até tão próximo de 100%, por outro lado, a

amplitude estudada da amostra será cada vez maior, o que significa perda de precisão na estimação. Para η fixo, confiança e precisão caminham em sentidos opostos.

Sabe-se que o intervalo de confiança de 95% para a média μ da população quando σ é conhecido tem semi-amplitude e_0 , dado pela equação (4.6), onde $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ é igual a 1,96 para uma confiança de 95%. Para este caso, fixamos o nível de confiança ($1 - \alpha = 0,95$) e η para determinar e_0 .

Por outro lado, pode-se fixar e_0 e o nível de confiança para achar η , que seria então o resultado do tamanho da amostra necessária para realizar a estimação por intervalo com confiança e precisão desejados. Tem-se que:

$$\eta = \left(\frac{Z_{\alpha} \times \sigma}{e_0} \right)^2 \quad (4.9)$$

Esta expressão é utilizada quando o desvio-padrão σ é conhecido. Entretanto, nesta pesquisa não se conhece este parâmetro. Por este motivo, deve-se substituir σ por sua estimativa s . Esta substituição só é válida para amostras grandes, devido ao fato da variável ser aleatória.

Como a amostra ainda não foi retirada, não dispomos do valor de s . Para solucionar esta situação, define-se uma amostra-piloto de η_0 elementos, para que com isso possamos retirar uma estimativa de s e usar t de Student, empregando na seguinte equação:

$$\eta = \left(\frac{t_{(\eta_0-1, 0.05)^s}}{e_0} \right)^2 \quad (4.10)$$

Se $\eta \leq \eta_0$, a amostra-piloto já terá sido suficiente para a estimação. Caso contrário, deve-se retirar mais elementos da amostra para completar o número mínimo necessário.

Procede-se de forma análoga se queremos estimar uma proporção populacional com determinada confiança e precisão.

Para população infinita, obtém-se:

$$\eta = \left(\frac{Z}{2 \times e_0} \right)^2 \quad (4.11)$$

Para a aplicação desta fórmula na presente pesquisa de campo, devem-se aplicar alguns conceitos e corrigi-la. Até então, foi utilizada a técnica de amostragem probabilística através da amostragem casual simples. Desta técnica decorre que: o tamanho da população não importa na análise; o elemento retirado para amostragem é reposto; todo elemento da população tem a mesma probabilidade de ser escolhido. Porém, para esta pesquisa em particular, tem-se definido o tamanho da população e o elemento sorteado não é reposto. Logo, desta análise resulta a seguinte equação:

$$Var(\bar{\chi}) = \frac{(N - \eta)}{(N - 1)} \times \sigma^2 \quad (4.12)$$

onde $\frac{(N - \eta)}{(N - 1)}$ representa a redução na flutuação amostral de $\bar{\chi}$ para casos onde não há reposição. Por fim, chegamos à formulação corrigida, utilizada para o dimensionamento da amostra da pesquisa:

$$\eta = \frac{Z_{\alpha}^2 \times s^2 \times N}{(N - 1) \times e^2 + s^2 \times Z_{\alpha}^2} \quad (4.13)$$

4.6. Plano amostral e desagregação do consumo

Conforme definido anteriormente, a distribuição amostral escolhida é do tipo probabilística estratificada, devido às subdivisões da população compondo as tipologias

de edificações a serem estudadas, chamadas de estratos. O procedimento utilizado na seleção das amostras será intencional, ou seja, os elementos a serem estudados dentro do universo serão selecionados ou serão obtidos de voluntários. Será selecionada uma amostra para cada estrato e finalmente, as estimativas de cada estrato serão combinadas para a obtenção da estimação da população total.

A população alvo desta pesquisa é o município de São Paulo, o qual compreende uma extensão territorial de 1523 km², sendo que a área urbana ocupa 100% da área territorial total. O município conta com uma população, segundo o Censo de 2005, de 10.927.985 habitantes. A administração da cidade é subdividida em 31 subprefeituras. A Tabela 17 apresenta alguns indicadores habitacionais do Município de São Paulo.

Tabela 17 – Indicadores habitacionais do Município de São Paulo

Indicador	MSP
Número de domicílios	3.039.104
Número de moradores por domicílio	3,43
Número de favelas	2.018
População favelada	1.160.590
Percentual da população em favelas (%)	11,12
Domicílios em área de risco	36.106

Fonte: *Prefeitura Municipal de São Paulo, 2006.*

A Tabela 18, na seqüência, mostra dados sobre o número de unidades residenciais por tipologia de edificação na cidade de São Paulo.

Tabela 18 – Número de unidades residenciais por tipologia de edificação em São Paulo

Tipologia de Edificação	Até 50 m²	De 50 até 150 m²	Mais de 150 m²
Edifícios Multifamiliares	88.768	594.252	204.425

Fonte: *Prefeitura Municipal de São Paulo, 2006.*

Realizada a medição em campo, com o intuito de extrair uma amostra piloto que seria utilizada para o dimensionamento da amostra, foi confirmada a possibilidade de desagregar os eventos referentes às bacias sanitárias e chuveiros, porém foi confirmada a hipótese de impossibilidade de desagregação dos demais consumos, referentes às torneiras (lavatórios, pias, tanques de lavar roupa e aparelhos sanitários afins).

Após a medição da vazão instantânea na edificação, com registro da vazão a cada três segundos, os dados foram passados para uma planilha eletrônica. Nesta planilha foi realizado o trabalho de desagregação dos consumos. Dentro da seqüência de dados da planilha, para detectar os eventos referentes às descargas, levou-se em consideração:

- Comportamento e variação da vazão ao longo do tempo;
- Tempo de duração do evento;
- Vazão instantânea;
- Volume despendido;
- Repetições do evento ao longo do período de monitoração;
- Outras ocorrências correlacionadas com o evento.

Para detectar os eventos relacionados com chuveiros, levou-se em consideração:

- Vazão inicial repentinamente elevada, tendendo a se uniformizar ao decorrer do evento;
- Tempo de duração do evento;
- Vazão instantânea característica ao evento;
- Volume despendido;
- Horário de ocorrência do evento.

Os outros consumos, tais como os de lavatórios e pias, foram desagregados e contabilizados, porém não puderam ser identificados, devido ao grande leque de possibilidades as quais estes eventos pudessem pertencer, gerando altos índices de incerteza. Como exemplo, pode-se citar a abertura de uma torneira de pia e uma torneira de um tanque de lavar roupas ou de uma pia e de um lavatório, sendo impossível distinguir um evento do outro. Os eventos não identificados foram denominados de *demais consumos*.

Na Tabela 19, onde a primeira coluna corresponde ao dia do monitoramento, a segunda coluna corresponde ao horário de medição e a terceira corresponde à vazão instantânea, pode-se verificar a desagregação do consumo de uma bacia sanitária com caixa acoplada. Nota-se que a vazão instantânea se comporta de forma característica, ou seja, quando há o acionamento da descarga, a bóia abaixa e se inicia a vazão de enchimento da caixa. Inicialmente esta vazão aumenta rapidamente (quando a bóia cai), na seqüência ocorre um patamar uniforme (a bóia está totalmente baixa), quando o volume de água dentro da caixa começa a subir, leva consigo a bóia, então nota-se que a vazão vai gradativamente cessando até preencher o volume total da caixa.

Além do comportamento da vazão instantânea, leva-se em conta o volume de água deste evento: como cada linha da tabela corresponde a três segundos de vazão, multiplicando-se cada vazão instantânea por três e somando-se tudo, resulta em um

volume de 6,06 litros, que está de acordo com o volume das caixas acopladas do edifício monitorado. Por último, verifica-se o tempo de duração do evento, que neste caso é de 36 segundos. Pode-se então afirmar que realmente este evento pertence a uma bacia sanitária. Para este caso específico, notou-se que a vazão mínima em 24 horas de monitoramento foi de 0,02 l/s, esta vazão foi constante, significando a ocorrência de vazamento. Esta tabela reproduz exatamente o formato dos dados que são obtidos pelo medidor ultrassônico, após tratamento dos dados em planilhas eletrônicas.

Tabela 19 – Desagregação de consumo convergindo em um acionamento de bacia sanitária com caixa acoplada

5/5/2006	13:59:33	0,02
5/5/2006	13:59:36	0,02
5/5/2006	13:59:39	0,02
5/5/2006	13:59:42	0,09
5/5/2006	13:59:45	0,18
5/5/2006	13:59:48	0,19
5/5/2006	13:59:51	0,20
5/5/2006	13:59:54	0,25
5/5/2006	13:59:57	0,25
5/5/2006	14:00:00	0,25
5/5/2006	14:00:03	0,23
5/5/2006	14:00:06	0,19
5/5/2006	14:00:09	0,17
5/5/2006	14:00:12	0,16
5/5/2006	14:00:15	0,09
5/5/2006	14:00:18	0,03
5/5/2006	14:00:21	0,02
5/5/2006	14:00:24	0,02
5/5/2006	14:00:27	0,02

A Tabela 20, na sequência, apresenta um exemplo de desagregação de consumo referente a um evento de acionamento de válvula de descarga.

Tabela 20 – Desagregação de consumo convergindo em um acionamento de válvula de descarga

26/05/2006	19:04:18	0,00
26/05/2006	19:04:21	0,00
26/05/2006	19:04:24	0,00
26/05/2006	19:04:27	0,00
26/05/2006	19:04:30	0,06
26/05/2006	19:04:33	1,52
26/05/2006	19:04:36	0,55
26/05/2006	19:04:39	0,00
26/05/2006	19:04:42	0,00
26/05/2006	19:04:45	0,00
26/05/2006	19:04:48	0,00
26/05/2006	19:04:51	0,00
26/05/2006	19:04:54	0,00

A Tabela 21, na seqüência, nos mesmos moldes da Tabela 19, mostra o evento de um banho com chuveiro elétrico. Inicialmente a vazão é nula, em seguida a vazão cresce e logo diminui, prolongando-se uniformemente e de forma constante ao longo do evento. Neste caso pode-se concluir que a alta vazão inicial foi ocasionada pelo seguinte fato: para o caso do chuveiro elétrico, o usuário inicialmente abre o registro de forma aleatória e sempre tendendo ao excesso, em seguida o usuário vai fechando gradativamente o registro até estabelecer uma vazão que possibilite um banho confortável em relação à temperatura da água.

A Tabela 21 não mostra toda a duração deste evento, pois ele se prolonga por 9 minutos e com vazão constante até o fim. Neste caso, para afirmar que se trata de banho, podem ser utilizados os fatos seguintes: a longa duração do evento, a vazão que é característica de um chuveiro elétrico (confirmada em laboratório e na literatura), o comportamento inicial de abrir o registro e fechar gradativamente até permanecer numa vazão constante (fato que se evidencia em todos os eventos com chuveiro elétrico), o horário do evento e o volume total de água despendido.

Tabela 21 – Desagregação de consumo convergindo em um banho – chuveiro elétrico

14/5/2006	19:03:57	0,00
14/5/2006	19:04:00	0,00
14/5/2006	19:04:03	0,00
14/5/2006	19:04:06	0,04
14/5/2006	19:04:09	0,07
14/5/2006	19:04:12	0,13
14/5/2006	19:04:15	0,10
14/5/2006	19:04:18	0,06
14/5/2006	19:04:21	0,06
14/5/2006	19:04:24	0,06
14/5/2006	19:04:27	0,06
14/5/2006	19:04:30	0,06
14/5/2006	19:04:33	0,06
14/5/2006	19:04:36	0,06
14/5/2006	19:04:39	0,06
14/5/2006	19:04:42	0,06
14/5/2006	19:04:45	0,06
14/5/2006	19:04:48	0,06
14/5/2006	19:04:51	0,06

Na Tabela 22, na seqüência, demonstra-se um exemplo de desagregação de consumos sobrepostos, ou seja, dois eventos ocorrendo ao mesmo tempo, fato que deve ser cuidadosamente analisado para que um evento não fique mascarado sob outro. A detecção de eventos sobrepostos pode se apresentar sob a forma de dois ou mais eventos ocorrendo ao mesmo tempo. Para detectar este fenômeno devem-se visualizar os consumos como um todo, de forma a analisar patamares de consumos constantes. Devem-se verificar os consumos pela constância de sua vazão, delimitando inícios e fins. Desta forma pode-se ver, numa seqüência de vazões, os eventos sobrepostos.

Uma ressalva deve ser feita quando ocorrem consumos sobrepostos: a soma dos consumos ocorrendo simultaneamente pode ser reduzido, ou seja, se um evento de chuveiro está ocorrendo com 0,06 L/s e simultaneamente se inicia um evento de bacia sanitária com 1,50 L/s, a leitura da demanda pode não ser simplesmente a soma de 0,06 L/s com 1,50 L/s, totalizando 1,56 L/s. Devido às perdas de carga, este valor tende a ser menor, porém, esta redução parece não ser significativa no caso deste trabalho.

Verifica-se na Tabela 22, que existe uma vazão constante em andamento e verifica-se também uma descontinuidade da vazão padrão constante, um patamar que diferencia dois consumos distintos. Na mesma tabela, mostra-se apenas um trecho do monitoramento, mas pela duração e vazão, conforme explicado anteriormente, pode-se identificar que ao fundo (em amarelo), acontece um evento com chuveiro elétrico. Subtraindo o trecho de vazão instantânea em azul do trecho em amarelo pode-se definir outro consumo de 3,63 litros (multiplicando a vazão instantânea por 3 segundos e somando), não uniforme, que caracteriza a abertura de uma torneira, à qual pode ser de lavatório, pia ou tanque. Para efeito deste trabalho, será definido como *demais consumos*.

A Tabela 23, na sequência, apresenta um exemplo de desagregação de consumo onde vários eventos estão ocorrendo simultaneamente, caso típico de edifícios, que possuem vários apartamentos abastecidos por uma mesma coluna de água.

Tabela 22 – Desagregação de consumo – dois eventos ocorrendo ao mesmo tempo

4/5/2006	20:54:21	0,06
4/5/2006	20:54:24	0,06
4/5/2006	20:54:27	0,06
4/5/2006	20:54:30	0,15
4/5/2006	20:54:33	0,23
4/5/2006	20:54:36	0,23
4/5/2006	20:54:39	0,23
4/5/2006	20:54:42	0,23
4/5/2006	20:54:45	0,23
4/5/2006	20:54:48	0,23
4/5/2006	20:54:51	0,18
4/5/2006	20:54:54	0,13
4/5/2006	20:54:57	0,13
4/5/2006	20:55:00	0,16
4/5/2006	20:55:03	0,26
4/5/2006	20:55:06	0,13
4/5/2006	20:55:09	0,06
4/5/2006	20:55:12	0,06
4/5/2006	20:55:15	0,06
4/5/2006	20:54:21	0,06
4/5/2006	20:54:24	0,06

Tabela 23 – Desagregação de consumo – três eventos ocorrendo ao mesmo tempo

5/5/2006	13:31:42	0,06
5/5/2006	13:31:45	0,06
5/5/2006	13:31:48	0,06
5/5/2006	13:31:51	0,14
5/5/2006	13:31:54	0,14
5/5/2006	13:31:57	0,14
5/5/2006	13:32:00	0,14
5/5/2006	13:32:03	0,14
5/5/2006	13:32:06	0,14
5/5/2006	13:32:09	0,17
5/5/2006	13:32:12	0,26
5/5/2006	13:32:15	0,27
5/5/2006	13:32:18	0,24
5/5/2006	13:32:21	0,20
5/5/2006	13:32:24	0,17
5/5/2006	13:32:27	0,14
5/5/2006	13:32:30	0,14
5/5/2006	13:32:33	0,09
5/5/2006	13:32:36	0,06
5/5/2006	13:32:39	0,06
5/5/2006	13:32:42	0,06
5/5/2006	13:32:45	0,06

Outros eventos facilmente identificados foram os vazamentos nas colunas monitoradas, estes caracterizaram suas ocorrências através de vazões constantes ao longo do período analisado, não cessando sua vazão nos horários de pequena probabilidade de ocorrência de eventos de consumo, como nas madrugadas. Vale salientar que, para o cálculo do volume de um evento através da vazão instantânea, foram descontadas as vazões relativas a estes vazamentos.

Com a decisão adotada de separar eventos relacionados às bacias sanitárias, chuveiros, demais consumos e vazamentos, foram dimensionados os tamanhos das amostras para bacias sanitárias e chuveiros, de acordo com as tipologias de edificações predefinidas.

A população de análise, constituída pela totalidade de unidades residenciais foi estratificada segundo a tipologia que pertencia. Primeiramente, a população total compreendida pela totalidade de unidades residenciais, foi subdividida em três grupos: residências unifamiliares, edifícios multifamiliares e sobrados. Portanto, o universo total

resultou em três populações distintas. Na seqüência, cada população foi estratificada segundo as classes de área útil predefinidas anteriormente. Para cada tipologia definida, foram dimensionados os tamanhos das amostras para chuveiros e bacias sanitárias.

4.7. Dimensionamento através da amostra piloto

De posse das amostras piloto, retiradas do Edifício Holanda³, foram efetuados cálculos estatísticos, de modo a preparar os dados para serem utilizados no dimensionamento das amostras.

As amostras “brutas”, obtidas inicialmente, pertenciam a uma seqüência de descargas de bacia sanitária com caixa acoplada e a uma seqüência de banhos com chuveiro elétrico.

Sobre as amostras “brutas”, foram aplicados métodos estatísticos para o refino das informações, de forma a obter dados com qualidade, para serem aplicados nas fórmulas para o cálculo do tamanho das amostras. Foi aplicada a técnica estatística de regressão linear simples nos dados iniciais. Esta técnica estabelece uma função entre os dados, criando variáveis dependentes e variáveis independentes. A partir desta relação, os dados que ultrapassaram a margem residual calculada foram excluídos do conjunto de dados; desta forma o desvio padrão dos elementos foi reduzido. As Figuras 6 e 7, na seqüência, mostram os gráficos de regressão linear utilizados nos cálculos.

³ Edifício Holanda, localizado na Av. Escola Politécnica, Bairro Jaguaré. Edificação com área útil de 50 a 150 m². Quatro apartamentos por andar, sendo nove pavimentos tipo. Bacias sanitárias com caixa acoplada e chuveiro elétrico. Apartamentos com um banheiro.

Figura 6. Primeira regressão linear efetuada na seqüência de dados da bacia sanitária

Figura 7. Primeira regressão linear efetuada na seqüência de dados do chuveiro elétrico

Com relação à regressão linear das bacias sanitárias, foram efetuadas interações até que a função entre duração e volume explicasse 76,4% da relação. Quanto à regressão linear dos chuveiros elétricos, as interações foram cessadas quando a função entre a duração e o volume justificou 84,3%. Estas porcentagens significaram que, quando estabelecidos os respectivos valores 76,4% e 84,3%, não existiram mais elementos fora do limite da margem residual, selecionando os elementos que seriam utilizados no

dimensionamento das amostras. Com relação à amostra piloto, foram excluídos dezenove, dos cinquenta e seis elementos das bacias sanitárias e cinco, dos dezessete elementos dos chuveiros elétricos.

- **Tamanho das amostras para chuveiros:**

Baseado na análise de regressão múltipla, a amostra piloto com eventos de chuveiros elétricos compreendeu 12 elementos. Os desvios-padrão foram de 4,42 minutos para a duração e 15,24 litros para o volume de banho. Ambos os coeficientes de variação ficaram com seus limites abaixo de 25%. O dimensionamento da amostra equivale a eventos de chuveiro monitorados por medidores e englobando também os questionários.

Garantiu-se que as estimativas médias de duração e volume dos eventos tivessem 95% de probabilidade de conter um erro global de 5%. O erro amostral absoluto máximo para as estimativas foi considerado para a pior situação, ou seja, para o elemento com maior desvio-padrão, que neste caso foi o volume de água dos banhos, considerou-se 3,5 litros. Este parâmetro está definido dentro do limite de tolerância do desvio padrão estimado, que é de quatro vezes o erro amostral absoluto máximo.

Logo, aplicando-se a expressão 4.13, em variação aos diferentes estratos, obteve-se o mesmo tamanho para as amostras:

Sendo:

$N = 594.252$ (universo – maior estrato)

$Z_{\alpha} = 1,96$ (para 95% de probabilidade)

$s = 15,24$ L (limite superior)

$e = 3,5$ L (limite do erro)

$\eta = 73$ eventos de chuveiro para cada estrato

O tamanho da amostra foi calculada para cada estrato, conforme as tipologias de edificações, porém as diferenças entre os tamanhos das amostras foi insignificante, variando apenas as casas decimais. Isto explica o fato de os estratos possuírem os mesmos tamanhos de amostras.

- **Tamanho das amostras para bacias sanitárias:**

A amostra piloto considerou neste caso eventos relacionados com bacias sanitárias com caixa acoplada de 6 litros. Baseado na análise de regressão múltipla, a amostra piloto com eventos de descargas com bacias sanitárias compreendeu 37 elementos. Os desvios-padrão foram de 8,72 segundos para a duração de enchimento do reservatório e 1,12 litros para o volume. Ambos os coeficientes de variação ficaram com seus limites abaixo de 25%. O dimensionamento da amostra equivale a eventos relacionados a bacias sanitárias monitorados por medidores.

Definiu-se que as estimativas médias de duração e volume dos eventos tivessem 95% de probabilidade de conter um erro global de 5%. O erro amostral absoluto máximo para as estimativas foi considerado para a pior situação, ou seja, para o elemento com maior desvio-padrão, que neste caso foi a duração do enchimento do reservatório acoplado, considerou-se o desvio padrão de 3 segundos. Este parâmetro está definido dentro do limite de tolerância do desvio padrão estimado, que é de quatro vezes o erro amostral absoluto máximo.

Logo, aplicando-se a expressão 4.13, em variação aos diferentes estratos, obteve-se o mesmo tamanho para as amostras:

Sendo:

$N = 594.252$ (universo – maior estrato)

$Z_{\alpha} = 1,96$ (para 95% de probabilidade)

$s = 8,72$ s (limite superior)

$e = 3 \text{ s}$ (limite do erro)

$\eta = 33$ eventos de bacia sanitária para cada estrato

4.8. Questionários

Os questionários foram aplicados com o intuito de coletar informações relativas ao consumo de água residencial. Estas informações contemplam dez categorias de questionamentos: 1 – Localização (compreende a localização do imóvel), 2 – Renda (informações sobre a renda da família e valor do imóvel), 3 – Apartamento (questiona número de quartos, banheiros, área do apartamento e idade do edifício), 4 – Lavatórios (informações técnicas sobre lavatórios), 5 – Pias (informações técnicas sobre pias), 6 – Bacias Sanitárias (informações técnicas sobre bacias sanitárias), 7 – Chuveiros (informações técnicas sobre chuveiros), 8 – Complementares (informações sobre outros aparelhos sanitários e frequências de usos), 9 – Família e Hábitos (informações sobre costumes dos moradores), 10 – Gérias (informações relevantes sobre uso racional da água).

Para o dimensionamento da quantidade de questionários a serem aplicados no setor residencial, levou-se em consideração a subdivisão das unidades residenciais em três estratos: 1) Residências unifamiliares, 2) Edifícios multifamiliares e 3) Sobrados. O questionário possui 48 perguntas e 247 alternativas de respostas, logo, fazendo-se uma média obteve-se aproximadamente 5 alternativas por pergunta. O modelo de questionário para edifícios encontra-se no Apêndice A.

Por não se dispor de dados de questionários obtidos anteriormente em pesquisa similar, levou-se em consideração que a proporção de entrevistados que respondem às 5 alternativas são iguais, ou seja, 20% para cada uma das 5 alternativas.

Através da equação:

$$n = \frac{z^2 \times p \times (1 - p)}{e^2} \quad (4.14)$$

foram realizadas cálculos de tamanho de amostras para vários níveis de confiança e margens de erros até chegar a um tamanho de amostra que fosse compatível com o tempo disponível da pesquisa. Logo, sabendo-se que se trata de uma população infinita e admitindo-se uma margem de erro de 15% e um nível de confiança de 90%, chegou-se ao tamanho da amostra:

$$n = 100 \text{ questionários por estrato}$$

Logo, aplicou-se 100 questionários em edifícios multifamiliares, 100 questionários em residências unifamiliares e mais 100 questionários em sobrados, totalizando 300 questionários aplicados.

4.9. Instrumentação

Para efetuar a medição e monitoramento do consumo de água nas diversas tipologias de habitações residenciais, fez-se necessária a utilização de instrumentação específica. Inicialmente pensou-se em utilizar apenas hidrômetros, que seriam instalados nas prumadas hidráulicas de interesse, porém foi constatado que em certas ocasiões faria-se necessário o uso de um equipamento não intrusivo, pois iriam existir situações em que o proprietário ou síndico do imóvel não aceitaria que as tubulações hidráulicas de sua edificação fossem seccionadas, além de existir situações onde não poderiam ser instalados os hidrômetros por motivos técnicos. Devido a estes fatos, foi adquirido um medidor ultrassônico de vazão não intrusivo.

Além da instrumentação de medição, foi necessária a utilização de equipamentos registradores de dados, pois os aparelhos de medição ficariam coletando dados de

vazão nas edificações por um período de sete dias. De acordo com esta necessidade e baseado em conceitos de telemetria, foram adquiridos módulos transmissores, os quais fariam o registro dos dados e os enviariam até o local do leiturista via telefonia celular, evitando que o pesquisador se deslocasse até o local da medição todos os dias para descarregar os dados dos registradores. A instrumentação utilizada neste trabalho será descrita na seqüência.

4.9.1. Hidrômetros

Hidrômetros são instrumentos destinados a medir o volume de água que o atravessa. De acordo com Tamaki (2003), os hidrômetros são medidores mecânicos, ou seja, seu princípio de funcionamento baseia-se no movimento de algum mecanismo sob ação hidrodinâmica.

São classificados em volumétricos ou velocimétricos. Os hidrômetros volumétricos são providos de pistão ou disco, os quais rotacionam deixando passar um volume definido de água a cada volta completa, possuem a característica de permitir a passagem de um volume fixo de água. Os hidrômetros velocimétricos, também chamados de taquimétricos, são providos de uma turbina, caracterizando seu funcionamento pela contagem do número de rotações da turbina. Neste caso, existe uma relação entre a volta completa da turbina e o volume de água escoado. Os hidrômetros velocimétricos ainda se subdividem em 3 grupos: monojatos, multijatos e Woltmann.

O que diferencia um hidrômetro velocimétrico monojato de um multijato é a forma pela qual o jato de água incide na turbina, quando no hidrômetro incide apenas um jato tangencial de água na direção perpendicular ao eixo da turbina, este se classifica como monojato; quando no hidrômetro incidem múltiplos jatos tangenciais de água, este se classifica como multijato. O hidrômetro velocimétrico tipo Woltmann diferencia-se dos outros dois grupos pelo fato da direção do fluxo de água ser ortogonal ao plano da turbina.

As normas brasileiras definem três classes de precisão para os hidrômetros: A, B e C. Esta classificação define a precisão de medição dos hidrômetros para as baixas vazões. A classe mais precisa é a C, depois a B e por último a classe A. Atualmente no Brasil, a classe metrológica mais usada é a classe A, sendo usados também muitos da classe B, recentemente inicia-se o uso da Classe C.

Os hidrômetros e aparelhos de aquisição utilizados na pesquisa foram adquiridos depois de estudos para compatibilização dos mesmos. Os hidrômetros deveriam possuir saída pulsada, para que os aparelhos de aquisição (data-loggers) pudessem efetuar de maneira eficiente e confiável a leitura dos dados. Os hidrômetros utilizados nas medições foram os velocimétricos de classe B, com geração de um pulso a cada dez litros.

Figura 8. Foto de um hidrômetro velocimétrico classe B com saída pulsada

4.9.2. Módulo Transmissor

Utilizando-se da tecnologia de telemetria, este aparelho basicamente consiste num módulo Global System for Mobile Communications / General Packet Radio Service

(GSM/GPRS) com memória, modem e software embutido; capaz de disponibilizar acesso remoto aos dispositivos a ele conectados através da rede de telefonia celular. A interface de entrada de dados dispõe de até três canais, ou seja, são capazes de gerenciar até três hidrômetros a ele conectados. Em seu interior, fica alocado um chip GSM de celular. Este chip é responsável pelo envio de dados através da rede de telefonia celular até o computador onde fica instalado o software que faz a comunicação com o módulo transmissor.

O seu funcionamento se dá através do registro de pulsos, ou seja, um hidrômetro conectado a ele gera, através do *reed switch*, pulsos de 4 a 20mA; estes pulsos são transmitidos ao módulo transmissor, os quais são armazenados em sua memória não volátil. A memória do módulo pode ser programada, ficando a critério do programador o estabelecimento dos parâmetros intervenientes ao registro dos pulsos.

De períodos em períodos pré-estabelecidos, o leiturista faz uma ligação de celular, através do computador, ao número do chip acoplado ao módulo transmissor. Após estabelecida a conexão, os dados referentes ao registro de pulsos são transmitidos, via rede GSM, da memória do módulo transmissor até o computador do leiturista.

Os dados transmitidos ao computador chegam com o registro de todos os pulsos, correlacionados com a data e horário em que estes pulsos foram gerados. Com estas informações e com um software específico, o leiturista pode manipular tecnicamente os dados.

Os módulos transmissores utilizados neste trabalho são do modelo *RS2000 e-Power*, com capacidade para armazenagem de 80.000 registros. Foram adquiridos da empresa CAS-Tecnologia S/A. Especificamente para esta pesquisa, a empresa CAS desenvolveu um módulo transmissor com intervalo de tempo programado para fazer as leituras de minuto a minuto, para se obter uma maior precisão nos dados de leituras de vazão.

Figura 9. Foto de um módulo transmissor

4.9.3. Medidor Ultrassônico

O medidor ultrassônico é um aparelho destinado à medição de vazão e velocidade de fluidos, através da tecnologia de tempo de trânsito, que será definida na sequência. O medidor possui dois transdutores, os quais são fixados sob pressão na parede da tubulação onde se pretenda efetuar a medição. Um transdutor fica fixado a montante ao fluxo do líquido e o outro a jusante.

As ondas sonoras emitidas por estes transdutores viajam no líquido com uma velocidade específica, dependendo do tipo de líquido que esteja fluindo no interior da tubulação. Se o líquido estiver se movendo, a onda sonora viaja a uma velocidade igual à soma da velocidade do som no líquido e a velocidade do próprio líquido relativo ao transdutor. Uma onda sonora que viaja no mesmo sentido do fluxo do líquido chega mais rápido do que uma onda sonora que viaja de encontro ao fluxo. Um medidor ultrassônico opera medindo o tempo de trânsito de cada uma das ondas sonoras e a diferença do tempo requerido para as ondas viajarem até os transdutores, uma viajando

a montante e a outra viajando a jusante. Baseado nesta diferença de tempo, o medidor calcula a velocidade média do fluido (Thermo Electron Corporation, 2003).

Uma vez que o tempo de trânsito diferencial é calculado, diversas variáveis adicionais devem ser levadas em consideração. Estas variáveis são calculadas pelo medidor a partir das informações que são fornecidas pelo usuário do aparelho. Depois de calculada a velocidade média do líquido, levando em consideração todas as variáveis intervenientes, o medidor multiplica a área da seção transversal do tubo pela velocidade média para obter a vazão (Thermo Electron Corporation, 2003).

O modelo do medidor ultrassônico adquirido para esta pesquisa foi o DCT7088 fabricado pela empresa Thermo Electron Corporation. É um medidor portátil não intrusivo com tecnologia de tempo de trânsito.

Figura 10. Foto do medidor ultrassônico de vazão

Este medidor conta com uma memória interna com capacidade para 40.000 registros. É possível com este aparelho programar o sistema de registro interno de dados, ou seja, basta definir a data e hora para início da gravação dos dados e a data e hora para o fim

da gravação, além do intervalo de gravação, que o aparelho grava em sua memória interna a vazão juntamente com a data e hora em que esta vazão foi medida. Em seguida basta interligar o aparelho num computador para descarregar os dados em um software específico deste medidor ultrassônico.

4.9.4. Aferição dos Equipamentos

Foram realizados diversos testes para aferição dos equipamentos utilizados na pesquisa. Estes testes foram feitos no Laboratório de Ensaaios Horizontais da USP, e tiveram o intuito de verificar o grau de incerteza, ou seja, a confiabilidade da instrumentação, garantindo desta forma a qualidade dos resultados finais.

No Laboratório de Ensaaios Horizontais, logo abaixo do barrilete hidráulico, foi construída uma bancada hidráulica, onde foi instalado um hidrômetro de $\frac{3}{4}$ " seguido de uma torneira. A montante desta bancada estão instalados diversos equipamentos de precisão, entre eles estão manômetros e medidores eletrônicos de vazão. As fotos apresentadas na seqüência ilustram a bancada hidráulica do laboratório.

Figura 11. Foto da bancada hidráulica do Laboratório de Sistemas Prediais

Figura 12. Foto da bancada construída para aferição dos hidrômetros

Em primeira etapa, foram realizados testes visando verificar a compatibilidade entre o hidrômetro e o módulo transmissor. Partindo deste pressuposto, foi conectado ao hidrômetro de $\frac{3}{4}$ " o módulo transmissor, o qual foi configurado e zerado com o auxílio de um notebook.

Os hidrômetros utilizados nesta pesquisa emitem um pulso a cada 10 litros, portanto foi utilizado neste teste, um recipiente calibrado para reter 10 litros de água, este volume de água foi confirmado com o auxílio de uma balança de precisão. Após esta etapa, foram realizados diversos testes com o hidrômetro e os dois medidores eletrônicos de precisão auxiliares, verificando a vazão de água que passava pela torneira e o tempo necessário para preencher o recipiente com 10 litros. Quando o recipiente era preenchido completamente, anotava-se a data e a hora daquele instante, pois pretendia-se verificar mais tarde o registro de pulsos por parte do módulo transmissor. Foram também realizados testes para baixas vazões, ou seja, abria-se a torneira de

modo que passasse uma vazão de 0,001 L/s (gotejando). Foram repetidos estes testes durante quatro dias.

Depois de terminados os testes hidráulicos, foram transferidos os dados do módulo transmissor, através de telemetria, para o *notebook* onde se encontrava o *software* que faz a leitura dos registros. Comparando-se o relatório, o qual consta o histórico das aberturas da torneira, data, hora, vazão e volume, com os dados registrados, verificou-se que todos os pulsos estavam correlatos com os registros. Foi aferido também o tempo de registro de dados e o *looping* da memória do transmissor. Portanto, foi verificada a confiabilidade do sistema de telemetria.

Figura 13. Medidor ultrassônico em fase de testes no laboratório

Na seqüência, de maneira análoga à primeira etapa de aferição, foram realizados testes para verificar a precisão e a confiabilidade do medidor ultrassônico. Os transdutores foram alocados a montante de dois medidores de precisão da bancada hidráulica. Um deles é o medidor eletromagnético modelo Altometer e o outro é o medidor mássico modelo Rotamass.

O medidor mássico consegue medir a maioria dos fluidos: multifásicos, líquidos com alta viscosidade, líquidos misturados com gás, além de gases. O funcionamento físico deste medidor baseia-se no efeito Coriolis⁴. O fluido quando passa através do medidor possui uma velocidade angular gerada pela excitação dos tubos de medição através de uma bobina de excitação. Essa velocidade angular acelera o fluido aumentando a sua velocidade periférica. A força gerada por este aumento de velocidade periférica é chamada Força Coriolis. Esta força causa deformação nos tubos de medição e esta deformação é captada por sensores. Desta forma, a diferença dos ângulos de fase gerada nos tubos quando o fluido escoar é proporcional a quantidade de massa que passa pelos tubos (COM..., 2005).

O medidor eletromagnético tem seu uso restrito a líquidos condutores de eletricidade. O seu princípio de funcionamento é baseado na Lei de Faraday⁵. Quando um condutor elétrico se move em um campo magnético, cortando as linhas de campo, forma-se uma força eletromotriz no condutor, proporcional a velocidade do condutor. Sendo assim, a tensão induzida no meio é diretamente proporcional à velocidade média do fluxo. Então a força eletromotriz induzida é função da velocidade do líquido, que é proporcional a vazão volumétrica de saída (COM..., 2005).

Com estes instrumentos de medição, foram realizados cinco ensaios, analisando o medidor ultrassônico, o medidor eletromagnético e o medidor mássico.

⁴ Gustave-Gaspard Coriolis foi um matemático e engenheiro francês. Ficou conhecido principalmente pelo teorema da mecânica que leva seu nome e pela força de Coriolis.

⁵ Michael Faraday foi um químico, filósofo e estudioso da eletricidade, britânico, Faraday é considerado o maior físico experimental de todos os tempos, tendo centenas de publicações sem utilizar sequer uma equação matemática.

O erro médio de 3,69% no medidor eletromagnético, na Tabela 24, pode ter sido causado por problemas de calibração no instrumento, pois se trata de um aparelho de precisão.

Com o decorrer das medições em campo, os equipamentos vão sofrendo desgastes e interferências físicas, e podem vir a descalibrar. Baseado nisso, após as medições dos quatro primeiros edifícios, o medidor ultrassônico foi instalado novamente no laboratório, onde passou por uma nova bateria de testes de aferição. Constatou-se que sua precisão permaneceu inalterada. Desta forma foi possível garantir a confiabilidade dos dados de medição obtidos. O certificado de calibração do medidor ultrassônico encontra-se no ANEXO 1.

4.10. Telemetria

Telemetria é a tecnologia utilizada para transferir e processar dados a distância, com ou sem fio. Esta modalidade de transferência de dados geralmente é utilizada quando se necessita monitorar equipamentos a distância ou em locais de difícil acesso.

Para o caso do gerenciamento de medidores de insumos prediais, a telemetria proporciona rapidez e precisão na obtenção de dados, uma vez que as leituras realizadas *in loco* podem ser falhas. Os principais insumos prediais monitorados hoje em dia são a água, a energia elétrica e o gás.

Segundo Rozas (2002), o conceito de telemedição surgiu no século XIX, mas somente agora está sendo difundida. O avanço desta modalidade de transmissão de dados deve-se ao fato do avanço no desenvolvimento tecnológico da eletrônica e informática e com a redução dos custos dos equipamentos eletrônicos.

Tamaki (2003), comenta que no início, a telemedição era uma tecnologia direcionada às atividades industriais, exercendo controle e monitoramento de diversos processos.

Nos dias atuais, o conceito de telemedição vem se alastrando rapidamente, principalmente nos grandes centros urbanos. Esta tecnologia vem sendo aprimorada e aplicada nos setores industriais, comerciais e residenciais. A utilização da telemedição em condomínios residenciais vêm sendo aplicada em larga escala, principalmente pelo incentivo que as concessionárias de insumos vêm oferecendo ao setor. O gerenciamento de energia elétrica e gás nos condomínios já vêm dando ênfase à telemetria há algum tempo; recentemente esta tecnologia vem sendo desenvolvida para o monitoramento e gestão do consumo de água no setor residencial.

Neste trabalho, a telemetria foi utilizada para transferir os dados de consumo de água dos locais de medição na cidade de São Paulo para o Laboratório de Sistemas Prediais (LSP), onde se encontrava a central de processamento de dados. Com a utilização de um modem e módulos transmissores, foi possível transferir os dados de leitura com facilidade e confiabilidade, evitando que o pesquisador fosse diariamente ao local de medição. Sendo assim, o deslocamento do pesquisador só foi necessário para instalar os equipamentos e retirá-los, após decorridos sete dias de monitoramento.

4.11. Levantamento de Dados em Campo

O levantamento de dados em campo foi realizado com a ajuda de profissionais habilitados: pedreiros, encanadores e entrevistadores. Foi necessária também a utilização de um veículo para transportar equipamentos, materiais, profissionais e pesquisadores por toda a cidade de São Paulo.

A etapa mais árdua da pesquisa foi em obter autorizações para adentrar nas edificações e instalar os equipamentos de medição. As edificações foram escolhidas conforme as três tipologias pré-definidas.

4.11.1. Residências Unifamiliares

As residências unifamiliares são as mais difíceis de se obter autorização, devido ao receio dos moradores com relação à segurança e também devido à invasão de privacidade. Uma vez obtida autorização, os instrumentos de medição foram instalados logo abaixo do telhado, na saída da caixa d'água, em tubulações que geralmente abasteciam apenas um aparelho sanitário. Em seguida, os questionários foram aplicados aos moradores.

Esta tipologia de edificação fornece os melhores dados referentes ao consumo residencial, a desagregação do consumo é mais fácil e mais precisa. A qualidade dos dados obtidos deve-se ao fato das tubulações monitoradas abastecerem um número pequeno de aparelhos sanitários e de haver também um número pequeno de usuários do sistema.

4.11.2. Edifícios Multifamiliares

Os edifícios multifamiliares formaram um caso atípico, ou seja, foram obtidas autorizações para o monitoramento com facilidade. Em todos os edifícios selecionados foram obtidas autorizações para a realização do estudo. Os síndicos e gerentes de condomínios deram total apoio, disponibilizando funcionários para auxiliar, projetos hidráulicos e informações sobre histórico de consumos.

A maior parte dos condomínios monitorados possuíam algum tipo de problema com relação ao consumo excessivo de água. Então os condomínios tinham interesse no estudo deste trabalho, pois seriam disponibilizados a eles toda a análise de consumo de água do condomínio, além da verificação de vazamentos em tubulações e aparelhos sanitários.

Os medidores foram instalados no barrilete superior dos edifícios, sem que ocasionasse transtornos aos condôminos. As colunas hidráulicas monitoradas geralmente

abasteciam uma grande quantidade de apartamentos, porém foram escolhidas sempre as colunas que abasteciam a menor quantidade de aparelhos sanitários. Em seguida, com o auxílio de um entrevistador e conforme o dimensionamento da amostra estatística, foram aplicados questionários aos moradores.

4.11.3. Sobrados

Os sobrados formam um caso análogo às residências unifamiliares. Pertencem a uma tipologia difícil de se obter autorização. Os instrumentos são instalados na saída da caixa d'água e os questionários são aplicados aos moradores através dos entrevistadores. Estas edificações fornecem dados com qualidade relevante, devido aos mesmos motivos das residências unifamiliares.

4.12. Verificação de Vazamentos

Os vazamentos são perdas físicas do sistema de abastecimento de água, muito comuns nas edificações residenciais. Classificam-se em vazamentos visíveis e não-visíveis. Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente detectados pelos usuários e os não-visíveis são os dificilmente detectados pelos usuários (OLIVEIRA, 1999).

Em grande parte das edificações, estes vazamentos estão camuflados no consumo total de água, os quais passam despercebidos, contribuindo para o aumento do consumo. Geralmente, as edificações mais antigas são as que mais apresentam ocorrências deste tipo de patologia.

Segundo Gonçalves et al. (2000), o primeiro indício de vazamento de água potável em sistemas hidráulicos é o aumento dos valores de consumo de água sem uma causa justificada.

Muitas são as causas deste efeito deletério e muitos são os locais onde os vazamentos acontecem. Edificações com tubulações sujeitas à corrosão possuem grande probabilidade de apresentar vazamentos em função do tempo. Outra causa muito freqüente de vazamentos está no funcionamento inadequado dos aparelhos sanitários, em destaque, as bacias e válvulas sanitárias. Com relação aos vazamentos nas tubulações, estes se apresentam com maior freqüência no ramal de alimentação e tubulações enterradas. Outros locais em potencial são os extravasores de água, localizados nas caixas d'água e bacias sanitárias.

Segundo Oliveira (1999), há vários fatores que influenciam o surgimento de vazamentos em sistemas hidráulicos prediais, dentre eles destacam-se: pressão hidráulica, condição da tubulação, tipo de solo, materiais, componentes e execução, idade do sistema, práticas de operação e de manutenção.

Para obter o consumo real de água nas edificações residenciais, foi necessário inicialmente verificar a existência de vazamentos. Foi o primeiro passo para o monitoramento do consumo nas três tipologias residenciais.

O primeiro passo foi realizar o teste de vazamento no alimentador predial, tubulação que vai do hidrômetro da concessionária até o reservatório superior ou inferior. Para se realizar este teste, primeiramente amarra-se a bóia da caixa d'água, de forma a estancar o abastecimento, em seguida faz-se a leitura do hidrômetro. Espera-se um tempo, geralmente mais de três horas; em seguida faz-se nova leitura no hidrômetro. Caso as duas leituras sejam iguais é sinal de que não há vazamentos, caso contrário, existe fuga de água na tubulação.

Outra etapa a ser seguida consiste em verificar se o extravasor da caixa d'água apresenta ruídos ou vibrações decorrentes da passagem de água, sinal que pode significar desperdício de água para a rede de águas pluviais.

A etapa mais difícil da detecção de vazamentos só é diagnosticada após a instalação do medidor nas tubulações prediais internas: é o vazamento por parte dos aparelhos sanitários. Após obtida a curva de demanda dos sete dias, facilmente é verificada a

existência de vazamentos. Geralmente este problema é verificado durante a madrugada, onde o consumo doméstico é próximo a zero. Se nos sete dias de monitoramento existir consumo constante durante a madrugada é sinal de que há vazamentos a jusante da tubulação. Caso este problema for confirmado, deve haver uma intervenção no edifício de forma a diagnosticar e corrigir o desperdício de água. Após a correção do problema, os instrumentos de medição são programados novamente para realizar a medição por mais sete dias.

4.13. Caracterização da Demanda de Água

A caracterização da demanda é ferramental indispensável ao entendimento generalizado de como se dá o consumo. O conhecimento e o entendimento do fenômeno do consumo doméstico de água configura-se como o dado de caráter elementar a partir do qual se alicerça o quadro de caracterização da demanda.

A caracterização do consumo de água de uma determinada tipologia predial pode ser definida como sendo o conhecimento adquirido do ciclo de hábitos de seus usuários perante os consumos desagregados finais, somado às perdas ocasionadas por problemas físicos do sistema.

O estudo de caracterização da demanda residencial de água foi elaborada baseando sua metodologia em dois segmentos distintos:

- Monitoração do consumo de água em função do tempo;
- Aplicação de questionários.

Com relação ao monitoramento do consumo de água em função do tempo, fez-se o uso dos equipamentos mencionados no item que trata da instrumentação. Foram instalados medidores de consumo de água em pontos específicos das edificações analisadas. Junto com estes medidores, foi instalado um aparelho registrador de dados, o qual

permitia a leitura das vazões em função do tempo. O período de medição foi de sete dias para cada edificação, englobando desta forma todos os dias da semana.

Os locais previstos para o monitoramento das vazões dentro das edificações foram, sempre que possível, as colunas ou ramais que abastecessem a menor quantidade de aparelhos sanitários, pois quanto menos aparelhos sanitários influenciando na vazão, mais fácil seria a desagregação dos consumos. Em residências unifamiliares, os hidrômetros foram instalados nas colunas que abastecem os aparelhos sanitários, na maioria dos casos, os hidrômetros monitoravam apenas um aparelho sanitário. Nos edifícios de apartamentos, o medidor ultrassônico foi instalado logo após o barrilete, nas colunas que abastecem os apartamentos, geralmente em tubulações que abasteciam apartamentos inteiros, em alguns casos foi possível monitorar colunas que abasteciam apenas banheiros, outras apenas cozinhas e áreas de serviço. Era sabido que, quanto menor fosse a quantidade de aparelhos sanitários medidos a jusante do medidor, melhor seriam em termos de qualidade os dados obtidos, maior seria a precisão dos resultados e mais fácil seria desagregar as vazões demandadas.

Decorridos sete dias de monitoramento, os dados registrados eram transferidos para o computador, em formato de planilha do Excel. A partir destes dados eram gerados gráficos e tabelas com cálculos estatísticos.

O instrumento de medição que oferecia maior precisão nos dados de demanda era o medidor ultrassônico, pois ele registrava a vazão instantânea. Já os hidrômetros emitiam apenas pulsos, cada pulso registrado significava o consumo de 10 litros, dificultando o trabalho de desagregação do consumo. Por este motivo, o medidor ultrassônico foi o instrumento utilizado para gerar dados para desagregação de consumo. Os hidrômetros foram utilizados apenas para medir o volume total consumido durante o período de sete dias.

Para realizar a desagregação dos dados de demanda, era necessário o registro de dados num intervalo de 3 segundos, pois alguns aparelhos sanitários tinham seu funcionamento delimitado por um tempo curto de utilização, como é o caso das válvulas de descarga e aberturas de torneiras.

A metodologia estabelecida para este trabalho previa medições que contemplassem os sete dias da semana, porém, a memória do medidor ultrassônico era capaz de armazenar apenas 40.000 registros. Sendo assim, o intervalo mínimo de registro de dados seria de 16 segundos, um problema, se pensarmos que algumas vazões demandadas poderiam ficar mascaradas dentro deste intervalo, sem que fossem registradas. Foi pensado então em diminuir o período de medição de sete para quatro dias, sendo assim o intervalo de registro poderia ser diminuído de 16 para 9 segundos. Porém, os dados coletados seriam incompletos e com margens de erro elevadas, pois existem variações no ciclo de consumo diário com relação aos dias da semana; como exemplo pode-se citar a variação que existe entre o consumo da sexta-feira para o consumo de sábado, os hábitos do fim de semana são atípicos se comparados aos dias úteis da semana. Concluiu-se que era indispensável o monitoramento das vazões durante todos os dias da semana.

Partindo desta conclusão, foi estabelecido que inicialmente o medidor ultrassônico iria monitorar os sete dias da semana com o intervalo de 16 segundos. Os dados gerados com este intervalo iriam gerar suporte para a desagregação do consumo, uma vez que seria possível distinguir os ciclos diários de consumo com relação às variações da semana.

Após o monitoramento dos sete dias de consumo na edificação, o medidor ultrassônico seria reiniciado e o intervalo de registro seria modificado para 3 segundos. Em seguida, o medidor passaria a monitorar a edificação por um período de 24 horas. Os dados gerados neste período de um dia, de três em três segundos, seriam utilizados para a efetiva desagregação do consumo.

Teríamos então a desagregação completa do consumo no intervalo de um dia e com grande confiabilidade, pois os dados gerados no intervalo de 3 segundos seriam precisos. Em seguida, de posse da desagregação completa de um dia e de posse das variações diárias de consumo durante os sete dias, foi realizado um estudo de correlação, estendendo a desagregação de um dia para os sete dias da semana, de acordo com as variações intervenientes no ciclo semanal. Obteve-se então, no quesito

monitoração do consumo, a desagregação total do consumo durante um período de uma semana.

Com relação à aplicação de questionários, foram desenvolvidos três modelos diferentes, um para aplicação em edifícios, outro para aplicação em residências térreas e outro para aplicação em sobrados.

Segundo Santos (2002), os questionários têm por objetivo, avaliar as influências do comportamento do usuário, do desempenho dos sistemas prediais hidráulicos, da sazonalidade, entre outras variáveis, sobre o consumo de água.

A caracterização de demanda passa por um conhecimento dos hábitos de consumo ligados a contextos culturais particulares. É fácil perceber que, embora o uso da água tenha uma característica universal de essencialidade para a sobrevivência da espécie humana, a forma como diversas culturas estabelecem seu uso é bastante variável. Observam-se variações ao longo do tempo, segundo estratos diversos de classes sociais e econômicas, de acordo com padrões regionais diversos e segundo uma série de outros fatores. Um exemplo de diferenciação de padrão cultural é o do uso do chuveiro. Enquanto que em determinadas regiões, dependendo do clima e de outros traços culturais do usuário, como o tipo de trabalho, ocorre um banho *per capita* por dia, com a alteração de algumas variáveis podem ocorrer dois banhos *per capita* por dia.

O uso associado à área de serviço, aos demais pontos de consumo do banheiro etc. também mostrariam diferenças significativas. Em suma, o conhecimento do perfil de consumo é atividade obrigatória para que programas de economia de água alcancem sucesso, maximizando os benefícios.

Os questionários foram desenvolvidos com base em critérios correlacionados às necessidades de suprimento de informações referentes às incógnitas advindas do estudo da desagregação do consumo residencial. Foram estudados vários indicadores necessários para avaliar os hábitos dos moradores que porventura influenciam no consumo de água. Estes indicadores foram formulados em um questionário, em uma linguagem acessível, de modo que não deixassem margens para dúvidas.

Em seqüência, o questionário abordou perguntas sobre o nome do morador, localização do imóvel, renda familiar, aspectos físicos do imóvel, informações sobre os lavatórios, pias, bacias sanitárias, chuveiros e aparelhos sanitários complementares, hábitos da família e informações gerais. Os modelos de questionários aplicados em campo estão dispostos nos apêndices desta dissertação.

De posse das desagregações de consumo de água e dos dados obtidos no questionário, foi possível correlacionar os consumos medidos fisicamente e os consumos supostos pelos moradores através de seus hábitos.

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os principais resultados da metodologia aplicada deste trabalho. Aqui são expostos os dados obtidos das medições de vazão em campo para todas as tipologias de edificações e as informações obtidas através da análise da aplicação dos questionários. Além destes, apresenta-se toda a análise realizada, o tratamento dos dados e os comentários.

5.1. Medições Experimentais

- **Edifício Quatiara**

Os primeiros dados de medição de vazão foram obtidos no edifício Quatiara⁶. Edifício residencial, composto de 21 pavimentos-tipo e 4 apartamentos por andar, cada apartamento possui 75,00 m² de área útil. O prédio foi construído em 1974, apresenta sistema de aquecimento central e todas as tubulações são de cobre, inclusive as de água fria.

Ao tentar instalar os equipamentos de medição, notou-se que o layout de distribuição do barrilete não permitia a instalação do medidor ultrassônico em colunas específicas. Não existia espaço suficiente para a instalação dos transdutores, uma vez que, para a instalação dos transdutores, é necessário um espaço na tubulação de cinco vezes o diâmetro a jusante e dez vezes o diâmetro a montante. Tal fato descartou a hipótese da inclusão dos dados deste edifício neste trabalho. Porém, seria interessante monitorar o consumo para adquirir experiência em medições de campo. Para isso, foi instalado o equipamento na tubulação principal do barrilete, responsável pelo abastecimento de toda a água fria do edifício, pois neste caso havia espaço para instalação do medidor. Para a alocação do medidor foi necessário quebrar a parede até deixar à mostra o trecho da coluna de água.

⁶ Edifício Quatiara, localizado na avenida Caxingui, Butantã, zona oeste da cidade de São Paulo.

Figura 14. Fachada do edifício

Figura 15. Esquema do barrilete

Figura 16. Corte na parede expondo a tubulação principal

Figura 17. Transferência de dados do medidor ultrassônico para o notebook

O edifício foi monitorado por um período de sete dias, onde a vazão instantânea foi gravada em uma planilha a cada dezesseis segundos. Neste período, foram realizados alguns testes no edifício para a verificação de vazamentos no exterior do prédio.

Após o término do monitoramento, os dados foram transferidos para o computador, e neste, os dados foram tratados e analisados. Na análise do gráfico de demanda da água fria, verificou-se que em nenhum momento a vazão chegou a zero, a vazão mínima registrada foi de 0,13 l/s, a vazão máxima foi de 3,19 l/s e o consumo total foi de 407.129 litros. Mesmo no período da madrugada, a vazão mantinha-se num patamar constante.

Concluiu-se que o edifício estava com vazamento. Como foi verificado que não existiam vazamentos em seu exterior, logo, o vazamento poderia estar ocorrendo no interior dos apartamentos, mais especificamente nos aparelhos sanitários. Após reunião do condomínio, o zelador foi encarregado de verificar os aparelhos sanitários de todos os apartamentos.

Verificando os apartamentos, foram detectados vazamentos em quase todas as bacias sanitárias, estavam ocorrendo pequenos vazamentos nas válvulas de descarga. A soma destes pequenos vazamentos totalizava aproximadamente 330 m³ por mês. Após reunião condominial, foram tomadas medidas intervencionistas no edifício, onde as válvulas com problemas foram devidamente reguladas.

Após decorrido um mês da intervenção, foram comparadas as contas de água do edifício, emitidos pela SABESP, onde constatou-se uma redução de até 50% no consumo de água.

Em uma segunda etapa, o medidor foi instalado no barrilete de água quente para verificar se existiam vazamentos, após sete dias e adotando os mesmos procedimentos que para a água fria, concluiu-se que não havia vazamentos, uma vez que a vazão chegava constantemente a zero. O volume total de água quente consumido durante os sete dias foi de 76.388 litros.

Nos gráficos das Figuras 18 a 19, apresentam-se os registros de demanda de água quente e o registro de demanda de água fria do edifício. Nestes, pode-se notar vários ciclos, que correspondem aos dias da semana, pode-se notar também que em nenhum momento a vazão chega a zero.

Figura 18. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Quatiara (Período de 7 dias)

Figura 19. Gráfico de demanda de água quente no Edifício Quatiara (Período de 7 dias)

- **Edifício Les Jardins des Jardins**

O segundo edifício monitorado foi o Les Jardins des Jardins⁷, condomínio constituído por 3 torres de 21 pavimentos cada e 2 apartamentos por andar, com áreas superiores a 150 m² de área útil. O prédio possui sistema central de aquecimento de água e todas as tubulações são de cobre, tanto água quente como água fria.

Todas as torres são equipadas com sistemas de monitoramento de consumo de água através de telemetria, via celular. O prédio possui medição individualizada de consumo, possuindo dois hidrômetros para cada apartamento, um para água quente e outro para água fria. Os dois hidrômetros são instrumentados com emissores de pulsos, a cada três andares existe um concentrador que recebe estes pulsos. No térreo existe um concentrador geral e um módulo transmissor, o qual envia os dados de consumo para uma central dentro do próprio condomínio, é nesta central que se realiza o rateio dos custos relativos ao consumo de água.

A instalação do medidor ultrassônico foi relativamente fácil, pois o barrilete superior é totalmente acessível e com tubulações expostas pelo chão, com comprimentos de tubulação suficientes para a instalação dos transdutores. Porém, o layout de distribuição da água no edifício é muito complexo e os apartamentos possuem inúmeros aparelhos sanitários. Além deste fato, o consumo de água é muito elevado.

Inicialmente o monitoramento foi realizado em um dos barriletes superiores de água fria, o qual abastece nove apartamentos. O medidor gravou dados de consumo por um período de sete dias. O consumo total durante este período foi de 590.250 litros, a vazão máxima registrada foi de 1,82 L/s e a vazão mínima foi de 0 L/s. Os resultados desta medição de sete dias são apresentados nos gráficos das Figuras 20 e 21, onde S_f significa: sexta-feira feriado.

⁷ Edifício Les Jardins Des Jardins, localizado na Alameda Jaú, Cerqueira César, centro de São Paulo.

Figura 20. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Les Jardins Des Jardins (Período de quinta-feira a domingo)

Figura 21. Gráfico de demanda de água fria no Edifício Les Jardins Des Jardins (Período de domingo a quinta-feira)

Podem-se notar claramente nos gráficos acima, os ciclos, que correspondem a cada dia da semana. Nos períodos de segunda a quinta-feira, os ciclos possuem comportamentos similares, tendo como pico máximo de consumo, o período da manhã. Sexta-feira de feriado e sábado possuem comportamentos diferentes, mais uniforme e com consumo menor que nos outros dias da semana. No domingo, notamos que o período da tarde apresenta um aumento significativo do consumo, quebrando a uniformidade da demanda do fim de semana.

5.2. Medições para Coleta de Dados

Neste item, são apresentados todos os dados obtidos das medições de consumo de água das unidades residenciais analisadas, de acordo com cada tipologia. São apresentadas todas as edificações que foram monitoradas, mostrando suas subdivisões, suas características físicas, seus gráficos de demanda de água no intervalo de 24 horas, seus gráficos de consumo global e também as tabelas contendo informações sobre eventos de consumo de água em banhos e utilização de bacia sanitária, estes dois últimos dados inferidos já são resultados que foram lapidados pela análise de regressão múltipla. Todas as medições de 24 horas foram realizadas em dias úteis.

5.2.1. Edifícios multifamiliares

Apresenta-se neste tópico todos os edifícios em que foram realizadas as medições durante as 24 horas. Os resultados mostrados aqui foram utilizados para construir os histogramas que serão analisados na seqüência.

- ***Edifício Holanda***

Localização: Av. Escola Politécnica, Bairro do Jaguaré – Zona Oeste

Tipologia: apartamentos com até 50 m²

Data do Monitoramento: 04 de maio de 2006

Características: 8 andares – 4 apartamentos por andar

Coluna Monitorada: unidades com final 03 – totalizando 9 apartamentos

Tipo dos Chuveiros: elétricos

Bacia Sanitária: caixa acoplada

Figura 22. Demanda de água no Edifício Holanda (Período de 24 horas)

Consumo durante as 24 h de medição: 4.600 L Vazão máxima: 0,68 L/s Vazão mínima: 0,02 L/s Vazão média: 0,05 L/s

A Tabela 27 abaixo mostra os dados obtidos nas medições do edifício Holanda, sendo que as informações aqui apresentadas já passaram pelos tratamentos estatísticos de regressão múltipla.

Tabela 27 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício Holanda

Caixa de descarga acoplada				Chuveiro elétrico			
Evento	Duração (s)	Volume (l)	Hora Início	Evento	Duração (min)	Volume (l)	Hora Início
1	42	5,51	18:00	1	7	30,00	19:04
2	36	5,64	20:26	2	8	24,13	21:15
3	36	5,25	21:10	3	8	21,64	22:03
4	45	6,80	21:14	4	14	41,46	23:05
5	45	7,21	21:39	5	7	30,15	07:03
6	27	5,09	21:39	6	19	68,00	08:20
7	36	6,18	22:25	7	9	31,00	08:26
8	51	7,51	22:41	8	5	19,00	08:45
9	36	5,33	23:38	9	4	9,00	09:18
10	39	5,45	00:01	10	6	33,00	09:22
11	26	4,40	00:09	11	3	13,00	11:49
12	24	4,15	00:43	12	7	34,00	15:49
13	51	7,30	01:38				
14	50	7,45	02:53				
15	24	4,65	04:08				
16	39	5,31	04:32				
17	39	5,31	05:26				
18	45	7,18	05:52				
19	48	6,90	07:39				
20	48	6,37	07:40				
21	27	4,47	08:07				
22	36	5,24	08:42				
23	42	5,54	08:50				
24	30	4,30	10:25				
25	45	7,30	11:42				
26	42	7,40	12:26				
27	24	4,88	12:28				
28	27	5,33	12:48				
29	36	5,00	13:03				
30	54	7,65	13:08				
31	42	7,55	13:39				
32	36	6,06	13:59				
33	45	5,92	15:19				
34	39	6,46	15:45				
35	30	4,51	15:52				
36	51	7,54	16:19				
37	48	7,00	17:32				

Nas Figuras 23 e 24, apresenta-se um resumo dos volumes de água consumidos pelos apartamentos com final 03, de acordo com a divisão de consumo adotada nos gráficos. Nota-se na Figura 23 que existe um vazamento nesta coluna de água; pelo comportamento do vazamento, analisado em planilhas, provavelmente provém de desregulagem da bóia da caixa acoplada da bacia sanitária, a água escoa constantemente pelo extravasor.

Figura 23. Desagregação do consumo de água no Edifício Holanda – com vazamento

Figura 24. Desagregação do consumo de água no Edifício Holanda – sem vazamento

Podem-se notar nos gráficos apresentados acima, a significância dos vazamentos em edificações. No caso dos apartamentos com final 03 do edifício Holanda, os vazamentos correspondem a 40% do consumo total. Geralmente são pequenos vazamentos, porém, constantes e quando somados no final do mês se tornam consumos exorbitantes.

A Figura 24 mostra um gráfico de consumo do edifício sem considerar a parcela relativa a vazamentos. Nota-se que o chuveiro é o maior responsável pelo consumo, correspondendo ao dobro dos volumes gastos com bacias sanitárias.

- ***Edifício Almeria***

Localização: Rua Coronel Ferreira Leal, Butantã – Zona Oeste

Tipologia: Apartamentos com área entre 50 e 150 m²

Data do Monitoramento: 18 de maio de 2006

Características: 8 andares – 4 apartamentos por andar

Coluna Monitorada: unidades com final 03 – totalizando 9 apartamentos

Tipo dos Chuveiros: elétricos

Bacia Sanitária: válvula de descarga

Figura 25. Demanda de água no Edifício Almeria (Período de 24 horas)

Consumo durante as 24 h de medição: 2.215 L Vazão máxima: 2,37 L/s Vazão mínima: 0,00 L/s Vazão média: 0,025 L/s

A Tabela 28 mostra os dados obtidos nas medições do edifício Almeria, sendo que as informações aqui apresentadas já passaram pelos tratamentos estatísticos de regressão múltipla.

Tabela 28 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício Almeria

Bacia sanitária com válvula de descarga					Chuveiro elétrico			
Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão Máxima (l/s)	Hora Início	Evento	Duração (min)	Volume (l)	Hora Início
1	9	6,2	1,31	12:50	1	6	36,8	14:39
2	9	6,0	1,11	14:55	2	10	52,0	18:05
3	9	5,8	1,14	16:33	3	7	35,3	19:14
4	9	6,0	1,21	17:37	4	10	36,4	19:31
5	9	5,0	1,22	18:02	5	6	29,0	20:15
6	9	8,0	1,52	19:26	6	4	13,0	20:41
7	9	4,3	0,88	19:48	7	8	19,4	21:38
8	9	3,3	0,87	20:54	8	10	35,0	22:34
9	9	8,8	1,99	21:48	9	3	9,4	01:00
10	9	6,6	1,31	22:09	10	5	14,7	03:52
11	9	7,7	1,39	22:19	11	5	14,3	04:13
12	9	5,0	0,96	22:34	12	7	24,2	05:49
13	9	3,3	0,84	23:11	13	10	34,1	07:59
14	9	5,0	0,90	23:33	14	4	14,3	09:26
15	9	4,0	0,86	23:42				
16	9	5,4	1,16	23:56				
17	9	3,4	0,76	23:59				
18	9	7,0	1,26	01:00				
19	9	6,1	1,08	06:13				
20	9	6,3	1,28	06:35				
21	9	6,2	1,32	06:50				
22	9	7,1	1,16	06:51				
23	9	3,3	0,68	07:37				
24	9	6,3	1,17	08:42				
25	9	4,2	1,11	08:53				
26	9	6,0	1,29	10:26				

As durações exatas de 9 segundos nos acionamentos de válvula de descarga, mostradas na Tabela 28, são devidas ao fato dos registros das vazões serem realizados em intervalos de 3 em 3 segundos. Logo, o tempo de acionamento das válvulas de descarga da Tabela 28 estão compreendidos entre 6 e 9 segundos.

O Edifício Almeria não apresentou vazamentos, as vazões monitoradas chegavam constantemente a zero. Nota-se que mais uma vez, o maior responsável pelo consumo de água é o chuveiro. Comparando o edifício Holanda, que possui bacia sanitária com caixa acoplada, e o edifício Almeria, que possui bacia sanitária com válvula de descarga, conclui-se que especificamente para esta comparação, os edifícios com válvula de descarga consomem significativamente mais do que os com caixa acoplada.

Figura 26. Desagregação do consumo de água do Edifício Almeria

- **Edifício São José**

Localização: Avenida São João, Santa Efigênia - Centro.

Tipologia: Apartamentos com até 50 m².

Data do Monitoramento: 26 de maio de 2006.

Características: 8 andares – 4 apartamentos por andar

Barrilete Monitorado: unidades com final 02 – totalizando 8 apartamentos

Chuveiros: elétricos

Bacia Sanitária: válvula de descarga

Figura 27. Demanda de água no Edifício São José (Período de 24 horas)

Consumo durante as 24 h de medição: 2.897 L Vazão máxima: 2,74 L/s Vazão mínima: 0,06 L/s Vazão média: 0,1 L/s

A Tabela 29 abaixo mostra os dados obtidos nas medições do edifício São José, sendo que as informações aqui apresentadas já passaram pelos tratamentos estatísticos de regressão múltipla.

Tabela 29 – Eventos de bacia sanitária e chuveiro do edifício São José

Bacia sanitária com válvula de descarga					Chuveiro elétrico			
Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão Máxima (l/s)	Hora Início	Evento	Duração (min)	Volume (l)	Hora Início
1	9	2,8	0,47	17:56	1	16	43,1	19:57
2	9	6,3	1,52	19:04	2	6	16,2	22:15
3	9	8,0	1,82	19:18	3	4	18,3	23:59
4	9	4,3	0,73	21:45	4	6	21,9	04:48
5	9	5,0	1,24	21:55	5	13	35,0	06:41
6	12	9,1	1,32	22:15	6	6	24,0	09:33
7	12	9,6	1,33	23:18	7	5	16,2	10:42
8	9	7,5	1,43	23:41	8	16	48,6	12:23
9	9	5,8	1,36	00:03	9	4	9,6	13:32
10	9	6,3	1,28	00:38	10	10	41,4	14:24
11	12	12,3	1,89	00:53				
12	9	6,2	1,27	01:01				
13	9	5,5	1,13	02:46				
14	12	9,2	1,73	03:51				
15	9	3,2	0,54	04:56				
16	9	3,2	0,65	06:08				
17	9	6,2	1,29	06:31				
18	9	7,7	1,98	06:43				
19	9	3,3	0,96	08:30				
20	9	5,0	1,21	09:24				
21	9	6,2	1,26	09:25				
22	9	6,2	2,01	09:49				
23	9	5,4	1,4	10:00				
24	9	4,2	0,8	10:06				
25	9	8,0	1,37	11:30				
26	12	11,1	1,89	11:46				
27	9	6,8	1,6	12:20				
28	9	5,9	1,21	13:40				
29	9	8,1	2,11	13:46				
30	6	1,9	0,58	14:09				
31	9	6,2	1,15	14:52				
32	9	6,2	1,5	15:23				
33	9	6,2	1,21	16:43				
34	12	12,5	1,8	17:01				
35	12	10,3	1,35	17:33				
36	9	7,3	1,33	17:45				

Nas Figuras 28 e 29 estão apresentados os gráficos de consumo do edifício São José. Este edifício foi construído na década de 1920 e está localizado no centro de São Paulo. Por isso constitui numa boa tipologia a ser estudada. Nota-se que a coluna de água monitorada apresentou vazamento, o qual corresponde a 55% do consumo total de água. Neste edifício, os consumos dos chuveiros e válvulas de descarga são praticamente iguais.

Figura 28. Consumo total de água no Edifício São José

Figura 29. Consumo de água no Edifício São José desconsiderando vazamentos

5.2.1.1. Medições em pontos finais de consumo

A maioria das edificações residenciais no Brasil possuem as tubulações hidráulicas embutidas na alvenaria. Este fato dificulta a instalação de hidrômetros nos pontos finais de consumo de água, uma vez que seria necessário quebrar a parede para a instalação dos medidores. Este foi o principal argumento para a utilização do medidor ultrassônico de vazão nos barriletes hidráulicos.

Porém, foram obtidas autorizações de 2 apartamentos de tamanho médio para a instalação de hidrômetros nos pontos finais de consumo. Os dois apartamentos monitorados eram ocupados por estudantes universitários, logo, deve-se levar em consideração que estes apartamentos possuem um padrão de consumo diferente da maioria brasileira, que é ocupada por famílias.

Os pontos de consumo monitorados nestas duas unidades residenciais foram: pia da cozinha, máquina de lavar roupas e lavatório do banheiro. Nos dois casos não foi preciso quebrar as paredes, pois os moradores permitiram que estes locais de consumo fossem alterados para a alocação dos hidrômetros, que em sua maior parte ficaram aparentes. As Figuras 30 e 31 mostram os locais onde os hidrômetros foram instalados.

Figura 30. Instalação de hidrômetro no lavatório do banheiro

Figura 31. Instalação de hidrômetro na máquina de lavar roupas

Os resultados das medições foram contabilizados periodicamente através dos módulos transmissores, que foram instalados em cada apartamento. Com esta tecnologia, dispensaram-se os deslocamentos até os apartamentos monitorados para fazer as leituras dos dados. As medições se concentraram no período do verão.

Em um dos apartamentos, o tempo de medição foi de 134 dias ininterruptos e no outro foi de 115 dias. Os resultados foram compatibilizados, de modo que os períodos de medições fossem iguais nas duas situações. Como resultado, são apresentados no gráfico da Figura 32 a média dos consumos dos 2 apartamentos. Este gráfico mostra a porcentagem relativa apenas aos 3 consumos: pia de cozinha, máquina de lavar roupas e lavatório de banheiro.

Figura 32. Consumos finais obtidos dos dois apartamentos monitorados

5.2.2. Residências Unifamiliares

Neste item é apresentada uma medição realizada durante 24h em uma residência unifamiliar térrea, nesta edificação foram monitorados eventos sobre pia de cozinha e tanque de lavar roupas.

- **Residência A**

Localização: Av. Nossa Senhora do Ó – Zona Norte

Tipologia: casa térrea com área entre 50 e 150 m²

Data do Monitoramento: 20 de outubro de 2006

Coluna Monitorada: abastecimento da pia da cozinha e do tanque de lavar roupas

Tipo dos Chuveiros: elétricos

Bacia Sanitária: válvula de descarga

As Figuras 33 e 34 mostram o local onde o medidor ultrassônico foi instalado na residência. Este local encontra-se no telhado da casa, onde estão expostos os barriletes hidráulicos.

Figura 33. Local onde foi instalado o medidor

Figura 34. Transdutor acoplado no barrilete

Figura 35. Demanda de água na Residência A (Período de 24 horas)

Consumo durante as 24 h de medição: 356 L

Vazão máxima: 0,15 L/s

Vazão mínima: 0,00 L/s

A Tabela 30 abaixo mostra os dados obtidos nas medições da residência A, sendo que as informações aqui apresentadas já passaram pelos tratamentos estatísticos de regressão múltipla.

Tabela 30 – Eventos de pia de cozinha e tanque de lavar roupas da residência A

Pia da cozinha					Tanque de lavar roupas				
Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão Média (l/s)	Vazão Máxima (l/s)	Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão Média (l/s)	Vazão Máxima (l/s)
1	12	0,25	0,04	0,06	1	64	2,70	0,08	0,15
2	20	0,30	0,03	0,03	2	2	0,11	0,11	0,11
3	10	0,12	0,03	0,03	3	4	0,12	0,06	0,1
4	14	0,22	0,03	0,04	4	450	15,6	0,07	0,08
5	20	0,26	0,03	0,04	5	8	0,29	0,07	0,11
6	16	0,25	0,03	0,04	6	332	11,96	0,07	0,12
7	10	0,17	0,03	0,04	7	4	0,11	0,05	0,06
8	16	0,31	0,04	0,05	8	6	0,20	0,07	0,1
9	18	0,26	0,03	0,03	9	6	0,15	0,05	0,12
10	8	0,10	0,02	0,04	10	8	0,23	0,06	0,11
11	8	0,16	0,04	0,04	11	12	0,33	0,05	0,06
12	6	0,04	0,02	0,03	12	46	1,53	0,07	0,07
13	22	0,32	0,03	0,04	13	38	0,77	0,04	0,1
14	4	0,04	0,02	0,03	14	8	0,18	0,05	0,07
15	20	0,26	0,03	0,03	15	8	0,18	0,05	0,07
16	20	0,37	0,04	0,04	16	4	0,17	0,08	0,1
17	6	0,09	0,03	0,04	17	8	0,19	0,05	0,07
18	8	0,12	0,03	0,03	18	8	0,20	0,05	0,07
19	6	0,03	0,01	0,02	19	8	0,20	0,05	0,07
20	6	0,06	0,02	0,02	20	8	0,21	0,05	0,08
21	6	0,05	0,02	0,02	21	568	21,87	0,08	0,14
22	4	0,03	0,02	0,02	22	12	0,46	0,08	0,09
23	4	0,03	0,02	0,02	23	542	21,01	0,08	0,08
24	20	0,30	0,03	0,03	24	572	22,68	0,08	0,09
25	4	0,04	0,02	0,03	25	510	20,9	0,08	0,09
26	6	0,05	0,02	0,02	26	66	1,70	0,05	0,11
27	4	0,07	0,03	0,06	27	6	0,22	0,07	0,09
28	14	0,16	0,02	0,05	28	78	2,25	0,06	0,09
29	20	0,33	0,03	0,05	29	10	0,30	0,06	0,1
30	4	0,03	0,01	0,02	30	14	0,57	0,08	0,1
31	6	0,03	0,01	0,02	31	18	0,39	0,04	0,07
32	4	0,03	0,01	0,02	32	32	0,89	0,06	0,13
33	4	0,03	0,01	0,02					
34	6	0,04	0,01	0,02					
35	4	0,03	0,01	0,02					
36	4	0,04	0,01	0,02					

continua

Tabela 30 – Eventos de pia de cozinha da residência A

Pia da cozinha (continuação)					Pia da cozinha (continuação)				
Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão		Evento	Duração (s)	Volume (l)	Vazão	
			Média (l/s)	Máxima (l/s)				Média (l/s)	Máxima (l/s)
37	4	0,03	0,01	0,02	79	2	0,03	0,03	0,03
38	6	0,05	0,02	0,02	80	12	0,23	0,04	0,04
39	4	0,03	0,01	0,02	81	6	0,06	0,02	0,02
40	4	0,03	0,01	0,02	82	16	0,25	0,03	0,04
41	4	0,03	0,01	0,02	83	8	0,09	0,02	0,02
42	2	0,02	0,02	0,02	84	6	0,20	0,07	0,08
43	4	0,03	0,01	0,02	85	8	0,24	0,06	0,08
44	6	0,04	0,01	0,02	86	8	0,24	0,06	0,08
45	4	0,02	0,01	0,02	87	8	0,24	0,06	0,08
46	2	0,04	0,04	0,04	88	8	0,23	0,06	0,08
47	2	0,04	0,04	0,04	89	8	0,22	0,06	0,08
48	2	0,04	0,04	0,04	90	4	0,06	0,03	0,05
49	2	0,04	0,04	0,04	91	2	0,04	0,04	0,04
50	12	0,18	0,03	0,10	92	8	0,07	0,02	0,02
51	6	0,14	0,05	0,07	93	8	0,12	0,03	0,06
52	6	0,17	0,06	0,07	94	16	0,26	0,03	0,07
53	8	0,19	0,05	0,07	95	18	0,35	0,04	0,09
54	8	0,20	0,05	0,07	96	6	0,05	0,02	0,02
55	6	0,16	0,05	0,07	97	4	0,03	0,02	0,02
56	8	0,19	0,05	0,07	98	16	0,19	0,02	0,03
57	6	0,17	0,06	0,07	99	14	0,36	0,05	0,06
58	6	0,13	0,04	0,06	100	6	0,10	0,04	0,04
59	4	0,12	0,06	0,1	101	12	0,24	0,04	0,05
60	2	0,02	0,02	0,02	102	2	0,02	0,02	0,02
61	18	0,32	0,04	0,06	103	4	0,05	0,02	0,03
62	2	0,03	0,03	0,03	104	6	0,05	0,02	0,02
63	2	0,02	0,02	0,02	105	6	0,05	0,02	0,02
64	10	0,22	0,04	0,07	106	2	0,02	0,02	0,02
65	10	0,20	0,04	0,05	107	14	0,33	0,05	0,05
66	6	0,12	0,04	0,05	108	4	0,04	0,02	0,02
67	4	0,10	0,05	0,06	109	8	0,14	0,04	0,05
68	6	0,05	0,02	0,02	110	2	0,02	0,02	0,02
69	22	0,48	0,04	0,07	111	8	0,16	0,04	0,09
70	8	0,07	0,02	0,02	112	16	0,38	0,05	0,06
71	8	0,19	0,05	0,07	113	6	0,05	0,02	0,02
72	6	0,05	0,02	0,03	114	16	0,36	0,04	0,08
73	6	0,09	0,03	0,06	115	10	0,08	0,02	0,02
74	2	0,03	0,03	0,03	116	8	0,06	0,02	0,02
75	4	0,13	0,03	0,06	117	12	0,22	0,04	0,05
76	6	0,02	0,01	0,01	118	6	0,13	0,04	0,07
77	10	0,17	0,03	0,05	119	6	0,08	0,03	0,03
78	2	0,02	0,02	0,02					

conclusão

Os dados referentes aos eventos de pia de cozinha não serão analisados estatisticamente, pois se contradizem dos resultados esperados. Os resultados obtidos da monitoração da residência A mostram ciclos de aberturas de torneira de, em média, 8 segundos para lavar a louça e também vazões muito baixas. Este pode ter sido um caso particular atípico, portanto, não deve ser generalizado.

5.3. Caracterização dos Aparelhos Sanitários

Neste item são apresentados os resultados das medições de campo sobre a caracterização dos aparelhos sanitários. Com os dados obtidos nos edifícios e na residência unifamiliar térrea, foram construídos histogramas, que variam em função dos parâmetros de interesse.

- Chuveiro elétrico

Os resultados apresentados neste item foram concluídos com base em 36 eventos monitorados em campo. A Figura 36, na seqüência, mostra um histograma com a distribuição gama de duração de banhos com a utilização de chuveiro elétrico. Nota-se a predominância de banhos compreendendo a duração de 5 a 7 minutos. A média de duração calculada nesta distribuição ficou entre 6 e 7 minutos, ou seja, as pessoas levam em média entre 6 e 7 minutos para tomar banho.

Figura 36. Histograma de duração de banhos com chuveiro elétrico

Na Figura 37, na seqüência, apresenta-se um histograma, com distribuição gama, do volume de água gasto para se tomar banho com chuveiro elétrico. Em média, são gastos 22 litros de água em um banho. Utilizando-se a duração média de banho, que é de aproximadamente 6,5 minutos, e multiplicando-se pela vazão média de um chuveiro, que é de 0,06 L/s⁸, obtêm-se aproximadamente 23 litros, que é o volume médio apresentado no histograma abaixo.

⁸ Esta vazão, de 0,06 L/s, foi a média monitorada nas edificações para o chuveiro elétrico.

Figura 37. Histograma do volume de água consumido em banho com chuveiro elétrico

- Bacia sanitária com caixa acoplada

Os resultados apresentados neste item foram concluídos com base em 37 eventos monitorados em campo. Apresenta-se na Figura 38, na sequência, o histograma do tempo necessário para o enchimento dos reservatórios das bacias sanitárias com caixa acoplada após uma descarga. Este período é estabelecido pelo movimento completo da torneira de bóia, localizada no interior do reservatório. A média correspondente ao tempo de enchimento é de aproximadamente 37 segundos.

Figura 38. Histograma de duração de enchimento dos reservatórios das bacias sanitárias com caixa acoplada

Figura 39. Histograma do volume de descarga das bacias sanitárias com caixa acoplada

A Figura 39 apresenta o histograma do volume de descarga das bacias sanitárias com caixa acoplada. Nota-se que a média de volume de água gasto numa descarga está entre 5,5 e 6 litros. As variações observadas nos volumes podem ser causadas por desregulagem das torneiras de bóias e acionamentos duplos de descarga.

- Bacia sanitária com válvula de descarga

Os resultados apresentados neste item foram calculados com base em 72 eventos monitorados. A Figura 40 apresenta o histograma da duração dos acionamentos de válvulas de descarga. A predominância relativa ao período de 9 segundos deve-se ao fato que, os dados de campo são registrados a cada 3 segundos, logo, os resultados apresentados no histograma abaixo situam-se numa precisão de 3 segundos para mais ou para menos.

Figura 40. Histograma da duração de acionamento das válvulas de descarga

Na Figura 41, observa-se o histograma relativo às vazões instantâneas máximas registradas em eventos com válvulas de descarga. Verificando a distribuição gama dos eventos, conclui-se que a média das vazões instantâneas máximas é de aproximadamente 1,1 L/s.

Figura 41. Histograma das vazões instantâneas máximas registradas em válvulas de descarga

Na figura 42, na seqüência, é apresentado o histograma relativo aos volumes de água gastos em eventos com válvula de descarga. Conclui-se, através da distribuição gama, que a média de volume de água gasto em uma descarga é de aproximadamente 5,5 litros. Quando comparados os eventos de descarga com caixa acoplada e válvula de descarga conclui-se que não existe diferença significativa entre um e outro, uma vez que o volume médio gasto em bacias com caixa acoplada está entre 5,5 e 6 litros.

Figura 42. Histograma dos volumes de água gastos em descargas com válvula de descarga

Analisando-se a Figura 42 com a Figura 39, percebe-se a grande variação de volumes de descarga acionados pela válvula de descarga, em função dos diferentes tipos de usos. Baseado nesta comparação, conclui-se que as bacias sanitárias com acionamento dual podem ser uma boa opção para a redução do consumo de água em acionamentos de descargas, uma vez que, o volume de água em um evento de descarga pode ser reduzido.

- Tanque de lavar roupas

Os histogramas apresentados neste item foram construídos com base em 32 registros de eventos relacionados ao tanque de lavar roupas de uma residência unifamiliar térrea. A Figura 43 apresenta um histograma dos eventos de duração de cada abertura de torneira. Usando a distribuição normal, percebe-se que a maioria dos eventos registrados duram aproximadamente 120 segundos.

Figura 43. Histograma das durações dos eventos de abertura de torneira do tanque de lavar roupas

A Figura 44 mostra o histograma de volumes de água gastos por eventos de abertura de torneira do tanque de lavar roupa.

Figura 44. Histograma do volume de água gasto em uma abertura de torneira de um tanque de lavar roupas

A Figura 45 apresenta o histograma, utilizando distribuição gama, de vazões máximas por evento de torneira de tanque de lavar roupa.

Figura 45. Histograma das vazões máximas por evento de torneira de tanque de lavar roupas

5.4. Caracterização dos moradores e das edificações

Neste item são apresentadas todas as informações inerentes aos moradores. São mostrados seus hábitos, costumes, informações pessoais, rendas, informações das edificações, além de informações sobre o uso da água. Estas informações estão apresentadas em formas de gráficos.

Como calculado anteriormente, foram aplicados questionários em 100 unidades residenciais unifamiliares térreas (casas), 100 unidades residenciais multifamiliares

(apartamentos de edifícios) e em 100 unidades residências com mais de um pavimento (sobrados).

As entrevistas foram realizadas por uma assistente social durante um período de três meses em toda a cidade de São Paulo, de forma aleatória e distribuída por todas as regiões. As Figuras 46 e 47 mostram a profissional aplicando os questionários no setor residencial.

Figura 46. Aplicação de questionário em um sobrado

Figura 47. Aplicação de questionário em uma casa térrea

Na seqüência serão apresentados os resultados dos questionários em três itens, um para cada tipologia de edificação.

5.4.1. Unidades residenciais multifamiliares (apartamentos de edifícios)

Nas Figuras 48 e 49, na seqüência, são apresentados os dados sobre a renda média mensal das famílias e sobre os valores médios dos imóveis. Nota-se que 29% das famílias em edifícios ganham entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00, e 5% ganham mais de R\$ 6.000,00. Também se verifica que 50% dos imóveis estão avaliados acima de R\$ 150.000,00.

Figura 48. Renda média mensal das famílias em apartamentos

Figura 49. Valor médio dos apartamentos

As Figuras 50 e 51 mostram que a maioria dos apartamentos pesquisados possuem entre 2 e 3 quartos e 79% dos imóveis possuem apenas 1 banheiro.

Figura 50. Quartos nos apartamentos

Figura 51. Banheiros nos apartamentos

Nas Figuras 52 e 53 verifica-se que 74% dos imóveis pesquisados possuem uma área útil variando entre 50 e 150 m² e que 29% dos edifícios possuem entre 5 e 15 anos.

Figura 52. Área útil dos apartamentos

Figura 53. Idade dos edifícios

Figura 54. Tipos de torneiras utilizadas nos lavatórios

Figura 55. Tipos de torneiras utilizadas nas pias

Figura 56. Tipos de bacias sanitárias

Figura 57. Tipos de chuveiro

As Figuras 54, 55, 56 e 57 apresentam informações sobre os tipos de equipamentos sanitários existentes nos apartamentos pesquisados, nota-se que 16% dos lavatórios de banheiros possuem torneira com fechamento automático, 62% dos banheiros estão equipados com bacias sanitárias com válvula de descarga e que 90% utilizam o chuveiro elétrico.

Quando se trata das torneiras com fechamento automático, é bom ter cautela ao se fazer uma inferência, pois os entrevistados podem não ter entendido a pergunta ou não saber sobre o que realmente é uma torneira com fechamento automático e qual o seu tipo.

Segundo esta pesquisa, a maioria dos chuveiros elétricos possuem uma potência de 5000W. Apenas 4% das moradias pesquisadas possuem banheiras e 91% possuem máquinas de lavar roupas. Apenas 7% possuem máquina de lavar louças.

Os gráficos das Figuras 58 e 59 mostram que 49% dos moradores deixam a torneira da pia aberta entre 5 e 10 minutos para lavar a louça, apenas 1% utilizam mais de 30 minutos nesta operação, e que 93% deles têm consciência sobre a importância de se economizar a água.

Figura 58. Tempo médio em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça

Figura 59. Opiniões sobre a importância em se economizar água

De acordo com as Figuras 60 e 61, 61% dos moradores economizam efetivamente água em suas residências, onde a maioria deles usam a água com racionalidade.

Figura 60. Moradores que tomam atitudes para economizar água

Figura 61. Como os moradores economizam água nos apartamentos

Como apresentado nas Figuras 62 a 66, 34% dos apartamentos são ocupados com apenas 2 moradores e que apenas 2% possuem mais de 6 ocupantes. Mais de 50% dos moradores possuem idade variando entre 25 e 34 anos. Dos apartamentos pesquisados, 50% dos moradores são do sexo masculino e 50% do sexo feminino. Com relação ao grau de escolaridade, 58% dos entrevistados possuem apenas o ensino médio concluído e 34% possuem ensino superior. Problemas com algum tipo de deficiência física estão presentes em 6% dos moradores entrevistados. Uma ressalva deve ser feita na Figura 60: os entrevistados podem ter respondido que economizam água por influência do tema da pesquisa.

Figura 62. Número de moradores por apartamento

Figura 63. Idade dos moradores de apartamentos

Figura 64. Sexo dos moradores dos apartamentos

Figura 65. Grau de escolaridade dos moradores

Figura 66. Moradores com algum tipo de deficiência

Figura 67. Hábitos sobre escovar os dentes

De acordo com as Figuras 67 a 69, a maioria das pessoas escovam os dentes três vezes por dia, 40% lavam o rosto duas vezes por dia e 35% lavam as mãos quatro vezes por dia.

Figura 68. Hábitos sobre lavar o rosto

Figura 69. Hábitos sobre lavar as mãos

Como mostrado nas Figuras 70 a 73, 26% dos entrevistados fazem a barba entre 2 e 3 vezes por semana, 37% acionam a descarga da bacia sanitária 4 vezes ao dia, 52% tomam banho 2 vezes por dia e que 61% destes banhos têm uma duração variando entre 5 a 10 minutos.

Figura 70. Hábitos sobre fazer a barba

Figura 71. Hábitos sobre utilização das bacias sanitárias

Figura 72. Hábitos sobre tomar banho

Figura 73. Duração média de banho

Os gráficos das Figuras 74 e 75 mostram que 44% dos entrevistados trabalham fora de casa e que 57% deles também almoçam fora do apartamento.

Figura 74. Ocupação dos moradores de apartamentos

Figura 75. Local onde os moradores dos apartamentos costumam almoçar

5.4.2. Unidades residenciais unifamiliares com mais de um pavimento (sobrados)

Nas Figuras 76 e 77 são apresentados os dados sobre a renda média mensal das famílias e sobre os valores médios dos imóveis. Nota-se que 46% dos moradores dos sobrados ganham entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00, e que 17% ganham mais de R\$ 6.000,00. Também se verifica que 57% dos imóveis estão avaliados acima de R\$ 150.000,00.

Figura 76. Renda média mensal das famílias em sobrados

Figura 77. Valor médio dos sobrados

Segundo as Figuras 78 e 79, 43% dos sobrados possuem 3 quartos, 22% possuem 4 quartos. A grande maioria dos sobrados possuem apenas 1 banheiro, 31% possuem 2 banheiros.

Figura 78. Número de quartos dos sobrados

Figura 79. Número de banheiros dos sobrados

Nas Figuras 80 e 81 verifica-se que 87% dos imóveis pesquisados possuem uma área útil variando entre 50 e 150 m² e que 36% dos edifícios possuem entre 5 e 15 anos.

Figura 80. Área útil dos sobrados

Figura 81. Idade dos sobrados

Figura 82. Tipos de torneiras dos lavatórios

Figura 83. Tipos de torneiras das pias

Figura 84. Tipos de bacias sanitárias nos sobrados

Figura 85. Tipos de chuveiros nos sobrados

As Figuras 82 a 85 apresentam informações sobre os tipos de equipamentos sanitários existentes nos apartamentos pesquisados, nota-se que 34% dos lavatórios de banheiros possuem torneira com fechamento automático, 40% dos banheiros estão equipados com bacias sanitárias com válvula de descarga e que 5% deles já possuem válvula de descarga com controle de vazão. Com relação aos banhos, 80% utilizam o chuveiro elétrico.

Como mencionado anteriormente, no item 5.4.1, é bom ter cautela ao se fazer uma inferência sobre torneiras com fechamento automático.

Segundo esta pesquisa, a maioria dos chuveiros elétricos possuem uma potência de 5000W. Diferentemente dos apartamentos, 15% das moradias pesquisadas possuem banheiras e 86% possuem máquinas de lavar roupas. Até 29% dos entrevistados disseram possuir máquina de lavar louças.

Os gráficos das Figuras 86 a 88 mostram que 54% dos moradores deixam a torneira da pia aberta entre 5 e 10 minutos para lavar a louça, apenas 3% utilizam mais de 30 minutos nesta operação e que 98% deles têm consciência sobre a importância de se economizar a água; 48% dos sobrados possuem empregada doméstica.

Figura 86. Tempo médio em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça

Figura 87. Residências que possuem empregada doméstica

Figura 88. Opiniões sobre economia de água

Figura 89. Moradores que economizam água

De acordo com as Figuras 89 e 90, 66% dos moradores economizam efetivamente água em suas residências, onde a maioria deles usam a água com racionalidade.

Figura 90. Como os moradores economizam água

Figura 91. Número de moradores por sobrado

Como apresentado nas Figuras 91 a 95, 26% dos sobrados são ocupados com 3 moradores e que apenas 4% possuem mais de 6 ocupantes; 25% dos moradores possuem idade variando entre 30 e 34 anos. Dos apartamentos pesquisados, 37% dos moradores são do sexo masculino e 63% do sexo feminino. Com relação ao grau de escolaridade, 47% dos entrevistados possuem apenas o ensino médio concluído e 23% possuem ensino superior. Problemas com algum tipo de deficiência física estão presentes em 11% dos moradores entrevistados.

Figura 92. Idade dos moradores dos sobrados

Figura 93. Sexo dos moradores dos sobrados

Figura 94. Escolaridade dos moradores dos sobrados

Figura 95. Moradores que possuem algum tipo de deficiência física

De acordo com as Figuras 96 a 98, a maioria das pessoas escovam os dentes 4 vezes por dia, 27% lavam o rosto duas vezes por dia e 58% lavam as mãos mais de 5 vezes por dia.

Figura 96. Hábitos sobre escovar os dentes

Figura 97. Hábitos sobre lavar o rosto

Figura 98. Hábitos sobre lavar as mãos

Figura 99. Hábitos sobre fazer a barba

Como mostrado nas Figuras 99 a 102, 22% dos entrevistados fazem a barba 4 vezes por semana, 52% acionam a descarga da bacia sanitária mais de 5 vezes ao dia, 52% tomam banho 2 vezes por dia e que 55% destes banhos têm uma duração variando entre 5 a 10 minutos.

Figura 100. Hábitos sobre acionamento das bacias sanitárias

Figura 101. Hábitos sobre banhos

Figura 102. Duração média dos banhos

Figura 103. Ocupação dos moradores dos sobrados

Os gráficos das Figuras 103 e 104 mostram que 50% dos entrevistados trabalham em casa e que 68% deles também almoçam na própria residência.

Figura 104. Local onde os moradores dos sobrados costumam almoçar

5.4.3. Unidades residenciais unifamiliares térreas (casas)

Nas Figuras 105 e 106, na sequência, são apresentados os dados sobre a renda média mensal das famílias e sobre os valores médios dos imóveis. Nota-se que 21% dos moradores das casas ganham entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00, e que 4% ganham mais de R\$ 6.000,00. Também se verifica que 60% dos imóveis estão avaliados acima de R\$ 100.000,00.

Figura 105. Renda média mensal das famílias nas casas térreas

Figura 106. Valor médio das casas térreas

Segundo as Figuras 107 e 108, na sequência, 41% as casas térreas possuem apenas 2 quartos, 33% possuem 3 quartos. A grande maioria das casas possuem apenas 1 banheiro, 23% possuem 2 banheiros.

Figura 107. Número de quartos das casas

Figura 108. Número de banheiros das casas

Nas Figuras 109 e 110, verifica-se que 57% dos imóveis pesquisados possuem uma área útil variando entre 50 e 150 m² e que 23% das casas possuem entre 5 e 15 anos.

Figura 109. Área útil das casas

Figura 110. Idade das casas térreas

Figura 111. Tipos de torneiras dos lavatórios

Figura 112. Tipos de torneiras das pias

Figura 113. Tipos de bacias sanitárias das

Figura 114. Tipos de chuveiros das casas

As figuras 111 a 114 apresentam informações sobre os tipos de equipamentos sanitários existentes nas casas pesquisadas, nota-se que 10% dos lavatórios de banheiros possuem torneira com fechamento automático, 59% dos banheiros estão equipados com bacias sanitárias com válvula de descarga e que nenhuma das casas térreas pesquisadas possuem válvula de descarga com controle de vazão. Com relação aos banhos, 95% utilizam o chuveiro elétrico.

Como mencionado anteriormente, no item 5.4.1, é bom ter cautela ao se fazer uma inferência sobre torneiras com fechamento automático.

De acordo com esta pesquisa, a maioria dos chuveiros elétricos possuem uma potência variando entre 2500 e 5000W. Apenas 6% das moradias pesquisadas possuem banheiras e 84% possuem máquinas de lavar roupas. Apenas 2% disseram possuir máquina de lavar louças.

Os gráficos das Figuras 115 a 117, na seqüência, mostram que 46% dos moradores deixam a torneira da pia aberta entre 5 e 10 minutos para lavar a louça, apenas 1% utiliza mais de 30 minutos nesta operação e que 100% deles têm consciência sobre a importância de se economizar a água; 27% das casas térreas possuem empregada doméstica.

Figura 115. Tempo em que a torneira da pia fica aberta para lavar louça

Figura 116. Casas térreas que possuem empregada doméstica

Figura 117. Opiniões sobre economia de água

Figura 118. Moradores que economizam água

De acordo com as Figuras 118 e 119, 71% dos moradores economizam efetivamente água em suas residências, onde a maioria deles usam a água com racionalidade.

Figura 119. Como os moradores economizam água

Figura 120. Número de moradores por casa térrea

Como apresentado nas Figuras 120 a 124, 28% das casas são ocupadas com 4 moradores e que 8% possuem mais de 6 ocupantes; 22% dos moradores pesquisados possuem idade variando entre 25 e 29 anos. Dos apartamentos pesquisados, 52% dos moradores são do sexo masculino e 48% do sexo feminino. Com relação ao grau de escolaridade, 55% dos entrevistados possuem apenas o ensino médio concluído e 16% possuem ensino superior. Problemas com algum tipo de deficiência física estão presentes em 5% dos moradores entrevistados.

Figura 121. Idade dos moradores das casas térreas

Figura 122. Sexo dos moradores das casas térreas

Figura 123. Moradores com algum tipo de deficiência física

Figura 124. Grau de escolaridade dos moradores das casas

De acordo com as Figuras 125 a 127, na seqüência, a maioria das pessoas escovam os dentes 3 vezes por dia, 30% lavam o rosto 3 vezes por dia e 49% lavam as mãos mais de 5 vezes por dia.

Figura 125. Hábitos sobre escovar os dentes

Figura 126. Hábitos sobre lavar o rosto

Figura 127. Hábitos sobre lavar as mãos

Figura 128. Hábitos sobre fazer a barba

Como mostrado nas Figuras 128 a 131, 29% dos entrevistados fazem a barba 2 vezes por semana, 31% puxam a descarga da bacia sanitária 4 vezes ao dia, 55% tomam banho 2 vezes por dia e que 62% destes banhos têm uma duração variando entre 5 a 10 minutos.

Figura 129. Hábitos sobre acionamentos de bacias sanitárias

Figura 130. Hábitos sobre banhos

Figura 131. Duração média dos banhos

Figura 132. Ocupação dos moradores das casas térreas

Os gráficos das Figuras 132 e 133 mostram que 44% dos entrevistados trabalham em casa e que 53% deles almoçam na própria residência.

Figura 133. Local onde os moradores costumam almoçar

Este capítulo mostrou todas as medições e resultados obtidos nesta pesquisa. Os dados apresentados aqui foram todos obtidos de pesquisas em campo, tanto com relação às medições de demanda quanto com as aplicações de questionários. As considerações finais deste trabalho serão apresentadas na sequência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações apresentadas nesta pesquisa poderão contribuir para o desenvolvimento dos trabalhos nacionais voltados para a área de consumos finais de água no setor residencial. Atualmente, existem poucos trabalhos nacionais sobre este assunto. Quando necessários dados sobre o perfil de consumo no setor residencial, têm-se que recorrer a dados da literatura estrangeira. Fato este que diverge muito da realidade brasileira, visto que os hábitos e costumes variam muito de uma região para outra.

No âmbito nacional, o IPT detém a maior experiência nessa área. O desenvolvimento de pesquisas sobre demanda residencial de água demonstra a necessidade e carência de dados na literatura nacional.

Com os resultados obtidos neste trabalho, percebe-se a grande necessidade de detecção de vazamentos dentro das residências. Muitas edificações monitoradas apresentaram vazamentos internos significativos. Políticas públicas devem ser tomadas para promover a erradicação desta patologia por meio de campanhas elucidativas e bonificações financeiras para os consumidores, com a detecção de perdas físicas pelos próprios moradores.

Mostrou-se nesta pesquisa que, apesar das bacias sanitárias com caixa acoplada e com válvula de descarga consumirem aproximadamente o mesmo volume de água numa descarga, no consumo total, os edifícios com válvulas de descarga consumiram significativamente mais água. Este fato ocorreu devido aos edifícios monitorados possuírem válvulas de descarga antigas e com vazamentos. Isto mostra que a substituição dos equipamentos sanitários mais velhos é a essência de um programa de uso racional da água.

Analisando os dados obtidos das bacias sanitárias, conclui-se que as com acionamento dual podem ser uma boa opção para a redução do consumo de água em acionamentos

de descargas, uma vez que o volume de água em um evento de descarga pode ser reduzido.

Outra informação importante foi a comprovação de que o banho é o maior responsável pelo consumo específico de água dentro das residências, seguido pelas bacias sanitárias. E que os dois juntos correspondem por aproximadamente 50% do consumo total de uma unidade residencial. Outra vez conclui-se que o desenvolvimento de equipamentos mais modernos podem reduzir significativamente os consumos de água no setor residencial.

A pesquisa também mostrou que a renda preponderante das famílias entrevistadas varia de R\$ 3.000,00 a R\$ 4.000,00 por mês e que é nos sobrados que se encontram a maioria das famílias que possuem renda acima de R\$ 6.000,00 por mês. A maior parte dos imóveis das três tipologias analisadas estão avaliados em mais de R\$ 150.000,00. As idades predominantes das edificações variam de 5 a 15 anos.

Outro fato levantado com a aplicação de questionários foi que, mais de 10% dos moradores das residências disseram possuir algum tipo de torneira de lavatório com dispositivo de fechamento automático.

A grande maioria das moradias possuem bacias sanitárias com válvulas de descarga e, nos sobrados, 5% dos entrevistados disseram possuir válvula de descarga com controle de vazão. Com relação aos chuveiros, mais de 80% são elétricos.

As banheiras estão presentes em 4% dos apartamentos, em 15% dos sobrados e em 6% das residências unifamiliares térreas. Mais de 84% das unidades residenciais possuem máquinas de lavar roupas.

Com relação ao uso da água, a grande maioria das pessoas entrevistadas nesta pesquisa disse utilizar de 5 a 10 minutos para lavar a louça. Outra informação levantada foi que mais de 93% dos moradores possuem consciência sobre a importância de se economizar água, mas apenas 61% destes economizam efetivamente a água.

Sobre o grau de escolaridade dos moradores entrevistados, é nos edifícios de apartamentos que se encontram a maioria das pessoas com nível médio e superior. É nesta tipologia de habitação também que a maior parte dos moradores trabalham e almoçam fora de casa.

Sobre os hábitos dos moradores, a maioria escova os dentes de 3 a 4 vezes por dia, lavam o rosto de 2 a 3 vezes por dia, lavam as mãos mais de 4 vezes por dia, fazem a barba de 2 a 4 vezes por semana e acionam a descarga do banheiro mais de 4 vezes por dia. A maior parte dos entrevistados disseram tomar banho 2 vezes por dia, onde a duração destes banhos variam de 5 a 10 minutos.

Com relação às medições de consumos de água, a determinação dos volumes gastos nos chuveiros, bacias sanitárias, máquinas de lavar roupas e demais consumos podem auxiliar nos estudos de aproveitamento e compatibilização das águas cinzas, ou seja, reaproveitamento das águas residuárias de fins mais nobres para fins menos nobres.

Os gráficos de demanda obtidos nos edifícios multifamiliares e nas residências térreas poderão trazer informações atualizadas sobre o comportamento das variações horárias do consumo de água durante os dias da semana para o setor residencial. Análises específicas destes gráficos poderão auxiliar e aprimorar o dimensionamento de tubulações hidráulicas, volumes de reservatórios de água, sistemas de recalque de água em edifícios, sistemas públicos de abastecimento de água através da atualização dos coeficientes de cálculo relativos às horas e dias de maior solicitação do sistema, entre outros. Através das informações contidas nos gráficos de demanda podem-se unir os estudos dos projetos hidráulicos das unidades residenciais com os projetos de saneamento.

Com os resultados apresentados neste trabalho, comprova-se a necessidade de se aprimorar os estudos nesta área, de dar continuidade ao desenvolvimento de novas metodologias para a obtenção de perfis de consumo doméstico. Trata-se de um assunto muito importante, diretamente ligado à qualidade de vida das pessoas e que rapidamente vêm interferindo na sociedade devido à escassez da água.

Com o desenvolvimento de novas pesquisas, permitir-se-á uma maior compreensão sobre o comportamento da demanda de água no setor residencial. As informações apresentadas neste trabalho poderão ser utilizadas pelo poder público e privado, no que tange ao planejamento da distribuição de água no Brasil, traçar diretrizes para o uso racional da água e contribuir para o aperfeiçoamento dos aparelhos sanitários.

REFERÊNCIAS*

ALLERD, S. Water today and tomorrow: prospects for overcoming scarcity. **Futures**, Guildford, v. 30, n.1, p. 43–62, 1998.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BROWN & CALDWELL. **Residential water conservation projects**. Summary Report Produced for U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research. Washington, DC. 1984.

CAS-TECNOLOGIA. **RS2000 e-Power**: manual de referência: revisão 7.1. São Paulo: CAS, 2005. 86 p.

COM muitos tipos de medidores no mercado, o usuário deve ficar atento as peculiaridades do processo de sua planta na hora de escolher a tecnologia. **Revista Controle & Instrumentação**, São Paulo, n. 110, nov. 2005. Disponível em: <http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_110/cv2.html>. Acesso em: 23 fev. 2007.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 248 p.

DEOREO, W. B.; HEANEY, J. P.; MAYER, P. W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal of the American Water Works Association**, Baltimore, v. 88, p. 79-90, Jan. 1996.

DURAND, R. **Effectiveness of retrofit in single family residences**. Harris County MUD, Harris-Galveston Coastal Subsidence District, Texas, EUA, n. 55, jun. 1992.

GIBSON, E. **Water demand in various buildings types**. Local: Editora, 1972. Paginação irregular.

* De acordo com:
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

GONÇALVES, O. M. et al. **Caracterização da demanda e impacto das ações de economia de água em residências unifamiliares e edifícios multifamiliares**: projeto pesquisa. São Paulo: [s.n], 1998. 20 p.

_____. et al. **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo: PINI, 2000. 191 p.

HARVEY, L. G. **El agua: métodos modernos de su uso y conservación**. Stamford, Conn.: Intercontinental Publications, c1966. 94 p.

HOLMBERG, S.; OLSSON, E. Water consumption and design requirements. In: CIB-W62 SEMINAR, France, 1979. **Proceedings...** France, 1979. 18 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Apresenta dados sobre estatísticas sociais, demografias e economias. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 jul. 2006.

ILHA, M. S. O. **Estudo de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais**. 1991. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

JORNAL DO SENADO. Água. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/jornal/>>. Acesso em: 12 jun. 2006.

KIYA, F. Water consumption in various types of buildings in Japan. In: CIB W-62 SEMINAR, 1979, France. **Proceedings...** France, 1979.

LUCAS, J. **Consumos de água**. Rio de Janeiro: Cidade Nova, 2000. 33 p.

MADDAUS, W. **Water conservation**. Denver: American Water Works Association, 1987. Paginação irregular.

MONTICELLI, J. J. et al. **A Luta pela água**. São Paulo: EME, 1993. 47 p.

MURAKAWA, S. Study on the method for calculating water consumption and water uses in multi-story flats. In: CIB-W62 SYMPOSIUM, 1985, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo, 1985.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a Implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 343 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PNCDA. **Programa nacional de combate ao desperdício de água**: DTA E1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998. 40 p.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Consumo de água no Brasil. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>> . Acesso em: 06 jul. 2006.

PRADO, R. T. A. **Gerenciamento da demanda e consumo de energia elétrica para aquecimento de água em habitações de interesse social**. 1991. 226 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Publicação eletrônica**. Informações sobre o setor residencial do município [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <jevsantos@prefeitura.sp.gov.br> em 09 maio 2006.

RECICLOTECA. Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. Mostra a lei que cria o programa de conservação e uso racional nas edificações da cidade de Curitiba. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?ID=107&Editoria=9&SubEditoria=46&Ver=1>> . Acesso em: 23 jul. 2006.

ROZAS, N. **Implantação de sistemas de leitura automática de medidores de insumos prediais**. 2002. 175 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Site oficial da empresa de saneamento. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>> . Acesso em: 14 julho 2006.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, p. 7-18, 2002.

TAMAKI, H. O. **A medição setorizada como instrumento de gestão de demanda de água em sistemas prediais**: estudo de caso: programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

THACKAY, J. E.; COCKER, V.; ARCHIBALD, G. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. **Proceedings of the institution of civil engineers. Structures and buildings**, London, v. 64, part. 1, p. 538, 1978.

THERMO ELECTRON CORPORATION. **DCT7088 portable digital correlation transit time ultrasonic flowmeter**: user manual: revisão B. Houston: ThermoPolysonics, 2003. 72 p.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000. 205 p.

UNEP - UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME. Apresenta um artigo sobre o panorama da água doce no mundo. Disponível em: <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 03 nov. 2005.

VILLIERS, M. **Água**: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. 39 p.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. Apresenta informações sobre a disponibilidade de água no mundo. Disponível em: <http://earthtrends.wri.org/maps_spatial/index.php?theme=2>. Acesso em: 19 jul. 2006.

ZHANG, H. H.; BROWN, D. F. Understanding urban residential water use in Beijing and Tianjin, China. **Habitat International**, Oxford, v. 29, p. 469–491, Fev. 2004.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS*

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Apresenta informações sobre regulação do uso da água no Brasil. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 11 abr. 2005.

ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALINAS, M. A.; MARTINEZ-ESPINHEIRA, R. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. **The Journal of Socio-Economics**, local, v. 32, p. 81–102, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REÚSO DE ÁGUA. Apresenta variada informação sobre o aproveitamento da água de chuva. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>. Acesso em: 06 maio 2005.

BABBITT, H. E. **Abastecimento de água**. Brasília: Edgard Blucher, 1973. 592 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa nacional de combate ao desperdício de água**: DTA D3. Brasília: Ministério das Cidades, 2004. 171 p.

_____. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Programa nacional de combate ao desperdício de água**: DTA A1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998. 38 p.

GHISI, E.; GÓMEZ, L. A. **Uso racional de água em edificações**. Disciplina nº ECV 4263, ministrada pelos professores Enedir Ghisi e Luis Alberto Gómez da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

_____.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, Oxford, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, April 2007.

* De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

GONÇALVES, O. M. et al. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151 p.

IHOBE. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Site sobre gestão ambiental do governo vasco. Disponível em: <[http://ihobe.net/IHO Publicaciones/PUB-2004-042-f-I-001.pdf](http://ihobe.net/IHO_Publicaciones/PUB-2004-042-f-I-001.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2006.

IOSHIMOTO, E. **Formulação de metodologia para análise de projetos de sistemas prediais de gás combustível**. 1990. 312 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. **Noções de probabilidade e estatística**. 6th ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 391 p.

MARSHALL, A. Water as an element of national wealth. In: PIGOU, A. C. (Ed.). **Memorials of Alfred Marshall**. New York: Kelley & Millman, 1956. p. 134–141.

MCKAY, E. M. Recording and analysis equipment for water demand in buildings. **Building and Science**, Oxford, v. 8, p.1-6, 1973.

OLIVEIRA JR, O.; GONÇALVES, O. M.; ILHA, M. S. O. Análise do perfil de consumo de água em edificações unifamiliares de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2003. v. 1, p. 1–10.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Dados do município. Desenvolvido pela Prefeitura Municipal de São Paulo. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/governo/sumario_dados>. Acesso em: 08 maio. 2006.

PRIBERAM INFORMÁTICA. Dicionário da língua portuguesa on-line. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo/dlpo.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. Apresenta o programa de combate ao desperdício de água do governo brasileiro. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

SAUTCHÚK, C. A.; GONÇALVES, O. M. Concepção de um edifício comercial sob a ótica da conservação da água: estudo de caso. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 9., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CREA-GO, 2005. p.13.

SOUTHERN ILLINOIS UNIVERSITY. Artigo publicado pela SIU sobre modelos de uso da água. Disponível em: <<http://info.geography.siu.edu/projects/wateruse/BiblioFinal.pdf>>. Acesso em: 18 abril 2006.

TERREBONE, R. P. **Residential water demand management programs**: a selected review of the literature. Georgia: Georgia Water Planning and Policy Center, 2005. (Water Policy Working Paper Series, 2005-002).

UNITED NATIONS EDUCATIONAL. Scientific and Cultural Organization. Apresenta artigos sobre recursos hídricos. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/11267eo.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Estatística. Desenvolvido por Silvia Emiko Shimakura. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/~silvia/>>. Acesso em: 02 maio 2006.

WILSON, B. C. **Water conservation and quantification of water demand in subdivisions**: a guidance manual for public officials and developers. Santa Fe, NM: New Mexico State Engineer Office, 1996. (Technical Report 48).

WONG, L. T.; MUI, K. W. Modeling water consumption and flow rates for flushing water systems in high-rise residential buildings in Hong Kong. **Building and Environment**, Oxford, p.1-11, Fev. 2006.

ZHOU, S. L.; MCMAHON, T. A.; LEWIS, J. Forecasting operational demand for an urban water supply zone. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 259, p. 189–202, 2002.

ANEXO A – Certificado de Calibração do Medidor Ultrassônico

Process Instruments
9303 W. Sam Houston Parkway S.
Houston, TX 77099-5298

713) 272-0404
Fax: (713) 272-2272
www.thermo.com

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Thermo Electron Corporation, Process Instruments certifies that the below listed instrument has been calibrated to meet or exceed published specifications using standards whose accuracies are traceable to the National Institute of Standards and Technology. Calibration is performed using a master meter technique and a system which conforms to the requirements of ANSI/NCSL Z540-1. NIST traceability is achieved through the test instrumentation used to prove the master meter, which has a measurement uncertainty of $\pm 0.25\%$ or less. The accuracy (% of reading) of the master meter from 200 GPM to 800 GPM is $\pm 0.32\%$.

PRODUCT INFORMATION

Customer:	MS INSTRUMENTOS	Device Serial Number:	B05LC007
		Scale Factor:	1
		Full Scale Value (GPM):	900
		Ambient Temperature:	75
Sales Order:	266764	Relative Humidity	44%
Device Model:	DCT7088	Procedure Used:	1-0561-002 (A)

CALIBRATION DATA

FLOW RATE (GPM)	INSTRUMENT READING (GPM)	DIFFERENCE IN GPM	PERCENT ERROR	WITHIN SPECIFICATION?
313.10	313.23	0.13	0.04%	YES
447.14	444.35	2.79	0.62%	YES
595.59	591.02	4.57	0.77%	YES

Calibration Date: December 13, 2005

Recommended Calibration Due Date: December 13, 2006

Calibration Performed by: _____

Thermo Electron, Process Instruments Representative

APÊNDICE A – Modelo de Questionário Aplicado em Edifícios Multifamiliares

USP

QUESTIONÁRIO

Edifício Unifamiliar

Metodologia para Caracterização da Demanda Urbana de Consumo de Água no Setor Residencial.

Nome do entrevistado:

1. LOCALIZAÇÃO

1.1. Número do apartamento:.....

1.2. Complemento:

2. RENDA

2.1 Renda média mensal da família

☐ Até R\$ 400,00

☐ Mais de R\$ 400,00 a R\$ 600,00

☐ Mais de R\$ 600,00 a R\$ 1.000,00

☐ Mais de R\$1.000,00 a R\$ 1.200,00

☐ Mais de R\$1.200,00 a R\$ 1.600,00

☐ Mais de R\$1.600,00 a R\$ 2.000,00

☐ Mais de R\$ 2.000,00 a R\$ 3.000,00

☐ Mais de R\$ 3.000,00 a R\$ 4.000,00

☐ Mais de R\$ 4.000,00 a R\$ 6.000,00

☐ Mais de R\$ 6.000,00

2.2 Valor médio do imóvel

☐ Até R\$ 50.000,00

☐ De R\$ 50.000,00 a R\$ 100.000,00

☐ De R\$ 100.000,00 a R\$ 150.000,00

☐ Acima de R\$ 150.000,00

3. APARTAMENTO

3.1 Número de Quartos

- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ou mais

3.2 Número de Banheiros

- ☐ 1 ☐ 2
☐ 3 ☐ 4 ou mais

3.3 Área útil total do apartamento

- ☐ Até 50,00 m² ☐ Entre 50,00 e 150,00 m² ☐ Acima de 150,00 m²

3.4 Idade do edifício

- ☐ Até 5 anos ☐ Entre 5 e 15 anos ☐ Entre 15 e 25 anos
☐ Entre 25 e 35 anos ☐ Entre 35 e 50 anos ☐ Acima de 50 anos

4. LAVATÓRIOS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
4.1 Torneira registro com fechamento manual						
4.2 Torneira com fechamento automático						

5. PIAS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
5.1 Torneira registro com fechamento manual						
5.2 Torneira com fechamento automático						

6. BACIAS SANITÁRIAS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
6.1 Válvula de descarga (Hidra)						
6.2 Válvula de descarga com controlador de vazão						
6.3 Reservatório acoplado até 6 litros						
6.4 Reservatório acoplado até 12 litros						
6.5 Reservatório acoplado até 30 litros						

7. CHUVEIROS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
7.1 Elétrico						
7.2 Misturador – aquecimento a gás por acumulação						
7.3 Misturador – aquecimento a gás por passagem						
7.4 Misturador – aquecimento elétrico por acumulação						

7.5 Se for chuveiro elétrico, qual a potência? Exemplo: 5.000W

8. COMPLEMENTARES

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
8.1 Banheiras						
8.2 Tanques de lavar roupa						
8.3 Máquinas de lavar roupa						
8.4 Máquinas de lavar louça						

Qual a frequência de utilização durante a semana?

Descrição	vezes por semana					
	1	2	3	4	5	6
8.1 Banheiras						
8.2 Tanques de lavar roupa						
8.3 Máquinas de lavar roupa						
8.4 Máquinas de lavar louça						

9. GERAIS

9.1. Qual a duração média que a torneira da pia fica aberta para lavar louça?

- ☐ Até 5 min
 ☐ Entre 5 e 10 min
 ☐ Entre 10 e 15 min
☐ Entre 15 e 30 min
 ☐ Acima de 30 min

9.2. Possui empregada doméstica?

- ☐ Não
 ☐ Sim

9.3. Você acha importante economizar água?

- ☐ Não
 ☐ Sim

9.4. Você toma alguma atitude que venha a economizar água em seu apartamento?

- ☐ Não
 ☐ Sim
 Qual :

10. FAMÍLIA E HÁBITOS

10.1. Qual o número total de pessoas que moram no apartamento?

- ☐ 1
 ☐ 2
 ☐ 3
☐ 4
 ☐ 5
 ☐ 6 ou mais

Formulários em anexo. *(preencher um formulário para cada morador)*

10.2. PRIMEIRO MORADOR - PRINCIPAL

10.2.1. Idade:				
☐ 0 a 4 anos	☐ 5 a 9 anos	☐ 10 a 14 anos	☐ 15 a 19 anos	
☐ 20 a 24 anos	☐ 25 a 29 anos	☐ 30 a 34 anos	☐ 35 a 39 anos	
☐ 40 a 44 anos	☐ 45 a 49 anos	☐ 50 a 59 anos	☐ 60 anos ou mais	
10.2.2. Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino				
10.2.3. Grau de escolaridade:				
☐ Ensino Básico	☐ Ensino Médio	☐ Ensino Superior		
10.2.4. Possui algum tipo de deficiência? ☐ Não ☐ Sim				
10.2.5. Quantas vezes em média escova os dentes por dia?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.6. Quantas vezes em média lava o rosto por dia?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.7. Quantas vezes em média lava as mãos por dia?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.8. (Para os homens) Quantas vezes em média faz a barba por semana ?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.9. Quantas vezes em média puxa a descarga por dia?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.10. Quantas vezes em média toma banho por dia?				
☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4 ☐ 5 ☐ mais de 5
10.2.11. Qual a duração média de cada banho?				
☐ Até 5 min	☐ 5 a 10 min	☐ 10 a 15 min	☐ 15 a 30 min	☐ Acima de 30 min
10.2.12. Qual a ocupação?				
☐ Trabalha fora de casa	☐ Trabalha em casa	☐ Estuda		
10.2.13. Onde costuma almoçar?				
☐ No apartamento	☐ Fora do apartamento			