

Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos

Marina Sangoi de Oliveira Ilha

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP
msoilha@hotmail.com

Orestes Marraccini Gonçalves

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
orestes@tesis.com.br

Oswaldo Barbosa de Oliveira Júnior

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP
osvaldojunior@hotmail.com

Recebido em 30/04/2002; aceito em 05/10/2002

Resumo

O consumo de água nas bacias sanitárias representa uma grande porcentagem do total de água consumida em uma residência e, portanto, possui um grande potencial de economia de água. Este trabalho apresenta uma investigação de laboratório e de campo desenvolvida por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas e da Universidade de São Paulo para a avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido (6 litros por acionamento). A investigação de laboratório consistiu na realização de ensaios para a avaliação da capacidade de remoção e transporte de sólidos. A investigação de campo foi desenvolvida em 24 residências de baixa renda localizadas em Pindamonhangaba, São Paulo, e contemplou o monitoramento do consumo de água total das residências e das bacias sanitárias com um sistema de telemedição, além da aplicação de um questionário aos usuários. É apresentada uma comparação entre os resultados do monitoramento do consumo de água com os obtidos com a aplicação do questionário, além da avaliação comparativa entre os resultados obtidos em campo e em laboratório. Por último, são efetuadas propostas para a normalização nacional para a avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido.

Palavras-chave: bacia sanitária de volume de descarga reduzido, conservação de água, bacia sanitária

Abstract

Water closets represent a high percentage of the domestic water consumption and have a great potential for water savings. This paper presents a laboratory and field investigation that has been conducted by researchers of the State University of Campinas (UNICAMP) and University of São Paulo (USP), with ultra low flush toilets (6.0 litres per flush). The field investigation was developed in 24 low-income houses in Pindamonhangaba, a town in the State of São Paulo. The overall and toilet water consumption was monitored using a telemeter system. A questionnaire was also developed to survey users' opinion concerning the water closets performance. A comparison between results of the water consumption metering and the questionnaire is shown. A comparative analysis of the results obtained both during field research and laboratory investigation is also made. Finally, proposals for the standardization of low flush toilet performance evaluation are presented.

Keywords: Ultra low flush toilet, water conservation, water closet, toilet

Introdução

As soluções que vêm sendo adotadas para contornar a escassez de água baseiam-se principalmente na gestão

da oferta, com a ampliação dos sistemas de captação e tratamento, priorizando-se e dando enfoque apenas à quantidade gerada desse insumo, numa ênfase ao paradigma convencional, citado por Gonçalves (1995), que reflete o pensamento de que a qualidade

de vida da população pode ser medida em termos do consumo *per capita* de água.

De outro lado, soluções baseadas na eficácia dos serviços citados acima, buscando aprimorar e melhorar as condições de operação e utilização dos sistemas públicos e prediais de água potável estão começando a ganhar importância nesse contexto de conservação da água e do meio ambiente, constituindo o que se denomina de gestão da demanda.

Com esse intuito, o governo federal tem desenvolvido algumas ações significativas, tais como o lançamento do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Um dos Programas Setoriais da Qualidade (PSQ) do PBQP-H possui um objetivo específico relacionado ao uso racional da água, que prevê a qualidade evolutiva das bacias sanitárias (e dispositivos de descarga) de tal forma que até o final do ano de 2002 este volume atinja a meta de volume máximo de descarga, em torno de 6 litros, ou em valor que implique no menor consumo de água (BRASIL, 1998a, 1998b).

Tendo em vista a significativa redução do volume de descarga, de 9,0 ou 12,0 litros para aproximadamente 6,0 litros, e das características diferenciadas das bacias sanitárias para operação com este volume reduzido, os testes disponíveis atualmente, na normalização, para avaliação do desempenho funcional em laboratório, devem ser adaptados.

Inserido nesse contexto é que foi desenvolvido o presente trabalho, que contempla atividades laboratoriais, para a definição dos ensaios para avaliação do desempenho funcional das bacias de volume de descarga reduzido (VDR) quanto à remoção e transporte de sólidos, e em campo, para avaliação das referidas bacias quando submetidas ao uso real. Todas as atividades foram desenvolvidas por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas e da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP).

Avaliação do desempenho das bacias sanitárias

Ilha e Konen (2000) ressaltam que a introdução de testes para avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias nas normas, nos Estados Unidos, ocorreu somente em 1982. Naquela época, com a finalidade de diminuir o consumo residencial de água em cerca de 25%, foi desenvolvido um estudo envolvendo diferentes setores da comunidade. O Stevens Institute of Technology (SIT) foi designado para proceder uma investigação para avaliação do

desempenho funcional de bacias de 3,5 gal (cerca de 13,1 litros por descarga).

Segundo Konen (1982) foi proposta, naquela época, a utilização das seguintes mídias¹: esferas de polipropileno, grânulos de polietileno e cilindros de borracha para a avaliação da capacidade de remoção de sólidos das bacias sanitárias. Para avaliação da eficiência na lavagem das paredes, foi proposto o teste da caneta e, para a troca de água, foi proposto o teste do corante. Estes testes e materiais foram aceitos pelo Comitê de Normalização da American Society of Mechanical Engineers (ASME), ainda em 1982, e a norma referente ao assunto foi publicada.

Em 1992, com a publicação do “Energy Policy Act”, foi estabelecido um volume máximo de 1,6 gal (cerca de 6,0 litros) para bacias de ação sifônica fabricadas a partir de 1994. Conforme ressaltado por Ilha e Konen (2000), a busca por bacias sanitárias eficientes e economizadoras provocou grandes mudanças nas características hidráulicas e dimensionais desses componentes nos EUA. Ao se comparar a vazão característica de uma bacia sanitária americana de 4,0 gal (15,0 litros) com uma bacia de 1,6 gal, vê-se que a primeira levava cerca de 16 s para descarregar todo o volume, com um pico de vazão próximo de 1,5 L/s, enquanto a segunda leva cerca de 4 s para descarregar os 6,0 litros, com um pico de vazão de cerca de 2,0 L/s. Com relação às mudanças dimensionais das bacias sanitárias americanas, pode-se citar que, de 1990 a 1998, ocorreu redução de cerca de 83% na área molhada e 29% na seção transversal do sifão.

Ilha e Konen (2000) relatam que, em um estudo realizado na Califórnia, verificou-se que a troca das bacias convencionais por economizadoras representou um aumento no número de descargas duplas e na frequência de descargas (de 3,2 para 3,7 descargas/dia/pessoa). Em um estudo similar, na Flórida, verificou-se também um aumento na frequência de acionamentos (de 3,8 para 4,5 descargas/dia/pessoa). Outro estudo, conduzido no Aeroporto Internacional de Denver, mostrou um aumento na frequência de chamadas do serviço de manutenção para solucionar problemas com as bacias após a instalação dos componentes economizadores.

No Brasil, resultados preliminares do estudo que é apresentado neste documento, indicam a ocorrência de descargas duplas em cerca de 50% das residências nas quais a bacia convencional foi substituída por economizadora. Gonçalves et al. (2000) e Ilha et al. (2001), referindo-se ao mesmo estudo, apresentam uma comparação entre o desempenho das bacias em laboratório (testes de remoção e transporte de sólidos) e em campo (detecção de descargas duplas e resposta

¹ mídia é entendida, neste trabalho, como todo material a ser utilizado em ensaio

a questionários), mostrando a baixa correlação entre os critérios de aprovação empregados.

Estudos vêm sendo desenvolvidos em outros países para a avaliação das mídias empregadas no testes de laboratório no que se refere à reprodutibilidade e facilidade de execução dos ensaios, dentre os quais destacam-se os realizados por Galowin (1996, 1997, 1998) e Konen e Padmanaban. (1998a, 1998b, 1998c).

Por outro lado, várias foram as tentativas de pesquisadores em desenvolver um corpo de prova que se aproximasse ao máximo das características dos dejetos humanos. Nessa linha, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Knoblauch (1980) e Shigefuji et al. (1999).

Conforme Ilha e Konen (2000), a busca por uma mídia que consiga representar os dejetos humanos é constante. As pesquisas que vêm sendo realizadas na Europa e Ásia contemplam mídias à base de produtos alimentícios e/ou materiais similares à argila. Estes tipos de materiais não possibilitam a recirculação da água em laboratório, além de sofrerem desagregação quando em contato com a água, impossibilitando a avaliação do grau de remoção proporcionado pela bacia. Assim sendo, materiais duráveis como esponja de poliuretano e papel Kraft vêm sendo propostos nos EUA. Apesar de não reproduzirem a forma dos dejetos humanos, as quantidades empregadas para os testes são definidas em função da densidade do material a ser utilizado, de maneira a reproduzirem a densidade média dos dejetos. Além destes aspectos, os materiais sintéticos possibilitam a reprodutibilidade e o controle de qualidade dos ensaios.

Outro aspecto considerado na avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias é a capacidade de transporte dos dejetos até uma certa distância no ramal, de forma a não ocorrerem deposições no sistema. Devem ser citados os seguintes trabalhos sobre transporte de sólidos proporcionado por bacias sanitárias de 6,0 litros de descarga: Tsukagoshi apud Shigefuji et al. (1999), Griggs et al. (1998) e Galowin (1999). Ilha e Konen (2000) consideram que, para a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias, devem ser considerados os seguintes aspectos: os **dados fisiológicos**, para o desenvolvimento de mídias representativas a serem utilizadas nos **testes de laboratório**, e os estudos em campo que demonstrem a **satisfação dos usuários** com as bacias VDR.

Com relação aos **dados fisiológicos**, deve-se considerar que a reprodução fiel da realidade em laboratório é praticamente impossível, não somente pelos materiais empregados, mas também pela variabilidade inerente aos dejetos humanos, devido a diferentes fatores, tais como o tipo de dieta, atividades físicas, entre outros. Assim, os **testes** a serem realizados em laboratório, sob este enfoque, devem

considerar situações mais extremas de uso do que aquelas a que as bacias estarão submetidas em campo, de modo a garantir um desempenho satisfatório quando em uso real. Por último, a questão da **satisfação dos usuários** refere-se à pesquisa em campo, através de questionários e medição, que possam traduzir os problemas detectados pelos usuários, os quais possam retroalimentar o processo de desenvolvimento desses produtos.

Ensaio contemplados em normas

Merecem destaque as normas americanas e as canadenses para a avaliação do desempenho de bacias sanitárias. A norma americana é da American Society of Mechanical Engineers (ASME, 1995), a qual encontra-se em fase final de revisão. A norma da Canadian Standards Association - CSA - B45 Series-99 (CSA, 1999), é mais recente e propõe a utilização de mídias similares às que estão sendo estudadas nos EUA, ainda que em testes com procedimentos e cargas diferenciadas.

As características hidráulicas especificadas pelas normas americana e canadense são idênticas, assim como o arranjo da bancada proposta. As pressões de ensaio são elevadas, variando de 60 kPa (dinâmica) a 550 kPa (estática). De sua vez, as normas brasileiras, NBR 9060 (ABNT, 1997c) e NBR 6452 (ABNT, 1997a) não trazem valores específicos de pressão e vazão para a realização dos testes. A NBR 9060 mostra apenas uma faixa de vazões que os dispositivos de descarga devem fornecer à bacia, variando de 1,50 a 2,20 L/s. Para as demais características hidráulicas, devem ser atendidas as normas específicas de teste dos sistemas de descarga.

O quadro 1 apresenta um resumo comparativo dos testes contemplados e da classificação utilizada nas três normas citadas.

Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido (VDR)

Investigação laboratorial

A investigação laboratorial consistiu, essencialmente, na realização de testes de remoção e transporte de sólidos, com o emprego de duas mídias distintas. Características físicas das bacias, tais como a altura do fecho hídrico e o diâmetro do sifão foram também levantadas. A verificação do consumo de água e da reposição do fecho hídrico foi realizada em todos os testes.

Ensaio para a Avaliação do Desempenho Funcional		
ASME	CSA	NBR
1. Remoção de esferas (“ <i>Ball test</i> ”); 2. Remoção de grânulos (“ <i>Granule test</i> ”); 3. Lavagem de parede (“ <i>Washing of flushing surface test</i> ”); 4. Troca de água (“ <i>Dye tests</i> ”); 5. Consumo de água (“ <i>Water consumption test</i> ”); 6. Determinação da altura do fecho hídrico (“ <i>Trap seal depth determination test</i> ”); 7. Reposição do fecho hídrico (“ <i>Trap seal restoration test</i> ”); 8. Transporte de sólidos (“ <i>Drainline transport characterization</i> ”); 9. Ascensão de água no interior da bacia (“ <i>Water rise test</i> ”); 10. Respingos de água (“ <i>Rim top and seat fouling test</i> ”).	1. Troca de água (“ <i>Water change capability</i> ”); 2. Lavagem de parede (“ <i>Flushing surface</i> ”); 3. Remoção de grânulos (“ <i>Carry-out capability – Test 1</i> ”); 4. Remoção de papel Kraft (“ <i>Carry-out capability – Test 2</i> ”); 5. Remoção de esponjas de poliuretano (“ <i>Carry-out capability – Test 3</i> ”);	1. Remoção de papel; 2. Remoção de esferas; 3. Lavagem de parede, 4. Troca de água; 5. Reposição do fecho hídrico; 6. Respingos de água; 7. Transporte de sólidos; 8. Resistência do fecho hídrico à retropressão.
Classificação das Bacias Sanitárias		
1. “ <i>Conventional type</i> ”: volume médio de descarga superior a 13,5 litros; 2. “ <i>Water-saving type</i> ”: volume médio de descarga inferior a 13,5 litros; 3. “ <i>Low-consumption type</i> ”: volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.	1. “ <i>Conventional type</i> ”: volume médio de descarga superior a 13,25 litros; 2. “ <i>Water-saver type</i> ”: volume médio de descarga inferior a 13,25 litros; 3. “ <i>Low-consumption type</i> ”: volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.	1. Convencional: volume médio de descarga entre 9 e 12 litros; 2. Baixo consumo: volume médio de descarga entre 6 e 9 litros; 3. Volume de descarga reduzido (VDR): volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.

Quadro 1 - Quesitos das normas americana (ASME), canadense (CSA) e brasileira (NBR)

O estudo contemplou exemplares de sete fabricantes brasileiros de louças sanitárias. Cada fabricante disponibilizou seis exemplares de bacia sanitária: três independentes² e três com caixa acoplada³. Os ensaios foram realizados em dois exemplares, restando um terceiro como contraprova, no caso de divergência nos dados levantados com as duas testadas inicialmente.

O aparato experimental foi montado no Laboratório do Centro de Técnicas da Construção Civil da EP-USP (CTCC/EP-USP) e consistiu, basicamente, na execução de uma bancada para a realização dos diferentes testes (ver figura 1), tendo como premissa atender aos requisitos hidráulicos para os testes previstos nas normas americana e brasileira e os três sistemas de descarga usualmente empregados no Brasil.

Foi executado, também, um ramal para a realização do teste de transporte de sólidos, com 19,0 metros de

tubulação em acrílico e 6,0 metros no trecho final em PVC (ver figura 2).

Foram realizados os seguintes ensaios: análise das características geométricas específicas e desempenho funcional (remoção e transporte de sólidos).

Os parâmetros hidráulicos adotados nesta pesquisa foram exploratórios e não necessariamente coincidentes com os propostos atualmente nas normas citadas anteriormente, sendo estabelecidos de forma a representar as condições de uso das bacias sanitárias em campo e também a agilização dos ensaios em laboratório.

As bacias fabricadas no Brasil devem ter suas dimensões em conformidade com os valores e limites estabelecidos pelas normas NBR 6498 (ABNT, 1997b) e NBR 9338 (ABNT, 1997d), que padronizam as dimensões relativas ao corpo da bacia (e da caixa acoplada, quando pertinente); entrada de água (para as bacias independentes), fixação da bacia e do assento.

Para a determinação da dimensão da seção transversal do sifão é usualmente empregada uma esfera de 38 mm de diâmetro, tendo em vista o valor mínimo especificado em norma. Além dessa esfera, foi considerada uma série padronizada de esferas rígidas: 1 5/8” (41,3 mm); 1 3/4” (44,5 mm); 1 7/8” (47,6 mm); 2” (50,8 mm) e 2 1/8” (54 mm).

² Bacias sanitárias independentes (entrada horizontal e saída embutida vertical) são aquelas comercializadas sem o correspondente aparelho de descarga, o qual pode ser qualquer caixa ou válvula de descarga também comercializados de forma independente.

³ Bacias sanitárias com caixa acoplada (saída embutida vertical) são destinadas para uso específico com sua respectiva caixa de descarga e com a qual é comercializada em conjunto.

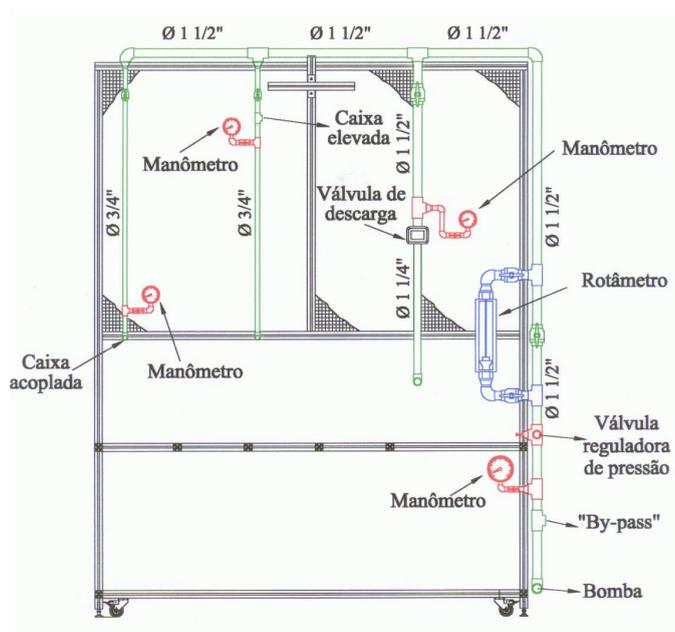


Figura 1 - Esquema da bancada de ensaio - CTCC/EP-USP



Figura 2 - Ramal para o teste de transporte de sólidos - CTCC/EP-USP (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002)

Para a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias VDR, foram realizados os seguintes ensaios:

- (a) remoção de sólidos: mória composta e esferas de polipropileno;
- (b) transporte de sólidos: esponjas de poliuretano e esferas de polipropileno.

O teste de remoção de sólidos com a mória composta está sendo proposto pelo Comitê de Revisão da Norma ASME-A112.19.6 (ASME, 1995). Os testes com as esferas, tanto de remoção como de transporte, são especificados na NBR 6452 (ABNT, 1997a), sendo o método de ensaio descrito na NBR 9060 (ABNT, 1997c) e em ASME (1995). Já a metodologia empregada no teste de transporte de sólidos com as

esponjas de poliuretano foi desenvolvida nesta pesquisa.

Em paralelo à realização dos ensaios citados acima, foram observados em todos os testes o volume de água utilizado na descarga, a reposição do fecho hídrico e a ocorrência de obstruções.

Para a realização dos ensaios de remoção de sólidos com mória composta, foram empregadas esponjas sintéticas com 20 mm x 20 (± 1) mm x 57 mm e densidade de 17 (± 1,7) kg/m³ quando novas; em conjunto com folhas de papel *Kraft* com 7,5 in x 6 in (19,05 cm x 15,24 cm).

Foram consideradas cinco cargas de ensaio distintas, tendo em vista os estudos que vêm sendo desenvolvidos pela comissão de revisão da Norma

ASME e pelo *SIT*, apresentadas em Konen e Padmanaban (1998a, 1998b e 1998c), e estabelecidas em função das características dos dejetos sólidos, segundo Ilha e Konen (2000), e da forma de utilização das bacias sanitárias em edifícios residenciais, comerciais e públicos (ver tabela 1). Posteriormente, o **Teste 5** foi desprezado, por ser considerado muito leve.

Foram utilizadas 100 esferas de polipropileno com 19 mm de diâmetro e massa específica entre 0,85-0,90 g/cm³. De maneira similar aos testes com a mÍdia composta, foram realizados ensaios com os três tipos de sistema de descarga: caixa acoplada, caixa elevada e válvula de descarga. As mÍdias empregadas nos ensaios de transporte de sólidos são as mesmas dos testes de remoção, não sendo porém utilizada a mÍdia composta, mas apenas as esponjas. A carga de esferas de polipropileno empregada no ensaio de transporte é a mesma considerada no ensaio de remoção. Por sua vez, tendo em vista os resultados obtidos nos ensaios de remoção da mÍdia composta, foi considerada, no ensaio de transporte, apenas 12 esponjas.

Investigação de campo

O conjunto habitacional objeto do presente estudo localiza-se no distrito de Moreira César, Pindamonhangaba, São Paulo. As residências possuem uma área total de 32,24 m² e são compostas de sala-cozinha, banheiro e dormitório (ver figura 3).

As modificações necessárias para a introdução dos hidrômetros eletrônicos, para o início do presente estudo, no segundo semestre de 1999, foram executadas tendo por base um sistema de abastecimento de água essencialmente direto.

Para o levantamento dos dados de volume/consumo geral das residências e específico das bacias/sistemas de descarga, foi empregado um sistema de telemedição, utilizando hidrômetros eletrônicos e um computador, ambos interligados por um cabo do tipo telefônico (objetivando a utilização do padrão M-Bus de comunicação).



Figura 3 - Residências estudadas - vista externa (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002)

Foram instalados dois hidrômetros eletrônicos em cada casa, um para a coleta dos dados de consumo geral e outro para a coleta dos dados de consumo da bacia sanitária/sistema de descarga (ver figura 4). Para a medição do consumo geral e das bacias com caixa (elevada ou acoplada), foram empregados hidrômetros com vazão nominal de 1,5 m³/h (diâmetro de 3/4"). No caso das bacias com válvula de descarga, foram empregados medidores com vazão nominal de 10,0 m³/h (diâmetro de 1 1/2").



Figura 4 - Detalhe da instalação do hidrômetro eletrônico para a medição do consumo geral da residência (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002)

No outro extremo do sistema, localiza-se o *repeater*, que é o aparelho responsável pela interface entre o meio físico de comunicação empregado e a entrada serial do computador, e o computador (ver figura 5).

Foi utilizado um programa que gerencia a aquisição dos dados gerados pelos hidrômetros, que possibilita a visualização dos dados de volume e vazão, a geração direta de gráficos e a exportação dos dados para planilhas eletrônicas.

As bacias independentes convencionais utilizaram como sistema de descarga caixas elevadas (volume nominal de 9,0 litros) e/ou válvulas. Por sua vez, as bacias com caixa acoplada convencionais foram reguladas em fábrica para volume de descarga de 12,0 litros. Vale ressaltar que os volumes efetivamente empregados em campo são dependentes das condições hidráulicas do sistema de água fria nas residências.

As bacias independentes economizadoras utilizaram como sistema de descarga caixas elevadas (volume regulado para 6,0 litros) e/ou válvulas. As bacias com caixa acoplada economizadoras foram reguladas em fábrica para volume de descarga de 6,0 litros, sendo o volume efetivamente empregado dependente das condições em campo.

As bacias enviadas para campo, com exceção de uma delas, são do mesmo modelo que as testadas em laboratório.

Teste	Nº de Bacias Sanitárias	Carga de Ensaio
1	todas as bacias, 2 exemplares de cada fabricante	10E + 6P
2	todas as bacias, 2 exemplares de cada fabricante	15E + 10P
3	todas as bacias, 2 exemplares de cada fabricante	15E + 15P
4	bacias independentes (ensaiadas com caixa elevada e com válvula), 1 exemplar de cada fabricante	12E + 10P
5	bacias com caixa acoplada, 2 exemplares de cada fabricante	7E + 4P

Nota: E – esponja; P - papel

Tabela 1 - Teste com a mídia composta – cargas de ensaio (STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 1999)

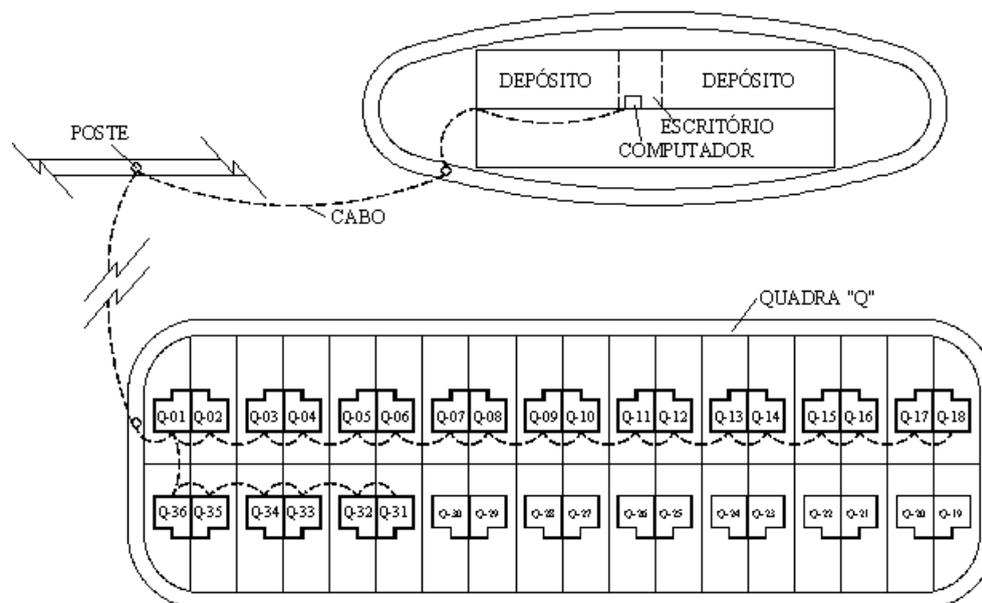


Figura 5 - Sistema de aquisição de dados (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002)

A investigação de campo foi dividida em 2 fases:

Fase 1: instalação de 6 bacias economizadoras (3 com caixa acoplada, 1 com válvula de descarga e 2 com caixa elevada) e 15 convencionais (7 com caixa acoplada, 2 com válvula de descarga e 6 com caixa elevada), totalizando 21 residências ocupadas;

Fase 2 11 bacias (5 com caixa acoplada, 1 com válvula de descarga e 5 com caixa elevada) das 15 convencionais que haviam sido instaladas na Fase 1 foram substituídas por economizadoras. Também foi dada continuidade ao monitoramento do consumo, tanto das 4 bacias convencionais que não foram substituídas, como das 6 economizadoras que já faziam parte da Fase 1. Além disso, mais uma casa foi ocupada nesta fase, sendo nela instalada uma bacia sanitária VDR, perfazendo assim o total de 22 residências estudadas na Fase 2.

Em ambas as fases, em paralelo à monitoração do consumo de água, foram efetuadas medições pontuais da pressão disponível nas caixas de descarga (elevada e acoplada), com o auxílio de Manômetros Bourdon.

Antes do encaminhamento para o campo, as bacias foram ensaiadas pelos fabricantes de acordo com as normas brasileiras NBR 9060 (ABNT, 1997c) e NBR 6452 (ABNT, 1997a).

Foram aplicados questionários para a caracterização dos hábitos dos usuários e avaliação do desempenho das bacias em campo. O questionário aplicado na **Fase 1** é composto, basicamente, por duas partes:

- (a) levantamento da população, idade e horários de realização das atividades relacionadas com o uso da água em cada residência; e
- (b) avaliação do desempenho da bacia (ocorrência de entupimentos, duplas descargas, existência de cesto de lixo no banheiro, satisfação geral com o referido componente, etc).

O questionário aplicado na **Fase 2**, por sua vez, possui apenas a parte relativa ao desempenho da bacia, já que as demais informações foram levantadas na **Fase 1**.

Resultados e análise

Investigação laboratorial

Em todas as **bacias independentes** analisadas foi possível a passagem da esfera com diâmetro de 38 mm, conforme previsto na normalização nacional (ABNT, 1997a). Cerca de 71% das bacias permitem a passagem de diâmetros maiores do que aquele. Em 43% dos casos (3 fabricantes), os três exemplares enviados possuíam diâmetros de sifão diferenciados.

Com relação às **bacias com caixa acoplada**, em todos os exemplares é possível a passagem da esfera de 38 mm. Cerca de 81% das bacias permitem a passagem de diâmetros maiores do que o referido valor.

A altura do fecho hídrico, tanto para as **bacias independentes** como para as com **caixa acoplada**, foi sempre superior ou igual ao mínimo de norma (50 mm).

Para o critério de desempenho no teste com a média composta, foram considerados os valores em estudo pelos pesquisadores do **Sit** (STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 1999), que constituem, neste documento, o “**Critério 1**”. Foi também considerado outro critério, obtido a partir da análise estatística dos

resultados de todos os ensaios realizados com as bacias sanitárias brasileiras. Estes valores constituíram o “**Critério 2**” (ver tabela 2).

Para a obtenção do número de mídias removidas na primeira descarga, para a confrontação com os valores apresentados na tabela 2, foram também considerados dois critérios, denominados de “**Critério da Média**” e “**Critério Individual**”.

O **Critério da Média** consiste na determinação da média aritmética do número de mídias removidas na primeira descarga de cada uma das repetições do ensaio, desconsiderando-se uma das repetições (o pior resultado).

O **Critério Individual** considera cada valor de remoção obtido individualmente na primeira descarga de cada repetição do teste, e foi selecionado tendo em vista a variabilidade dos resultados obtidos com a média composta, constituindo-se, então, num critério mais rigoroso.

As bacias independentes com caixa elevada foram testadas com uma pressão estática de 140 kPa (pressão dinâmica de 60 kPa), com uma vazão de 0,19 L/s. Estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada, pois a referida norma não cita bacias com caixa elevada.

Teste	Carga	Critério 1 ^(*)		Critério 2	
		Nº mín. de mídias removidas na 1ª descarga	Porcentagem do total	Nº mín. de mídias removidas na 1ª descarga	Porcentagem do total
1	10E + 6P	14	88	12	75
2	15E + 10P	21	84	15	60
3	15E + 15P	26	87	18	60
4	12E + 10P	18	82	16	73

^(*)Fonte: STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (1999)

Tabela 2 - Critérios adotados para a avaliação do desempenho das bacias sanitárias - remoção de mídia composta.

Bacia	Remoção de Sólidos									Transporte de Sólidos	
	Mídia Composta								Esfera		
	Critério da Média				Critério Individual						
	10+6	15+10	15+15	12+10	10+6	15+10	15+15	12+10		Esfera	Esponja
A1	A	R	R	---	R	R	R	---	A	A	R
A2	A	A	R	---	R	A	R	---	A	----	----
B1	A	A	A	---	A	A	A	---	R	R	A
B2	A	A	A	---	R	R	R	---	R	----	----
C1	A	R	R	---	A	R	R	---	A	A	R
C2	R	R	R	---	R	R	R	---	A	----	----
D1	A	A	R	---	A	A	R	---	A	A	A
D2	A	A	A	---	A	A	A	---	A	----	----
E1	A	A	R	---	A	R	R	---	A	A	A
E2	A	R	R	---	A	R	R	---	A	----	----
F1	R	R	R	---	R	R	R	---	A	R	R
F2	R	R	R	---	R	R	R	---	A	----	----
G1	A	R	R	---	A	R	R	---	A	A	A
G2	A	R	R	---	A	R	R	---	A	----	----

Índices 1 e 2 – bacias com caixa acoplada; A – aprovada; R – reprovada.

Tabela 3 - Bacias com caixa acoplada – Síntese dos resultados dos ensaios realizados

Bacia	Remoção de Sólidos									Transporte de Sólidos	
	Média Composta								Esfera		
	Critério da Média				Critério Individual						
	10+6	15+10	15+15	12+10	10+6	15+10	15+15	12+10			
A3	A	A	R	A	A	R	R	R	A	A	A
A4	A	A	R	---	A	A	R	---	A	----	----
B3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	----	----
B4	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	A
C3	A	R	A	R	R	R	R	R	R	----	----
C4	A	A	R	---	A	A	R	---	R	A	A
D3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D4	A	A	A	---	A	A	A	---	A	----	----
E3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E4	A	A	A	---	A	A	R	---	A	----	----
F3	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R
F4	R	R	R	---	R	R	R	---	A	----	----
G3	A	R	R	A	A	R	R	R	A	----	----
G4	A	R	R	---	A	R	R	---	A	A	A
A5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A6	A	A	R	---	A	A	R	---	A	A	A
B5	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A
B6	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	A
C5	A	A	R	A	A	R	R	A	A	R	R
C6	A	A	R	---	A	R	R	---	A	R	R
D5	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	A
D6	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	R
E5	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A
E6	A	A	A	---	A	R	A	---	A	A	A
F5	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R
F6	R	R	R	---	R	R	R	---	A	R	R
G5	A	R	A	A	A	R	R	R	A	A	A
G6	A	A	R	---	A	A	R	---	A	A	A

Índices 3 e 4 – bacias com caixa elevada; índices 5 e 6 – bacias com válvula de descarga; A – aprovada; R – reprovada.

Tabela 4 - Bacias independentes – Síntese dos resultados dos ensaios realizados

Parâmetros analisados	Bacias economizadoras - Fases 1 e 2 ^{(1),(2)}			
	Dias úteis		Finais de semana e feriados	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Consumo total (m ³ /dia)	0,08 a 0,92	17,30 a 171,4	0,20 a 0,77	17,80 a 164,4
Consumo da bacia sanitária (m ³ /dia)	0,02 a 0,15	23,10 a 118,00	0,03 a 0,17	21,6 a 68,3
Número de descargas duplas/dia	0,20 a 6,70	45,80 a 261,60	0,30 a 3,10	75,0 a 300,0

⁽¹⁾ Estes dados contemplam as bacias economizadoras instaladas desde a Fase 1 e também aquelas instaladas na Fase 2.

⁽²⁾ Uma das residências foi desconsiderada na análise porque o número de descargas foi extremamente baixo, com longos períodos (dias) sem moradores na mesma.

Tabela 5 - Síntese dos resultados da medição - bacias economizadoras. Fases 1 e 2

Todos os testes foram realizados com uma caixa de descarga da marca Akros, com dispositivo Venturi, que proporciona vazão (da caixa para a bacia sanitária) de 1,5 L/s. As bacias independentes com válvula de descarga foram testadas com uma pressão dinâmica de 12 kPa e vazão de 1,5 L/s. Este valor de vazão encontra-se na faixa estipulada pela normalização brasileira (1,5 a 2,2 L/s) ABNT(1993).

Todos os testes foram realizados com uma válvula da marca DECA com bitola de 1 1/2".

As bacias com caixa acoplada foram testadas com uma pressão estática de 140 kPa (pressão dinâmica de 60 kPa), com uma vazão de 0,19 L/s. Estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada.

O ensaio com esferas de polipropileno é descrito tanto pela normalização brasileira quanto pela americana, constituindo-se em um teste amplamente utilizado. O critério contemplado na norma brasileira (ABNT, 1997a) preconiza que o número médio de esferas removidas, considerando-se cinco repetições de cada teste, deve ser, no mínimo, igual a 75. Vale ressaltar que nos testes com a utilização de válvula de descarga procurou-se utilizar o volume principal⁴ próximo de 6,0 litros devido à facilidade de regulação do tempo de acionamento. Os volumes totais foram praticamente os mesmos nos dois ensaios de remoção de sólidos (esferas e mídia composta).

Por sua vez, no ensaio de transporte de sólidos, os critérios de desempenho utilizados foram:

(c) **Teste com esferas de polipropileno:** distância média transportada por esfera deve ser igual ou maior que 12,0 metros.

(a) **Teste com esponjas de poliuretano:** distância média transportada por esponja deve ser igual ou maior que 8,0 metros.

Como foi utilizado um ramal de 25,0 metros de comprimento (19,0 metros em acrílico e 6,0 metros em PVC), para o ensaio com as esferas, foi considerado que aquelas que ultrapassassem a marca dos 18,00 metros estariam "fora" do ramal, tendo em vista o procedimento proposto na normalização. Para o ensaio com as esponjas, foi considerado o comprimento total do ramal.

Algumas bacias apresentaram problemas de remoção dos sólidos, restando um grande número de mídias no interior das mesmas, por isso, a distância média transportada por mídia foi baixa, tanto no ensaio com as esponjas como no com as esferas.

Nas tabelas 3 e 4 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados. Para a *aprovação* (A) ou *reprovação* (R) de um dado exemplar foram considerados:

(a) no teste de **remoção de mídia composta**, o **critério da média** e o **critério individual**, ambos obtidos a partir dos ensaios realizados com as bacias sanitárias brasileiras nesta pesquisa;

(b) no teste de **remoção de esferas**, foi considerada a média de 5 repetições de cada teste;

(c) no teste de **transporte de sólidos**, foram seguidos os mesmos critérios dos testes de remoção, em função do tipo de mídia empregada (esponja ou esfera).

⁴ volume principal é aquele medido a partir do fluxo que ocorre no início da descarga, responsável pela efetiva remoção dos sólidos, caracterizado por um pico de vazão.

Investigação de campo

Além dos dados de vazão e volume levantados através da leitura remota dos hidrômetros eletrônicos, foram verificados os valores da pressão nos pontos de consumo, em torno das 12 horas:

(a) Pressão dinâmica: caixa elevada: 110 kPa; caixa acoplada: 120 kPa;

(b) Pressão estática: caixa elevada: 390 kPa; caixa acoplada: 390 kPa.

Na tabela 5 é apresentada uma síntese dos resultados da medição. A figura 6 apresenta a comparação do consumo *geral* e da *bacia* e a figura 7 apresenta a comparação do número de descargas duplas nas residências em que foi efetuada a substituição das bacias convencionais por economizadoras, nos dias úteis. Na tabela 6 é apresentada a porcentagem do consumo da bacia em relação ao consumo geral das residências.

Análise geral comparativa – medição e questionários

Da análise dos dados levantados pelos questionários, comparativamente aos dados obtidos com a medição, verifica-se que, quando os problemas são frequentes, o usuário encontra-se sensibilizado em relação ao mesmo, relatando quando entrevistado. Neste caso, os dados levantados de ambas as formas (questionário e medição) são coerentes. O mesmo não se verifica quando os problemas ocorrem de forma intermitente. O usuário não relata nada nesse sentido ao ser questionado. Porém, a medição mostra a sua ocorrência. Assim, os dados levantados por questionários devem ser analisados com a devida ressalva e sempre comprovados com medição, dado seu caráter subjetivo.

Em cerca de 50% das residências ocorreu aumento do número de descargas duplas quando da substituição da bacia. Porém, o monitoramento do consumo indicou que a utilização de bacias economizadoras conduz, independentemente do sistema de descarga, a uma redução do consumo na residência (18,4% a 61,5% nos dias úteis e 30,8% a 56,1% nos finais de semana e feriados).

Mesmo com o acréscimo do número de descargas duplas, verificado em algumas residências, ocorreu redução do consumo total, já que as descargas com sólidos (onde seria necessária a descarga dupla), não representam a maioria dos usos em um dia.

Porém, em algumas residências isto não se verificou, ou seja, os problemas foram em número e gravidade significativos (entupimento, lavagem ineficiente de paredes, remoção dos sólidos), de tal forma que o consumo da residência e da bacia aumentaram com a

instalação das bacias economizadoras. Isto ocorreu em três residências com bacias VDR.

Outro aspecto a ser destacado é a grande variabilidade encontrada no número de descargas duplas, traduzido pelos altos valores do coeficiente de variação, o que demonstra, na maioria dos casos analisados, que os problemas ocorrem de forma aleatória.

A participação do consumo da bacia convencional em relação ao consumo total da residência, que pode

variar de 30% (ANDRÉ; PELIN, 1998) a 40% (GONÇALVES, 1995) em volume, apresentou-se no presente estudo na faixa de 14,9% a 49,8%. Um aspecto bastante importante a ser analisado é a existência ou não de máquina de lavar roupas (e/ou "tanquinho"), o que eleva sobremaneira o consumo geral, diminuindo assim a relação entre as duas variáveis em análise, além do número de usuários em cada faixa etária.

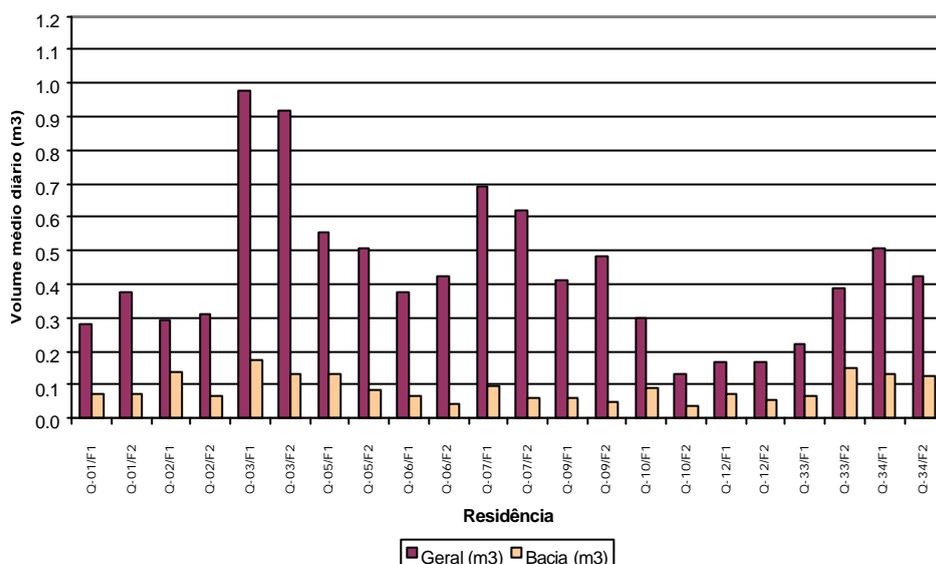


Figura 6 - Consumo total e consumo da bacia sanitária – casas em que foi efetuada a substituição da bacia - Dias úteis

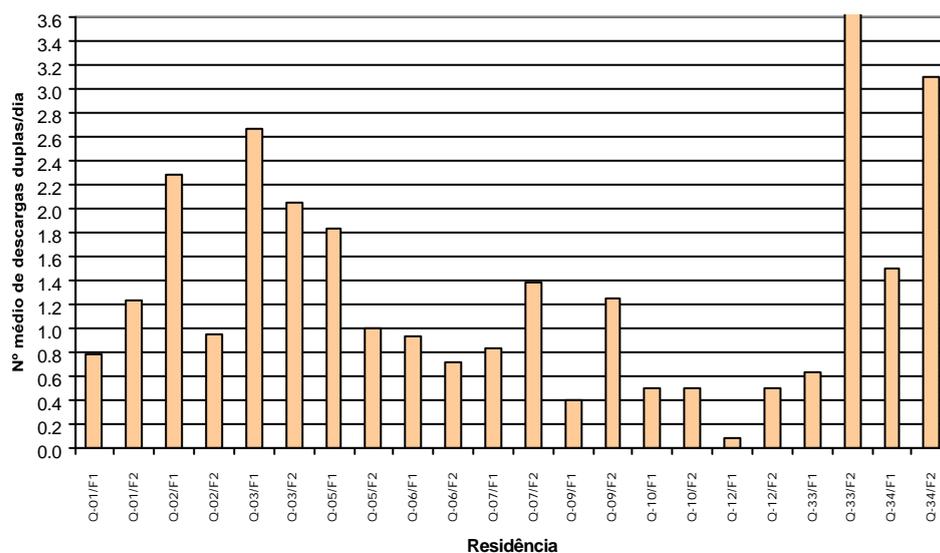


Figura 7 - Número de descargas duplas - casas em que foi efetuada a substituição da bacia - Dias úteis

Unidade	Tipo de Bacia		População A - adulto C - criança	Consumo Bacia em relação ao Consumo Geral (%)	
	Fase 1	Fase 2		Fase 1	Fase 2
Casa 01	Convencional	Economizadora	2 A + 3 C	28,49	20,63
Casa 02	Convencional	Economizadora	2 A + 2 C	39,61	26,13
Casa 03	Convencional	Economizadora	3 A + 5 C	20,63	19,15
Casa 04 ⁵	Economizadora	Economizadora	1 A + 1 C	25,08	16,08
Casa 05	Convencional	Economizadora	4 A + 1 C	27,70	16,91
Casa 06	Convencional	Economizadora	2 A + 3 C	19,35	11,56
Casa 07	Convencional	Economizadora	2 A + 5 C	18,97	11,31
Casa 08 ²	--	Economizadora	---	--	36,84
Casa 09	Convencional	Economizadora	2 A + 2 C	14,88	11,25
Casa 10	Convencional	Economizadora	2 A + 2 C	31,90	28,40
Casa 11	Economizadora	Economizadora	4 A + 3 C	21,00	21,87
Casa 12 ⁵	Convencional	Economizadora	3 A + 1 C	44,06	31,97
Casa 13 ¹	--	--	---	--	--
Casa 14 ⁵	Convencional	Convencional	4 A	42,18	37,61
Casa 15	Economizadora	Economizadora	5 A	23,19	21,95
Casa 16	Economizadora	Economizadora	2 A + 4 C	12,06	11,82
Casa 17 ^{3,5}	Convencional	Convencional	1 A	38,21	66,67
Casa 18	Convencional	Convencional	4 A + 1 C	27,89	28,04
Casa 31 ^{3,5}	Convencional	Convencional	2 A + 1 C	49,83	21,74
Casa 32 ¹	--	--	---	--	--
Casa 33 ⁴	Convencional	Economizadora	2 A	27,10	34,35
Casa 34	Convencional	Economizadora	2 A + 3 C	29,31	31,24
Casa 35	Economizadora	Economizadora	1 A + 1 C	15,20	13,67
Casa 36	Economizadora	Economizadora	2 A + 1 C	23,59	16,54

Notas

- ¹ Casa não ocupada
- ² Casa ocupada apenas na Fase 2
- ³ Dados discrepantes devido ao pequeno período de utilização
- ⁴ Problemas na Fase 2 - dados de apenas 3 dias (17, 18 e 19/05)
- ⁵ Não possui MLR (máquina de lavar roupa) ou tanquinho

Tabela 6 - Comparação geral - Fases 1 e 2

Análise comparativa - investigação laboratorial e investigação de campo

Para a análise do desempenho das bacias em laboratório, foram considerados os resultados dos dois testes de remoção (mídia composta e esferas).

No teste com a mídia composta, foi considerada a carga de 10 esponjas e 6 folhas de papel *Kraft* (10E + 6P), sendo adotado o critério individual, que prevê a remoção de 12 mídias, no mínimo, em cada **primeira descarga das 4 melhores repetições** de um total de 5

(um dos resultados é desprezado). A tabela 7 apresenta o desempenho das bacias sanitárias.

O desempenho dos dois exemplares de cada fabricante foi considerado conjuntamente. Caso tenham ocorrido divergências entre os resultados encontrados para cada um deles, foram analisados os resultados obtidos nas outras cargas de ensaio.

No teste com as esferas, foi considerado o critério da norma brasileira (remoção de 75 esferas - média entre 5 repetições).

Fabricante	Desempenho nos testes de remoção de sólidos		Desempenho em campo	
	Mídia composta	Esferas	Fator de falha (descargas duplas)	Opinião dos usuários
Bacias com caixa acoplada				
A	R	A	A	R
B	R	R	R	R
C	R	A	A	A
D	A	A	A	R
E	A	A	A	R
F	R	A	A	A
G	A	A	A	A
Bacias com caixa elevada				
A	A	A	A	A
B	A	A	R	R
C	R	R	R	A
D	A	A	R	R
E	A	A	A	A
F	R	A	A	A
G	A	A	A	R
Bacias com válvula de descarga				
A	A	A	A	A
B	A	A	----	----
C	A	A	----	----
D	A	A	----	----
E	A	A	----	----
F	R	A	A	A
G	A	A	----	----

Nota: A – aprovada R - reprovada

Tabela 7 - Desempenho das bacias sanitárias

Para a análise do desempenho em campo, foram considerados dois parâmetros: respostas ao questionário e fator de falha (FF) da bacia, definido em função do número de descargas duplas.

Tendo em vista os resultados obtidos, foi considerado como **insatisfatório** (reprovado neste quesito) um exemplar que tenha apresentado um **FF inferior a 1:7** (por exemplo, um FF igual a 1:5 representa uma descarga dupla a cada 5 descargas).

Um exemplar de bacia economizadora com **caixa acoplada** (14,3% do total) apresentou desempenho global satisfatório em campo e em laboratório (aprovação em todos os quesitos considerados) e um exemplar (14,3%) apresentou desempenho global insatisfatório em campo e em laboratório (reprovação em todos os quesitos considerados).

Dois exemplares com **caixa elevada** (28,6%) apresentaram desempenho global satisfatório em campo e em laboratório.

Um exemplar com **válvula de descarga** (50%) apresentou desempenho global satisfatório em campo e em laboratório.

Considerações finais

A partir das investigações laboratorial e de campo, vários aspectos relativos ao desempenho das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e ao transporte de sólidos foram analisados, possibilitando a proposição de testes destinados a avaliar o comportamento desses componentes frente a diferentes solicitações de uso, os quais são apresentados a seguir.

Os valores de vazão e pressão propostos para a realização dos ensaios em laboratório, considerando-se a reprodução das configurações limite dos sistemas prediais de água fria brasileiros e a rapidez de execução dos ensaios de desempenho funcional são:

(a) **bacias com caixa** (acoplada ou elevada) – vazão de suprimento (q_{sup}) = $(0,20 \pm 0,01)$ L/s;

(b) **bacias com válvula** – pressão dinâmica = 12 kPa; q_{sup} = $(1,50 \pm 0,05)$ L/s

A partir da investigação experimental, concluiu-se que as bacias brasileiras, num primeiro momento, devem contemplar um volume de descarga um pouco superior a 6,0 litros, ou seja: 6,8 litros. Este valor foi obtido a partir de ajustes efetuados em campo quando

do relato de problemas pelos usuários e também através de simulações efetuadas em laboratório.

Considera-se que o **ensaio com as esferas de polipropileno** deva ser mantido, devido a sua capacidade de avaliação do comportamento da descarga como um todo. A mídia é a mesma já contemplada na normalização atual. O número de repetições pode ser reduzido para 3, devido à homogeneidade dos resultados obtidos, devendo ser considerado um critério de desempenho mais rigoroso, tendo em vista uma classificação das bacias, já que a maioria dos exemplares ensaiados atinge o valor atualmente empregado. O **número de esferas removidas** na primeira descarga (média das três repetições) **deve ser maior ou igual a 80**, em substituição ao critério atual (75 esferas).

Propõe-se a **inserção do ensaio de remoção da mídia composta** no conjunto de ensaios a serem realizados para a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias, devido a sua capacidade de simular possíveis entupimentos. A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados, recomenda-se o emprego de uma carga intermediária, levando-se em conta, basicamente, o uso residencial: **12 esponjas de poliuretano e 6 folhas de papel Kraft (18 mídias no total)**. Devem ser realizadas 4 repetições de cada teste. Para a aprovação da bacia, **14 mídias** devem ser removidas na **primeira descarga de cada uma das três repetições do teste** (uma das repetições - o pior resultado - é desprezada).

Vale ressaltar que o presente estudo foi realizado apenas em unidades unifamiliares. Para a verificação do desempenho das bacias economizadoras em outras tipologias de edifícios, deverão ser realizados estudos específicos de modo a determinar as condições de uso e a carga de ensaio a ser empregada neste teste.

Para o ensaio de transporte de sólidos, propõe-se o emprego de 12 esponjas de poliuretano com as mesmas características das empregadas no ensaio de remoção da mídia composta, e um ramal de descarga com diâmetro nominal DN 100, com **6,0 m de comprimento e 1% de declividade**. A tubulação deve ser formada com tubos fabricados em PVC rígido transparente ou acrílico, unidos por junta com anel elástico, e deve ser conectada à bacia sanitária através de joelho de 90°. Alternativamente, pode ser utilizado tubo fabricado em vidro. A **distância média transportada** (critério de desempenho) por esponja ao longo do ramal de descarga deve ser maior ou igual a **5,0 m** (média das três repetições do teste). Esta proposição está baseada nos seguintes aspectos, considerando o ensaio atualmente contemplado na normalização:

(a) um ramal de descarga de uma bacia sanitária com 18 metros, sem qualquer outro ramal a ele conectado, é uma situação extrema, passível de ocorrência

principalmente em cabeceiras da rede pública, chácaras afastadas, residências em condomínios, entre outros. Mesmo nestas situações, normalmente existem outros aparelhos interligados, cujas descargas contribuem para o transporte dos dejetos na rede;

(a) em edifícios, tendo em vista a área dos ambientes sanitários e as exigências relativas ao posicionamento dos ramais de ventilação secundária, conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999), a distância da bacia sanitária ao tubo de queda normalmente é inferior a 4,00 metros, sendo que esta tubulação provavelmente terá outros ramais interligados, com volume de água contribuindo para o transporte dos sólidos provenientes da bacia sanitária;

(b) as esferas tendem a se deslocar pelo ramal, independentemente da existência de um volume de água adequado, devido à declividade da tubulação e à forma das mesmas;

(c) o volume a ser empregado nas bacias de volume de descarga reduzido deve ser suficiente, não só para proporcionar a remoção dos sólidos, mas também o transporte dos mesmos até uma certa distância no ramal de descarga, de modo a evitar a deposição dos mesmos.

A partir dos resultados do estudo realizado, os fabricantes de bacias sanitárias vêm desenvolvendo ensaios em suas plantas para a avaliação das propostas efetuadas, de forma a consolidar a proposta de atualização da normalização nacional referente à avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido.

Referências Bibliográficas

ANDRÉ, P.T.A.; PELIN, E.R. **Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial**. Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998. 46p. (DTA – Documento Técnico de Apoio B1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6452**: Aparelhos sanitários de material cerâmico: especificação. Rio de Janeiro. 1997a.

_____. **NBR 6498**: Bacia sanitária de material cerâmico de entrada horizontal e saída embutida vertical: dimensões. Rio de Janeiro, 1997b.

_____. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução: Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 9060**: Bacia sanitária de material cerâmico: verificação do funcionamento. Rio de Janeiro. 1997c.

_____. **NBR 9338**: Bacia sanitária de material cerâmico com caixa acoplada e saída embutida vertical: dimensões. Rio de Janeiro, 1997d.

_____. **NBR 12905**: Válvula de descarga: verificação de desempenho. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana (MPO/SEPURB). Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional. (PBQP-H). **Meta da área de habitação**. Brasília: PBQP-H, 1998a. 12p.

_____. **Projetos da meta mobilizadora da habitação**. Brasília: PBQP-H, 1998b.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). **B45: Plumbing fixtures**. Toronto, Ontario, Canada, 1999.

GALOWIN, L.S. A rational basis for drainage systems waste transport design. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1999, Edinburgh, Scotland. **Proceedings...** Edinburgh: CIB W62; Heriot Watt University, 1999.

_____. Model Standards requirements testing hydraulic performance of water closets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1998, Rotterdam, Netherlands. **Proceedings...** Rotterdam, Netherlands: CIB W62; ISSO, 1998.

_____. Requirements in standards for water closet hydraulic performance testing with mixed bulk media materials. In: SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1997, Yokohama, Japan. **Proceedings...** Yokohama, Japan: CIB W62, 1997.

_____. Testing in standards water closet hydraulic performance requirements. In: SEMINAR ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1996, Lostorf, Switzerland. **Proceedings...** Lostorf, Switzerland: CIB W62, 1996.

GONÇALVES, O.M. et al. Study for determining discharge volumes for low flush toilets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: CIB W62; EPUSP, 2000.

GONÇALVES, P.M. **Bases metodológicas para racionalização do uso de água e energia no abastecimento público no Brasil**. 1995. 330 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRIGGS, J. et al. Discharges from WC's - Should pipework smaller than DN 100 be used?. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1998, Rotterdam, Netherlands. **Proceedings...** Rotterdam, Netherlands: CIB W62; ISSO, 1998.

ILHA, M.S.O.; KONEN, T.P. Defining the functional performance of toilets. **Plumbing Engineer**, April, 2000.

ILHA, M.S.O. et al. Evaluating the performance of ultra low flush toilets in field application. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 2001, Portoroz, Slovenia. **Proceedings...** Portoroz, Slovenia: CIB W62; EPUSP, 2001.

KNOBLAUCH, H.J. Fakazell: a new test medium to simulate reality in W.C. system performance evaluation. In: SEMINAR DRAINAGE AND WATER SUPPLY FOR BUILDINGS, 1980, Uxbridge, England. **Proceedings...** Uxbridge, England: CIB W62, 1980.

KONEN, T.P. Residential water saving: new water closets standard for performance and conservation. **Domestic Engineering**, July, 1982.

KONEN, T.P.; PADMANABAN, S. **Transport of waste in long drains**. New Jersey: Stevens Institute of Technology, August, 1998a. (Relatório Interno).

_____. **Significance of sponge size and nonwoven fabric**. New Jersey: Stevens Institute of Technology, October, 1998b. (Relatório Interno).

_____. **Significance of configuration on functional performance**. New Jersey: Stevens Institute of Technology, October, 1998c. (Relatório Interno).

OLIVEIRA JÚNIOR., O.B. **Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e transporte de sólidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas.

SHIGEFUJI, H. et al. Basic study on transport performance test of waste solids in drainage piping for lower flush water closets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1999, Edinburgh, Scotland. **Proceedings...** Edinburgh: CIB W62; Heriot Watt University, 1999.

STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **Definição do critério para a avaliação de bacias sanitárias utilizando mídia composta**. Nova Jersey, 1999. (Relatório interno).

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME). **A112.19.6**: Hydraulic performance requirements for water closets and urinals. New York, 1995.