

PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO INTRADOMICILIAR DE ÁGUA POR EQUIPAMENTO

Gabriella Laura P. Botelho¹; Vivian Carla Alves²; Ana Paula Garcia³; Fred Augusto Anunciação Silva⁴; Asher Kiperstok⁵; Karla Oliveira Esquerre⁶

RESUMO – Neste artigo são apresentados os procedimentos metodológicos e resultados obtidos com estes, visando o monitoramento do consumo de água, total e por equipamento, em residência adotada como estudo de caso. Para isso foi utilizado sistema composto por hidrômetro e datalogger instalado na tubulação de saída do reservatório superior, o que permitiu o registro do volume de água utilizado a cada dez segundos. A partir da análise dos dados foi possível identificar na seqüência de volumes registrados pelo hidrômetro os volumes parciais referentes a cada uso. Para identificar o efeito do uso simultâneo dos equipamentos sanitários na vazão individual destes foi utilizada a metodologia estatística de Planejamento de Experimentos. Foram observadas interações significativas na vazão quando acionados simultaneamente a pia da cozinha e chuveiro. Dentre os principais resultados obtidos verificou-se que os equipamentos de maior impacto no consumo de água são a caixa de descarga, pia da cozinha, chuveiro e tanques da área de serviço.

ABSTRACT – This article presents proceedings methodological and obtained results from this in order to monitor water consumption, total and per device, adopted in residence as a study of case. To this was used system consisting in water meter and data logger installed in the outlet pipe of the upper reservoir, which allowed the registration volume of water used every ten seconds. From the data analysis was possible to identify the sequence of volumes recorded by the water meter in partial volumes for each use. To identify the effect of concurrent fixtures use on individual flow to each one was used a statistical methodology Design of Experiments (DOE). Significant interactions were observed between the simultaneous uses of the kitchen faucet and shower. Main results showed that the fixtures with greatest impact on water consumption are toilet, kitchen faucet, shower and service area tank.

Palavras-Chave – Consumo de água intradomiciliar, caracterização do consumo.

-
- 1) Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia, Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA/UFBA) e pesquisadora na Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM/UFBA). Endereço: Rua Aristides Novis, nº 02, 4º andar. Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Federação. CEP 40210-630. Salvador – Bahia. Tel.: 3283-9892/3235-4436. E-mail: gbotelho@ufba.br
 - 2) Estudante de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Endereço: Rua Aristides Novis, nº 02, 4º andar. Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Federação. CEP 40210-630. Salvador – Bahia. Tel.: 3283-9892/3235-4436. E-mail: vivisarem@bol.com.br

1. INTRODUÇÃO

A universalização do fornecimento de água e o uso racional deste recurso devem ser embasados no conhecimento dos padrões de consumo em diferentes regiões, o que está intimamente relacionado a fatores ambientais, sociais, econômicos e culturais.

Para entender o padrão de consumo mais profundamente é necessário o estudo detalhado dos diversos usos da água na residência. Gonçalves (2006) afirma que a caracterização da demanda de água nos diversos pontos de consumo é fundamental na determinação das ações prioritárias na busca pelo uso racional da água. Ou seja, quanto mais detalhado o conhecimento do consumo, mais eficiente a gestão da demanda.

Foram identificados na literatura diversos métodos de quantificação do volume de água utilizado por equipamento, ou uso, em residências.

Quanto ao sistema de medição, enquanto autores como Barreto e Rocha (1999), Cohim e colaboradores (2009) utilizaram métodos de captação de dados instalando hidrômetros individuais em cada ponto de consumo de água, o que permite a caracterização da vazão consumida em cada equipamento de forma direta, porém de complexa aplicabilidade em larga escala devido à dificuldade logística e incomodo aos moradores para instalação desses equipamentos. Outros (MAYER E DEOREO, 1999; ALMEIDA, 2007; SANCHEZ E PRADO, 2008) adotaram a medição indireta do consumo, instalando hidrômetros associados à datalogger na saída do reservatório, buscando identificar perfis típicos de vazão para cada tipo de equipamento ou uso intradomiciliar.

Outro aspecto importante é a forma de leitura dos dados registrados pelos hidrômetros. A maioria dos trabalhos consultados (ALMEIDA, 2007; BARRETO e ROCHA, 1999; MAYER e DEOREO, 1999; ROBERTS, 2005; SANCHEZ E PRADO, 2008) utilizaram datalogger associado ao hidrômetro para a captação dos dados de cada equipamento, o que a depender da memória do equipamento e do intervalo de dados captados demanda visitas periódicas de um técnico para a coleta de dados, embora já esteja disponível atualmente tecnologias que permitem o envio de dados via internet. Já a pesquisa desenvolvida por Cohim e colaboradores (2009) contou com a ajuda dos moradores das dez casas analisadas que anotavam as medições do hidrômetro diariamente. Embora essa metodologia permita aos moradores o acompanhamento diário do seu consumo e das variações neste, fica susceptível aos erros de leitura e a disponibilidade do morador em efetuar-la.

A instalação de um único medidor de vazão implicará na utilização de método para desmembramento dos dados coletados nos diversos usos intradomiciliares, a partir da identificação de curvas típicas de vazão para cada equipamento. Entre os métodos utilizados tem-se o tratamento de dados no Excel© com a identificação visual de cada tipo de curva, utilizado por Sanchez e Prado (2008). No trabalho desenvolvido por Almeida (2007) associou-se o método anterior com anotações do horário de uso de cada equipamento realizadas pelos moradores. Em ambos os casos, a metodologia adotada seria de difícil aplicação em larga escala. Já outros trabalhos identificados adotaram software específico para definição do consumo por equipamento, como o Flow Trace Wizard utilizado na análise dos dados de consumo dos estudos realizados por Mayer e DeOreo (1999), Roberts (2005) e Willis e colaboradores (2010).

O estudo apresentado neste artigo está inserido no âmbito do projeto de pesquisa “Gestão da demanda por água em residências de baixa e média renda” executada pela Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). A pesquisa completa objetiva caracterizar o consumo de água em residências situadas em região de baixa renda e avaliar quantitativamente o efeito de adoção de medidas de gestão da demanda por água. Desta forma mostrou-se necessário a definição de método para avaliação do consumo domiciliar por usos, visando subsidiar a proposição de ações de gestão da demanda e avaliar os resultados das ações propostas.

2. OBJETIVO

Apresentar os métodos utilizados e resultados alcançados do levantamento e tratamento de dados para caracterização do consumo de água intradomiciliar por equipamento e usos.

3. METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em cinco etapas: seleção da residência piloto; definição do sistema de coleta de dados; medição da vazão de equipamentos hidráulicos do domicílio; definição do perfil do consumo dos equipamentos hidráulicos do domicílio; estudo da influência do uso simultâneo de equipamentos na vazão através de Planejamento de Experimentos. Estas etapas são descritas a seguir.

3.1. Seleção da residência piloto

A partir de estudo anterior realizado na região Nordeste de Amaralina, localizada na capital baiana (Garcia, 2011) foram identificados domicílios que possuíam reservatório e ligação de água individualizada. Destas foi selecionada uma, como estudo de caso, onde foi instalado o sistema de monitoramento na saída do reservatório. Na Figura 1 é apresentado esquema das instalações hidráulicas da residência selecionada e do sistema de monitoramento do consumo, sendo algumas características destacadas na Tabela 1.



Figura 1- Esquema da instalação hidráulica na residência piloto

Tabela 1- Característica da residência teste

Residência	Nº de cômodos	Nº de moradores	Consumo médio (m ³ /mês)
1	7	2	10

3.2. Definição do sistema de coleta de dados

Para monitoramento dos dados de consumo adotou-se uma associação entre as metodologias utilizadas por Almeida (2007) e por Mayer e DeOreo (1999) que consiste na instalação de hidrômetro com saída de sinal pulsada associado a um datalogger na tubulação principal de abastecimento da residência (Figura 1), onde são registrados os volumes que passam pela tubulação num intervalo de tempo pré-definido. Os dados registrados são depois coletados por um computador portátil.

Foram adotados hidrômetros com vazão nominal igual a 1,5 m³/h, vazão mínima de 0,030m³/h e saída de sinal pulsada a partir de sensores optoeletrônicos com fator K=0,1L/pulso, classe metrológica B da marca LAO, associado a datalogger fabricado pela NOVUS que registra os pulsos emitidos pelo sensor a cada 10s. Os dados registrados no datalogger são coletados a cada 7 dias com a utilização de sensor infravermelho conectado a notebook e convertido no formato de planilhas Excel© utilizando o software LogChart II, fornecido pelo fabricante do datalogger, o que permite sua análise e definição de estatísticas como média, moda, volumes acumulados e duração dos usos, entre outros.

3.3. Medição de vazão dos equipamentos hidráulicos do domicílio

A vazão dos equipamentos foi medida por dois métodos distintos, simultaneamente na residência teste. O primeiro método foi feito com a utilização de um recipiente graduado e um cronômetro. Para diminuir chances de erros, foi designado um pesquisador para acionar o cronômetro e outro para acionar os equipamentos. No ponto de saída de água foi colocado o recipiente graduado, o tempo de preenchimento do recipiente variou de acordo com a vazão do equipamento. Ao fim de cada medição, feita em triplicata, foram contabilizados o tempo decorrido e o volume de água armazenado. Entre cada medição foi estipulado um intervalo de 300 segundos a fim de garantir a estabilização do sistema hidráulico. O segundo método, simultâneo ao procedimento anterior, foi feito através da captação dos dados gerados a partir do conjunto hidrômetro e datalogger. Em seguida os dados das duas formas de medição foram confrontados.

3.4. Definição do perfil de consumo dos aparelhos hidráulicos no domicílio

Para identificar os diversos usos hidráulicos e as vazões utilizadas em cada aparelho da residência estudada, tais como chuveiro, torneiras, caixa de descarga, foram utilizadas duas metodologias distintas.

A primeira metodologia baseou-se na disponibilização de fichas onde os moradores anotaram, durante cinco dias, os horários de início da utilização dos equipamentos. Essa informação foi confrontada com os dados registrados pelo datalogger. A definição do período de anotações foi adotada devido ao reconhecimento da dificuldade prática em fazer anotações compulsórias para

cada utilização dos pontos de água na residência, estender esse prazo poderia causar incomodo aos moradores.

Em posse dos dados coletados através do conjunto hidrômetro/datalogger e das anotações feitas pelos moradores foi possível identificar a maior parte dos usos, apesar das anotações terem sido mais assíduas durante os primeiros dias.

A segunda metodologia utilizada para definição dos aparelhos hidráulicos de uso residencial consiste na utilização do programa Flow Trace Wizard. Este software tem o objetivo de fragmentar as vazões brutas captadas pelo hidrômetro e armazenadas no datalogger, em vazões parciais referentes ao uso doméstico de cada aparelho. O programa foi calibrado a partir das anotações dos moradores bem como pelas informações obtidas no experimento de medição de vazão. Foram listados, para cada equipamento, os usos isolados, sem simultaneidade entre eventos e com isso identificou-se os dados de entrada necessários para o programa, a saber: volume consumido, duração de uso, pico, moda, sempre identificando os valores mínimos e máximos de cada parâmetro.

Para avaliar o grau de confiabilidade do programa utilizado, uma vez que a segunda etapa da pesquisa objetiva fazer a estimativa do consumo por equipamento na residência sem o auxílio das anotações dos moradores, foram utilizados testes estatísticos para verificar a significância da diferença entre os valores de volume consumido em cada equipamento, identificado pelos diferentes métodos. Apesar de não ser possível fazer o teste de normalidade devido à quantidade de dados, foi admitido um nível de confiança de 90% e com auxílio dos testes estatísticos de inferência, foi verificada a diferença entre os volumes determinados pela classificação do programa confrontado com as anotações feitas pelos moradores. Feitas as análises, foi possível ponderar a validade dos resultados obtidos com a utilização do software. O tratamento estatístico dos dados foi feito utilizando o software comercial Minitab 14.

3.5. Estudo da influência do uso simultâneo de equipamentos na vazão através de Planejamento de Experimentos

Para verificar a possibilidade de interações e influência do uso simultâneo de aparelhos hidráulicos na vazão individual dos equipamentos foi utilizada a técnica de Planejamento de Experimentos (Box, 2005) uma metodologia estatística que possibilita obter resultados confiáveis mesmo com número reduzido de experimentos, desde que estes sejam feitos de forma controlada.

Com esse intuito deve-se definir uma variável a ser medida, os fatores de influência, o nível de cada fator e o tratamento conferido aos dados.

Para a presente pesquisa, levantou-se a hipótese de que a abertura simultânea de equipamentos hidráulicos causaria uma diminuição na vazão individual dos mesmos, então a variável a ser medida foi o volume de água, a simultaneidade de eventos foi o fator de influência, registro aberto ou fechado foram os dois níveis do fator de influência e para controlar o experimento foi feita duplicata para cada combinação entre fatores de influência e níveis.

Na execução do experimento, respeitou-se a aleatoriedade dos eventos definida pelo software Minitab14, vide Tabela 2, a fim de distribuir igualmente a possível perda de carga causada pela diminuição do volume de água total do reservatório superior entre os eventos. Assim como na metodologia de medição de vazão, mantemos a mesma pessoa para permanecer no cronômetro e outras duas para acionar os equipamentos a fim de diminuir chances de erros de medição e sistemática. Entre os eventos foi estabelecido um tempo de 300 segundos para estabilização hidráulica na tubulação.

Tabela 2- Distribuição aleatória definida pelo software Mitab14 para o Planejamento de Experimento (-1 representa o registro fechado e 1 representa o registro aberto).

Pia	Chuveiro	Caixa de descarga	Volume medido (L)
1	-1	1	7,9
1	1	1	13,1
1	-1	-1	8,0
-1	-1	1	2,0
1	-1	-1	6,5
1	1	-1	8,8
-1	-1	-1	0,0
-1	1	-1	4,4
-1	-1	-1	0,0
1	1	1	10,9
-1	-1	1	2,0
-1	1	-1	4,6
1	1	-1	9,6
-1	1	1	6,8
1	-1	1	8,2
-1	1	1	6,6

Dos sete equipamentos de uso hidráulico que existem na residência, foram selecionados, de acordo com literatura, os três de maior influência no consumo total residencial que são Pia da Cozinha, Chuveiro e Caixa de Descarga (SANCHEZ e PRADO, 2008; ALMEIDA, 2007; ENVIRONMENT AGENCY, 2008). O uso simultâneo desses três aparelhos é possível visto que na

residência habitam duas pessoas e a caixa de descarga após ser acionada continua consumindo água para repor o volume utilizado. O tempo estabelecido para a abertura do registro de cada equipamento foi de 60s com exceção da descarga que tem um tempo de demanda de água de 3 minutos em média. Devido a essa diferença de valores de tempo, para fins de execução das análises estatísticas, o volume da descarga foi dividido por 3 para possibilitar a comparação com os outros equipamentos em que foi captado o volume utilizado em 1 minuto.

A medição do volume de água foi feito com auxílio de recipientes de tamanho selecionado de acordo com a vazão dos aparelhos, depreendida do ensaio anterior de medição de vazão. A água foi armazenada nesses recipientes durante o tempo estabelecido e ao final, para contabilizar a vazão com maior grau de fidelidade, foi utilizado um béquer graduado, Figura 3, para definir aproximadamente o volume consumido.

Para a definição do volume da caixa de descarga foram utilizadas as informações obtidas na medição de vazão com auxílio das informações captadas pelo conjunto hidrômetro/datalogger. Verificou-se uma vazão de 6,2L em média e adotou-se a mesma para proceder aos experimentos.

4. RESULTADOS

4.1. Anotações dos moradores

Com a observação dos dados de anotações dos moradores foi possível identificar que certos equipamentos sanitários seguem padrões bem definidos de duração de uso e volume consumido, logo, apesar da falta de algumas anotações, foi possível inferir usos como de caixa de descarga que apresentam características marcantes, vide Figura 2. Por outro lado, equipamentos como pia da cozinha, Figura 3, devido às diversas possibilidades de abertura e conseqüentemente vazão impossibilitou a identificação segura dos usos, o que justifica a pequena porcentagem de dados de consumo indeterminados mesmo contando com as anotações dos moradores.

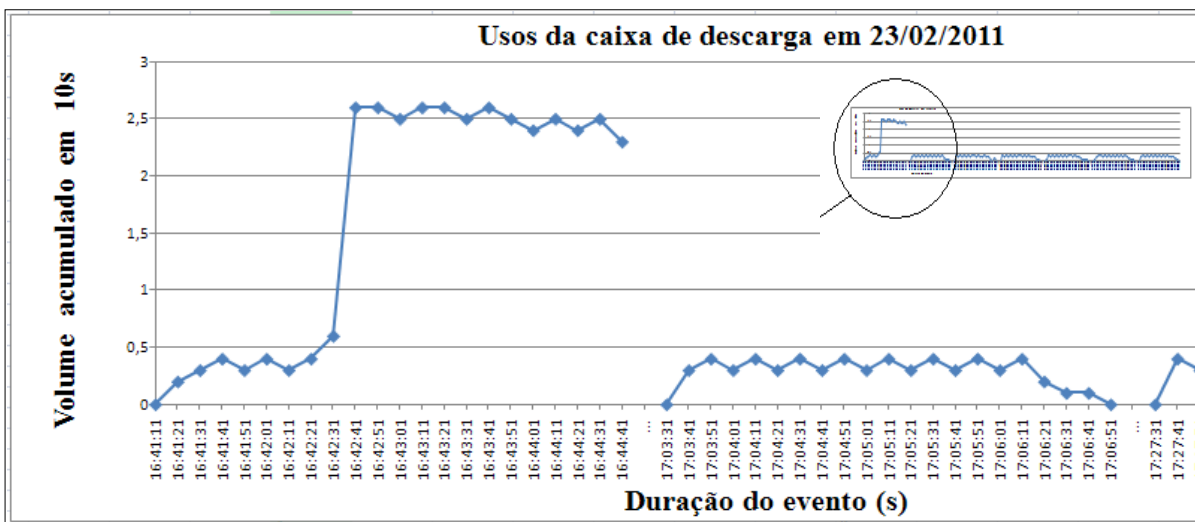


Figura 2- Eventos de uso da caixa de descarga no dia 23/02/2011 - Distribuição padronizada

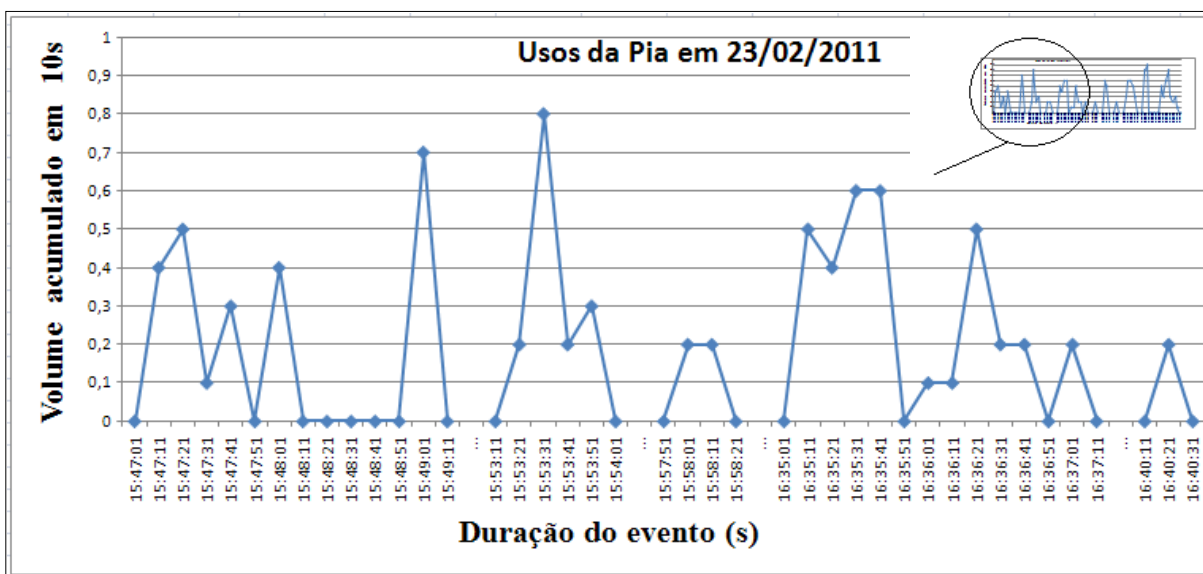


Figura 3- Eventos de uso da pia em 23/02/2011 - distribuição sem padrão bem definido.

Ressalta-se que a oscilação de volume observado na Figura 2, não indica que a vazão de enchimento da caixa de descarga é variável. Isso ocorre devido ao datalogger captar apenas valores múltiplos do seu valor base de 100mL ou 0,1L. Decorridos 10s e consumidos mais de 100mL de água (ex: 150mL) o valor excedente fica registrado e será somado ao próximo valor acumulado, se nos próximos 10s novamente passarem 150mL o valor registrado para esse período será de 2 pulsos (150mL + 50mL que foi acumulado nos 10s anteriores). Ainda na Figura 2, o valor destoante do padrão do gráfico observado logo no primeiro evento de uso da caixa de descarga ocorre devido à sobreposição do uso deste equipamento com o uso do tanque na área de serviço, de acordo com

anotações dos moradores. A descontinuidade indica que o uso do tanque prosseguiu enquanto o da caixa de descarga finalizou no horário indicado.

A Figura 3 que corresponde aos usos de pia da cozinha indica a infinidade de possibilidades de consumo de água através desse aparelho. Usos com duração mais longa, mais curta, volumes maiores, menores. Então, na falta de anotações, quando não se observa padrões bem definidos, como no caso ilustrado e em outros como uso de lavatório ou filtro o uso classifica-se como indeterminado.

Após o conhecimento dos padrões de consumo de água dos equipamentos, podem ser classificados todos os usos mesmo os sem anotações. As informações obtidas nessa etapa são as mais próximas da descrição da faixa de consumo real da residência em estudo, sendo assim, essas servirão de parâmetro à etapa de avaliação do grau de confiança que pode ser conferido ao software Flow Trace Wizard.

4.2. Incertezas associadas ao uso do Flow Trace Wizard

Informações sobre o volume de água consumido através dos equipamentos sanitários reconhecidos tanto pelo Trace Wizard quanto pelas anotações dos moradores podem ser observadas na Tabela 3, composta pelo número de dias onde foram identificadas as ocorrências de eventos de uso de cada equipamento N^* utilizados para definir o volume médio \bar{v} , o desvio padrão s , e o coeficiente de variação CV dos volumes consumidos nos aparelhos em cada dia. Observa-se que alguns equipamentos apresentam número de amostras menor que os outros, o que se deve a não utilização diária desses. São estes, tanque 1, tanque 2 e o filtro. A metodologia de reconhecimento de aparelhos sanitários a partir do software classificou a utilização do tanque 2 apenas uma vez durante os cinco dias analisados portanto, não foi possível o cálculo do desvio padrão e conseqüentemente do coeficiente de variação para esse parâmetro.

Tabela 3- Comparação entre os métodos de obtenção dos valores de volume usos de cada equipamento

Classificação gerada pelo programa utilizado	N*	\bar{x} (L)	s (L)	CV (%)
Caixa de descarga	5	48,8	9,68	20
Chuveiro	5	60,1	30,36	51
Tanque 1	3	66,1	84,17	127
Tanque 2	1	9,3	-	-
Lavatório	5	15,9	12,85	81
Filtro	3	2,9	1,27	43
Pia	5	41,3	23,42	57
Indeterminado	5	22,6	16,27	72
Classificação resultante das anotações dos moradores	N*	\bar{x} (L)	s (L)	CV (%)
Caixa de descarga	5	65,4	14,06	21
Chuveiro	5	49,5	24,98	50
Tanque 1	3	71,9	81,99	114
Tanque 2	2	13,0	15,13	116
Lavatório	5	13,6	9,31	68
Filtro	3	2,4	1,89	78
Pia	5	51,0	26,94	53
Indeterminado	5	2,6	4,72	181

A Tabela 3 confirma o que foi observado nas Figuras 2 e 3. Os resultados dos coeficientes de variação para a caixa de descarga apresentam valores relativamente baixos se comparados aos outros equipamentos, isso indica a baixa variação dos fatores de influência para o volume consumido, que são: duração do evento e vazão demandada. Os valores observados para a pia da cozinha também são relativamente baixos, o que indica que os usos oscilam dentro de um intervalo de variação de vazão aproximadamente constante, mas os diversos fatores de influência na duração do uso, como quantidade de louça a ser lavada ou tipo de alimento a ser preparado dificultam o reconhecimento visual desse padrão de consumo.

O coeficiente de variação alto, como no caso do tanque 1, significa que o uso do mesmo equipamento apresentou grandes variações entre os dias analisados, o que se deve ao alto grau de liberdade conferido à manipulação do registro deste e a variação da vazão possibilitada por esse movimento bem como as diversas possibilidades de duração de uso a depender da atividade a ser desenvolvida pelo morador como, por exemplo, lavar de roupas, regar plantas, banhar o cachorro,

entre outros. Como as duas metodologias estão apresentando resultados semelhantes como estes citados, isso indica que para esses equipamentos, o reconhecimento do uso no software foi satisfatório.

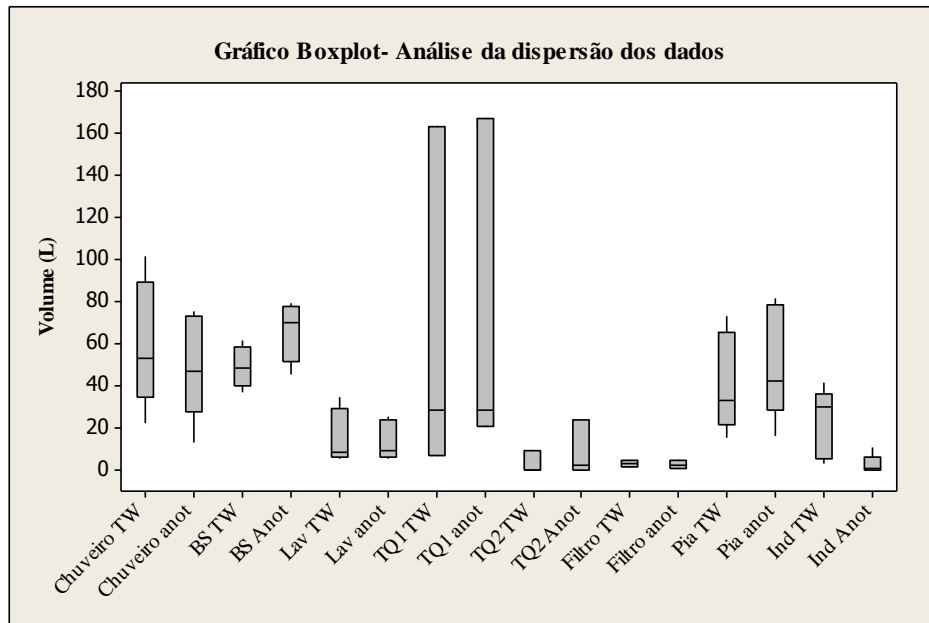


Figura 4- Dispersão observada entre a comparação das duas metodologias e os diversos equipamentos sanitários

O gráfico boxplot apresentado na Figura 4 possibilita a comparação preliminar entre os métodos utilizados. Observa-se que em todos os usos, exceto indeterminado e bacia sanitária (BS), a maior parte dos dados está situada em intervalo de intersecção entre a anotação dos moradores e a utilização do programa, indicando que o uso deste software para identificação desses equipamentos específicos é satisfatória. A explicação para a diferença observada entre os usos de caixa de descarga está na dificuldade do software utilizado em separar usos simultâneos, comuns para esse aparelho. Para diminuir essa diferença será necessária equipe de trabalho treinada para verificar esses casos e intervir manualmente na classificação automática do programa.

A Tabela 4 foi construída a partir da consideração que o volume de água consumido através dos equipamentos hidráulicos obedece a uma distribuição normal, apesar do reduzido universo amostral, admitindo-se o nível de confiança nos resultados para 90%, é possível verificar os intervalos de confiança conferidos a cada equipamento. Sabe-se que, a diferença entre os resultados das duas metodologias, pode ser considerada não significativa quando o intervalo de confiança contiver o zero e o p-valor for maior que 0,1. Com a análise dos resultados, verifica-se que os únicos equipamentos que não atendem a essas exigências são a caixa de descarga e os usos

indeterminados, o que significa que para a maioria dos usos não há diferença significativa entre os resultados obtidos pelas duas metodologias.

Tabela 4- Teste- t (amostras em par para média). Diferença = $\bar{TW} - \bar{\text{anotações}}$

Equipamentos	Intervalo de confiança (nível de 90%)	P-Valor
Caixa de descarga	(-31,1010; -2,1790)	0,066
Chuveiro	(-22,7099 ; 43,9099)	0,566
Tanque 1	(-165,4864 ; 153,8198)	0,937
Tanque 2	-	-
Lavatório	(-11,1450 ; 15,7450)	0,755
Filtro	(-2,5884; 3,5884)	0,729
Pia	(-40,0047; 20,4847)	0,560
Indeterminado	(3,8917; 36,1883)	0,057

4.3. Distribuição dos usos na residência

Com a análise dos dados gerados nesses cinco dias de acompanhamento nas residências, já foi possível descrever um perfil de consumo da residência estudada. A figura 5 mostra a comparação do volume demandado por equipamento em cada metodologia utilizada.

Verifica-se que o equipamento de maior consumo de acordo com a anotação dos moradores, é a caixa de descarga seguida da pia da cozinha, chuveiro e tanques da área de serviço. A classificação do software apresentou valores próximos aos encontrados pelas anotações, o que reflete o teste feito na Tabela 4 que mostra a diferença não significativa entre os dois métodos para a maioria dos casos.

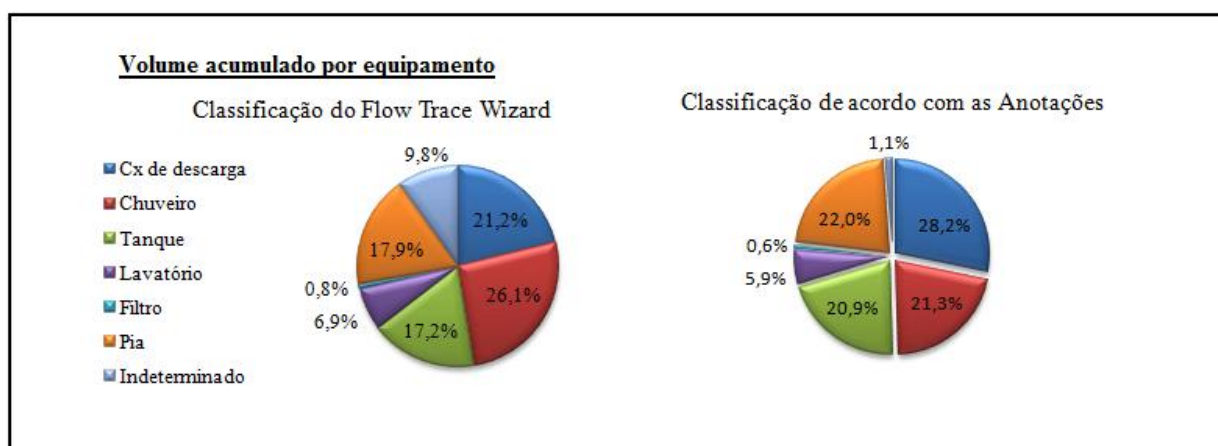


Figura 5- Distribuição dos usos dos aparelhos sanitários na residência (volume acumulado nos cinco dias) - resultados das duas metodologias utilizadas.

4.4. Análise do uso simultâneo de aparelhos sanitários

A verificação dos efeitos causados pelo uso simultâneo dos eventos de uso dos aparelhos hidráulicos na residência também se constitui parte importante da pesquisa visto que a verificação dessas interações é subsidio para entender o perfil isolado de cada equipamento no momento do uso em conjunto.

O estudo dos usos simultâneos foi feito com a utilização da metodologia de planejamento de experimentos. A construção das retas ilustradas na Figura 6 segue a seguinte equação matemática:

$$y = a + bx \quad (1)$$

Por exemplo, para calcular os efeitos no volume causado pela pia da cozinha, primeiro calcula-se a média dos valores obtidos com a pia da cozinha ligada, \bar{y}_1 , depois esse valor é subtraído da média dos valores obtidos com a pia desligada, \bar{y}_0 . Devido a esse método de cálculo, observa-se no gráfico que mesmo quando o equipamento está desligado, ponto da reta situado na posição -1, os valores são diferentes de zero para o volume de água, visto que os outros equipamentos não necessariamente estão desligados.

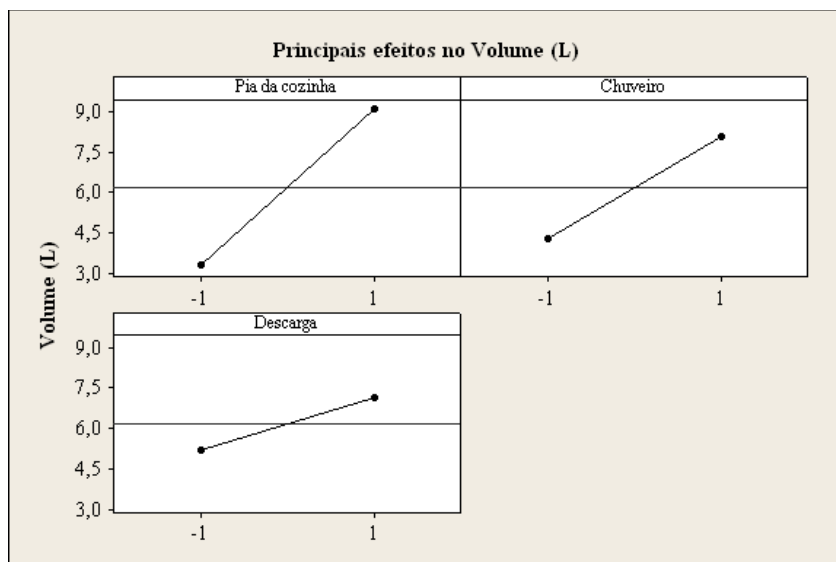


Figura 6- Principais efeitos no Volume (L)

A diferença de inclinação nas retas mostra a influência pontual dos equipamentos no consumo durante o intervalo de tempo estudado. Observa-se que a pia da cozinha tem vazão maior que o chuveiro e a caixa de descarga. Isso não necessariamente indica que esse é o equipamento responsável pela maior parte do consumo na residência, pois a duração de uso de cada equipamento deve ser levada em consideração para permitir conclusões dessa natureza.

A Figura 7 mostra os efeitos de interação confrontando o uso simultâneo dos equipamentos. Partindo do eixo das ordenadas a cor vermelha indica o equipamento aberto enquanto a cor preta indica que o equipamento está fechado. Para o eixo das abscissas a indicação é numérica, o -1 corresponde ao registro fechado e o 1 ao registro aberto.

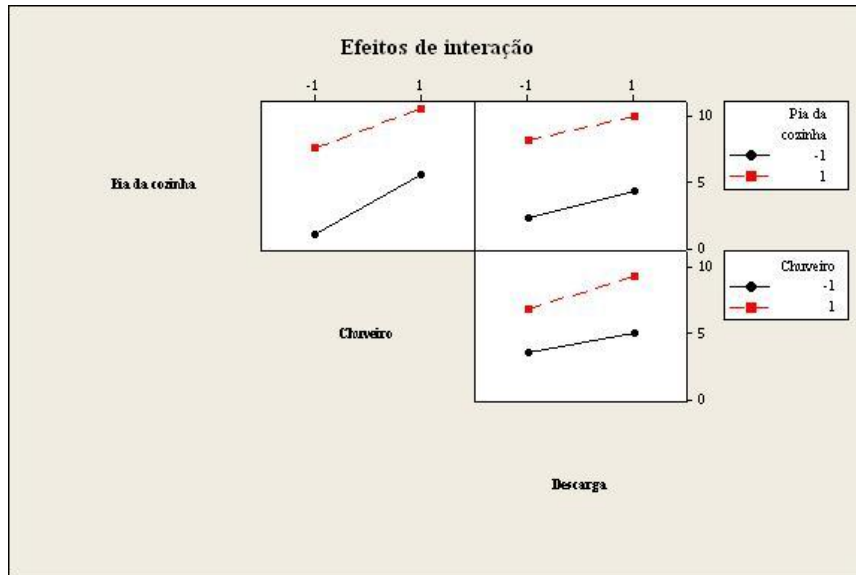


Figura 7- Efeitos das interações - Volume(L)

Quando as retas são paralelas, conclui-se que tanto para os equipamentos fechados como para os abertos não há interação, pois não há mudança causada pelo uso simultâneo destes, caso da descarga comparada a pia da cozinha. Chuveiro e descarga apresentam uma inclinação visível, o que sugere uma influência mútua sobre a vazão assim como se observa a inclinação na comparação entre chuveiro e pia.

Segundo os gráficos ilustrados nas Figuras 8 e 9 são agrupados os equipamentos que apresentam ou não efeitos significativos sobre a vazão de água medida. Verifica-se que a pia da cozinha, chuveiro e descarga apresentam efeitos significativos e que os aparelhos que apresentam interação significativa quando usados simultaneamente, em que um influencia na vazão do outro são apenas a pia da cozinha e chuveiro.

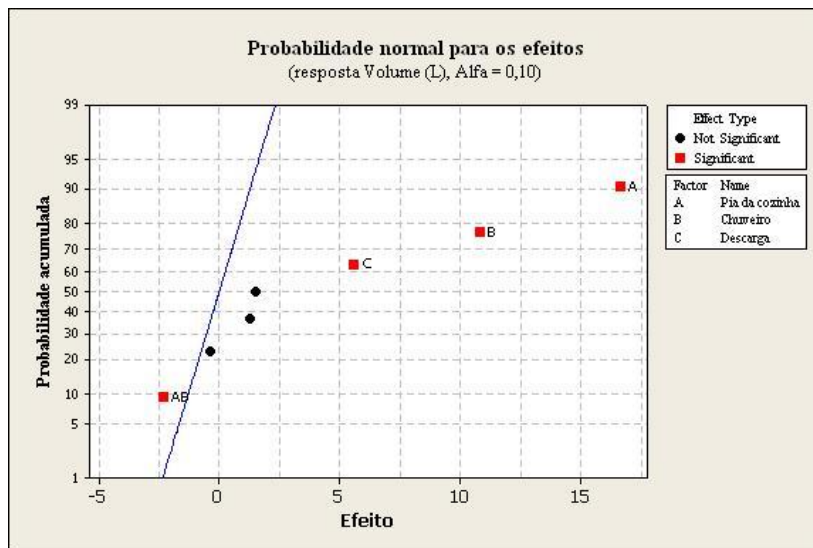


Figura 8- Plotagem da probabilidade normal dos efeitos padronizados

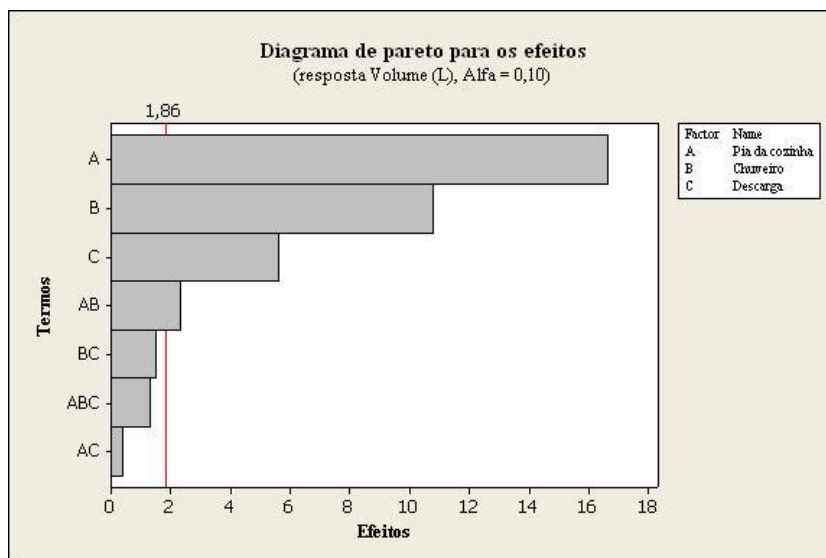


Figura 9- Diagrama de pareto

Na Figura 9, Diagrama de Pareto, o valor de 1,86 é a correspondente do limite dos efeitos dentro do intervalo de confiança de 90%.

5. CONCLUSÃO

Com a análise das anotações dos moradores construiu-se gráficos traçando o perfil de cada equipamento na residência. Essas análises embasaram a definição dos parâmetros de entrada para o programa que desmembra a vazão total captada em vazões parciais referentes a cada aparelho

hidráulico da residência e conferiu aos pesquisadores a possibilidade de reconhecer visualmente o perfil dos equipamentos.

Observou-se que o equipamento de maior impacto no consumo da residência piloto é a caixa de descarga seguido da pia da cozinha, chuveiro e tanque da área de serviço. O resultado da classificação feita pelo software para reconhecimento dos usos foi próximo ao encontrado nas anotações embora alguns ajustes manuais devam ser feitos para minimizar a quantidade de usos indeterminados bem como definir os usos de padrões definidos de duração e volume consumido, uma vez que esses são visivelmente identificáveis.

A análise feita a partir do planejamento de experimentos mostrou que existem interações entre a pia da cozinha e o chuveiro, mesmo que pequenas. Isso pode ser explicado pela divisão da vazão entre os ramais de distribuição para os dois equipamentos. Esses efeitos de diminuição de vazão devido ao uso simultâneo devem contar para definir os parâmetros de calibração do programa utilizado para desmembrar os usos contínuos em usos individuais.

Com base na experiência adquirida durante as atividades desenvolvidas no domicílio estudo de caso, a metodologia com os ajustes já descritos neste artigo vem sendo replicada e estendida a outras residências. A coleta e análise de dados continua. E em breve poderemos fazer comparações entre os padrões de uso da água e avaliar os impactos de medidas de gestão da demanda e uso racional da água que estão sendo propostas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente aos moradores da residência testada pela contribuição, paciência e boa vontade, sem os quais a elaboração desse trabalho não seria possível; Às bolsistas de ensino médio Vanessa da Silva e Laísa Barbosa pela participação e dedicação à pesquisa; Aos pesquisadores Vanessa Cardoso e Hugo do Val que auxiliaram nos procedimentos em campo de medição de vazão e planejamento de experimentos; E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento da pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

a) Livros

MAYER, P. W.; DEOREO, W.B. “*Residential and uses of water*”. [il]. United States of America: 1999. AWWA. 310p. ISBN 1-58321-016-4

Box, G. E., Hunter, W.G., Hunter, J.S., Hunter, W.G., “*Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*”, 2nd Edition, Wiley, 2005, ISBN 0471718130

b) Capítulo de livro

GONÇALVES, R. Franci (Coord.). *Uso Racional da Água em Edificações*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 267-323.

c) Artigos em revistas

WILLIS, R. M., STEWART R. A., PANUWATWANICH, K., JONES S., KYRIAKIDES A. “*Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households*” *Resources, Conservation and Recycling* V. 54 p.1117–1127, 2010.

d) Artigos em anais de congresso

BARRETO, D.; ROCHA, A.L. “*Perfil do consumo de água de uma habitação unifamiliar*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...**

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A.; DIAS M.C. “*Consumo de água em residências de baixa renda - estudo de caso*” In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. **Anais...**

d) Dissertação

ALMEIDA, G.(2007) “*Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reúso: estudo em Feira de Santana, Bahia*”. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia., 180p.

GARCIA, A. *Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda*. 124 p. il. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011

e) Boletim técnico

ROBERTS, P. *Residential End Use Measurement Study*. Melbourne: 2005

SANCHEZ, D. C.; PRADO, R. T. A. “*Estudo para a caracterização da demanda urbana de água em edifícios multi-familiares da cidade de São Paulo*”: Depto. de Engenharia de Construção Civil, 2008 (Boletim Técnico).

International Comparisons of Domestic Per Capita Consumption in Water and the Environment, 2008, Environment Agency.