

Perfil do consumo residencial e usos finais da água

Residential water consumption pattern and internal uses of water

Douglas Barreto

Resumo

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa sobre o levantamento do perfil do consumo residencial e usos finais da água realizada, em uma amostra de residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo. Apresenta-se uma breve revisão histórica sobre os trabalhos precursores e os atuais que embasaram a pesquisa realizada, bem como a metodologia e os equipamentos utilizados para se monitorar o consumo de água das residências e dos pontos internos de utilização. Os resultados estão apresentados em forma de tabelas e gráficos, onde foram identificados os consumos diários desagregados por ponto de utilização, que permitiram definir o perfil de consumo e usos finais. O chuveiro apresentou 13,9% do consumo total da residência seguido sucessivamente da torneira de pia, 12,0%; máquina de lavar, 10,9%; tanquinho, 9,2%; torneira de tanque com saída para máquina de lavar, 8,3%; caixa acoplada, 5,5%; torneira de tanque, 5,4%; e torneira de lavatório, com 4,2%. Outros usos perfazem 30,6%. O trabalho realizado é mais uma contribuição para ampliar o conhecimento sobre as necessidades metodológicas e aplicadas no levantamento do perfil do consumo e usos finais da água, propiciando ao meio técnico a atualização dos valores do perfil de consumo e usos finais da água em residências.

Palavras-chave: Perfil do consumo de água. Usos finais da água. Consumo doméstico de água. Consumo de água de aparelhos sanitários.

Abstract

This article presents the results of a research study on the residential water consumption pattern and its internal uses. The investigation was carried out in a sample of households in the west zone of São Paulo city. A brief literature review on household water consumption pattern and internal uses of water is presented. Water profile and internal uses of sanitary appliances results indicate that the shower accounts for 13.9% of total residential consumption, followed by the kitchen tap with 12.0%; normal washing machine with 10.9%; small washing machine 9.2%; laundry sink tap with connection with the washing machine 8.3%; toilet cistern with 5.5%; laundry sink tap 5.4%; and bathroom sink tap with 4.2%. The remaining 30.6% corresponded to other uses. These results provide further knowledge on water consumption profile and residential water end uses.

Keywords: Water consumption pattern. Residential end uses of water. Domestic water consumption. Sanitary appliances water consumption.

Douglas Barreto
Programa de Mestrado em
Habitação
Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São
Paulo,
Av. Prof. Almeida Prado, 532
São Paulo - SP - Brasil
CEP 05508-901
Tel.: (11) 3767-4964
Fax: (11) 3767 4153
E-mail: dougbarr@ipt.br

Recebido em 07/01/08

Aceito em 10/06/08

Introdução

Uma questão que se destaca atualmente é a forma como se utiliza a água nas residências, principalmente nos centros urbanos, onde, nas últimas décadas e em quase todo o mundo, tem havido a tendência de adensamento e urbanização da população.

No Brasil, as pesquisas com esse teor ainda são incipientes, e o que se tem são trabalhos orientados para solucionar a falta de saneamento básico nas cidades, por meio do aumento da oferta ou da otimização de mananciais como forma de equilibrar a demanda exigida pelo crescimento das cidades.

Os sistemas de abastecimento, de coleta e tratamento das águas residuárias e das águas pluviais devem ser projetados de forma sistêmica, sempre objetivando o equilíbrio sustentado do meio urbano inserido no meio ambiente. O reúso e o aproveitamento de águas pluviais podem ser utilizados para fins não potáveis nas cidades, tais como rega, limpeza e lavagem de ruas, ou mesmo em descargas de bacias sanitárias de banheiros públicos.

Na mesma medida em que a cidade cresceu em tamanho com ruas e avenidas, também cresceu a demanda por água, resultando em obras de infraestrutura para o abastecimento e coleta. Além disso, houve o adensamento populacional nas cidades, resultante dos efeitos da urbanização, que provocou um verdadeiro êxodo rural.

Esse adensamento, em termos numéricos, e os hábitos das populações oriundas de outras regiões foram moldando o consumo de água nas cidades, o que resultou numa mescla dos vários hábitos e costumes que formaram o perfil do consumo urbano de água.

Nesse cenário de alteração do meio urbano, a disponibilidade da água, que no início se mostrava suficiente – ou seja, os mananciais nas cercanias das cidades correspondiam ou excediam à demanda –, tornou-se insuficiente, fazendo com que fosse necessária a busca por mananciais mais distantes do centro urbano, o que exigia maiores investimentos na infra-estrutura.

Essa era a política adotada para o abastecimento da água de uso urbano no final do século XX, qual seja, a gerência pela oferta. Aumentava-se a oferta para fazer frente ao aumento da demanda. Mas ocorre que esse mecanismo tem seu limite e, no caso específico das grandes cidades, como São Paulo, as fontes de captação estão situadas cada vez mais distantes.

Aliado à nova forma de gerenciamento dos recursos hídricos, por meio de regiões abrangidas por bacias hidrográficas, trazer água de uma bacia para outra se tornou uma questão de solução negociada e limitada, visto que subtrair água de uma bacia tem seus preços financeiros, sociais e políticos.

Assim, a água de uso urbano passou a ser gerenciada pela demanda, ou seja, devem-se empreender ações de controle sobre a demanda como forma de aliviar a pressão sobre os mananciais.

Dessa forma, o conhecimento do perfil de consumo e usos finais da água se torna uma informação primordial para encetar ações de controle de demanda e também de racionalização do uso da água no cenário urbano.

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa sobre o levantamento do perfil do consumo residencial e usos finais da água realizada em uma amostra de residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo. O consumo e usos finais foram obtidos por meio do monitoramento do consumo de água na entrada das residências e nos pontos de utilização de água internos às residências.

Trabalhos precursores

Um dos trabalhos precursores sobre o que se entende hoje por perfil do consumo e usos finais da água em residências foi realizado nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978), cujos resultados apresentaram o consumo doméstico de água em seus usos característicos.

A pesquisa foi feita em 1971 e valeu-se de uma metodologia embasada em anotações manuais de duas informações:

- (a) leitura diária dos hidrômetros instalados junto às tubulações de abastecimento dos prédios; e
- (b) anotações diárias feitas pelos moradores, indicando as utilizações de água feitas e o número de vezes que isso ocorria.

Além disso, alguns consumos típicos de equipamentos que não eram susceptíveis à interferência do usuário, como o volume de água gasto em bacias sanitárias com caixa acoplada ou o volume de água gasto em lavadoras de roupa, foram previamente determinados em laboratório e, posteriormente, computados em função do número de usos apontados pelos moradores. A determinação dos consumos específicos de água de

diversos pontos de utilização e de diferentes formas do seu emprego foi feita por meio da compilação das anotações, e posteriormente, com a aplicação de uma análise por regressão linear. A Tabela 1 mostra um resumo dos resultados do trabalho executado, apresentando o uso da água, nos consumidores domiciliares, expresso em termos de consumo *per capita* por tipo de uso.

Deve-se ressaltar que essa é uma caracterização do consumo de água e que é aplicável às cidades pesquisadas, com os valores restritos à época de realização do estudo, sem nenhuma possibilidade de uso atual, servindo apenas como exemplificação de uma metodologia utilizada.

Entre vários outros trabalhos precursores, em termos nacionais, podem-se citar alguns que foram realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, que ao longo das últimas 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.

O primeiro trabalho efetuado pelo Instituto, em 1981, relacionava-se com o desenvolvimento de um equipamento eletrônico que, associado a um hidrômetro instrumentado e instalado junto ao cavalete de entrada de água de uma residência, permitia o registro da vazão domiciliar de água.

O equipamento, denominado DICA – Dispositivo Condicionador e Armazenador de Dados (MONTENEGRO, 1981), tinha capacidade de armazenamento programável entre uma semana e um mês, e tais dados podiam ser descarregados em um computador para tratamento e análise.

Os dados armazenados eram descarregados em um *mainframe* (computador de grande porte), em que um programa em Fortran¹ realizava o devido tratamento e permitia o conhecimento do perfil da vazão horária da edificação estudada na cidade de São Paulo.

Na ocasião foram investigadas mais de quatrocentas ligações prediais, quando foi possível se averiguar a distribuição das vazões ocorridas nos ramais prediais, bem como o volume de água entregue diariamente.

Os resultados dessas pesquisas apontaram uma série de dados para serem utilizados principalmente no dimensionamento dos hidrômetros e na determinação do grau de submedição em que se encontrava grande parte das ligações prediais (vazões de consumo muito abaixo da vazão nominal dos hidrômetros).

¹ Fortran: Linguagem de programação de computador (**For**mula **Tran**slation).

Ressalta-se que na época, apesar de se ter conhecimento da importância do levantamento do perfil do consumo e usos finais, o estágio das pesquisas apenas indicava a necessidade de se conhecer a distribuição das vazões ao longo do dia, ficando para o futuro a questão de quais componentes da edificação geravam tais vazões.

O próprio equipamento foi aprimorado, em face da evolução da eletrônica disponível, chegando até a versão 3, quando então os *data-loggers* portáteis se tornaram mais difundidos e acessíveis no mercado nacional, apresentando uma relação entre preço e capacidade de armazenamento que permitiu a adoção dessa técnica de instrumentação.

Ao final da década de 80 (IPT, 1988) foi desenvolvida uma pesquisa que resultou na elaboração de um projeto exclusivo de equipamento para realizar a monitoração do consumo de água. Esse 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 conectados à placa de aquisição de dados especificamente desenvolvida e instalada em um microcomputador, onde era executado um programa de monitoração e de coleta de dados.

Esse equipamento foi aplicado, experimentalmente, no *campus* do IPT, num conjunto de escritórios dos pesquisadores. Nesse prédio foram instrumentados 14 pontos de utilização de água. Os resultados iniciais foram promissores e apontaram diversas necessidades de aprimoramento. A mais premente foi 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 programa de tratamento dos dados (BARRETO, 1990), que permitiu o levantamento de diversos parâmetros sobre o consumo de água dos aparelhos sanitários do prédio estudado. A Tabela 2 apresenta o resumo dos valores médios, nos horários de frequência de uso (manhã, almoço e tarde), obtidos na aplicação do programa desenvolvido, considerando um período de coleta de um ano, com processamento diário dos dados.

Em meados dos anos 90, quando efetivamente iniciou-se na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) o Programa de Uso Racional da Água (BARRETO, 1999), foi realizado novamente um estudo com vistas ao levantamento do consumo de água em aparelhos sanitários. O local da pesquisa foi um prédio de escritórios da própria companhia.

Nesse prédio, dois banheiros foram objeto de monitoração do consumo de água, um masculino e um feminino, localizados 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. Consideraram-se a situação existente, com os aparelhos que já estavam instalados, e uma segunda situação, em que foram instalados equipamentos economizadores de água.

Basicamente, estudaram-se torneiras e bacias sanitárias. Ao todo, foram realizadas quatro

campanhas de medição. Na primeira, foram monitorados os lavatórios equipados com torneiras comuns e bacias comuns com válvulas de descarga. Na segunda, foram os lavatórios com torneiras hidromecânicas com fechamento temporizado e bacias sanitárias com válvulas de descarga. Na terceira, foram somente os lavatórios com torneiras de acionamento fotoelétrico (sensor de presença). Na quarta, foram as bacias sanitárias com caixa acoplada de seis litros por descarga. O resumo dos resultados, com os valores médios, é apresentado na Tabela 3.

Uso da água		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 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 na bacia		30,0	30,7	33,0	33,6
Triturador de lixo		0,3	0,3	Não disponível	Não disponível
Lavadora de roupa		7,5	7,7	9,7	9,9
Lavagem de roupa (tanque)		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		97,0	100,0	98,2	100,0

Tabela 1 - Usos da água nas cidades de Malvern e Mansfield

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	187,0	21,7	8,85	0,06
Torneira de lavatório	11,1	18,2	1,02	0,06
Torneira de pia de cozinha	6,1	2,7	1,07	0,12
Torneira de tanque	25,5	6,3	5,40	0,19
Torneira de serviço	4,2	6,3	0,57	0,07

Tabela 2 - Resumo dos resultados da medição do consumo em aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Duração de uso (s)	Intervalo entre usos (min)	Volume (L)	Vazão (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

Tabela 3 - Valores médios resultantes das quatro campanhas de medição

Nos dois trabalhos anteriores pode-se notar que o enfoque recaiu sobre a caracterização do uso do aparelho, sendo privilegiado o conhecimento de parâmetros relativos à vazão típica, consumo por uso e duração e frequência de uso, pois na época o meio técnico se dedicava à revisão dos métodos de dimensionamento de tubulações de água fria e, portanto, os conhecimentos desses parâmetros permitiam o ajuste ou a proposição de valores mais adequados à realidade nacional.

Entre 1997 e 1998, uma nova pesquisa foi realizada (ROCHA, 1999), porém já direcionada para a identificação do perfil de consumo doméstico de água, tendo-se como local de experiência um prédio de quatro pavimentos de um conjunto habitacional da Companhia de Desenvolvimento de Habitação e Urbanismo (CDHU), na zona sul da cidade de São Paulo.

O perfil de consumo doméstico de água obtido apresentou de forma discriminada os valores dos consumos internos de água, observados nos pontos de utilização da instalação hidráulica predial da habitação unifamiliar.

Os pontos de utilização foram 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 havia pontos de utilização de água que configurassem tal tipo de uso, como torneiras de jardim instaladas em áreas de uso comum dos moradores. A Tabela 4 mostra o resultado obtido para o perfil de consumo doméstico de água.

Deve-se observar que os dados na tabela representam única e exclusivamente os valores obtidos em uma residência, em que foram instalados equipamentos especiais tais como bacia sanitária com caixa acoplada de 6 litros por descarga e chuveiro de “luxo”, entre outros, o que significa que a medição teve o objetivo de testar a metodologia desenvolvida para ser replicada em outras residências e em nenhuma hipótese representa o perfil do consumo da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Destaca-se que os trabalhos citados adotaram uma técnica intrusiva de medição, o que significa dizer que, para se obterem os consumos, foi necessária a introdução de um equipamento nas instalações, fato que implica, em alguns casos, a visualização do equipamento pelo usuário.

Não se pode afirmar categoricamente se essa técnica causou influência na determinação do consumo, visto que depende da reação do usuário ante o equipamento, que pode variar em função de diversos fatores.

O conhecimento do perfil do consumo de água vem sendo perseguido desde o final da década de 1970. Quanto a trabalhos mais recentes, pode-se citar como referência uma pesquisa realizada em 1994 na cidade de Heatherwood, Boulder, no estado do Colorado, nos EUA (DeOREO; LANDER; MAYER, 1996). A técnica de medição empregada não foi intrusiva, sendo usada para o levantamento do perfil de consumo a técnica de análise de traço, que consiste em identificar, num gráfico contínuo, quais são as vazões dos aparelhos sanitários que provocaram a demanda de água.

Os dados para o gráfico são coletados por um *data-logger*, que é conectado no hidrômetro do cavalete de entrada de água. Os sinais armazenados são pulsos de volume registrados em intervalos regulares de tempo, donde se podem ter os gráficos da variação do volume no tempo e, conseqüentemente, da vazão.

Cada aparelho sanitário possui um perfil característico de vazão e, na medida em que esse perfil repete-se ao longo do tempo, é possível se obterem valores médios de vazão e volume de água consumida.

Da mesma forma que as demais técnicas, essa também necessita de um conjunto extenso de programas de computador para análise e tratamento dos dados, para realizar os cálculos necessários à obtenção do perfil do consumo de água. A Tabela 5 apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com a aplicação dessa metodologia.

Os trabalhos comentados até aqui constituem numa breve retrospectiva das ações empreendidas na

busca do perfil do consumo de água efetivado ao longo das últimas décadas e serviram como subsídio para que muitas pesquisas pudessem ser implementadas visando gerenciar o consumo urbano de água.

Em termos mais contemporâneos, entre junho de 1996 e março de 1998, foi realizada pela American Water Works Association – Research Foundation (DeOREO; MAYER, 1999) uma pesquisa em 12 cidades americanas sobre o perfil do consumo de água, tendo como foco identificar os usos finais da

água. Foram monitoradas 1.188 residências com *data-loggers*, registrando as vazões a cada 10 segundos. Os dados foram tratados em um programa específico de computador (*flowtrace analysis*) capaz de desagregar o perfil de consumo em eventos individuais de uso de água tais como uma descarga de bacia sanitária, um ciclo de máquina de lavar e assim por diante. A Tabela 6 e a Figura 1 apresentam alguns dos resultados do trabalho.

Uso da água	Consumo diário por habitação (L/dia.habitação)	Consumo percentual (%)
Bacia sanitária com caixa acoplada (6 litros por descarga – lpd)	24	5
Chuveiro	238	55
Lavadora de roupas	48	11
Lavatório	36	8
Pia	80	18
Tanque	11	3
Consumo total	437	100

Tabela 4 - Quantificação do consumo doméstico de água

Uso da água	Perfil do consumo	
	Uso total	Só uso interno
Uso externo geral	78,0%	-
Piscina	3,0%	-
Banheira	0,4%	2%
Chuveiro	3,2%	17%
Bacia sanitária	4,9%	26%
Lava-pratos	0,6%	3%
Lava-roupas	4,6%	24%
Torneiras em geral	3,2%	17%
Vazamentos	2,1%	11%

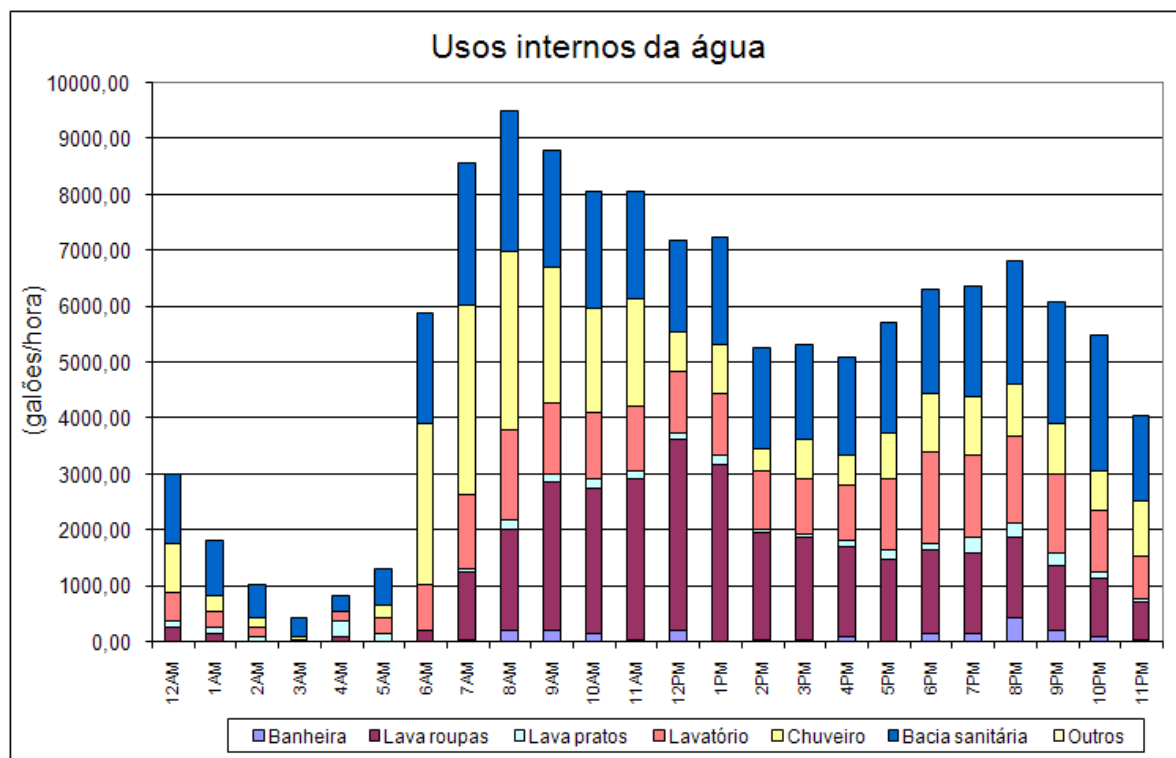
Fonte: DeOreo, Lander e Mayer (1996)

Tabela 5 - Caracterização do consumo doméstico de água em Heatherwood, Boulder, Colorado, EUA

Tipo de consumo	Só uso interno
	(%)
Banheira	1,7
Chuveiro	16,8
Bacia sanitária	26,7
Lava-pratos	1,4
Lava-roupas	21,7
Torneiras em geral	15,7
Vazamentos	13,7
Outros usos	2,2

Fonte: DeOreo, Lander e Mayer (1999)

Tabela 6 - Usos finais da água obtidos em 12 cidades americanas



Fonte: DeOreo, Lander e Mayer (1999)

Figura 1 - Perfil do consumo e usos finais da água (volumes acumulados) obtidos para 12 cidades dos EUA

Comparando-se os resultados das duas pesquisas realizadas observa-se uma leve variação em relação aos valores levantados na cidade de Boulder. Merece destaque esta última pesquisa por ter envolvido um conjunto maior de cidades, indicando a homogeneidade no uso da água, pelo menos no que tange ao universo das cidades estudadas.

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento do perfil do consumo médio para as 1.188 residências. Também se observa que para cada hora os consumos foram desagregados por usos finais. Nota-se, por exemplo, que a bacia sanitária tem seu uso espraiado ao longo das 24 horas do dia, ou seja, pelo menos se registra algum uso de bacia sanitária em cada hora do dia.

Deve-se levar em consideração que o perfil bem como o uso final da água refletiu os costumes norte-americanos de modo que não podem ser adotados para aplicação genérica. Porém, é possível considerar como um modelo de desagregação do consumo que pode ser adotado como referência para se levantar o perfil do consumo e usos finais no caso brasileiro, cujos resultados da pesquisa estão apresentados e discutidos a seguir.

Monitoração do perfil do consumo e usos finais

Metodologia

Para a realização desta pesquisa, foram selecionadas residências que se inseriam dentro de um mesmo *cluster* de consumidores de água, ou seja, “consumidores típicos” que se enquadravam, no caso da zona oeste da cidade de São Paulo, na faixa de 15 a 20 m³/mês.

Esses “consumidores típicos” definidos para a pesquisa são representativos dentro do conjunto de consumidores de mesma classe de consumo, ou seja, aqueles que dentro de critérios estatísticos sejam representantes típicos do consumo residencial de maior frequência, dentro de um “rol comum” dos consumidores.

Dessa maneira foram definidos 100 endereços para os quais foi prevista a instalação de *data-loggers* junto com o hidrômetro em pontos internos e no cavalete da residência. O equipamento possui a função de armazenar os dados, que são depois descarregados em microcomputador, para que sejam feitas a validação e a conversão dessas informações, padronizando a base de dados e permitindo o seu tratamento.

Em termos de metodologia, a monitoração do perfil do consumo e usos finais consistiu de:

- (a) instalação dos equipamentos de monitoração (hidrômetro mais *data-logger* no cavalete de entrada e pontos de utilização);
- (b) aplicação de um questionário de caracterização do imóvel e perfil socioeconômico dos residentes;
- (c) monitoração do consumo total e interno por sete dias consecutivos, de modo a cobrir todos os dias da semana (úteis e fim de semana);
- (d) assistência ao morador por meio de acompanhamento por telefone;
- (e) retirada dos equipamentos e reconstituição da instalação conforme o estado original;
- (f) descarregamento dos dados coletados pelo *data-logger* para o microcomputador;
- (g) validação e análise da consistência dos dados coletados;
- (h) conversão dos valores para unidades de volume e vazão; e
- (i) cálculo dos consumos dos aparelhos.

Deve-se comentar que a monitoração em cada residência teve a duração de uma semana (7 dias corridos), conforme a capacidade de armazenamento limitada pelos intervalos de medição e tamanho da memória dos equipamentos.

Entre o período de contato, convite, agendamento, instalação, monitoração e a retirada dos equipamentos decorreram pelo menos 15 dias (5 antes, 7 de monitoração e 3 depois de cada medição).

Em termos de perfil socioeconômico, a renda familiar nos endereços pesquisados esteve entre R\$ 500,00 e R\$ 2.500,00, e a escolaridade variou do primeiro ao terceiro grau. Ambos os parâmetros apresentaram uma relação crescente com o consumo. O número médio de moradores por residência situou-se em três moradores.

Endereços monitorados

Até o presente estágio da pesquisa foram monitorados sete endereços (residências) distribuídos em três bairros do setor de distribuição de água. Os endereços monitorados foram estabelecidos por meio de critério estatístico de amostragem, considerando o conjunto de variáveis envolvidas (número de ligações, consumo médio mensal, idade e capacidade de hidrômetros, entre outros) e apenas um setor administrativo do abastecimento da rede de água.

Instrumentação utilizada

Para o monitoramento do consumo foram utilizados dois tipos de equipamentos: um para a entrada de água nas residências (cavalete), que consiste de um hidrômetro, com gerador de pulsos associado a um *data-logger*; e outro para os pontos de utilização interno às residências, também consistindo de um hidrômetro especialmente construído e calibrado para a pesquisa associado a um *mini-data-logger* com transmissão por infravermelho. As Figuras 2 e 3 apresentam os esquemas adotados para a instrumentação de medição.

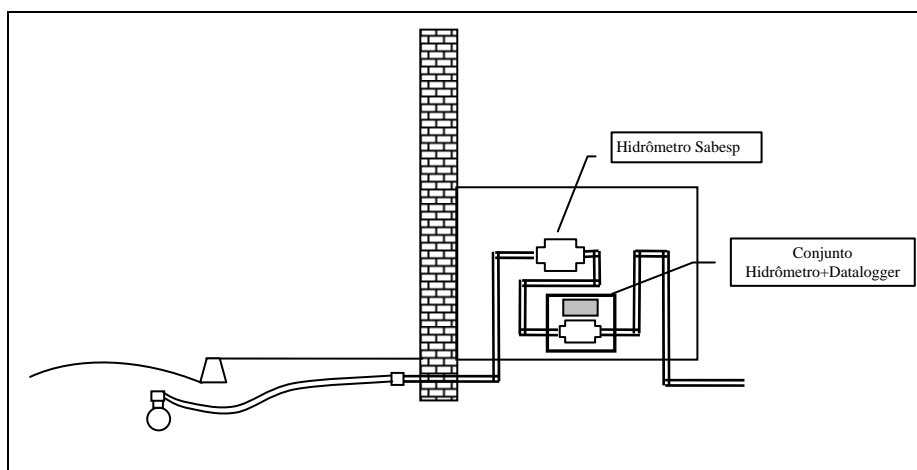


Figura 2 - Configuração de hidrômetro e *data-logger* no cavalete de entrada da residência

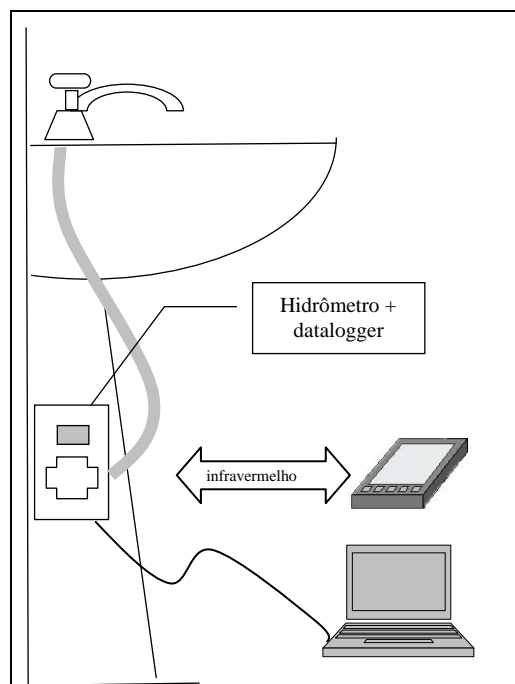


Figura 3 - Hidrômetro e *data-logger* em conjunto único no ponto de utilização

O sistema de entrada possui hidrômetros que geram 1 pulso a cada 100 mL e *data-logger* com leituras por evento a alta frequência. O sistema dos pontos de utilização possui hidrômetros que geram um pulso a cada 6 mL e *data-logger*, também com alta frequência de leitura. Os sistemas foram programados para intervalos de armazenamento adequados para o local, de modo que houvesse maior capacidade de armazenamento sem afetar a precisão exigida pela monitoração.

Os sistemas de monitoração da entrada e dos pontos de utilização foram calibrados em laboratório, onde apresentaram erros de leitura aceitáveis (da ordem de 1,0%), visto que são medidores de classe de precisão “C”. Além disso, também foram realizadas simulações de funcionamento em laboratório e implantação piloto para a validação de leituras nas mais diversas condições, de modo a se certificar de que os sistemas estavam correspondendo às especificações exigidas para a monitoração.

Organização e análise

Foram necessárias algumas atividades para “organização e análise” dos dados coletados em cada endereço, e em termos gerais foram realizados dois tipos de atividades: um concentrado na organização e análise dos dados primários, oriundos diretamente dos equipamentos, que demandou ações de transferência de dados, validação e conversão, de modo a se padronizar a base de dados e permitir o tratamento. O segundo

grupo de atividades destinou-se a realizar o tratamento dos dados, de modo a permitir a análise e com o objetivo de levantar o perfil do consumo e dos usos finais da água.

Deve-se comentar, antes de avançar nos resultados obtidos, que a análise de dados se restringe aos endereços pesquisados e, portanto, se refere apenas a eles, sem condições de extrapolação para um conjunto maior.

Para a análise foram utilizadas as ferramentas disponibilizadas em programa de planilha eletrônica Excel®, da Microsoft. Os dados foram organizados em planilhas, e, devido à sua grande quantidade (intervalos de leitura de 20 segundos), optou-se por apresentar os resultados em tabelas e gráficos sobre os consumos específicos e percentuais dos pontos de utilização monitorados, e também para agruparem-se os consumos por usos finais.

Resultados

Os itens a seguir apresentam os resultados organizados em forma sintética em tabelas e gráficos com base em consumos diários reunindo as informações sobre os consumos diários médios, percentuais relativos ao consumo diário médio por ponto de utilização monitorado total e interno; consumos desagregados internos (por ponto de utilização monitorado); percentual de participação no consumo de cada ponto de utilização; e

consumo horário desagregado por ponto de utilização.

A Tabela 7 apresenta os consumos médios diários obtidos após o tratamento dos dados coletados pela instrumentação nas residências monitoradas.

A Tabela 8 apresenta o consumo percentual dos aparelhos monitorados relativamente ao consumo total da residência.

Dos dados coletados e devidamente tratados foi possível identificar os consumos horários desagregados por aparelho instalado em cada uma das residências. As Figuras 4 a 10 apresentam os consumos horários desagregados em gráficos, em que se verificam os consumos internos médios de água nos diversos aparelhos ao longo dos sete dias com 24 horas de monitoração em cada uma das residências que participaram da pesquisa.

Residência	Chuveiro	Torneira da cozinha	Lavatório	Tanque	Tanquinho	Máquina de lavar	Caixa acoplada	Máquina + tanque	Outros usos	Total
1	*	113	50	50	*	*	*	*	225	438
2	60	90	14	*	*	*	*	63	215	442
3	200	71	39		*	148	*	*	314	772
4	58	78	18	3	*	18	42	*	*	217
5	87	82	55		*	*	*	*	*	224
6	40	75	25	69	28	*	*	*	202	439
7	190	127	25		112	*	*	*	205	659
média	106	87	29	36	70	83	42	63	234	459

* = ponto de utilização não monitorado.

Tabela 7 - Consumos médios diários por tipo de aparelho (litros por dia)

Residência	Chuveiro	Torneira da cozinha	Lavatório	Tanque	Tanquinho	Máquina de lavar	Caixa acoplada	Máquina + tanque	Outros usos	Total
1	*	26%	11%	11%	*	*	*	*	51%	100%
2	14%	20%	3%	*	*	*	*	14%	49%	100%
3	26%	9%	5%	*	*	19%	*	*	41%	100%
4	27%	36%	8%	1%	*	9%	20%	*	*	100%
5	39%	37%	25%	*	*	V	*	*	*	100%
6	9%	17%	6%	16%	6%	*	*	*	46%	100%
7	29%	19%	4%	17%	*	*	*	*	31%	100%
média	24%	23%	9%	11%	6%	14%	20%	14%	42%	

* = ponto de utilização não monitorado.

Tabela 8 - Percentuais relativos dos aparelhos no consumo diário médio

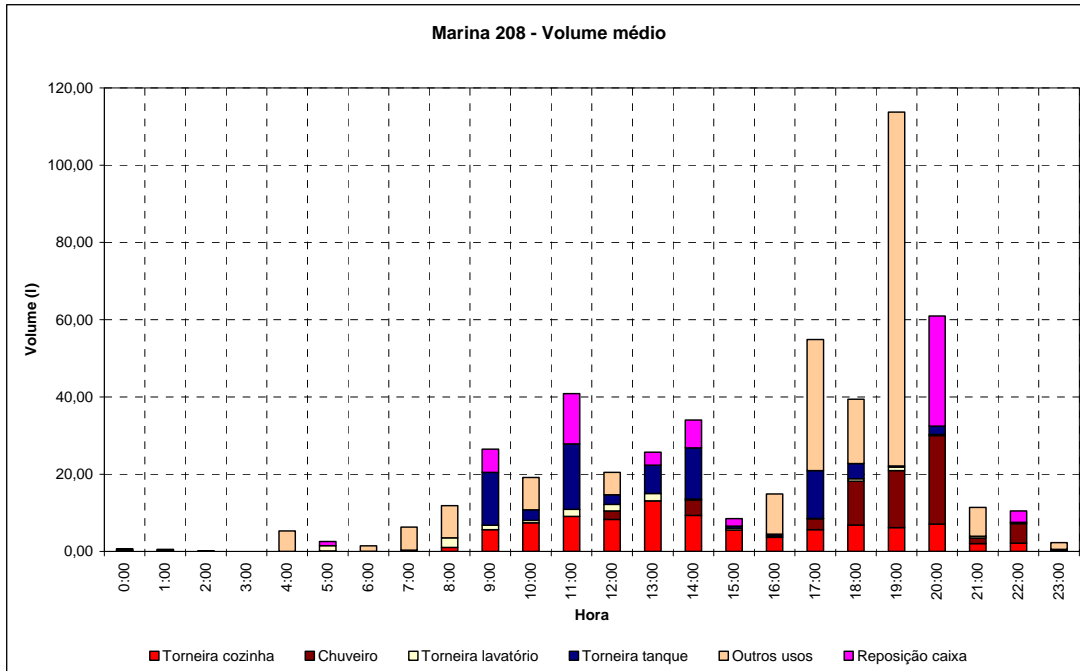


Figura 4 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

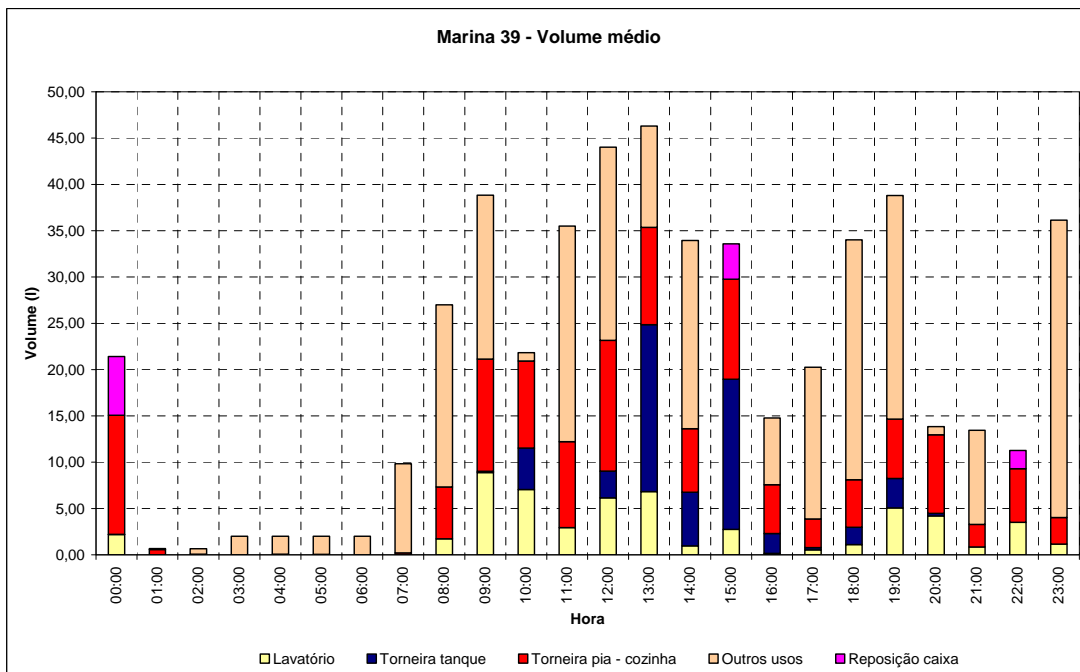


Figura 5 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

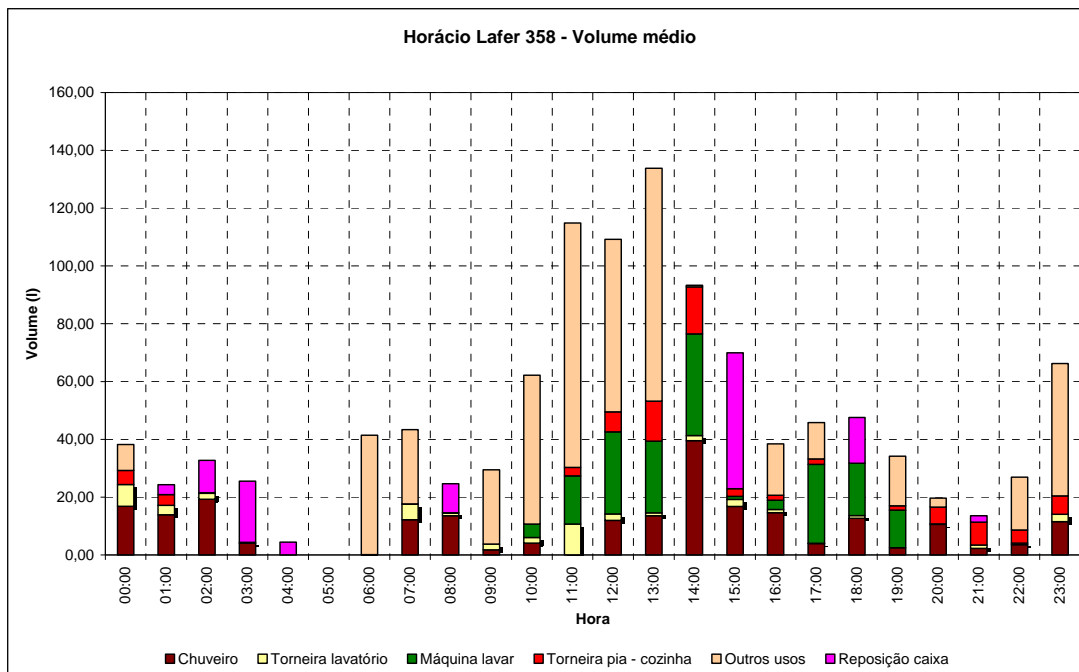


Figura 6 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

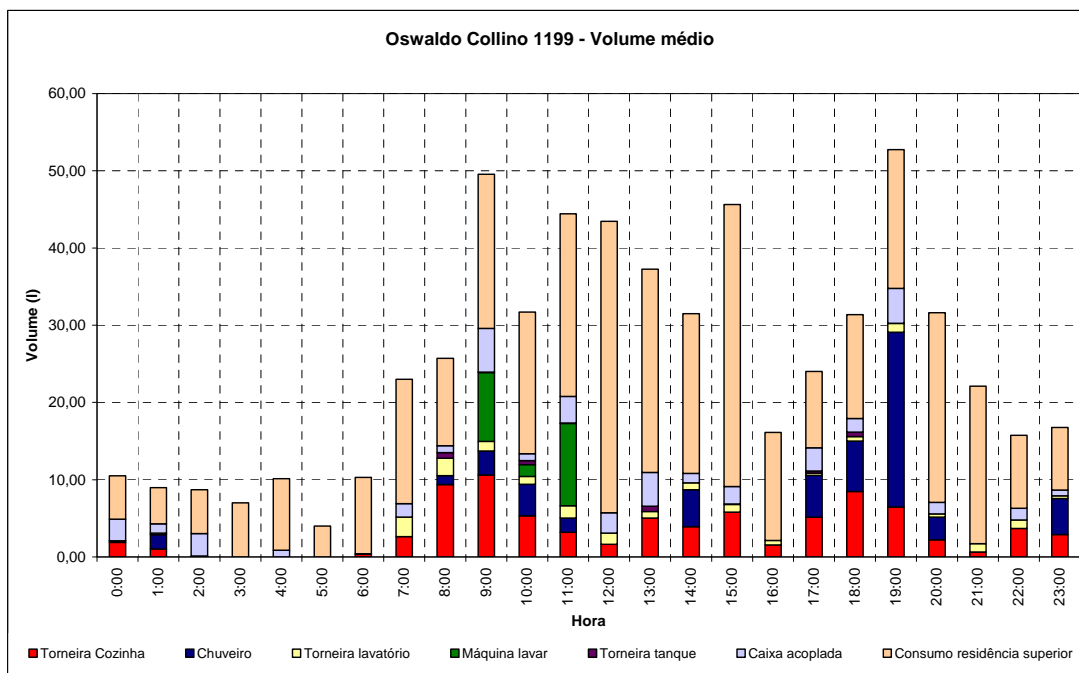


Figura 7 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

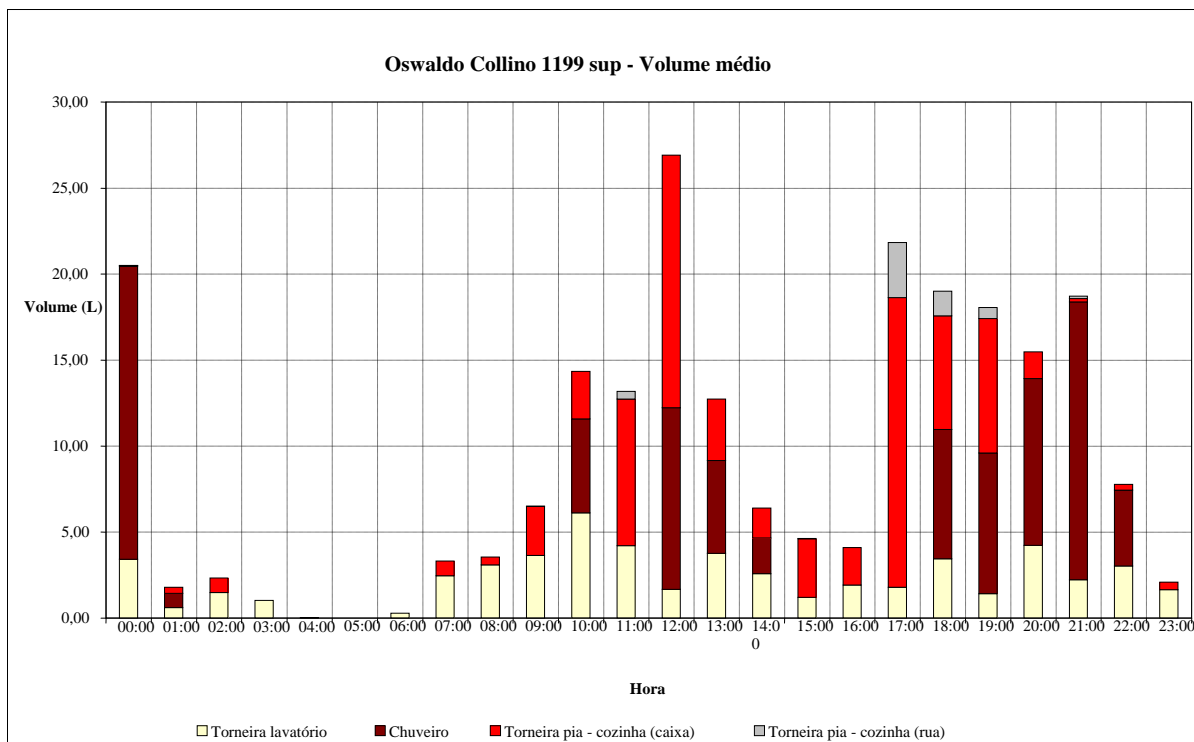


Figura 8 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

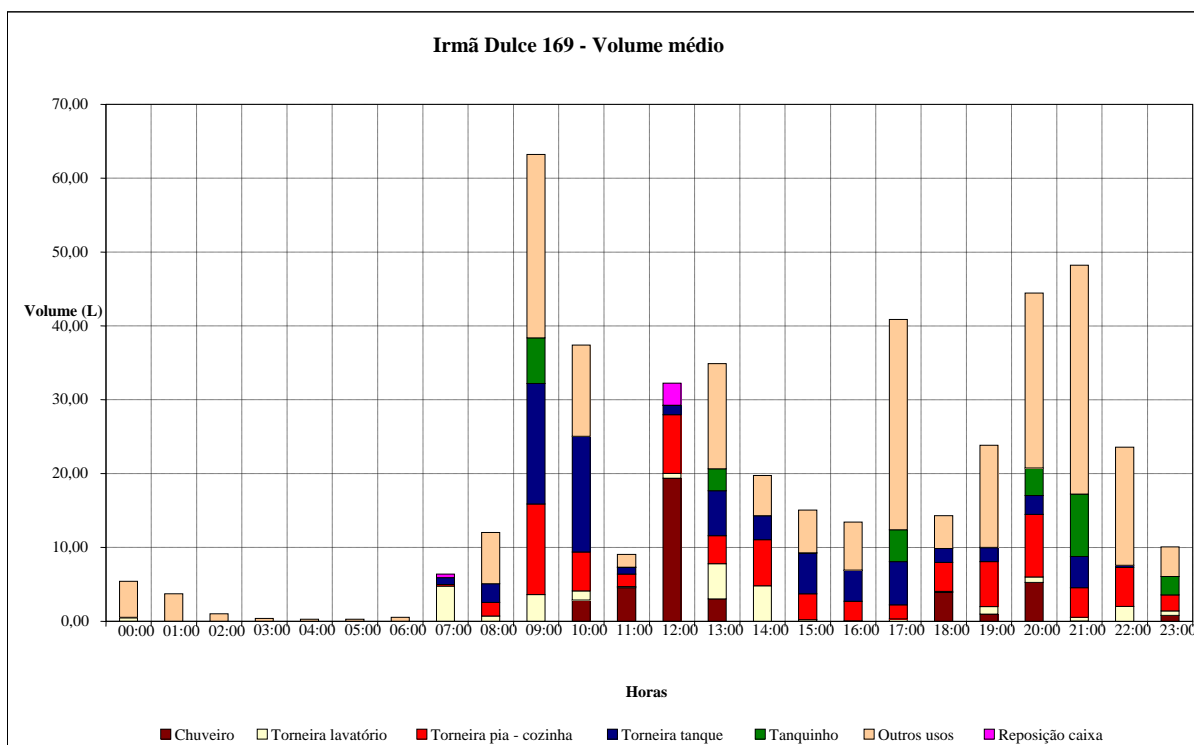


Figura 9 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

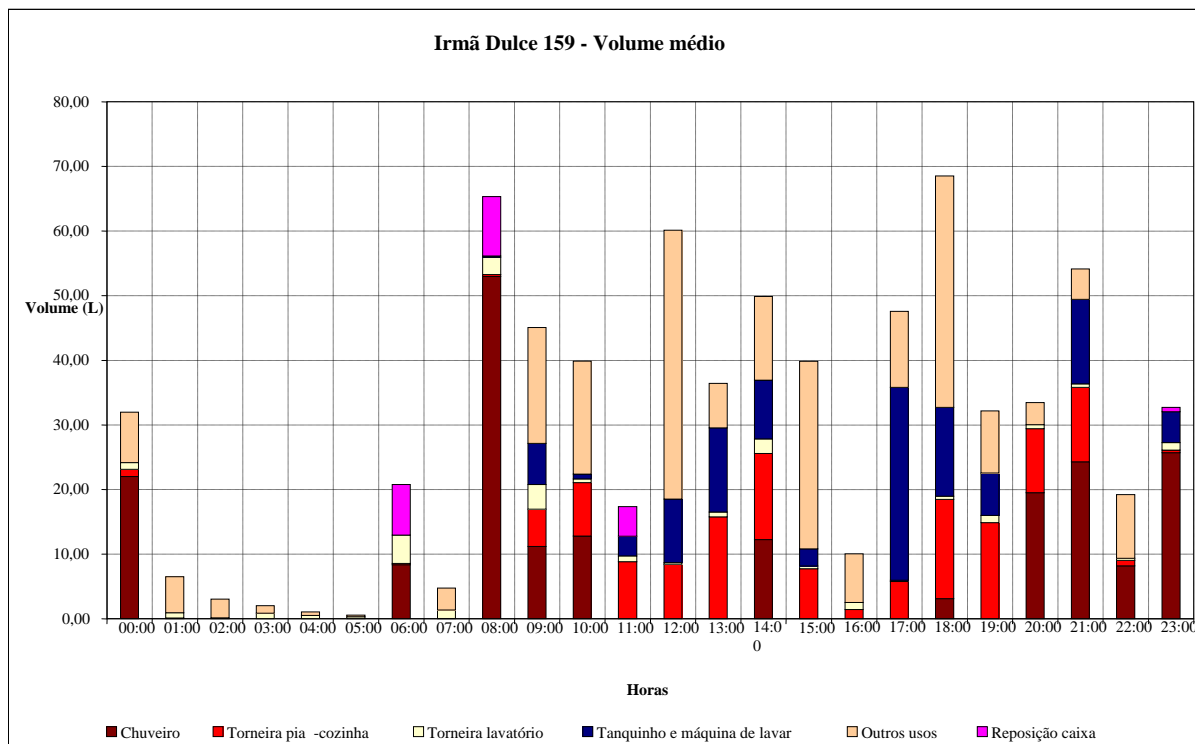


Figura 10 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

Análise dos consumos diários dos aparelhos

Para efeito de análise dos dados dos consumos em todos os endereços monitorados foi feita uma compilação, pela qual se obtiveram as médias de consumo total e consumo interno nos mesmos moldes das realizadas para os itens anteriores. O consumo total é o volume de água consumido e registrado pelo hidrômetro do cavalete, enquanto o consumo interno é dado pela soma dos consumos internos registrados pelos hidrômetros dos pontos de utilização. A diferença entre ambos é a parcela de consumo que não foi medida.

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam os gráficos resultantes, seguidos dos respectivos comentários.

No que se refere ao consumo total médio do cavalete, na Figura 11, para as residências estudadas, pode-se observar que o valor médio é de aproximadamente 845 L/dia perfazendo um consumo mensal estimado de 19,5 m³/mês.

A parcela de consumo interno médio monitorado situou-se em 580 L/dia, o que equivale a 70% do volume consumido. Isso representa o patamar de monitoração de consumo obtido no decorrer da pesquisa. Deve-se considerar que só foram utilizados seis *data-loggers* para pontos de utilização internos às residências.

Deve-se salientar que esses consumos são derivados de dados obtidos em uma amostra restrita e considerando-se apenas sete dias de monitoração, o que significa que esses valores podem resultar maior precisão quanto mais endereços forem monitorados, e as variâncias, determinadas.

No gráfico da Figura 12, podem ser visualizados os consumos desagregados por dia de monitoração, sendo a sexta-feira o dia de maior consumo. Além disso, verifica-se que os usos destinados à higiene corporal (lavatório, caixa acoplada e chuveiro) ocorrem todos os dias. O consumo na pia de cozinha também é diário, enquanto na máquina de lavar e no tanque ocorre em dias determinados (terça, quarta, sexta, sábado e domingo).

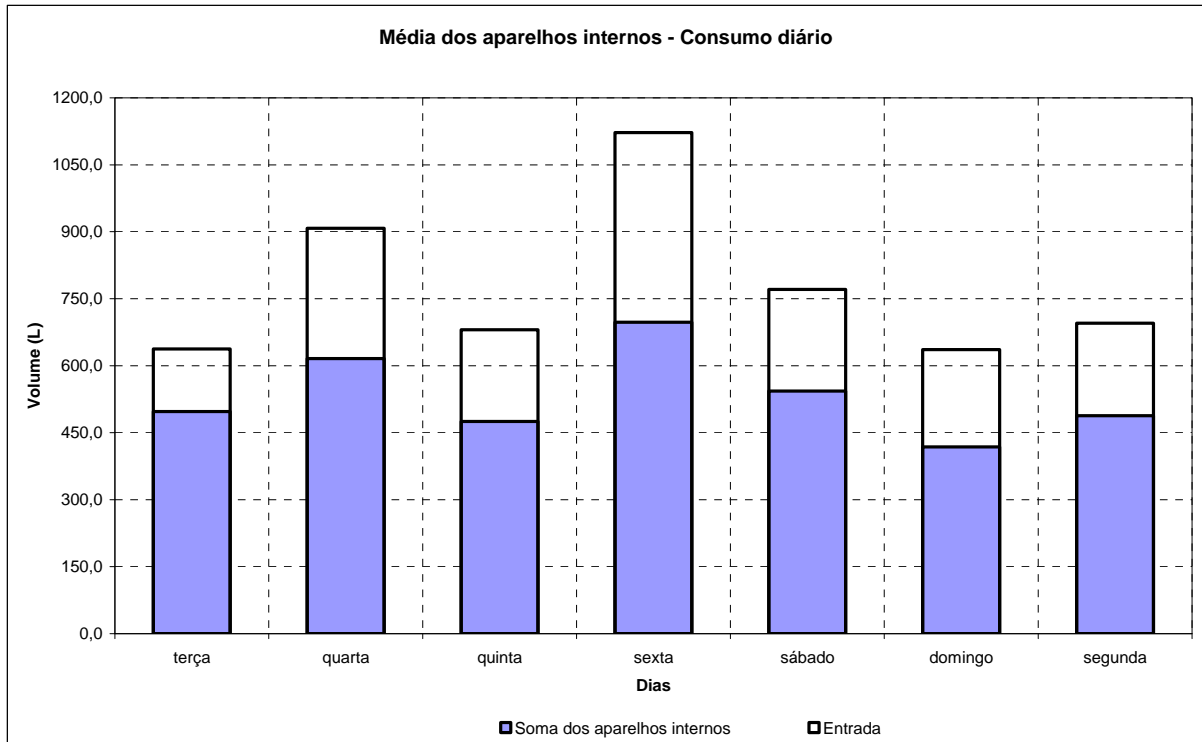


Figura 11 - Consumo total médio (cavelete) e interno médio (pontos de utilização monitorados)

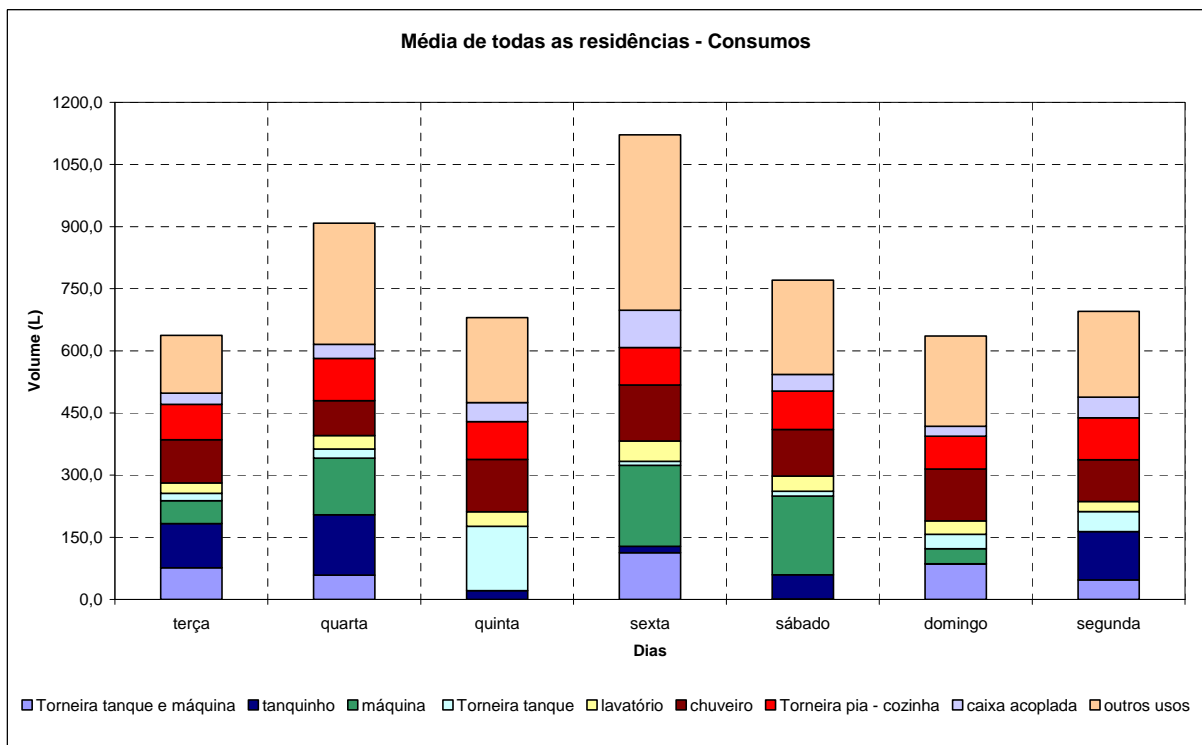


Figura 12 - Consumos desagregados por pontos de utilização monitorados

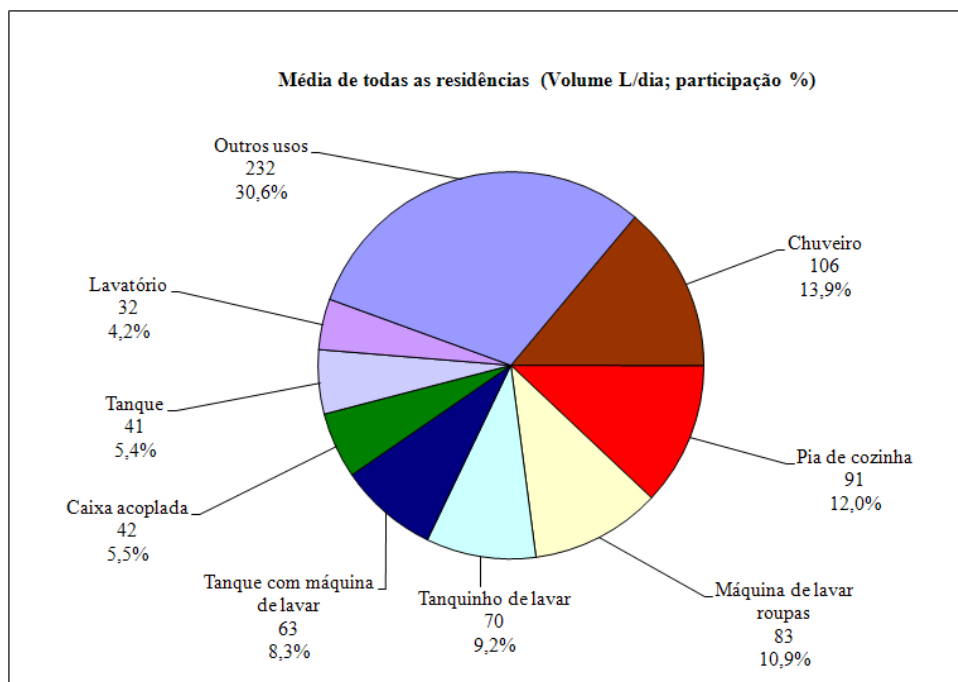


Figura 13 - Percentual de participação dos pontos de utilização no consumo diário médio

Em termos de participação percentual no consumo (Figura 13), pode-se comentar que o ponto de utilização de maior consumo é o chuveiro, com 13,9% seguido sucessivamente da torneira de pia 12,0%; máquina de lavar 10,9%; tanquinho 9,2%; torneira de tanque com máquina de lavar 8,3%; caixa acoplada 5,5%; torneira de tanque 5,4%; e torneira de lavatório com 4,2%. Os outros usos perfazem o restante, com 30,6%. No mesmo gráfico pode-se observar que foram lançados os consumos diários relativos à participação percentual de cada ponto de utilização. Deve-se ressaltar que não se podem associar diretamente os consumos apresentados, visto que se trata de um gráfico contendo o consumo médio de todas as residências, que representam, em média, o quanto cada residência gasta diariamente por meio de seus moradores realizando as tarefas cotidianas.

Considerando os resultados da aplicação dos questionários, identificou-se o número médio de três moradores por residência, o que permitiu calcular o consumo *per capita*, da amostra estudada, por ponto de utilização e por morador. Os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Os valores da Tabela 9 refletem os consumos *per capita* médios que foram obtidos dos resultados das planilhas de monitoração considerando os

consumos dos pontos de utilização. Com certeza há que considerar uma série de particularidades, haja vista que em certos endereços não foi possível monitorar a caixa acoplada e, em outros, não se monitorou o tanque, e assim sucessivamente.

Os *per capita* levantados, porém, exprimem alguns valores dentro das expectativas, como, por exemplo, que um morador consome diariamente 35,3 L por dia no chuveiro, o que se aproxima muito do banho “padrão” de 40 L, ou seja, um banho de 8 minutos com vazão de 5 L/min. Para a caixa acoplada, os 14,0 L equivalem a duas descargas diárias de 7,0 L cada, o que é coerente com os valores de descarga prescritos em norma para esses aparelhos sanitários.

Também os demais consumos podem estar dentro das expectativas, faltando, porém, uma monitoração mais extensa, de modo a se poder caracterizar com mais precisão cada consumo de ponto de utilização.

A Figura 14 apresenta os consumos horários desagregados e sintetiza os consumos médios ocorridos durante um dia inteiro. Esse gráfico é similar ao levantado pela AWWA em 1999, em que se obteve o perfil de consumo e dos usos finais da água para 12 cidades americanas.

Ponto de utilização	Participação (%)	Consumo (L/dia)	Consumo per capita (L/dia/hab.)
Chuveiro	13,9	106	35,3
Pia de cozinha	12,0	91	30,3
Máquina de lavar roupas	10,9	83	27,7
Tanquinho de lavar	9,2	70	23,3
Tanque com máquina de lavar	8,3	63	21,0
Caixa acoplada	5,5	42	14,0
Tanque	5,4	41	13,6
Lavatório	4,2	32	10,8
Outros usos	30,6	232	77,4
Total	100,0	788	262,7

Tabela 9 - Consumo médio diário *per capita* por ponto de utilização e por morador

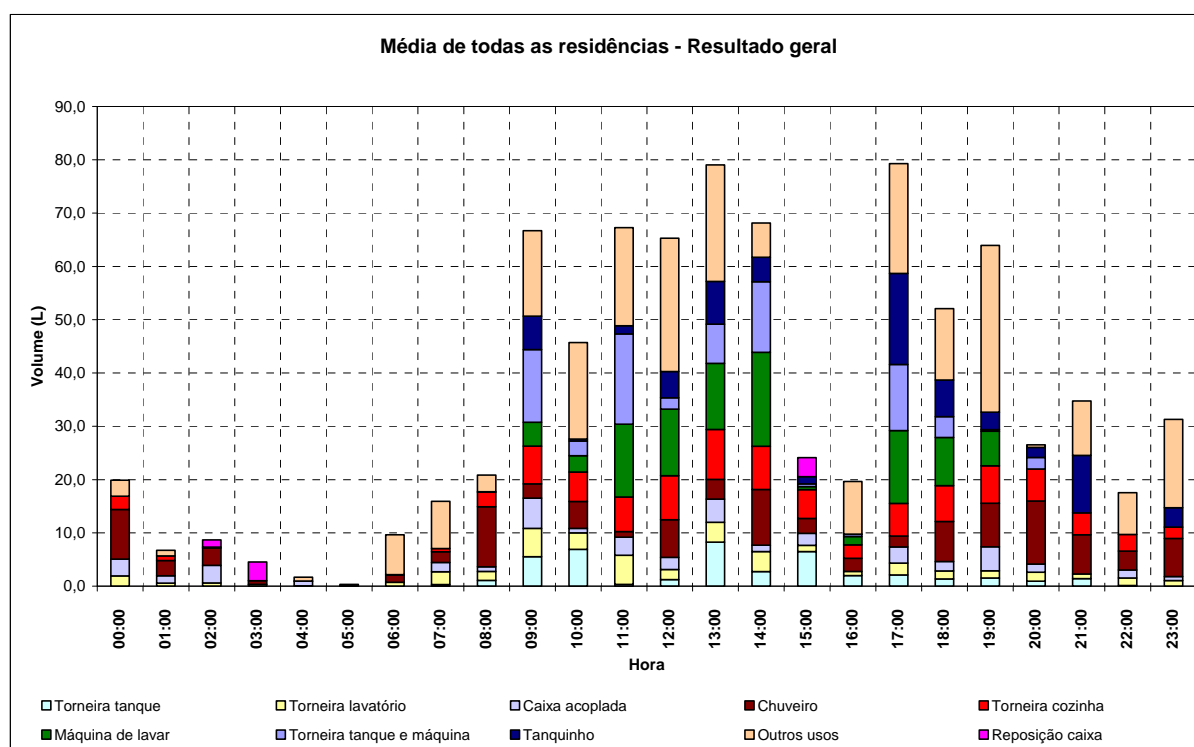


Figura 14 - Consumo horário desagregado por pontos de utilização

Esse gráfico pode permitir o gerenciamento da demanda de água e, além disso, possibilita que se tomem decisões estratégicas objetivando o uso racional da água. Por exemplo, pode-se avaliar o impacto da redução do consumo de água oriundo de um programa de troca de bacias em determinada região da cidade.

Os resultados expressos no gráfico também auxiliam a identificar os hábitos e costumes que podem servir de subsídio de campanhas educativas quanto ao uso de determinados aparelhos sanitários de interesse.

Conclusão

Pode-se considerar que o trabalho realizado estabeleceu e aplicou uma metodologia pioneira de monitoramento do consumo interno de água, tanto pelos equipamentos utilizados como pela estratégia de abordagem, convidando os moradores da amostra selecionada a participar da pesquisa.

Em termos de dados existentes sobre o perfil do consumo e usos finais da água, verificou-se pela pesquisa realizada que ainda não há muitos dados e que poucas entidades se dedicaram a pesquisar sobre o assunto, tais como a AWWA.

Pode-se comentar que a pesquisa realizada representa, até o presente momento, um avanço no conhecimento sobre o tema e que os resultados obtidos se constituem em novos valores de referência, além do que se apresentam como dados inéditos.

Os resultados apresentados, mesmo que ainda não tenham sido monitoradas todas as residências da amostra, demonstram que o trabalho realizado contribui para ampliar o conhecimento sobre as necessidades metodológicas e aplicadas no levantamento do perfil do consumo e usos finais da água, propiciando ao meio técnico a atualização dos valores do perfil de consumo e usos finais da água em residências.

Referências

BARRETO, D. **Water conservation and the monitoring of sanitary appliances**. 1990. 196 f. Dissertação (Mestrado em Building Services Engineering) – , Heriot Watt University Edinburgh, Edinburgh, 1990.

BARRETO, D. Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários e economizadores de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

DeOREO, W. B.; LANDER, P., MAYER, P.W.. Flow trace analysis to assess water use. **Journal of the american water works association: AWWA**, Denver, v. 88, n. 1, p. 79-90, jan. 1996.

DeOREO, W. B.; MAYER, P. W. (Ed.) **Residential end uses of water**. Denver: AWWA Research Foundation, 1999.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Conservação de água de uso doméstico**. São Paulo: IPT, 1988. (Relatório Técnico 27.236)

MONTENEGRO, M. H. F. Vazão em instalações hidráulicas prediais e consumo domiciliar na cidade de São Paulo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CIB W62, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1987. (Publicação IPT 1747)

ROCHA, A. L. Perfil de consumo de água de uma habitação unifamiliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

THACKRAY, J. E.; COCKER, V; ARCHIBALD, G. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. **Proceedings of the institution of civil engineers: part 1-design and construction**. v. 64, p. 37-61. London: Institution of Civil Engineers, fev. 1978.

Agradecimentos

O autor agradece à SABESP a oportunidade de divulgar os resultados da pesquisa, pois muito contribuirá para ampliar o conhecimento sobre o assunto junto aos meios acadêmico e técnico.