

DTA - Documento Técnico de Apoio nº E1
CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO CONSUMO PREDIAL DE ÁGUA

Adilson Lourenço Rocha

Douglas Barreto

Eduardo Ioshimoto

MINISTRO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO
Paulo Paiva

SECRETÁRIO EXECUTIVO DO MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO
Martus Tavares

SECRETÁRIA DE POLÍTICA URBANA
Maria Emilia Rocha Mello de Azevedo

DIRETORA DO DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO DA SECRETARIA DE POLÍTICA URBANA
Dilma Seli Pena Pereira

COORDENAÇÃO TÉCNICA DOS TRABALHOS
Pela FUPAM: Ricardo Toledo Silva
Pela SEPURB: Rodrigo Flecha Ferreira Alves

ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA-PNCDA
PROTOCOLOS DE COOPERAÇÃO FIRMADOS COM A SEPURB/MPO

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL - MMA
Secretaria de Recursos Hídricos – SRH
Secretaria de Meio Ambiente – SMA

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME
Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
Eletrobrás/Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABNT/COBRACON – Associação Brasileira de Normas Técnicas/Comitê Brasileiro da Construção Civil
AESBE – Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais
ASFAMAS – Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento
ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FUPAM – Fundação para a Pesquisa Ambiental
FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
INFURB-USP – Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas da Universidade de São Paulo
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA
Esplanada dos Ministérios, Bloco A, 3º Andar, sala 305
Brasília, DF - CEP 70.054-900
Fone: (061) 315-1778, Fax: (061) 322-2024

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água é financiado pela União, através de recursos do Orçamento Geral da União - O.G.U., e está sendo desenvolvido pelo Departamento de Saneamento da Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento - DESAN/SEPURB/MPO, por intermédio de Convênio firmado com a Fundação para a Pesquisa Ambiental - FUPAM da Universidade de São Paulo.

Os Documentos Técnicos de Apoio, após uma versão preliminar, foram apresentados às diversas entidades e prestadores de serviços do Setor Saneamento, além de técnicos especialistas, participantes ou não do Programa, e somente concluídos graças aos comentários, críticas e sugestões enviados ao PNCDA ou discutidos em reuniões técnicas com a equipe da FUPAM e SEPURB.

A Coordenação do PNCDA agradece as diversas contribuições recebidas.

Participaram da elaboração deste Documento Ernani Ciríaco de Miranda (Técnico da UGP/PMSS), Rodrigo Flecha Ferreira Alves (Técnico da SEPURB), além de técnicos do IPT.

Rocha, Adilson Lourenço.

Caracterização e monitoramento do consumo predial de água/Adilson Lourenço Rocha, Douglas Barreto, Eduardo Ioshimoto. – Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana, 1998.

38 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; E1)

1. Água. 2. Consumo de água. 3. Utilização da água. I. Barreto, Douglas. II. Ioshimoto, Eduardo. III. Ministério do Planejamento e Orçamento - Secretaria de Política Urbana. IV. Título V. Série.

CDD 363.61

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA	7
INTRODUÇÃO	13
1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	15
1.1 Evolução das técnicas de monitoração	16
1.2 Experiência acumulada pelo IPT	19
1.3 Processo metodológico	21
1.4 Equipamentos utilizados	24
2. MONITORAÇÃO PILOTO DE CONSUMO	29
2.1 Local da monitoração piloto	29
2.2 Caracterização da localidade	30
2.3 Caracterização do consumo global	33
2.4 Caracterização dos consumos específicos	33
3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCD A

A criação do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD A -, na esfera federal, vem ao encontro de uma antiga demanda do Setor Saneamento, delineada desde início da década de 1980 e sistematizada no “Seminário Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público” (anais publicados em 1986). O evento foi promovido pela então Secretaria de Saneamento do MDU, em articulação com o BNH e executado pelo IPT em colaboração com a USP, apoiados pela ABES, pela ASFAMAS e outras entidades do Setor. O objetivo de articulação em âmbito nacional foi na época frustrado pelo fechamento do BNH, associado a um profundo desgaste da organização institucional do saneamento básico no nível federal. No entanto, algumas iniciativas associadas àquele esforço permaneceram, especialmente na linha de pesquisa em componentes de baixo consumo de água, mediante parcerias entre instituições de pesquisa e fabricantes de aparelhos e equipamentos sanitários.

Em 1994, os estudos que deram origem à série “Modernização do Setor Saneamento” (MPO/IPEA, 1995 a 1998 - 15 volumes) apontaram enfaticamente para a necessidade de se incorporar - no âmbito federal - a coordenação de políticas e programas voltados à conservação e ao uso racional da água de abastecimento público. Em abril de 1997, em articulação com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e com o Ministério das Minas e Energia, o Ministério do Planejamento e Orçamento - por meio do Departamento de Saneamento da SEPURB - finalmente instituiu na esfera federal um programa de conservação e uso racional da água de abastecimento público. Trata-se, portanto, de um projeto de longa maturação, que sofreu os percalços de prolongado período de abandono e que merece ser implementado com todo o cuidado, evitando a saída fácil da adoção irrefletida de soluções isoladas como se fossem respostas universais, por mais eficientes que estas possam se ter mostrado em casos específicos.

Na ocasião foram firmados protocolos de cooperação com entidades civis alinhadas com os objetivos do Programa e, em setembro do mesmo ano, foi celebrado um primeiro convênio com a Fundação para Pesquisa Ambiental - FUPAM -, vinculada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. O convênio teve como escopo a realização de estudos especializados e a organização de um conjunto de Documentos Técnicos de Apoio - DTA - às atividades do Programa, nas áreas de planejamento das ações de conservação, de tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e de tecnologia dos sistemas prediais de água e esgoto.

O Programa tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

Os 16 DTA - postos em discussão após a primeira rodada de consulta que se seguiu à Fase I do PNCD A - refletem a retomada de estudos abrangentes na área e não devem ser

vistos como peças acabadas de um programa burocrático. A inclusão do componente “Tecnologia dos Sistemas Públicos” incorpora parte do conteúdo de programas passados de melhoria operacional em controle de perdas no âmbito da conservação urbana de água. Esses conteúdos são agora associados a uma visão mais ampla de combate ao desperdício, segundo a qual o objetivo de maior eficiência no uso da água é buscado em todas as fases de seu ciclo de utilização, desde a captação até o consumo final.

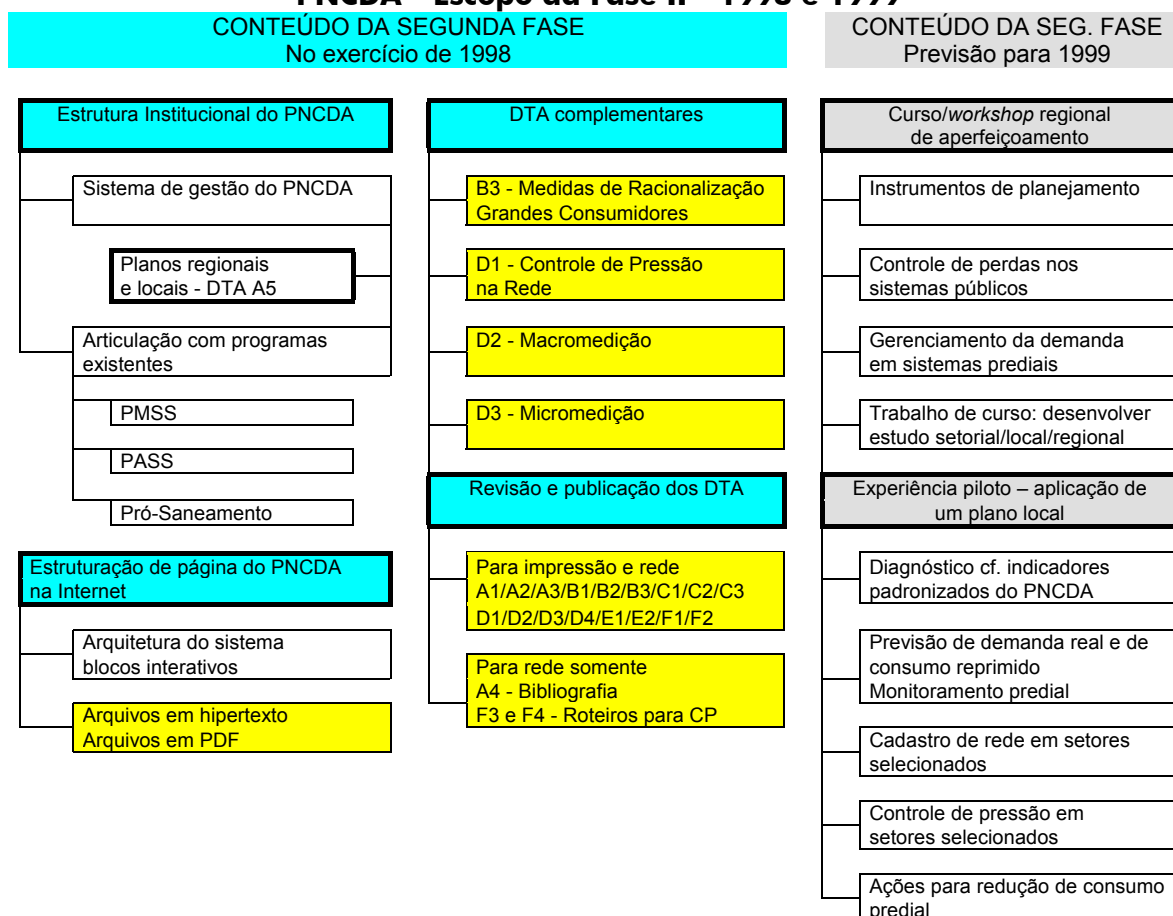
A Fase II do Programa, em 1998, inclui a produção de mais 4 DTA, sua publicação e a implantação de um sistema de acesso via Internet. Os escopos das fases até agora definidas como objetos de convênio são esquematizados nas figuras I e II, a seguir.

FIGURA I
PNCDA - Escopo da Fase I - 1997
CONTEÚDO DA PRIMEIRA FASE
Documentos Técnicos de Apoio – DTA

Planejamento e Gestão Gerenciamento da Demanda	Conservação nos Sistemas Públicos	Conservação nos Sistemas Prediais
A1 - Apresentação do Programa	C1 - Recomendações Gerais e Normas de Referência	E1 - Caracterização/Monitor. do Consumo
A2 - Indicadores de Perdas nos SAA	C2 - Panorama dos Sistemas no País	E2 - Normalização/Qualidade
A3 - Caracterização da Demanda Urbana de Água	C3 - Elementos para Planejamento	F1 - Tecnologias Poupadoras
A4 - Bibliografia Anotada	D1 - Controle de Pressão na Rede	F2 - Produtos Poupadores: Fichas Técnicas
B1 - Elementos de Análise Econômica (Predial)	D2 - Macromedicação	F3* - Códigos Prática (roteiro) Instalações AF/AQ
B2 - Campanhas de Educação Pública	D3 - Micromedicação	F4* - Códigos Prática (roteiro) Ramais Prediais
B3 - Medidas de Racionalização Grandes Consumidores	D4 - Redução de Perdas e Trat. de Lodo em ETA	(*) Depois consolidados em DTA único para CP.

Obs.: Na Fase I os DTA B3, D1, D2 e D3 foram apenas conceituados, sem emissão de texto base.

FIGURA II
PNCDA - Escopo da Fase II - 1998 e 1999



Maria Emilia Rocha Mello de Azevedo
 Secretária de Política Urbana do MPO

Dilma Seli Pena Pereira
 Diretora de Saneamento da SEPURB/MPO

DTA – DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO E1
CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO
DO CONSUMO PREDIAL DE ÁGUA

INTRODUÇÃO

Os dois principais segmentos deste DTA buscam dar conta dos métodos aplicáveis e das capacitações disponíveis para fins de caracterização e monitoramento do consumo predial. São eles:

- descrição da metodologia e dos equipamentos para caracterização do consumo de água; e
- monitoração piloto do consumo.

Este DTA é subsídio importante para o gerenciamento de capacitação laboratorial e instrumentação, entre as atribuições da Coordenação Nacional do PNCDA. Inclui resultados de monitoração piloto realizada a partir de procedimentos e instrumentação definidos nesta pesquisa. A monitoração piloto é fundamental na detecção de padrões de distribuição interna do consumo predial. A grande variabilidade das condições de consumo interno segundo diferentes usuários e diferentes tipos de domicílios recomenda prudência na generalização de tendências.

A caracterização piloto de consumo, da forma como abordada neste DTA, é também elemento de apoio à previsão de demanda. No entanto, conforme indicado nos DTA A1 e A3, a validação dos resultados obtidos para uso generalizado em uma área de ação depende do seu adequado tratamento estatístico.

A versão inicial deste DTA continha em anexo uma relação preliminar de laboratórios que atuam na área de instalações prediais. Contudo, tendo em vista as necessidades de atualização permanente da lista e de formação de um cadastro, optou-se por não exibi-la na presente versão. Futuramente o cadastro será gerenciado pela Coordenação do PNCDA, diretamente ou por delegação a laboratório de referência nacional (ver DTA E2).

1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O desenvolvimento de aparelhos economizadores de água e de tecnologias inovadoras voltados para a redução do consumo nas instalações hidráulicas prediais deve ser balizado pelo conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de um determinado sistema. Só a partir deste conhecimento será possível, efetivamente, saber onde deve-se priorizar tais desenvolvimentos e como quantificar as economias efetivas de água que serão obtidas a partir de cada ação empreendida que venha a resultar em novo aparelho ou em nova tecnologia.

O citado conhecimento constitui o que é denominado como caracterização do consumo de água de uma determinada tipologia predial e aqui serão apresentados a metodologia e os equipamentos necessários para se chegar à caracterização do consumo de água de habitações unifamiliares brasileiras.

A determinação da caracterização do consumo tem sido feita em alguns poucos países do hemisfério norte e os correspondentes valores, por falta de outros válidos para o país, têm sido utilizados pelas equipes técnicas brasileiras, apenas como referência, porque, além dos aspectos relativos ao clima e outros, o consumo de água varia também em função de aspectos culturais, o que torna absolutamente vital que levantamentos relativos à realidade brasileira sejam realizados para fundamentar as ações que aqui deverão ser empreendidas.

Um caso importante de determinação da caracterização do consumo de água, pela qualidade do trabalho e, conseqüentemente, pela quantidade de informações úteis dele geradas, foi o trabalho desenvolvido nas cidades de Malvern e Mansfield, na Inglaterra.¹

A metodologia foi fundamentalmente baseada na leitura diária dos hidrômetros instalados junto às tubulações de abastecimento dos prédios e nos registros, também diários, feitos pelos seus moradores, relativos aos tipos de utilizações de água e ao número de vezes em que isto ocorria. Além disto, alguns consumos que não sofriam muita interferência da vontade do usuário, como o volume de água gasta em bacias sanitárias com caixa acoplada, o volume de água gasta em lavadoras de roupa, dentre outros, foram previamente determinados. A determinação dos consumos específicos de água de diversos pontos de utilização e de diferentes formas do seu emprego foi realizada via análise por regressão.

A tabela 1 a seguir mostra um dos resultados do trabalho, a saber, uma caracterização do consumo de água aplicável às cidades pesquisadas e, talvez, também às cidades de região próxima a elas.

¹ Thackray, Cocker and Archibald. "The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage", 1978.

Tabela 1
Caracterização do Consumo de Água

Pontos de utilização	Malvern		Mansfield	
	Litros por dia e por pessoa	%	Litros por dia e por pessoa	%
Lavagem de carro				
- com mangueira	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1
- com balde	0,3	0,3	0,4	0,4
Rega de jardim	3,8	3,9	2,1	2,1
Irrigação 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 na bacia	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

Pela análise da tabela, foi possível identificar que a bacia sanitária naquelas cidades representava um consumo de água significativo e que, portanto, justificava-se investir esforços e recursos na pesquisa de formas mais econômicas de fazer uma bacia trabalhar adequadamente.

Outro uso de água significativo foi aquele identificado como “uso básico”, que era a quantidade utilizada regularmente para lavagem de louça a mão, para cocção, para outras higiênes pessoais além do banho, e outros. Este tipo de uso, apesar de significativo, é difícil de ser reduzido pelo desenvolvimento de produtos economizadores e tecnologias inovadoras.

1.1 Evolução das Técnicas de Monitoração

O conhecimento da composição do consumo de água, conforme exemplificado acima, vem ocupando lugar de destaque nas equipes de pesquisa atuantes na área de conservação de água.

À medida que vem aumentando a necessidade do conhecimento mais apurado do perfil de consumo de água de uso doméstico, também vem sendo necessário o emprego de técnicas mais sofisticadas para a obtenção das informações relativas a esse consumo.

As metodologias empregadas evoluíram da aplicação de questionário ao morador ao emprego de sistemas de monitoração e aquisição de dados, que utilizam sensores e outros elementos de captação de sinais.

Inicialmente, a técnica consistia da leitura sistemática do hidrômetro de entrada, da aplicação de um questionário aos moradores e da realização, em laboratório, da caracterização dos aparelhos sanitários. Esta técnica, aliada a métodos de cálculo, ajudou a organizar um levantamento sobre a utilização e consequente consumo de água no interior de edificações. Tal método ampara-se na elaboração de um questionário com questões que, após compilação, permitam que dele se extraiam valores de consumos, bem como os horários de uso dos aparelhos sanitários. Estes questionários são fortemente dependentes do entendimento, por parte do morador, da sistemática de anotação dos usos (horário, etc.), da plena caracterização do funcionamento dos aparelhos sanitários instalados nas edificações (volume de água por uso, vazão, etc.), e, por fim, da assiduidade de anotações realizadas

pelos moradores. Além disso é necessária a transcrição das respostas dos questionários para equipamentos que permitam o devido tratamento e análise.

A partir da concepção inicial, neste campo da pesquisa, buscou-se o objetivo de se aprimorar, cada vez mais, tanto a coleta como o tratamento dos dados relativos ao consumo de água nas edificações.

Em 1972, Gibson² aplicou uma metodologia que consistia da instalação, em todos os pontos de utilização de água, de sensores de fluxo associados a hidrômetros instrumentados, que por sua vez foram interligados a um gravador de fita magnética para registro das ocorrências de passagem de água e registro do correspondente volume, mais o horário de início e fim do evento. Os sinais gravados na fita passavam por um decodificador, que comandava uma máquina de perfuração (*punch-paper*), que gerava fita de papel perfurada. Esta fita servia como entrada de dados para um computador que realizava o tratamento dos dados de consumo registrados. Nesta mesma época Webster³ utilizou de equipamento similar e o aplicou em um prédio de apartamentos onde foram obtidos gráficos do tipo histogramas diários de uso dos pontos de utilização.

Em 1979, Kiya⁴ empregou uma metodologia que previa o uso de um transdutor de pressão instalado no fundo do reservatório superior de água de uma edificação. Do registro contínuo da variação da altura no interior deste reservatório pôde obter o consumo de água dos aparelhos abastecidos pelo reservatório.

Ainda em 1979, Holmberg & Olsson⁵ realizaram uma investigação em um prédio com vinte apartamentos, onde foram instalados, nos pontos de utilização, sensores de fluxo e hidrômetros instrumentados, mais sensores de pressão e temperatura. Todos os sensores foram conectados a um equipamento de aquisição de dados, que registrava a ocorrência dos eventos em um disquete, para ser, posteriormente, lido em computador (ou microcomputador), para tratamento e análise dos dados. No computador foram desenvolvidos programas para tratamento dos dados que permitiram a confecção de gráficos da distribuição do consumo de água dos apartamentos estudados ao longo do dia.

Murakawa⁶, em 1985, utilizou um equipamento mais aprimorado para a monitoração do consumo de água em dois prédios de apartamentos. A concepção adotada envolveu o emprego de sensores de presença junto ao aparelho sanitário, de sensores de fluxo com função de medidores de vazão e hidrômetro instrumentado, tudo interligado a um registrador-armazenador de dados para posterior tratamento. Os resultados pós-tratamento resultaram em gráficos que apresentam a variação do consumo médio de água por hora e por tipo de aparelho sanitário.

Por volta dessa época, o computador do tipo pessoal se tornou cada vez mais acessível e seu campo de aplicação foi se estendendo mais e mais. Estas máquinas de pequeno porte, se comparadas com os computadores da época, incorporavam, internamente, processadores cada vez mais avançados, vindo paulatinamente a substituir os computadores na realização de tarefas

² Gibson, E. "Water demand in various buildings types". 1972.

³ Webster, C. D. J. "An investigation of the use of water outlets in multi-storey flats". 1972.

⁴ Kiya, F. "Water consumption in various types of buildings in Japan". 1979.

⁵ Holmberg, S. & Olsson, E. "Water consumption and design requirements". 1979

⁶ Murakawa, S. "Study on the method for calculating water consumption and water uses in multi-storey flats". 1985.

computacionais típicas. Esta evolução permitiu que tais computadores, denominados de microcomputadores, pudessem ser utilizados como instrumentos básicos de coleta e tratamento de dados.

Tudo isso, aliado ao barateamento dos chamados circuitos eletrônicos, permitiu o desenvolvimento de placas de aquisição de dados, que inseridas no interior de microcomputadores vieram a atender as necessidades de aquisição e tratamento de dados em geral.

Atualmente, com o desenvolvimento da eletrônica, dispõem-se de equipamentos que permitem o armazenamento de dados (*data-loggers*) para posterior tratamento em potentes microcomputadores.

Também já estão disponíveis programas de pré-tratamento de dados armazenados, fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos armazenadores. Estes programas permitem a geração de gráficos para visualização, com zoom e outros atributos. Também geram tabelas compatíveis com o formato de entrada dos principais programas do tipo planilha, para tratamento e visualização personalizados.

Uma nova técnica de análise de dados de consumo foi apresentada em trabalho⁷ recente. A técnica, denominada “análise de traço”, consiste na identificação, em um gráfico, das vazões dos aparelhos sanitários. Os dados para confecção do gráfico são fornecido por um *data-logger* que é conectado no hidrômetro do cavalete. Os sinais armazenados são pulsos de volume registrados em intervalos regulares de tempo, donde se pode ter os gráficos da variação do volume no tempo, e, conseqüentemente, da vazão. Cada aparelho sanitário possui um perfil característico de vazão e, à medida que este perfil repete-se ao longo do tempo, é possível se obterem valores médios de vazão e volume de água consumido. Da mesma forma que as demais técnicas, esta também necessita de programas de tratamento de dados para realizar os cálculos necessários para obtenção do perfil do consumo de água.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa realizada com a aplicação dessa metodologia.

Tabela 2
Caracterização do Consumo Doméstico de Água
em Heatherwood (Boulder - Colorado - EUA)

Tipo de Consumo	Perfil do consumo	
	Uso total (%)	Só uso interno (%)
Uso externo geral	78	-
Piscina	3	-
Banheira	0	2
Chuveiro	3	17
Bacia sanitária	5	26
Lavadora de pratos	1	3
Lavagem de roupas	5	24
Torneiras em geral	3	17
Vazamentos	2	11
Total	100	100

⁷ DeOreo, W. B. et alii. "Flow trace analysis to assess water use". 1996.

1.2 Experiência Acumulada pelo IPT

O IPT, ao longo das últimas duas décadas, vem desenvolvendo pesquisas aplicadas com o objetivo de aprimorar e empregar metodologias para o levantamento do perfil do consumo de água de uso doméstico.

Em 1981, foi desenvolvido um equipamento eletrônico que, associado a um hidrômetro instrumentado, e instalado junto do cavalete de entrada de água da edificação, permitiu a caracterização da vazão domiciliar de água na cidade de São Paulo. Este equipamento, denominado DICA (Dispositivo Condicionador e Armazenador de Dados⁸), tem a capacidade de armazenamento programável, entre uma semana e um mês, e esses dados armazenados podem ser descarregados em um computador para tratamento e análise. Foram investigadas mais de quatrocentas ligações prediais, onde foi possível se averiguar a distribuição das vazões ocorridas nos ramais prediais, bem como os volumes de água entregues diariamente. O próprio DICA foi sendo aprimorado, face a evolução da eletrônica disponível, até a versão 3⁹, quando então os *data-loggers* portáteis se tornaram mais difundidos e acessíveis (relação entre preço e capacidade de armazenamento).

O IPT, que sempre procurou aprofundar o conhecimento sobre o assunto na busca de novas tecnologias e metodologias que pudessem ser utilizadas, direcionou as pesquisas para o campo onde fosse possível o emprego de microcomputadores, como já comentado, que se tornavam cada vez mais difundidos e com custos cada vez menores.

Esta percepção permitiu, em 1989, o desenvolvimento de um projeto de pesquisa¹⁰ onde um dos objetivos era o de elaborar uma instrumentação, fazendo uso de um microcomputador, capaz de monitorar o consumo de água nos pontos de utilização de uma edificação.

O desenvolvimento desta pesquisa resultou na elaboração de um projeto exclusivo de equipamento dedicado a realizar a monitoração do consumo de água. Este equipamento foi totalmente desenvolvido utilizando as técnicas, componentes e equipamentos disponíveis no mercado brasileiro. O resultado foi uma instrumentação composta de sensores de fluxo, hidrômetros instrumentados, placa de aquisição de dados e programa monitor da coleta de dados.

Este equipamento foi aplicado, experimentalmente, no *campus* do IPT, no prédio 24, que abriga um conjunto de escritórios de pesquisadores do Instituto. Neste prédio foram instrumentados 14 pontos de utilização de água. Os resultados iniciais foram promissores e apontaram diversas necessidades de aprimoramento. A mais premente era a necessidade de se desenvolverem programas de tratamento para os dados disponibilizados pelo equipamento.

Em busca do aprimoramento necessário para se obter o perfil de consumo, foi desenvolvido um programa¹¹ de tratamento dos dados que permitiu o levantamento de diversos parâmetros sobre o consumo de água dos aparelhos sanitários do prédio estudado. A tabela 3 a seguir apresenta o resumo dos valores obtidos na aplicação do referido programa, considerando um período de coleta de um ano.

⁸ Relatório IPT Nº 15.181.1981.

⁹ Relatório IPT Nº 23.076.1985.

¹⁰ Relatório IPT Nº 27.236.1989

¹¹ Barreto, D. "Water conservation and the monitoring of sanitary appliances". Dissertação de mestrado, 1990.

Tabela 3**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

Em 1996¹², o equipamento desenvolvido pelo IPT foi aplicado novamente com vistas ao levantamento do consumo de água em aparelhos sanitários. O local da pesquisa foi um prédio de escritórios da SABESP localizado na cidade de São Paulo. Neste prédio, dois banheiros foram objeto de monitoração do consumo de água, um masculino e um feminino, dispostos no último andar, onde 18 pontos de utilização foram instrumentados.

O trabalho procurou avaliar o comportamento, no tocante ao consumo de água, entre diferentes tipos de aparelhos sanitários. Os primeiros foram os que já estavam instalados no prédio. Em seguida, foram empregados os chamados aparelhos economizadores de água, que são projetados ou construídos com o objetivo de consumir menos água.

Basicamente, trabalhou-se com torneiras e bacias sanitárias. Ao todo foram procedidas a 4 campanhas de medição (A, B, C e D). Na primeira campanha, foram monitorados os lavatórios equipados com torneiras comuns e bacias comuns com válvulas de descarga. Na segunda, lavatórios com torneiras hidromecânicas com fechamento temporizado e bacias sanitárias com válvulas de descarga. Na terceira, só lavatórios com torneiras de acionamento fotoelétrico. E, na última campanha, bacias sanitárias com caixa acoplada de 6 litros por descarga. O resumo dos resultados está apresentado na tabela 4 a seguir.

Tabela 4**Valores Médios dos Resultados das 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 acionamento fotoelétrico	3,93	10,63	0,42	0,05

Cabe destacar que os números apresentados nas tabelas 3 e 4 representam apenas características de funcionamento e de consumo de água dos aparelhos utilizados na pesquisa, sem levar em consideração quantas vezes cada aparelho é acionado pelo usuário, ao longo do tempo, de modo a atender suas exigências. Não foi possível, durante o período da medição, fazer uma correlação entre o número de acionamentos e a população usuária dos aparelhos.

¹² Relatório Final do Projeto SABESP. Trabalho em conjunto com o DECC-LSP da EPUSP. 1996.

Dessa forma, não é possível, com base nesses dados, fazer comparações de consumo entre os diversos aparelhos, ou, em outras palavras, concluir quais aparelhos são os mais economizadores de água.

Para se obter tal resposta que é da maior importância em programas de uso racional de água, é necessário fazer as medições do consumo nos diversos pontos de utilização de água de um edifício ao longo de um determinado tempo, que foi o objetivo do trabalho de que trata o presente DTA.

1.3 Processo Metodológico

A experiência acumulada pela equipe técnica do IPT permitiu o estabelecimento de um processo metodológico para realização de campanhas de medição do consumo de água, que será a seguir descrito.

Conforme apresentado até o momento, as medições trataram sempre de focar o consumo de água dos aparelhos sanitários e parâmetros relacionados. Cada novo trabalho desenvolvido na área teve o intuito de aperfeiçoar o processo metodológico para, cada vez mais, se aproximar da obtenção do perfil do consumo de água no interior das edificações. O presente trabalho é mais um que vem contribuir para o avanço das pesquisas neste campo.

Deve-se ressaltar que os trabalhos de pesquisas até o momento desenvolvidos, no exterior e no país, demonstraram a necessidade do emprego de equipamentos para a obtenção de dados sobre o consumo.

Uma característica a ser salientada é o perfil do consumo: extremamente dependente dos usuários da edificação, onde aspectos culturais definem seus comportamentos. Como é o equipamento a ser empregado na monitoração que deverá captar e reproduzir este comportamento, uma parte da metodologia fica então vinculada a qual equipamento deve ser especificado.

A metodologia apresentada nos itens a seguir aborda os aspectos principais na condução de uma pesquisa que deverá atingir o objetivo da caracterização dos consumos de água em habitação unifamiliar. Alguns aspectos particulares estão detalhados, e outros comentados.

No que se refere à confiança e à precisão dos resultados obtidos na metodologia proposta, pode-se garantir que elas são superiores às contidas no trabalho desenvolvido em Malvern & Mansfield porque, aqui, a medição do consumo é feita junto ao ponto de utilização de água.

A desvantagem desta metodologia é o fato de ser ela mais intrusiva e, por este motivo, potencializar uma reação negativa dos usuários ou moradores. Uma avaliação da reação e comportamento destas pessoas, durante o tempo em que transcorrer as medições, também deve ser objeto da pesquisa.

Outra metodologia, anteriormente desenvolvida pelo IPT, e já descrita na seção anterior deste DTA, apresentava um grau de interferência com as instalações hidráulicas prediais, e com os moradores, muito maior que aquela ora adotada, dificultando sua aplicação em edificações residenciais e comerciais. A metodologia atual reduz o grau de interferência, mas, ainda não o elimina, como foi feito recentemente em cidade dos Estados Unidos da América¹³.

A técnica de medição desenvolvida estava baseada em equipamento instalado no cavalete e que possuía a capacidade de qualificar e quantificar a utilização de água ocorrida em um determinado

¹³ DeOreo, W. B. et alii. "Flow trace analysis to assess water use". 1996.

ponto de utilização, a partir do reconhecimento da curva de vazão do aparelho instalado neste ponto. Esta metodologia se aplica bem quando o sistema predial de abastecimento de água é do tipo direto (sem reservatórios intermediários). Os sistemas de abastecimento utilizados no Brasil são quase que exclusivamente indiretos, o que dificulta o seu emprego.

1.3.1 Medições do consumo de água

As medições de consumo de água podem ser feitas de diversas maneiras, desde a simples compilação dos volumes registrados pelos hidrômetros dos cavaletes de entrada de água da edificação, até a monitoração, com equipamentos eletrônicos, dos pontos de utilização.

O acompanhamento da evolução do consumo de água, registrado pelo hidrômetro do cavalete de um edifício, é um método de medição que incorpora todas as variações intrínsecas do consumo de água da edificação. Face a esta característica, muitas vezes não se pode distinguir a causa de uma dada variação do consumo de água. Torna-se muito difícil a identificação de qual variável está influenciando na alteração do consumo.

Assim, é fundamental a investigação do consumo pela utilização de métodos mais precisos. Os caminhos a serem percorridos são aqueles onde se pode melhorar as medições, via utilização de equipamentos, como já mencionados, além de suprir a necessidade de se medir o consumo a jusante do hidrômetro em local mais próximo do ponto de utilização de água.

1.3.2 Medições gerais e específicas

As medidas gerais ou globais permitem a identificação do patamar de consumo da edificação em estudo. Consiste basicamente do acompanhamento, por leituras sistemáticas do hidrômetro, dos volumes de água consumidos. As medidas específicas são aquelas onde se monitoram os consumos de água, com equipamentos, dos pontos de utilização.

1.3.2.1 Medidas gerais

Têm-se, como método básico, segregar os consumos, resultantes das leituras sistemáticas do hidrômetro, em pelo menos dois períodos, como, por exemplo, diurno e noturno, para que se possa conhecer as respectivas quantidades de água consumida, que de alguma forma representam o comportamento da edificação, no tocante ao uso da água. Estas medidas servem também para identificar as vazões que definem a capacidade dos medidores de vazão a serem instalados e dos equipamentos em si.

Dentre as medidas gerais, incluem-se aquelas referente aos macrodados, tais como população moradora, área construída, etc., onde, após um pequeno período de medição de consumo, é possível estabelecer preliminarmente os parâmetros de consumo da edificação, como, por exemplo, o volume *per-capita* diário, o consumo diário em turnos (diurno e noturno), entre outros, que servem como base para serem desagregados quando do levantamento do perfil de consumo de água.

1.3.2.2 Medidas individuais

Por meio das medições individuais é possível conhecer, com mais precisão, as características de funcionamento dos aparelhos sanitários conectados aos pontos de utilização monitorados.

Dessa forma os parâmetros agora se referem ao ponto de utilização e pode-se estabelecer, entre vários, os seguintes: duração de uso, intervalo entre usos, volume de água consumido, vazão demandada durante o uso e frequência de utilização.

Todos estes parâmetros geram informações sobre a utilização do aparelho sanitário sob o comando do usuário, que, de uma forma ou outra, exerce influência sobre o uso de tal aparelho.

1.3.3 Tratamento de dados

À medida que se ampliam os pontos de monitoração, quer sejam gerais ou específicos, o volume de informações acumuladas aumenta consideravelmente, sendo indubitavelmente necessário o emprego de técnicas de tratamento de dados utilizando-se programas de computação.

Os equipamentos empregados na monitoração normalmente disponibilizam os resultados em formato compatível para que sirvam como arquivos de entrada para programas de computação. Estes arquivos são extensos e contêm as informações numéricas sobre os fenômenos registrados nos pontos de utilização.

O tratamento de dados ocorre em dois níveis. O primeiro consiste na utilização de programas, do tipo planilha eletrônica, que permitem o arranjo das informações em uma ordem lógica de entendimento, a partir de onde se pode gerar tabelas e gráficos para interpretação dos resultados. Este método é limitado e se aplica quando se têm poucos arquivos de dados oriundos dos equipamentos de medição.

À medida que se aumentam os arquivos de dados de saída do equipamento de medição, é gerado um banco de dados com milhões de informações, e um nível superior de tratamento de dados é necessário para que se possa extrair, organizadamente, as informações relativas aos parâmetros de interesse contidas no banco de dados.

Os programas de computação podem ser desenvolvidos em diversas linguagens de programação disponíveis. É recomendado o emprego daquela linguagem cujas instruções permitam trabalhar com banco de dados, como, por exemplo, linguagem Turbo-C, Turbo-Pascal, entre outras. Mais recentemente vêm sendo utilizadas linguagens de computação que permitem a elaboração de programas com interfaces mais amigáveis com o usuário, assim como Visual-Basic e Visual-C.

1.3.4 Apresentação dos resultados

Os resultados das medições são normalmente apresentados por meio de tabelas e gráficos, onde se pode discriminar os valores registrados pelos equipamentos de medição. As tabelas devem conter o máximo de informações e estar organizadas de forma a se poder obter, ao final das campanhas de medição, um resumo sobre o consumo de água da edificação.

Os gráficos podem exprimir a variação, no tempo, do consumo de água. Esta visualização é muito importante para que se identifiquem os picos de consumo e, inclusive, a ocorrência de vazamentos, pela indicação de um valor constante de consumo.

1.3.5 O perfil de consumo

O levantamento do perfil de consumo de água em habitações unifamiliares faz parte do objetivo da pesquisa e, para tanto, após análise dos dados oriundos da monitoração piloto deve ser feito o tratamento destes dados de forma a se obter o perfil do consumo, a partir do volume total de água

entregue a cada apartamento, e sua desagregação em volumes parciais, relativos aos consumos específicos de cada aparelho sanitário.

1.4 Equipamentos Utilizados

Para realizar as medições do consumo de água é recomendável o emprego de equipamentos que realizem automaticamente a monitoração dos pontos de utilização de água. Estes equipamentos são especificados em função do grau de precisão a ser alcançado nas medições de consumo. Para o trabalho descrito no capítulo 2 a seguir, foram utilizados equipamentos de forma a permitir a reprodução da campanha de medições em outras localidades.

Dessa forma, procurou-se identificar os equipamentos para realizar a aquisição, armazenamento e tratamento de dados entre aqueles disponíveis no mercado, visto ser objetivo do trabalho a aplicação mais generalizada destes equipamentos. As características técnicas e funcionais, bem como a disponibilidade e os valores aproximados de preços, estão a seguir comentados.

1.4.1 Especificação

A procura, no mercado, pelos equipamentos de medição, aquisição, armazenamento e tratamento de dados, apontou para o emprego de dois equipamentos básicos, um para medições rápidas e outro para medições mais longas, que indubitavelmente gera uma massa enorme de dados.

Num primeiro momento, é importante o **levantamento do consumo** nos pontos de utilização de água do interior da edificação, por um período relativamente curto, o que faz com que o equipamento deva possuir características de portabilidade, para que possa ser instalado e retirado com facilidade e, ao mesmo tempo, não se configure como incômodo ao morador.

Nesta linha, o equipamento mais adequado é um *data-logger* de vários canais de entrada, associado a hidrômetros geradores de pulso. No mercado, foi identificado um equipamento de custo relativamente baixo e cujas características atendiam a necessidade de medição do consumo de água.

No mercado ainda não há fabricantes nacionais de equipamentos de aquisição e armazenamento de dados, e o que se tem são representantes de empresas estrangeiras que produzem equipamentos eletrônicos para tal fim.

O *data-logger* especificado foi um equipamento importado, que possui oito canais de entrada, que podem ser programados para serem sensíveis à variação de voltagem, de eventos, de pulsos e de frequência. A saída é serial, permitindo a conexão direta a computador ou comunicação remota via linha telefônica, por intermédio de modulador (Modem). Possui bateria interna com vida útil entre cinco a dez anos. Os sinais podem ser gravados em intervalos de 1 a 99 segundos, minutos ou horas. A capacidade de armazenamento é de 32 Kbytes (aproximadamente 12.000 leituras). Acompanha este equipamento um programa para interpretação dos dados armazenados. O valor do equipamento é da ordem de R\$ 2.000,00.

Os hidrômetros, empregados em conjunto com o *data-logger*, são do tipo uni-jato, instrumentados com chaves magnéticas (*reed-switches*) geradoras de pulso de contato seco. A resolução destes hidrômetros é de 10 mililitros por pulso. Foi identificado um fornecedor cujo hidrômetro pode ser conectado ao *data-logger*. O hidrômetro é importado e tem o valor da ordem de R\$ 300,00 cada.

Num segundo momento, prevê-se a instalação de um equipamento que possa realizar a **monitoração do consumo**, nos pontos de utilização, por um período de tempo mais longo, de forma a abarcar as variações ocorrentes no consumo de água devidas a diversos fatores.

Nessa linha, o equipamento mais adequado é um sistema de medição do consumo de água composto por um conjunto de sensores, mais uma central de aquisição de dados e ainda um gerenciador da coleta de dados. Estas características remetem para a busca de sistemas integrados que tenham sido desenvolvidos para esta finalidade ou a mais próxima possível das necessidades definidas pela medição do consumo de água.

No mercado, existem vários representantes de equipamentos, que apresentam sistemas de medição centralizada de consumo de água. Estes sistemas estão direcionados para a monitoração dos consumos individuais de unidades habitacionais. Estes equipamentos permitem a divisão proporcional dos volumes de água em cada unidade, e, conseqüentemente, o rateio proporcional das despesas de água.

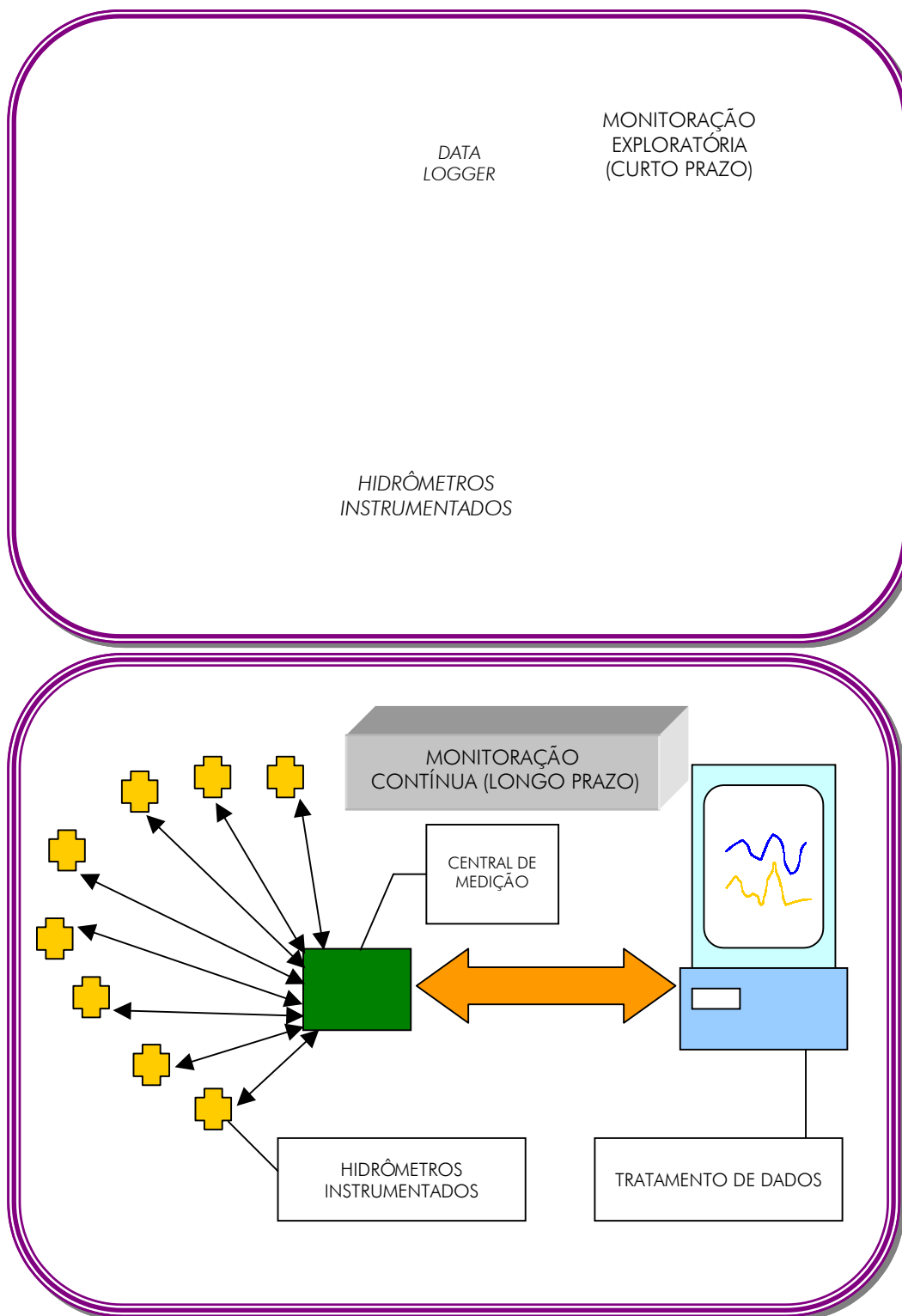
Em termos gerais, os equipamentos disponíveis no mercado têm como base de funcionamento o emprego de hidrômetros instrumentados, interface de comunicação padrão M-Bus (dois fios) e de um *software* do Centro de Controle. Os hidrômetros são importados e geram informações sobre a vazão instantânea e volume de água quando acessado pela interface. A interface padroniza o protocolo de comunicação entre os hidrômetros e programa de controle. Por sua vez, o programa disponibiliza as informações *on-line* na tela do computador e, ao mesmo tempo, armazena os dados no disco rígido do microcomputador para posterior armazenamento.

Foi encontrado no mercado apenas um equipamento que melhor se aproxima das exigências necessárias para medição do consumo de água. Este é composto por hidrômetros eletrônicos, uma interface de acondicionamento de sinais (Centro de Controle), com padrão de comunicação M-Bus - RS-232, e de programa específico de gerenciamento. O valor aproximado do sistema é de R\$ 4.000,00, não incluído um microcomputador necessário para abrigar os aparatos e funcionamento do sistema de medição.

Este equipamento apresenta limitações de velocidade da leitura dos hidrômetros e da sua disponibilização no computador. No momento, esta velocidade é de 0,5 segundo por leitura, o que significa que, se estiverem conectados 10 hidrômetros no sistema, um ciclo completo de varredura demorará 5 segundos, e assim sucessivamente. É uma taxa muito baixa de varredura, apontando a necessidade de aquisição de equipamentos complementares, tais como placas contadoras digitais, de custo aproximado a R\$ 2.000,00. A necessidade deste complemento, bem como a sua especificação, só poderá ser confirmada após as primeiras campanhas de medição de consumo de água.

Em ambos os casos, será necessário o emprego de um sistema de tratamento da massa de dados gerados pelo equipamento de monitoração do consumo de água. Este sistema basicamente é formado por um microcomputador e seus complementos. A configuração básica, que atualmente já pode ser especificada, contempla uma CPU do tipo Pentium[®] de 166 MHz de velocidade, 32 Mbytes de memória RAM, disco rígido de 2,1 Gbytes, placa moduladora e demoduladora, e impressora. O valor aproximado deste equipamento é de R\$ 2.500,00. A figura 1, apresentada a seguir, ilustra as configurações básicas dos sistemas empregados.

Figura 1
Equipamentos de Monitoração



1.4.2 Aquisição e disponibilidade

A aquisição dos equipamentos pode ser encaminhada diretamente aos representantes, no Brasil, dos fabricantes dos equipamentos. Normalmente os preços cotados incluem eventuais taxas de importação.

Para alguns equipamentos a disponibilidade é imediata - produtos de estoque do representante. Porém, para outros, o prazo de entrega varia entre 30 a 60 dias, face os trâmites exigidos na importação.

2. MONITORAÇÃO PILOTO DE CONSUMO

A monitoração piloto do consumo se faz imperativa diante da necessidade de se avaliarem a metodologia e todo o processo adotado na medição. Incluem-se, nesta avaliação, a adequação dos equipamentos especificados, a montagem dos aparatos e as dificuldades de instalação, que, entre diversos outros fatores, influenciam a monitoração do consumo. Também avalia-se o processo metodológico adotado como um todo, permitindo, dessa forma, o seu aprimoramento, para que possa ser reproduzido futuramente em outra localidade.

O local de instalação para avaliação serve como exercício em escala real da aplicação da metodologia e seus equipamentos. Neste local, pode-se verificar as influências e interferências de diversos fatores que seriam impossíveis de serem contemplados no planejamento da monitoração. O piloto serve, também, para apontar as necessidades da efetiva implantação do sistema de monitoração.

A medição piloto apresenta uma série de vantagens que, não exaustivamente, pode-se enumerar. A começar pela possibilidade de se conhecer a reação dos moradores quando do convite à participação de uma campanha de medição do consumo de água, informando que serão instalados, dentro de sua moradia, equipamentos para monitoração do consumo de água. A reação é fundamental, pois, dependendo de como o morador encarar o trabalho, as medições poderão ou não transcorrer sem problemas.

Os valores resultantes das medições servem para uma avaliação do grau de confiabilidade dos números que estejam sendo disponibilizados pelos equipamentos. A questão das escalas e a da precisão só podem ser ajustadas ou confirmadas após algumas medições.

As campanhas de medição devem ser planejadas com o objetivo de se identificarem as condições necessárias para a instalação da instrumentação para monitoração do consumo de água.

Nesse sentido, a identificação dos locais mais apropriados para colocação dos sensores e dos medidores de vazão, bem como do aparato de coleta e armazenamento de dados, deve ser estabelecida a partir do estudo minucioso das plantas de arquitetura e das instalações prediais.

As medições do consumo devem transcorrer sem provocar incômodo aos moradores ou usuários da edificação em estudo. Dessa forma, os equipamentos devem ser instalados nos pontos de medição da forma mais discreta possível. De igual maneira, ao morador devem ser fornecidas as instruções necessárias e suficientes para que não haja interferências nas medidas em curso.

Nos próximos itens é apresentado o trabalho desenvolvido pelo IPT, utilizando a metodologia e os equipamentos anteriormente descritos. Foi realizada uma monitoração piloto, com medições globais e específicas de consumo.

2.1 Local da Monitoração Piloto

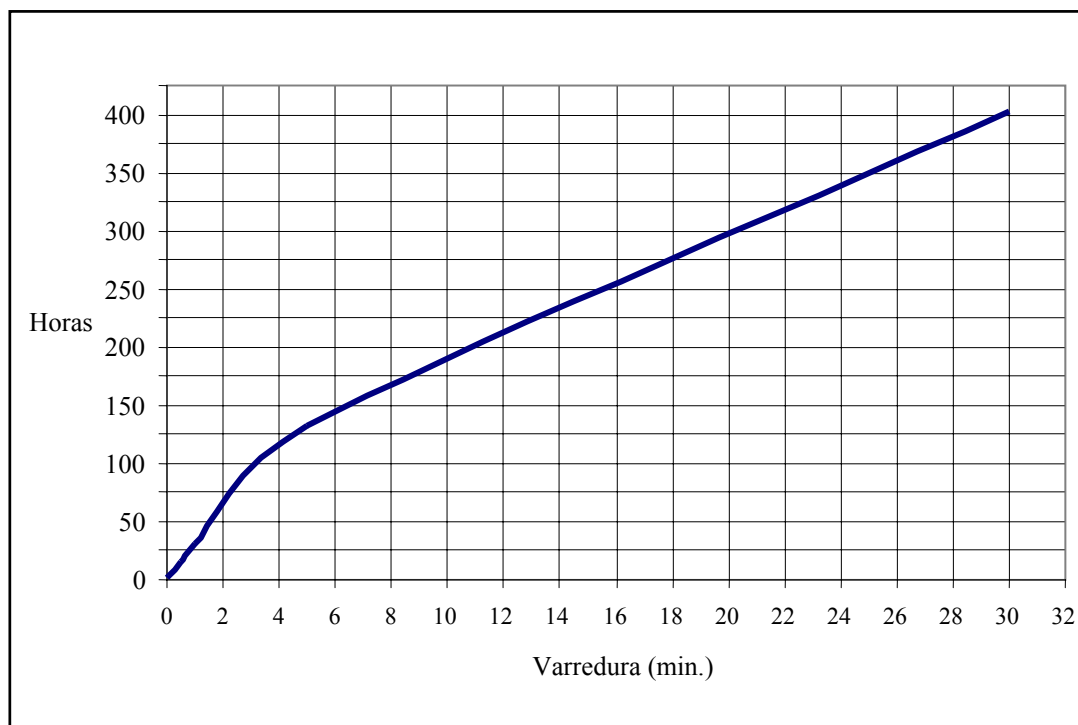
O local definido para implantação dos equipamentos e para a monitoração piloto foi um conjunto habitacional da CDHU (Cia. de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo), para população de baixa renda, localizado no bairro Jardim São Luiz, zona sul da cidade de São Paulo. Este local já vinha sendo objeto de estudos pela EPUSP, no que tange ao consumo de energia, em quatro edifícios do conjunto habitacional.

A campanha de medição, com alguns dias de duração, foi realizada em um dos apartamentos do conjunto. O apartamento está localizado em um dos quatro prédios que formam o conjunto, identificados como blocos 37, 38, 39 e 40, cuja ocupação pelos moradores ocorreu recentemente. Previu-se um teste preliminar, em laboratório, dos equipamentos adquiridos, para serem ajustados para o início das medições.

Até a conclusão deste DTA estavam disponibilizados para o uso os equipamentos relativos à monitoração exploratória (hidrômetros instrumentados, *data-logger* e microcomputador). Aqueles relativos à monitoração contínua (hidrômetros eletrônicos e Central de Medição) ainda não haviam sido entregues, devido aos trâmites de importação.

A monitoração piloto empregou, portanto, os equipamentos adquiridos para realização de monitorações exploratórias, que foram submetidos preliminarmente a uma avaliação laboratorial, objetivando um melhor conhecimento das características do sistema a ser composto com os equipamentos, tais como a capacidade de armazenamento de dados coletados, a resolução das leituras, fatores de conversão de pulsos para volume, entre outros. Como exemplo, a figura 2 a seguir apresenta os resultados do levantamento das características da autonomia do *data logger* empregado na medição.

Figura 2
Autonomia do Data-Logger

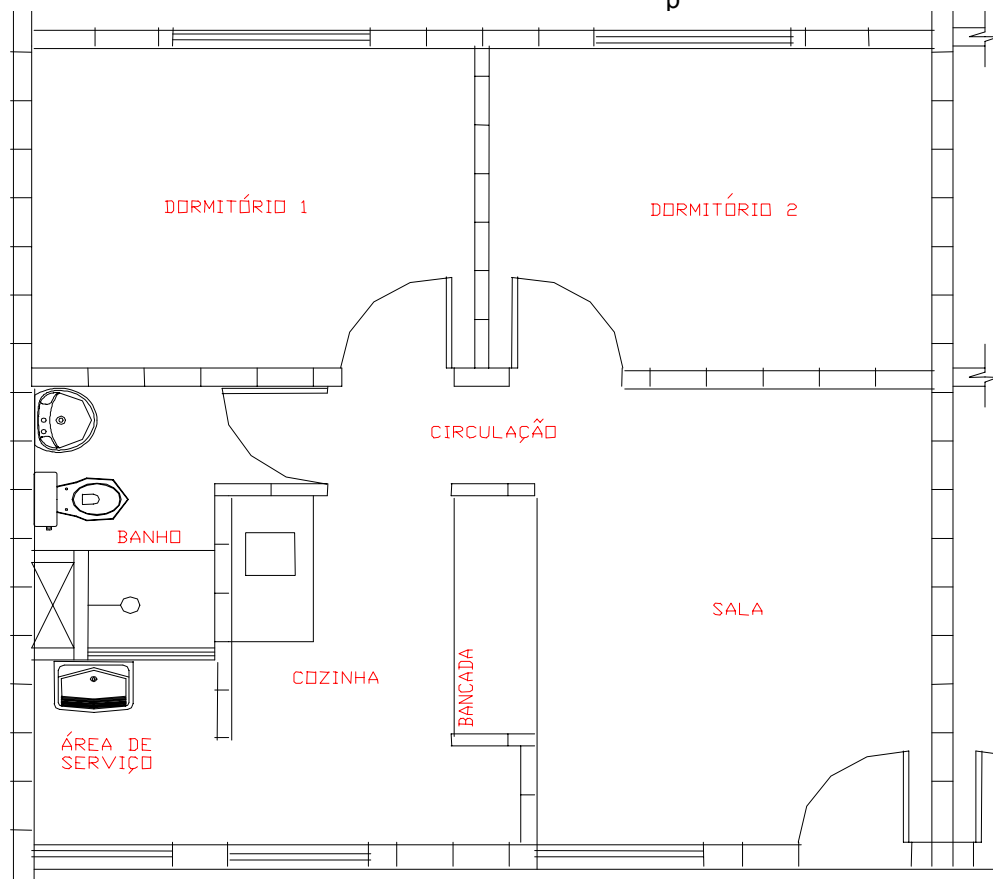


2.2 Caracterização da Localidade

O conjunto habitacional onde foram realizados os trabalhos encontrava-se em expansão e era composto de 40 prédios. Cada prédio tinha dois blocos de 4 pavimentos, com quatro apartamentos por andar, totalizando, dessa forma, 32 apartamentos por prédio. Os prédios eram construídos em

blocos de concreto revestidos de argamassa. A figura 3 a seguir apresenta a planta baixa de um apartamento tipo do prédio do conjunto.

Figura 3
Planta Baixa do Apartamento Tipo – Área 38,5 m²



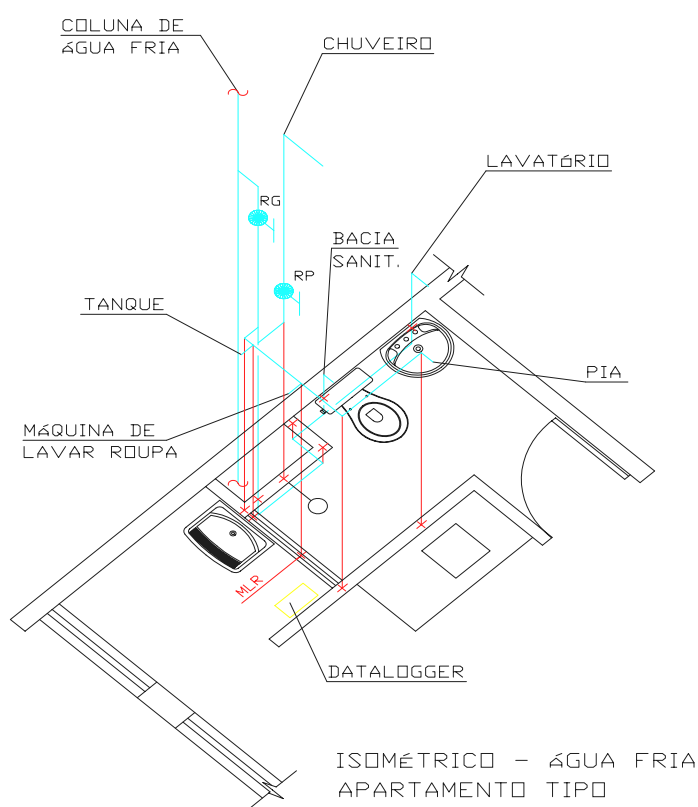
Os prédios objeto do estudo apresentavam diferenças no que tange ao aquecimento de água e bacia sanitária. Segundo informações fornecidas inicialmente, os apartamentos dos blocos 37 e 38 tinham aquecimento de água para banho via chuveiro elétrico e bacia sanitária com caixa acoplada de volume normal de descarga, maior que 8 litros. Os apartamentos dos blocos 39 e 40 possuíam aquecimento de água centralizado à gás. No que tange às bacias sanitárias, o bloco 40 tinha bacia com caixa acoplada de volume normal de descarga, maior que 8 litros, e o bloco 39 bacia sanitária de volume de descarga em torno de 6 litros.

Cada prédio era alimentado por um hidrômetro e suas instalações hidráulicas compreendiam um reservatório inferior, um reservatório superior, um barrilete de distribuição e uma coluna de distribuição que abastecia os apartamentos do bloco. Desta coluna, para cada andar, derivava um ramal que abastecia todos os pontos de utilização do interior do apartamento, a saber: pia de cozinha, tanque, máquina de lavar, lavatório, chuveiro e bacia sanitária com caixa acoplada.

Para os prédios com aquecimento à gás, cada apartamento possuía um aquecedor alimentado pela mesma coluna de água fria. Do aquecedor partia uma tubulação de água quente que abastecia um misturador de água da ducha do banheiro.

As medições gerais, como já comentado, foram concentradas nos quatro prédios (blocos 37, 38, 39 e 40). Os síndicos destes prédios foram contatados, e solicitada a indicação de apartamentos que se prontificassem a participar do trabalho, e que apresentassem condições de abrigar os equipamentos. Um apartamento concordou em participar da medição, o 12-B do bloco 38. A seguir, a figura 4 apresenta o desenho isométrico das instalações de água fria no interior do apartamento tipo, indicando os pontos de utilização monitorados e a posição de instalação do *data-logger*.

Figura 4
Desenho Isométrico das Instalações de Água Fria do Apartamento Tipo



2.3 Caracterização do Consumo Global

Como já comentado, uma das medidas realizadas foi aquela relativa ao consumo global dos blocos definidos para serem monitorados.

Dessa forma, foi realizada uma caracterização do consumo de água dos quatro blocos e de mais outros dois. Estes últimos, os blocos 32 e 33, entraram na caracterização pelo motivo de já estarem ocupados há mais tempo, onde se presume que os consumos estivessem mais estabilizados.

No total foram realizadas leituras sistemáticas em 6 prédios (blocos 32, 33, 37, 38, 39 e 40), durante 10 dias e duas vezes ao dia, uma na parte da manhã e outra na parte da noite, de forma a permitir a separação dos consumos diurnos (entre 8:00 e 20:00 horas) e noturnos (após 20:00 até 8:00 horas).

Além dos consumos diurnos e noturnos também foi possível se levantarem os consumos relativos aos finais de semana, visto que o período das leituras abrangeram dois sábados e domingos consecutivos. A tabela 5 a seguir apresenta os consumos médios diários calculados a partir das leituras dos hidrômetros .

Tabela 5
Consumos Médios Diários

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.

2.4 Caracterização dos Consumos Específicos

A caracterização do consumo global serve como parâmetro básico para comparação quando do estabelecimento dos consumos específicos de cada apartamento em função de diversos fatores.

A monitoração do consumo de água realizada complementa o conjunto de consumos específicos, como, por exemplo, os volumes de água consumidos pelos aparelhos sanitários, sua distribuição ao longo do dia, frequência de uso, etc.

Dessa forma, a caracterização dos consumos específicos está sendo realizada pelo emprego dos equipamentos de monitoração exploratória. A monitoração no apartamento 12-B, do bloco 38, teve início no mês de março de 1998 e foram coletados dados relativos aos dias de 2 a 11 de março.

Os dados coletados foram tratados em uma planilha eletrônica (Excel®) e os resultados estão apresentados em forma de gráficos, que representam os consumos de água nos diversos pontos de utilização, ao longo do dia. As figuras de 5 a 10, apresentadas a seguir, mostram os gráficos resultantes do processamento dos dados coletados.

Figura 5
Consumo no Chuveiro ao longo do Dia

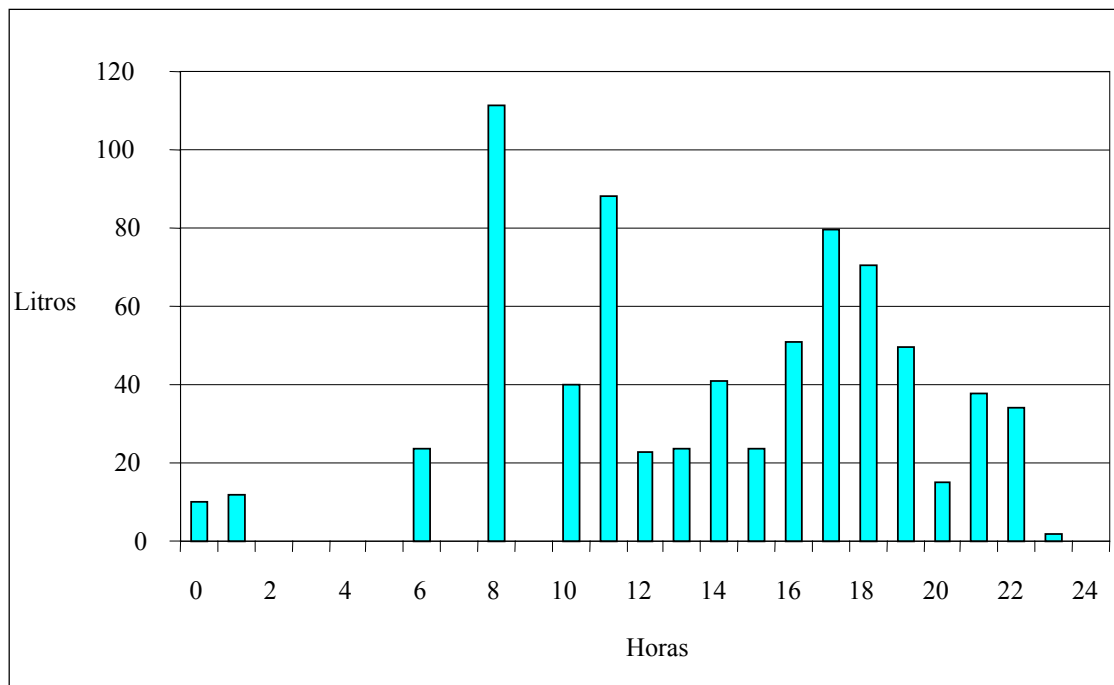


Figura 6
Consumo na Pia ao longo do Dia

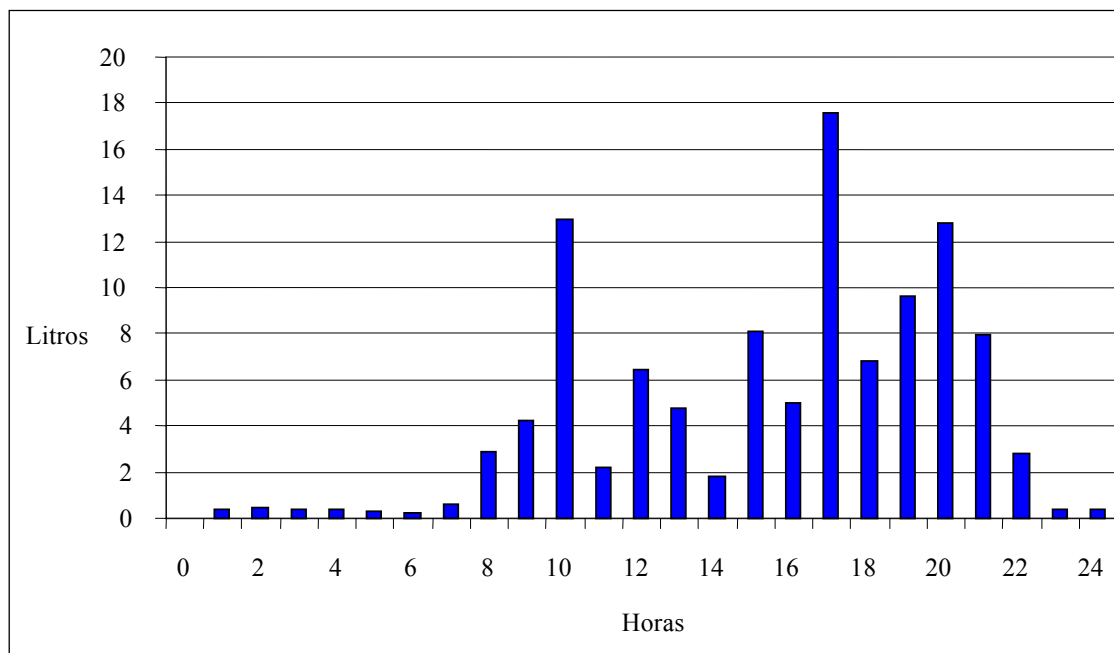


Figura 7
Consumo no Tanque ao longo do Dia

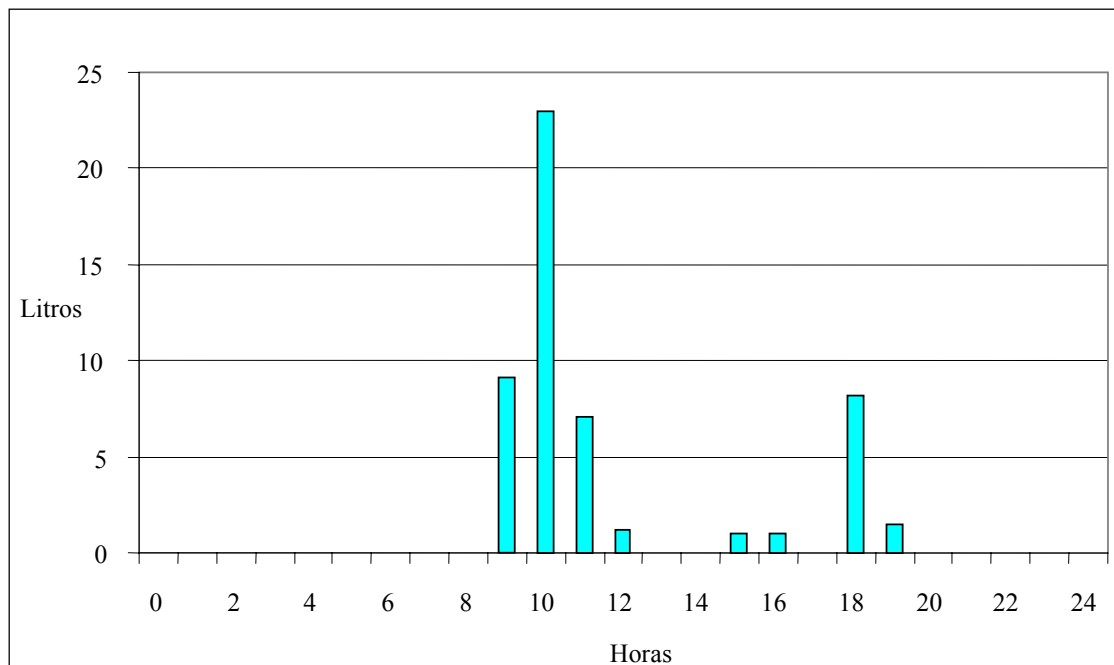


Figura 8
Consumo na Bacia Sanitária ao longo do Dia

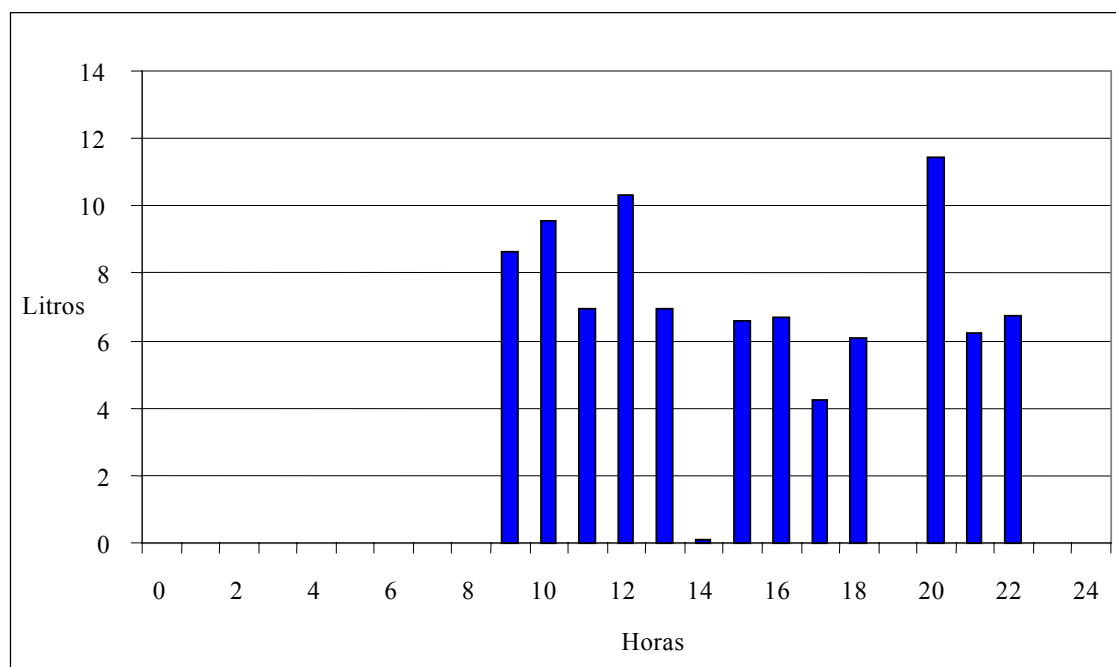


Figura 9
Consumo na Lavadora de Roupas ao longo do Dia

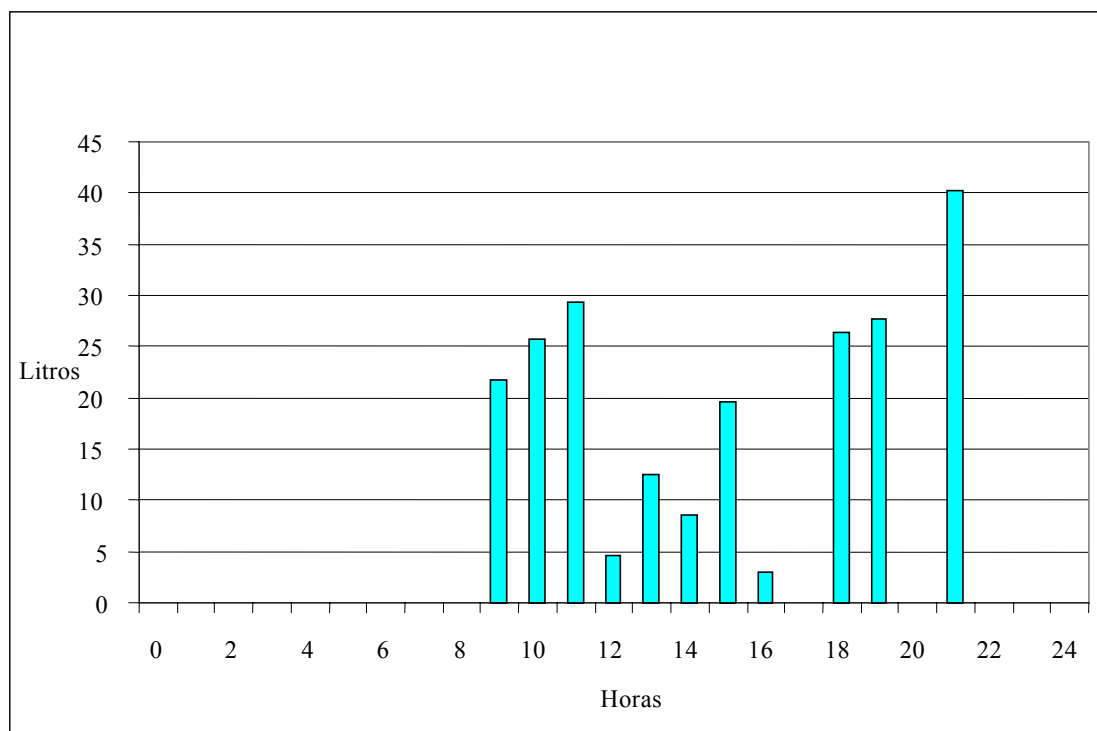
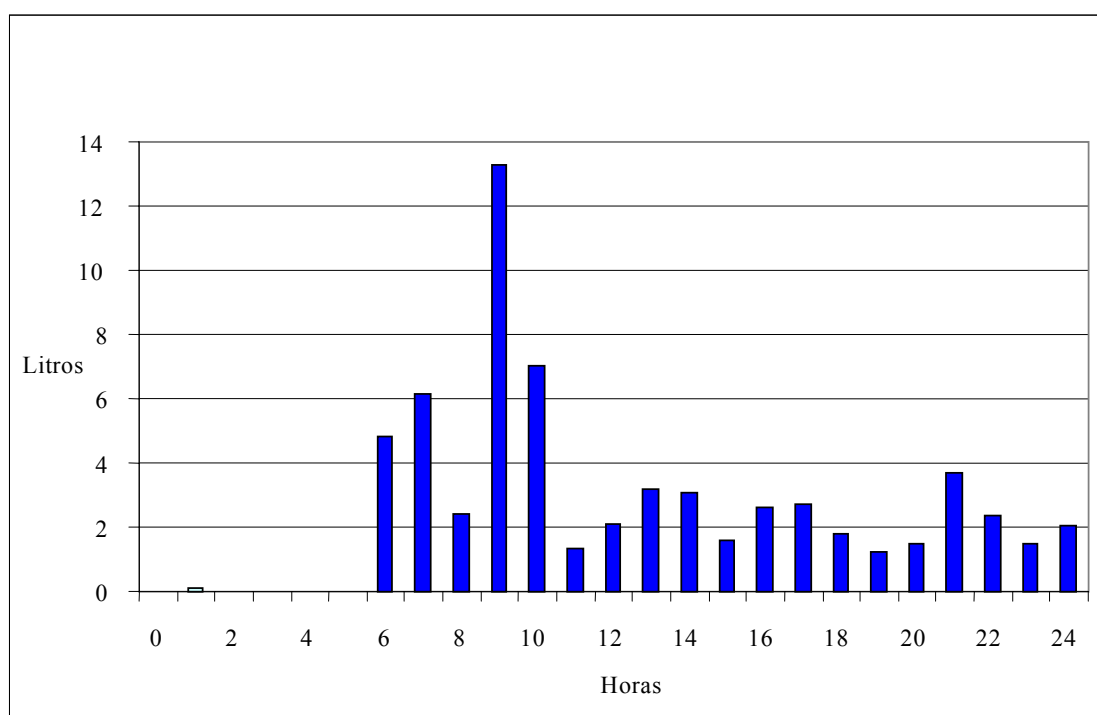


Figura 10
Consumo no Lavatório ao longo do Dia



3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

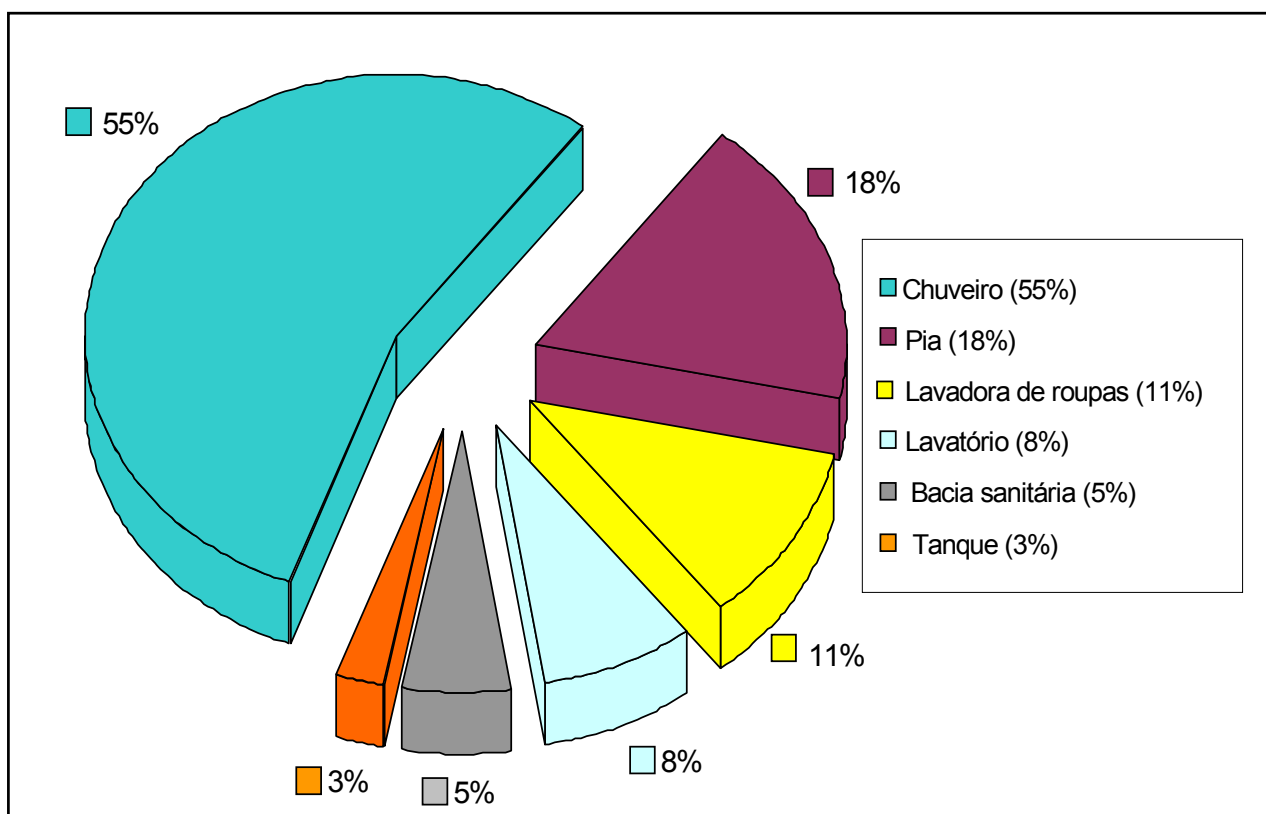
A tabela 6 a seguir mostra o resultado do monitoramento piloto de consumo descrito no capítulo anterior.

Tabela 6
Perfil de Consumo Doméstico de Água

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

A figura 11 apresenta um gráfico tipo setor de círculo, ilustrando a participação percentual de cada ponto de utilização de água no consumo doméstico total da habitação estudada.

Figura 11
Gráfico do Perfil de Consumo



Os valores de consumo de água aqui apresentados, na forma de um perfil de consumo doméstico de água, não podem ter sua aplicação estendida para outras situações, mesmo que sejam da mesma tipologia de edifício. A medição realizada foi feita única e exclusivamente para viabilizar, na prática, uma determinada metodologia de medição, que foi desenvolvida no âmbito do presente DTA.

Uma estimativa de consumo como esta aqui desenvolvida, que possa ser válida para um país, uma cidade, um setor de cidade ou qualquer outra subdivisão, deve ser obtida a partir de um levantamento estatístico, adequadamente planejado, com uma criteriosa amostragem.

A rigor, no caso presente, as estimativas de consumo feitas só valem para aquelas unidades habitacionais medidas, mas, considerando-se que as características dos prédios e dos moradores sejam semelhantes para edificações unifamiliares similares, pode-se tomar a habitação medida como uma representante típica deste universo habitacional e assumir o perfil medido como uma estimativa generalizável.

O perfil de consumo doméstico de água deve apresentar, de forma discriminada, os valores dos consumos internos de água observados nos pontos de utilização da instalação hidráulica predial da habitação unifamiliar. Estes pontos de utilização são relativos à água consumida na caixa de descarga, para limpeza da bacia sanitária, no chuveiro, no lavatório, na pia, no tanque e na lavadora de roupas. O consumo externo de água não foi incluído na metodologia desenvolvida porque não há pontos de utilização de água que configurem tal tipo de uso, como torneiras de jardim colocadas em áreas de uso comum dos moradores.

O consumo de água por habitação pode depois ser associado a outros parâmetros considerados significativos e de interesse, como o número de habitantes e o tamanho da unidade habitacional. Como indicador deste último pode ser empregado o valor da área construída, o número de quartos ou o número de banheiros existentes.

O consumo de água *per capita* é particularmente importante, porque trata-se de índice consagrado na área de saneamento básico. No presente caso, considerando que a habitação estudada possuía quatro moradores, o consumo *per capita* é da ordem de 109,2 l/habitante.dia.

No que se refere a possíveis reclamações dos moradores ou dificuldades adicionais ao desenvolvimento das medições na moradia escolhida, tendo em vista que a metodologia de pesquisa adotada se caracteriza por um certo grau de intrusão na privacidade das pessoas, deve-se registrar que não houve qualquer tipo de problema.

Um dado muito interessante revelado pela pesquisa realizada no Colorado¹⁴ foi a medição dos vazamentos que ocorriam nas instalações prediais, introduzindo, de forma quantificada, na discussão do uso racional da água em edificações, a questão da qualidade em si dessas instalações. A metodologia desenvolvida no presente trabalho também pode fazer a quantificação deste componente de consumo de água, bastando, para tanto, colocar um hidrômetro instrumentado na entrada da moradia. No caso, o hidrômetro existente era aquele de responsabilidade da concessionária e abastecia todas as moradias do bloco 38, onde está localizado o apartamento objeto da monitoração piloto, inviabilizando, desta forma, a estimativa dos vazamentos. Além disso, o hidrômetro citado estava danificado, tendo sido a concessionária notificada do problema.

¹⁴ DeOreo, W. B. *et alii*. "Flow trace analysis to assess water use". 1996.