

XI-001 - IDENTIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MICRO MEDIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DOS USOS FINAIS DA ÁGUA DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAIS DA SABESP VISANDO A CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Ricardo Reis Chahin⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista pela Escola de Engenharia Mauá (1993), pós-graduação em Educação e Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP (2001). Gestor do Programa de Uso Racional da Água – PURA, da Sabesp, na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP.

Douglas Barreto⁽²⁾

Engenheiro Civil. M.Sc. in Building Services Engineering pela Heriot-Watt University Edimburgo/Escócia (1990). Doutor em Estruturas Ambientais Urbanas na FAUUSP (1999). Pesquisador do Laboratório de Instalações Prediais do Centro Tecnológico do Ambiente Construído do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Antonio Carlos Coimbra Cardoso⁽³⁾

Engenheiro Mecânico pela Faculdade de Engenharia Industrial – FEI (1976), Administração de Empresas pelo Dale Carnegie (1973), Gestão Empresarial pela SAP (1997), Home Automation pelo America's Security (2001). Patente número: PI 0701038-9 “Sistema Centralizado de Medição e Bloqueio Individualizado para Água, Gás e Energia Elétrica” e Patent Number 5827963 “System and Method for a Determining a Density of a Fluid”. Diretor de Tecnologia da WGE Solution.

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Diogo 275 – Vila Deodoro – São Paulo - CEP: 01545-000 - Brasil - Tel: (11) 5089-2896 - e-mail: rchahin@sabesp.com.br

RESUMO

O presente artigo discorre sobre as tecnologias de medição de consumo de água aplicáveis no levantamento do consumo de água de uso doméstico. Foram estudadas as tecnologias disponíveis no mercado e que pudessem ser utilizadas para o monitoramento das vazões em aparelhos sanitários em residências na cidade de São Paulo. Foram feitos exaustivos testes nas tecnologias disponíveis de forma a se poder caracterizar o conjunto associado mais adequado às necessidades e que atendesse aos quesitos de precisão, repetibilidade, confiabilidade e portabilidade de informações adquiridas e armazenadas. Equipamentos de três fabricantes de medidores de água e um de datalogger foram considerados na pesquisa realizada e ao final foi definida uma tecnologia onde se utilizou um medidor velocimétrico de água que gera de pulsos e um datalogger com capacidade de armazenamento de 16.000 leituras.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias de medição, medidores de água, consumo, aparelhos sanitários.

INTRODUÇÃO

Em termos de trabalhos recentes pode-se citar como referência a pesquisa1 realizada em 1994, cuja técnica de medição foi não intrusiva empregando para levantamento do perfil de consumo, a de análise de traço, que consiste em se identificar, em um gráfico contínuo, quais são as vazões dos aparelhos sanitários que participaram para que houvesse tal demanda de água. Os dados para confecção do gráfico são fornecidos por um “datalogger” que é conectado no hidrômetro do cavalete. 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, consequentemente, da vazão. Cada aparelho sanitário possui um perfil característico de vazão e na medida que este perfil repete-se ao longo do tempo é possível se obter valores médios de vazão e volume de água consumidos. Da mesma forma que as demais técnicas, esta também necessita de um conjunto extenso de programas de computador para análise e tratamento dos dados e para realizar os cálculos necessários à obtenção do perfil do consumo de água.

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS

Em termos de histórico de medições pode-se observar que há uma nítida tendência em se utilizar instrumentos intrusivos para a medição dos consumos dentro das residências. Esta tendência tem motivos e se discute a seguir o por quê. Deve-se destacar que técnica não intrusiva só foi possível de ser utilizada nos EUA pelo fato

de que os pontos de utilização de uma casa são ligados diretamente à rede pública e as vazões que ocorrem no hidrômetro (do cavalete) são aquelas que são demandadas pelos aparelhos sanitários quando em uso. Assim, a cada demanda que ocorre no interior da casa o hidrômetro registra e se um datalogger for associado ao equipamento a vazão pode ser armazenada para posterior análise. É a técnica do “flow trace” onde cada aparelho tem um “trace” específico e o conjunto de registros de vazão podem ser então discriminados e analisados em separado. Já foi comentado que esta técnica exige um esforço muito grande em processamento de dados, haja vista a possibilidade de usos simultâneos que em termos de registros de vazão, são somados, sendo de difícil identificação no conjunto de dados armazenados pelo datalogger.

No Brasil é muito comum a existência de uma caixa d’água nas residências, cuja função é garantir o abastecimento da mesma na ocorrência da falta temporária de água. A caixa d’água torna-se um “pulmão” armazenador e é o controlador da demanda, por reposição do volume drenado pelas descargas dos aparelhos sanitários. Assim, a reposição do volume no reservatório é comandada pela torneira de bôia que tem a sua abertura controlada pela geometria do reservatório, haja vista que altura em seu interior, correspondente ao volume drenado, varia em função da secção transversal por onde a bôia está flutuando. Dessa maneira a técnica de “flow trace”, devido às condições hidráulicas tipicamente brasileiras, não pode ser utilizada para a medição do consumo nos pontos de utilização. Porém, pode ser utilizado para se obter o perfil horário da casa, o que muito ajuda no entendimento do comportamento da demanda em função da hora e do dia. Assim, foram contatados os fabricantes de hidrômetros para se obter um “estado da arte” em termos de equipamentos, pois são os fabricantes que tem maior interesse em desenvolver equipamentos de medição de água. Além do contato com fabricantes de hidrômetro, também foi feita uma pesquisa em vários outros fabricantes de equipamentos e de armazenadores de dados de modo que se pudesse identificar algum com tecnologia acessível e que se apresentasse com o menor grau de intrusão possível. Como resultado destes contatos e pesquisa podem-se identificar as seguintes tecnologias disponíveis:

Hidrômetros: é de senso comum entre os fabricantes de hidrômetros que seus produtos tenham incorporado um dispositivo emissor de pulsos em função das vazões registradas. Em termos práticos os pulsos são detectados na relojoaria do hidrômetro e pode ser do tipo chave de contato seco ou chave de efeito eletrônico. A relação pulso por litro varia entre milésimos de litro até metros cúbicos em função da bitola dos hidrômetros. A transmissão destes pulsos para um equipamento externo pode ser feita via cabo ou via radiofrequênciа.

Datalogger: existem no mercado diversos tipos e geralmente consistem de equipamentos de armazenamento em massa de dados de entrada via cabo físico. Funcionam armazenando dados por intervalos pré-fixados de leitura ou por evento. A capacidade de armazenamento está entorno de 32.000 posições de memória e suas dimensões estão cada vez menores.

Sistemas de monitoramento: em termos de sistema de monitoramento, combinando as tecnologias existentes, podem-se identificar três modalidades:

- a) **Hidrômetro+datalogger:** consiste do par onde há um hidrômetro conectado a um datalogger e ambos ficam junto do ponto de utilização a ser monitorado formando um conjunto único. Os dados armazenados pelo equipamento são retirados por meio de cabo físico para um micro-computador portátil ou por porta de comunicação infravermelha para um “palm-top” ou mesmo um computador. Nesta modalidade há a necessidade de um par (hidrômetro+datalogger) para cada ponto de utilização a ser monitorado. A figura 1, a seguir ilustra a configuração desta modalidade juntamente com as formas de aquisição (leituras dos dados) dos dataloggers para um equipamento de tratamento de dados (palm-top” ou “lap-top”).

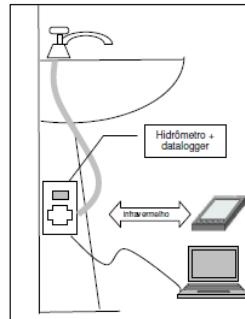


Figura 1 – Hidrômetro e datalogger em conjunto único no ponto de utilização.

- b) **Hidrômetros+datalogger:** consiste de um datalogger com várias entradas conectadas em vários hidrômetros. Dada a capacidade de várias entradas, o datalogger é maior e deve ficar alojado em ponto central da residência e os pares de fios caminham do hidrômetro no ponto de utilização até o mesmo. Assim, pode-se por exemplo, ter um datalogger recebendo dados de oito hidrômetros. Nesta modalidade há um só datalogger e vários hidrômetros para cada uma das residências, porém há que se passar vários pares de fios pelos ambientes. A forma de aquisição é similar à anterior por meio de cabo ou porta de comunicação infravermelha para um “lap-top” ou “palm-top”. A figura 2 ilustra a configuração resultante. Hidrômetro + datalogger infravermelho

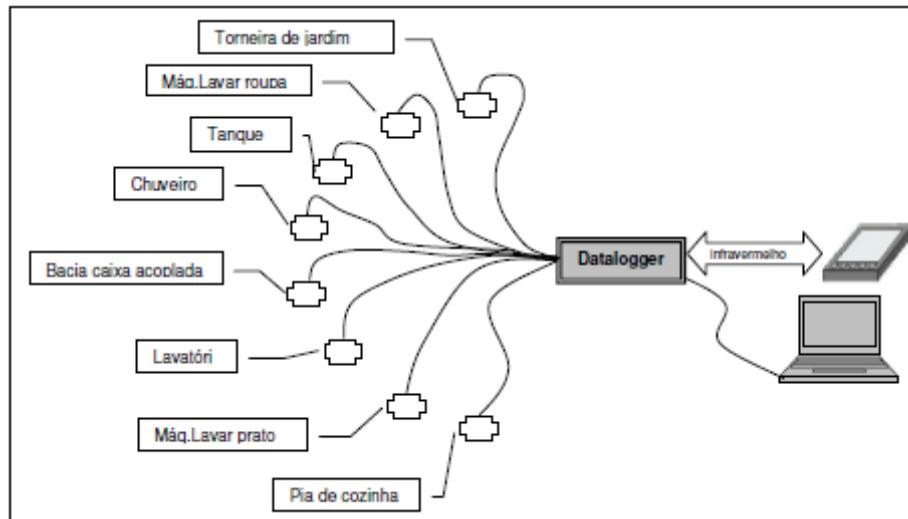


Figura 2 – Conjunto Hidrômetros e datalogger em vários pontos de utilização.

- c) **Hidrômetros+concentrador+microcomputador:** consiste de um sistema capaz de monitorar uma grande quantidade de hidrômetros por meio de um concentrador conectado a um computador. Os hidrômetros são interligados por um par de fios e as informações geradas trafegam neste par e fios por meio de um protocolo denominado “M-bus”. O concentrador, denominado de “repeater” gerencia o tráfego de informações e repassa para o microcomputador que por meio de um “software” dedicado monitora e armazena as informações recebidas dos hidrômetros. Esta modalidade de aquisição de dados pode ser feita também por meio de radiofrequência onde o hidrômetro é equipado com um dispositivo emissor de ondas de rádio e o concentrador com um receptor. A aquisição de dados é feita por microcomputador, também por “software” dedicado. As figuras 3 e 4, a seguir apresentam as configurações desta modalidade de aquisição de dados.

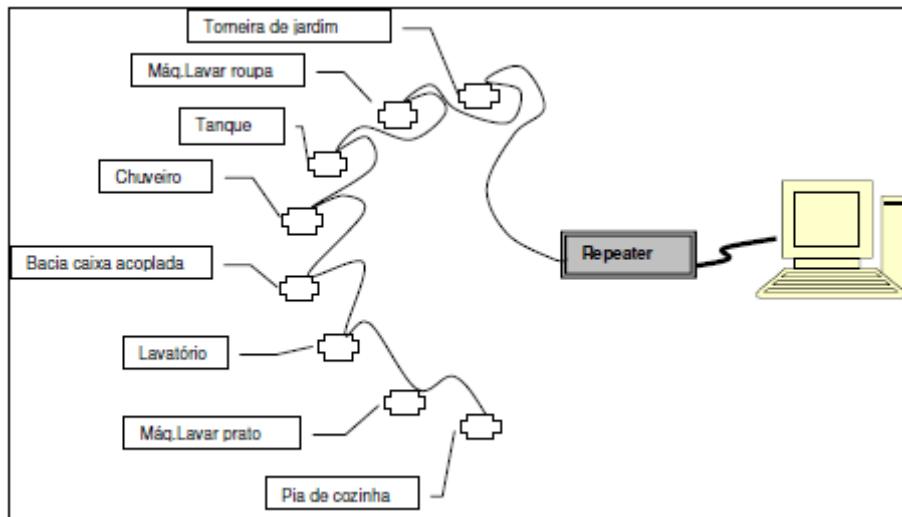


Figura 3 – Conjunto Hidrômetros e “repeater” com protocolo “M-bus”.

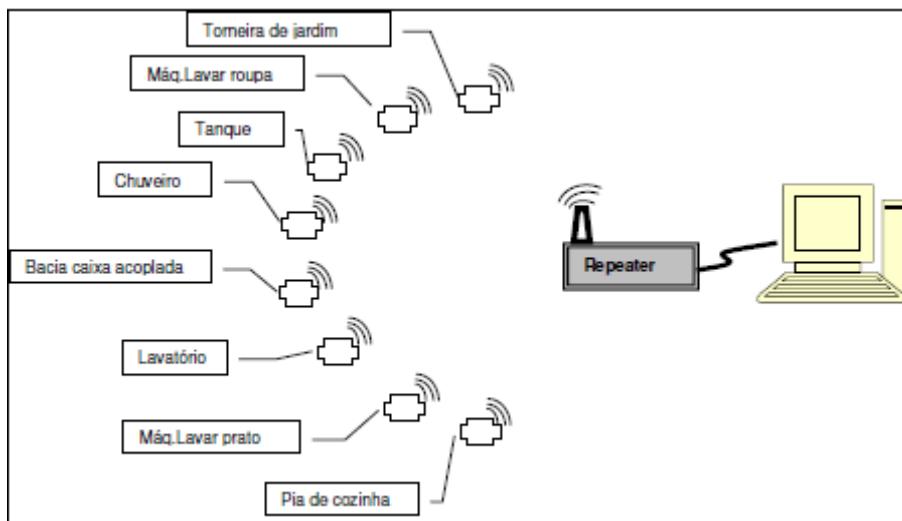


Figura 4 – Conjunto Hidrômetros e “repeater” operados em radiofrequência.

NÍVEIS DE APLICAÇÃO

Apresentadas as possibilidades de instrumentação para medição de vazão e de monitoração podem-se identificar quais delas são aplicáveis às necessidades para o levantamento do perfil do consumo de água. No projeto estão previstas duas medições de consumo: uma na entrada de água (cavalete) e outra nos pontos de utilização (aparelhos sanitários). Estas duas medições apresentam características distintas de regime de vazão e de freqüência o que exige técnicas e instrumentos diferenciados. Nos itens a seguir apresentam-se as instrumentações identificadas no âmbito deste trabalho.

Medição do consumo na entrada de água

No caso da medição do consumo na entrada do imóvel, cujo objetivo é levantar o perfil de consumo residencial, ou seja, a variação dos volumes de água segregados na base horária.

Esta segregação permite identificar hora a hora o volume consumido e permite conhecer o regime típico de consumo, onde por exemplo, se pode ter a hora de maior consumo. Como as medições se estendem por mais de uma semana também é possível se conhecer o regime de consumo típico dos dias da semana (segunda a domingo) de modo a ampliar o entendimento de como ocorre o consumo de água nas residências. Esta modalidade de medição permite o conhecimento do consumo integrado da residência, ou seja, os consumos internos (pontos de utilização) e externos (lavagens de pisos, regas e etc).

No caso das medições do consumo integrado é aplicável a técnica de medição onde se emprega um conjunto de um hidrômetro associado a um “datalogger” em série com o hidrômetro da Sabesp no cavalete de entrada do imóvel. A figura 5, a seguir apresenta a configuração da instrumentação.

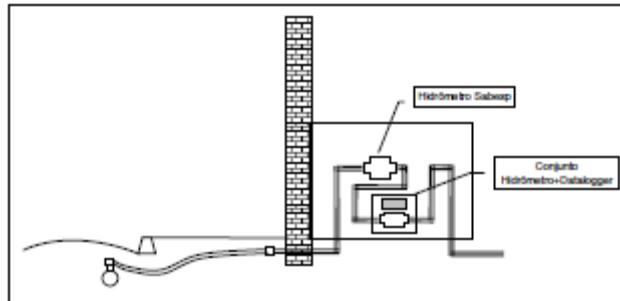


Figura 5 – Configuração de hidrômetro+”datalogger” no cavalete de entrada da residência.

Para o presente trabalho foi definido o emprego de um conjunto de medição que já vinha sendo utilizado e que consiste do conjunto de um hidrômetro e datalogger abrigados em uma caixa metálica que é inserido em série com o hidrômetro da Sabesp do cavalete da residência.

Esta caixa contém um hidrômetro juntamente com um “datalogger”. A figura 6, a seguir, apresenta o conjunto montado na caixa de medição.



Figura 6 – Caixa de medição com o conjunto de hidrômetro+”datalogger”no cavalete de entrada da residência.

Para se extrair os dados armazenados no “datalogger” é necessário o uso de um “software” exclusivo da Meinecke denominado “CDL-Win” que permite a vizualização das informações armazenadas bem a sua exportação para uma planilha de dados para tratamento.

Medições dos consumos internos

No que aplica às medições dos consumos internos, junto aos aparelhos sanitários, as técnicas apresentadas no item anterior apresentam, cada qual, vantagens e desvantagens que definem o nível de aplicação desejado, desde que se saiba que estas técnicas se configuram como intrusivas.

Assim a medição do consumo interno recai sobre duas possibilidades: a medição nos pontos de utilização e monitoramento e armazenamento com um concentrador (“datalogger” ou “repeater”) ou a medição e armazenamento direto no ponto de utilização.

A primeira alternativa não se configura como sendo adequada dada a necessidade de se utilizar fios para conectar os hidrômetros aos datalogger ou repeater. A passagem dos fios pelos ambientes até a localização do “datalogger” ou “repeater” significa uma grande intervenção no ambiente interno da residência que poderia provocar a rejeição à participação do morador na pesquisa de campo.

A segunda alternativa implica que haja uma miniaturização dos equipamentos (hidrômetro e “datalogger”) para que o conjunto montado no ponto de utilização se configure menos agressivo, no tamanho e que tenha uma estética que não cause incômodo ao usuário.

Também se deve considerar a capacidade de armazenamento e retirada de dados que devem ser compatíveis com as vazões registradas e que tenham capacidade de armazenar dados por um período de pelo menos uma semana em intervalos de leitura adequados.

Dos contatos com fabricantes e pesquisa no mercado foram obtidos alguns equipamentos, ou por cessão ou por aquisição para serem avaliados no que se refere a aplicabilidade no projeto. A tabela 1, a seguir contém as principais características dos equipamentos, e as figuras 7 a 9 apresentam os mesmos.

Tabela 1 – Características dos equipamentos

Equipamento	Fabricante	Características
Hidrômetro	A	Resolução: 100 mL/pulso Tipo: Velocimétrico
	3	Resolução: 6 mL/pulso Tipo: Velocimétrico
	2	Resolução: 10 mL/pulso(*) Tipo: Volumétrico
Datalogger	A	Memória: 42.000 Intervalo: 1 leitura/seg Dim.: 200x100X80 mm

Nota: Relação volume/pulso obtida depois de retirada da relojoaria original e inserção de cabeçote desenvolvido pelo IPT especificamente para o hidrômetro

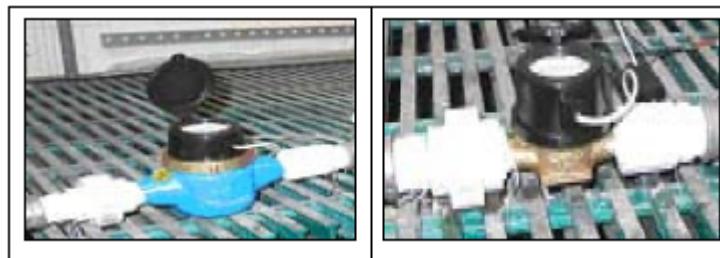


Figura 7 – Hidrômetros da FABRICANTE A (direita: 10 mL/pulso e esquerda: 100 mL/pulso)



Figura 8 – Hidrômetros da FABRICANTE 2 (direita: 10 mL/pulso) e FABRICANTE 3 (esquerda: 6 mL/pulso)

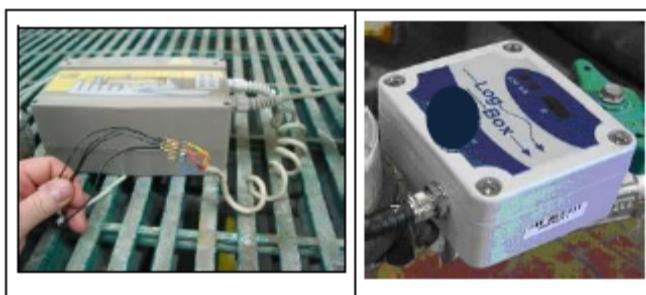


Figura 9 – Dataloggers FABRICANTE A (direita) e Datalogger (esquerda)

Os “datallogger” da FABRICANTE A e Datalogger empregam “softwares” para programação das leituras e para a extração de dados armazenados.

Destaca-se que o equipamento da Datalogger transmite os dados armazenados via porta infravermelha não exigindo o emprego de fios ou cabos entre o “datalogger” e o microcomputador. Inclusive há a opção de programação e extração dos dados por meio de um “palm top” também pela porta óptica. As figuras 10 e 11, a seguir apresentam as modalidades de programação e retirada dos dados do equipamento.



Figura 10 – Interface de comunicação infravermelha para programação e retirada de dados do equipamento da Datalogger (Fonte: Datalogger)

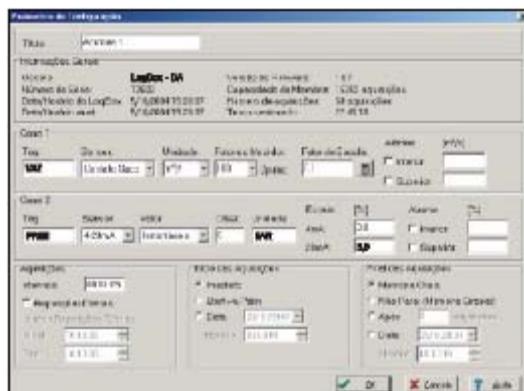


Figura 11 – Tela de configuração do “datalogger” Datalogger (fonte: Datalogger).

AVALIAÇÃO LABORATORIAL

Os equipamentos apresentados no item anterior foram objeto de uma avaliação laboratorial para se identificar às características de medição no que se refere às limitações de intervalos de leitura, de freqüência pulsos de entrada, da correlação pulsos por vazão, e o levantamento das curvas de calibração para efeito de correção nas vazões medidas.

A avaliação laboratorial dos equipamentos consistiu da montagem dos mesmos em uma bancada que pode fornecer um “range” de vazões onde se pode verificar o comportamento do conjunto “datalogger” com hidrômetro.

As vazões aplicadas aos equipamentos foram de 1,0 a 12,0 litros por minuto e os “datalogger” programados para intervalos de leitura de 1 segundo.

Após a determinação das relações de litros por pulso foram realizadas, em laboratório, avaliações que simulassem as condições de uso. Para tanto foram conectados nas saídas dos hidrômetros aparelhos sanitários como torneiras, caixas de descarga e chuveiros de modo que se pudesse averiguar o comportamento do conjunto (hidrômetro e “datalogger”) em situação de uso.

Apesar do bom comportamento do sistema disponibilizado pela FABRICANTE A as suas dimensões foram consideradas muito grandes o que acarretaria um destaque maior no grau de intrusão quando instalado nas

residências. Além disso, para gerar pulsos os hidrômetros necessitam ser alimentados eletricamente o que demandaria uma fonte de tensão auxiliar caso se fosse empregar somente os hidrômetros.

Portanto o sistema foi reservado para uso em medições onde a questão do tamanho e a alimentação elétrica não fossem fator de incômodo ao usuário do ambiente que tivesse os aparelhos sanitários monitorados.

Devido à necessidade de se ter um sistema de aquisição de dados de menor tamanho possível e dadas as características de pulsos gerados, o “datalogger” da Datalogger e os hidrômetros da FABRICANTE 2 e FABRICANTE 3 foram avaliados de maneira a se identificar qual o para que se configuraria como a melhor formação (“datalogger” mais hidrômetro).

A primeira avaliação efetuada foi a determinação de volume por pulso com os hidrômetros em duas posições distintas: horizontal e vertical. Ressaltase que o hidrômetro da FABRICANTE 2 teve sua relojoaria original retirada e em seu lugar instalado um cabeçote especificamente desenvolvido para captar os pulsos magnético originados na câmara úmida do medidor.

Na avaliação foram utilizados o “datalogger” da Datalogger e os hidrômetros da FABRICANTE 2 (modelo Altair, tipo volumétrico) e FABRICANTE 3 (sem denominação, tipo velocimétrico).

Para efeito de levantamento da relação de volume por pulso dos equipamentos avaliados foram estabelecidas faixas de vazão, de 1,0 a 9 litros por minuto. Estas vazões permitiram se obter a relação volume por pulso, bem como qual a faixa de operabilidade de do conjunto, no que se refere à vazão máxima. Também foi objeto de avaliação resposta dos hidrômetros em relação à posição de operação.

A partir dos dados armazenados nos “dataloggers” foi possível levantar as curvas de respostas dos pares formados por “datalogger” Datalogger e hidrômetros FABRICANTE 2 e FABRICANTE 3.

Eliminando-se as vazões em que os hidrômetros apresentaram incapacidade de leitura foram determinadas as relações de volume por pulso para cada um dos equipamentos (FABRICANTE 3 e FABRICANTE 2).

A partir da determinação da relação de volume por pulsos dos hidrômetros foi feita uma simulação de uso dos equipamentos numa bancada laboratorial. As figuras 12 a 14 apresentam as montagens na bancada.

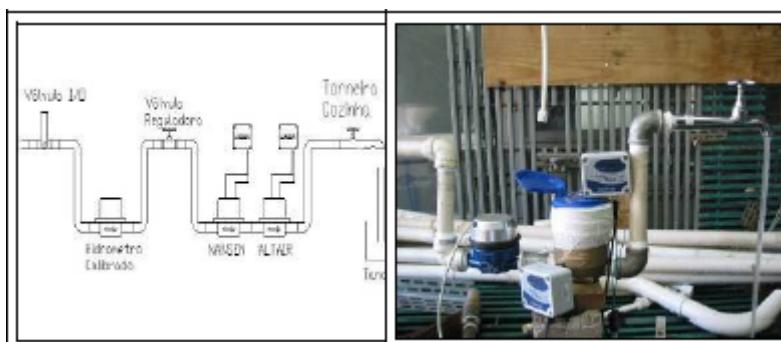


Figura 12 – Montagem laboratorial simulando uma torneira de pia de cozinha.

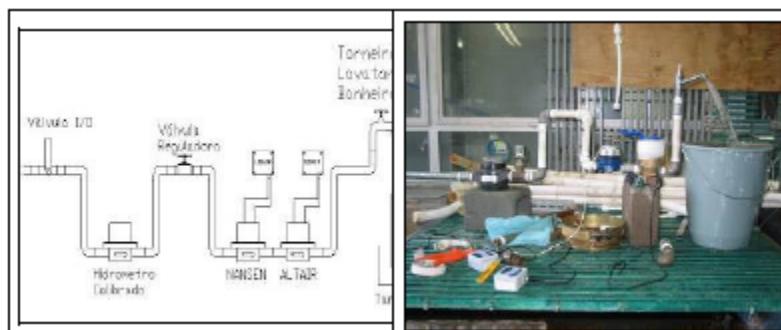


Figura 13 – Montagem laboratorial simulando uma torneira de lavatório de banheiro.

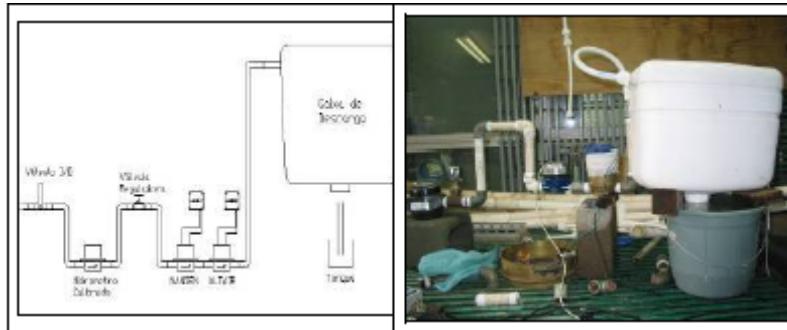


Figura 14 – Montagem laboratorial simulando uma caixa de descarga.

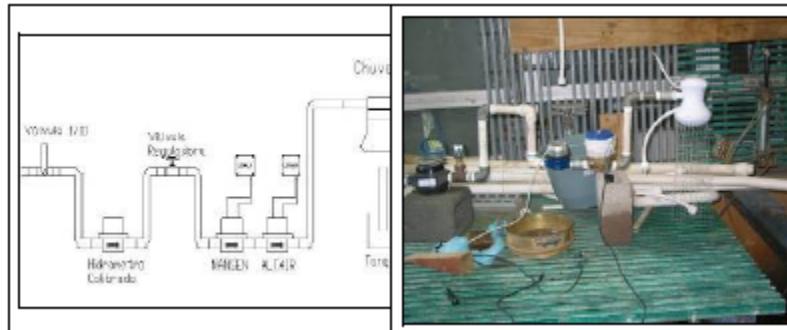


Figura 15 – Montagem laboratorial simulando um chuveiro elétrico.

Após a realização das avaliações em campo experimental foi detectada a instabilidade de leituras dos equipamentos por dois motivos: a freqüência de pulsos e variação da relação volume por pulso.

A primeira foi identificada como uma limitação na freqüência de leitura de pulsos na entrada do “datalogger” que se situa em 20 Hz (pulsos por segundo) para contato seco, ocasionando uma leitura máxima de vazão de 0,11 L/segundo. Este patamar se situa no limite das vazões que podem ocorrer nos pontos de utilização de água em uma residência.

Desta maneira foi alterado o modo de leitura do “datalogger” para uma modalidade diferenciada denominada “PNP” compatível com sinais digitais. Esta modalidade permite a leitura de pulsos numa freqüência de 400 Hz o que ampliou significativamente a capacidade de leitura de pulsos do equipamento abrangendo a faixa de vazão ocorrente nos aparelhos sanitários, que vai de 0,01 a 0,15 L/segundo.

A variação da relação volume por pulso foi identificada como sendo o tipo de “reed-switch” e seu posicionamento no cabeçote de leitura do hidrômetro. Esta descoberta fez com que todos os cabeçotes tivessem que ser refeitos de modo a se padronizar as posições os “reeds” utilizados nos hidrômetros.

O procedimento de re-calibração foi feito para os demais hidrômetros e em seguida os equipamentos foram instalados novamente em um banheiro coletivo para se averiguar o comportamento em campo.

Simulação em uso

Os equipamentos foram instalados em uma caixa de descarga acoplada de uma bacia sanitária; em uma torneira de lavatório e em um chuveiro elétrico, aparelhos que tipicamente se encontram nas residências abrangidas pelo trabalho.

A figura 15, a seguir mostra os equipamentos instalados nos aparelhos sanitários. As figuras 16 a 18 apresentam os gráficos resultantes dos aparelhos sanitários monitorados por três dias.



Figura 15 – Equipamento (hidrômetro+datalogger) instalado em uma caixa acoplada; lavatório e chuveiro).

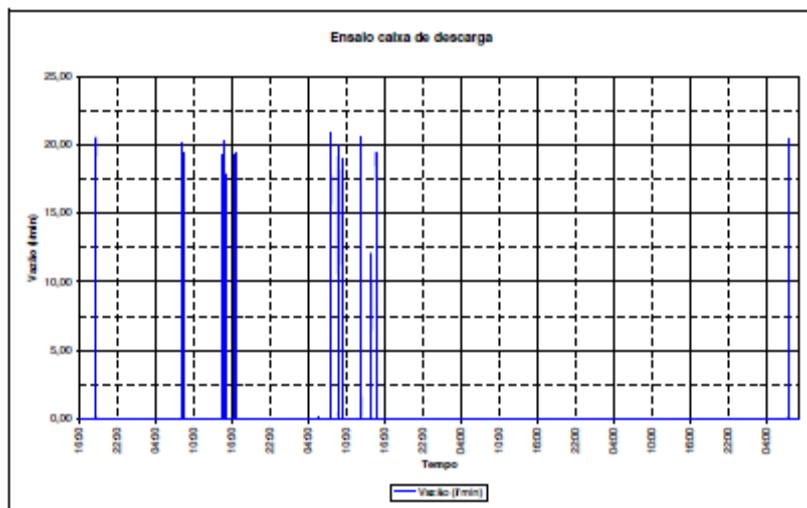


Figura 16 – Gráfico de vazão obtido no monitoramento da caixa de descarga.

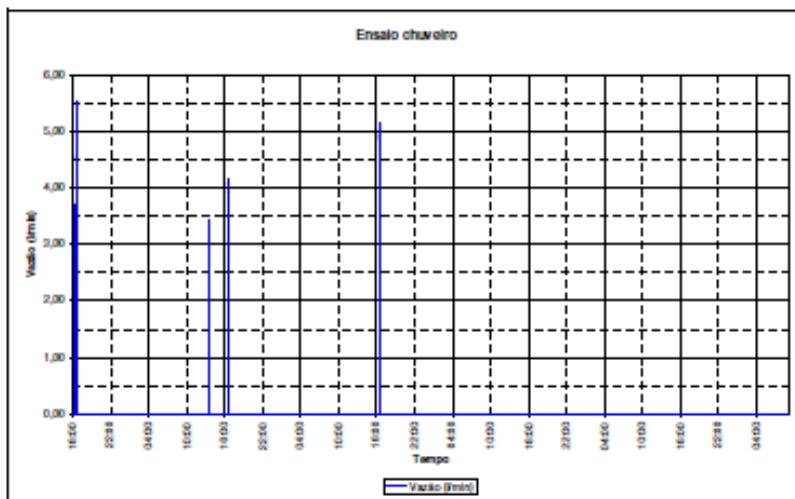


Figura 17 – Gráfico de vazão obtido no monitoramento do chuveiro elétrico.

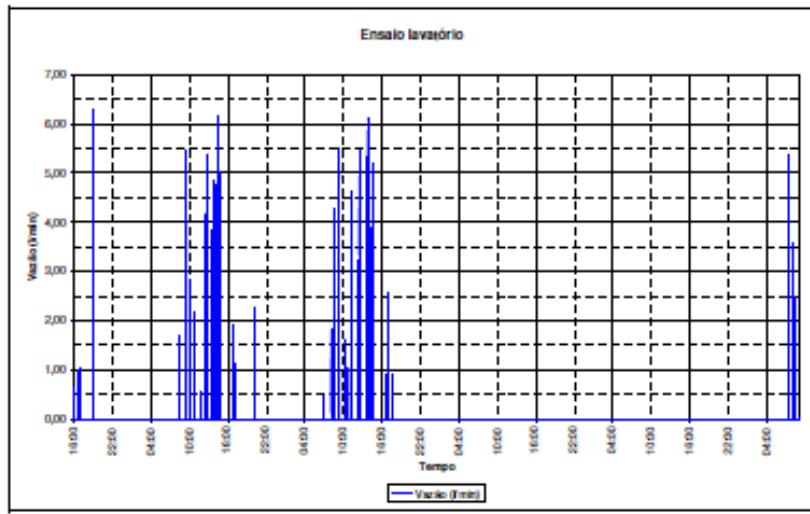


Figura 18 – Gráfico de vazão obtido no monitoramento do chuveiro elétrico.

Os equipamentos apresentaram um comportamento adequado às necessidades do projeto de modo que foram considerados aptos para serem instalados na pesquisa de campo para o levantamento do perfil do consumo e usos finais da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em termos de intervalos de medição, após as análises dos resultados obtidos em laboratório e em campo, cada tipo de equipamento apresentou particularidades no que se refere ao melhor desempenho em função da instalação predial que vão monitorar.

No caso das medições internas às residências, o intervalo de medição foi ditado pela capacidade de armazenamento do “datalogger” que é de 32.000 posições de memória o que representou um período de monitoração de três dias e 16 horas (registros de pulsos a cada 10 segundos) Este intervalo significa que há a necessidade de descarregar a memória do equipamento em intervalos de 3 dias, fato que incorre em pelo menos uma visita ao endereço entre o intervalo pretendido de monitoração de uma semana (sete dias).

Quanto às medições junto ao cavalete de entrada, dada a experiência angariada nas medições anteriores os equipamentos se mostraram capazes de monitorar o período de sete dias sem a necessidade de descarregar os dados armazenados.

Desta maneira estabeleceu-se que, após a instalação dos equipamentos (internos e junto ao equipamento), será realizada uma visita no decorrer do período de monitoração com o intuito de descarregar os dados e completar o questionário aplicado ao consumidor para obtenção das características do imóvel e as sócio-económicas dos moradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRETO,D. "Water conservation and the monitoring of sanitary appliances". Heriot Watt University. Dissertação de mestrado, 1990
 2. DEOREO, W., J. Heaney and P. Mayer (1996). Flow Trace Analysis to Assess Water Use. Journal of the American Water Works Association. Jan., p. 79-80.
 3. DEOREO, W.B; Mayer, P.W. "Residential end uses of water" – AWWA Research Foundation – 1999
 4. EDWARDS, K. AND L. MARTIN (1995). A Methodology for Surveying Domestic Water Consumption. Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management. Vol. 9, No. 5., p. 47-489.
 5. RELATÓRIO IPT No 95.790 de julho de 2007
 6. THACKRAY, COCKER AND ARCHIBALD. (1978) "The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage".