

XI-060 - DESEMPENHO DO SISTEMA DE COLETA E AFASTAMENTO DE ESGOTOS EM COMUNIDADES COM BACIAS DE 4,8 LITROS POR DESCARGA

Ricardo Reis Chahin ⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista formado pela Escola de Engenharia Mauá em 1993, Pós-Graduação/Especialização em Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – USP em 2003, engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp desde 1994, Gerente da Divisão do Programa de Uso Racional da Água da Sabesp desde 2014.

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Diogo, 275 - Aclimação – São Paulo – São Paulo - CEP: 01545-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 5089-2896 - Fax: +55 (11) 5089-2878 - e-mail: rchahin@sabesp.com.br

RESUMO

Os sistemas de descarga por gravidade comercializados no Brasil são basicamente de 3 tipos: bacia com válvula de descarga, bacia com caixa acoplada e bacia com caixa elevada. Independentemente do tipo de sistema de descarga, de acordo com as Normas Técnicas, o volume deve ser de 6,8 litros por acionamento. O trabalho em questão tem como objetivo avaliar o desempenho de sistemas de descarga de 4,8 litros por acionamento bem como o funcionamento do sistema de esgotos sanitários quando as bacias forem instaladas.

Considerando que para qualquer sistema o impacto na rede coletora será o mesmo, este trabalho priorizou o sistema composto por bacia sanitária com caixa acoplada e foi realizado em três etapas: revisão bibliográfica, etapa laboratorial e análise em campo.

Na etapa laboratorial foram ensaiadas 20 bacias sanitárias com caixa acoplada, reguladas para 4,8 litros por descarga. Nesta etapa, foram ensaiadas tanto bacias projetadas para funcionar com 4,8 litros como também bacias projetadas para funcionar com 6,8 litros mas reguladas para 4,8 litros. No entanto, apenas cinco bacias sanitárias foram aprovadas em todos os ensaios previstos pelas Normas Brasileiras, e nenhuma das bacias projetadas para funcionar com 6,8 litros e reguladas para 4,8 litros foi aprovada nesta etapa.

Na etapa de campo dez casas tiveram o consumo de água total e da bacia sanitária monitorados. Foram realizadas cinco filmagens na rede pública de esgotos sanitários, onde foi possível identificar depósitos de sólidos que podem ter ocorrido devido à redução do volume de água despejado na rede pública. Durante esta etapa, embora os usuários não tenham relatado problema no desempenho das bacias sanitárias, o monitoramento dos dados revelou a necessidade de acionamentos sucessivos em algumas residências.

Desta forma não é possível afirmar que a substituição de bacias sanitárias de 6,8 litros por descarga por bacias de 4,8 não causa impacto no desempenho do sistema de esgotos sanitários.

Com a comparação entre os ensaios realizados em laboratório e os resultados obtidos em campo verificou se também que os ensaios das normas atuais não são suficientes para avaliar bacias sanitárias de 4,8 litros por descarga.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia sanitária, qualidade, desempenho, consumo de água, laboratório.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica entre as 10 maiores economias do planeta, entretanto, em função da má distribuição dos recursos hídricos pelo País atrelada à ocupação desordenada, as regiões com maior população possuem a menor disponibilidade hídrica e maior quantidade de carga orgânica lançada nos corpos d'água.

A tabela 1 a seguir, mostra a relação entre o Produto Interno Bruto – PIB e a disponibilidade hídrica das 10 maiores economias do mundo.

Tabela 1 – disponibilidade hídrica das 10 maiores economias do mundo

Classificação	País	PIB 2016 (USD x 10⁹)	Disponibilidade hídrica <i>percapita</i> (m³/habitante/ano)
1	Estados Unidos	18,56	9.666
2	China	11,21	2.017
3	Japão	4,93	3.379
4	Alemanha	3,46	1.860
5	Reino Unido	2,62	2.322
6	França	2,46	3.300
7	Índia	2,25	1.545
8	Itália	1,85	3.142
9	Brasil	1,79	43.258
10	Rússia	1,32	31.487

Além disso, as mudanças climáticas vêm intensificando esta má distribuição dos recursos hídricos, e um exemplo disso é a crise hídrica que ocorreu em São Paulo em 2014 e 2015. No período de março 2014 a dezembro 2015 a região Metropolitana de São Paulo – RMSP teve a menor vazão em 83 anos de série histórica e com probabilidade de ocorrência de 0,004%.

Desta forma, a preocupação com o consumo consciente de água tem se tornado um constante desafio dos pesquisadores nos dias atuais. Reduzir o consumo de água para higiene pessoal sem comprometer o conforto e a higiene na utilização é com certeza o maior desafio. Este desafio é potencializado ao levar em consideração a conformidade técnica dos componentes e materiais empregados. O não atendimento a requisitos normativos podem ocasionar aumentos significativos no consumo de água.

Com o objetivo de aprimorar a qualidade na construção civil, na década de 1990 a Secretaria de Habitação do Ministério das Cidades implementou o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Um Programa do Governo Federal que tem como meta elevar os patamares da qualidade da Construção Civil, por meio da criação e implementação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, incluindo conceitos e metas de sustentabilidade, contribuindo para ampliar o acesso à moradia digna para a população de menor renda. A busca por esses objetivos envolve um conjunto de ações, entre as quais se destacam:

- Avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras;
- Melhoria da qualidade de materiais;
- Formação e requalificação de mão-de-obra;
- Normalização técnica;
- Capacitação de laboratórios,
- Avaliação de tecnologias inovadoras;
- Informação ao consumidor, e
- Promoção da comunicação entre os setores envolvidos.

Para combater a não conformidade no PBQP-H foram criados Programas Setoriais de Qualidade – PSQs cujo objetivo é garantir que os produtos comercializados no Brasil atendam as Normas Técnicas e as Diretrizes de Uso Racional da Água. Cabe ressaltar a importância, em especial para louças e metais sanitários, cujo não atendimento às Normas Técnicas podem ocasionar em aumento no consumo de água. O PSQ, através de uma entidade gestora técnica de terceira parte, avalia se as empresas fabricam, comercializam e distribuem os produtos-alvo do PSQ em conformidade com as normas técnicas da ABNT. A avaliação é realizada a partir de compras dos produtos-alvo no varejo, ensaios em laboratório e divulgação dos resultados. As empresas que comercializam produtos que não estão em conformidade com as Normas Técnicas estão sujeitas às sanções legais, visto que no Brasil, de acordo com o “Código de Defesa do Consumidor” não é permitido comercializar produtos que não estão de acordo com as Normas Técnicas.

Desta forma, a indústria nacional e internacional vem trabalhando para reduzir o volume de água consumido por sistemas de descargas ao longo do tempo. Estudos demonstram que atualmente cerca de 35% da água consumida em unidades habitacionais é utilizada em bacias sanitárias.

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do sistema predial e do sistema público de esgotos sanitários, na hipótese de existir contribuições de bacias sanitárias de 4,8 litros por descarga.

No entanto, é necessário garantir efetivamente o volume por descarga, para que seja possível avaliar o sistema em operação com bacias de 4,8 litros por descarga. Desta forma, é importante avaliar se os requisitos de desempenho utilizados para bacias de 6,8 litros são suficientes para determinar se uma bacia de 4,8 litros é adequada ao uso.

1.1 A EVOLUÇÃO DAS BACIAS SANITÁRIAS

As primeiras bacias sanitárias que temos registros, eram utilizadas em 1350 a.C. pelos egípcios em banheiros públicos. Eram assentos de pedra com orifícios, construído em cima de canais que transportavam os dejetos para o rio mais próximo, conforme ilustrado pelas figuras 1 a 3 a seguir:



Figura 1 - Assento sanitário em pedra

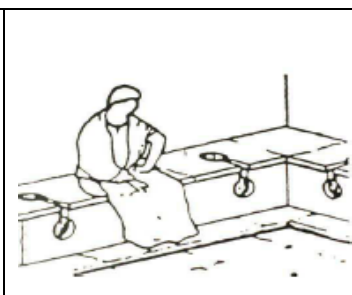


Figura 2 - Ilustração do uso de banheiros públicos



Figura 3 - Banheiro público construído em Roma

Em 1778, um inglês chamado Josebh Bramah inventou a primeira bacia capaz de fazer a própria limpeza, conforme figura 4 a seguir. O modelo foi chamado de *valve closet*, por ter uma válvula no fundo da bacia que mantinha uma lâmina de água no seu interior.



Figura 4 – Ilustração da bacia *valve closet* (vista e corte)

A partir daí surgiram diversos modelos até que no início do século XX surgiram os primeiros modelos de material cerâmico, semelhantes às bacias com caixa elevada que temos na atualidade, conforme figura 5. Neste período passou-se a exigir do fabricante requisitos de desempenho tais como remoção total dos dejetos, fecho hídrico para evitar odores, menor consumo de água, garantia contra quebra em consequência do congelamento da água entre outros.

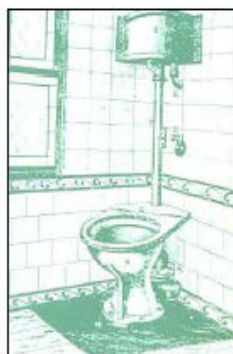


Figura 5 – Modelo das primeiras bacias de material cerâmico

1.2 SISTEMAS DE DESCARGA:

Os sistemas de descarga são parte integrante dos sistemas hidráulicos prediais e têm por objetivo fornecer água com volume e energia adequados para a remoção e o transporte dos dejetos das bacias para os ramais de esgoto, bem como a reposição do fecho hídrico que evita o retorno de odores para o ambiente. Atualmente os sistemas por gravidade comercializados no Brasil devem utilizar 6,8 litros por descarga. Os principais sistemas de descarga existentes são:

1.2.1 SISTEMAS POR GRAVIDADE:

São os sistemas mais comuns no Brasil, sendo o foco principal deste trabalho. Fazem a limpeza através da ação da gravidade. Podem ser encontrados em 3 tipos, conforme ilustrado a seguir, pelas figuras 6 a 8:



Figura 6 - bacia com caixa acoplada ou bacia monobloco



Figura 7 - bacia com caixa elevada



Figura 8 - bacia com válvula de descarga.

1.2.2 SISTEMAS A VÁCUO:

São sistemas mais complexos, utilizam a sucção para remover os dejetos, os modelos mais modernos demandam de 0,5 a 1,5 litros por uso. São compostos por três partes:

- Central de Vácuo: é composta por tanque coletor, bombas de vácuo, quadros elétricos e de comando e bombas de esgotamento do tanque para enviar os efluentes para a rede pública.
- Rede a Vácuo: é composta por válvulas de manobra, tubos e conexões de PVC, que são projetadas para atingirem os pontos de coleta do esgoto na saída de cada bacia sanitária.
- Caixas de passagem: são distribuídas ao longo da Rede a Vácuo, tendo a função de receber o esgoto proveniente dos pontos de coleta por gravidade e a vácuo.

A figura 9 a seguir ilustra este sistema.

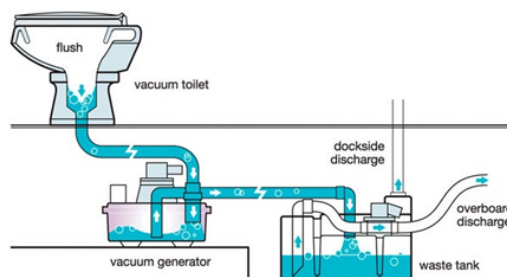


Figura 9 – Ilustração de sistema a vácuo

1.2.3 SISTEMAS PRESSURIZADOS:

Estes sistemas não são comercializados no Brasil. Fazem a limpeza com 4 litros por descarga, desde que instalados em bacias apropriadas. A figura 10 a seguir ilustra este sistema. É comercializado apenas em conjunto com a bacia, para garantir a eficiência do produto.



Figura 10 – Sistema a vácuo instalado em caixa acoplada

1.3 ESCOAMENTO EM SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO

O sistema predial de esgoto sanitário é formado por um conjunto de tubulações interligadas a todos os aparelhos sanitários da edificação, destinado a coletar e conduzir as águas servidas e dejetos a uma rede pública de coleta ou a um sistema particular de tratamento.

Os tipos de escoamento variam em função do trecho, nos trechos horizontais admite-se que o escoamento é em canal (conduto livre). Nos trechos verticais, admite-se que uma lâmina do fluido escoar pelas paredes em forma de anel e no interior deste há escoamento de ar, no caso o escoamento é anular.

A figura 11 a seguir apresenta as diferentes seções da tubulação de esgoto durante a transição do escoamento da direção vertical para a direção horizontal. Como se pode ver, na seção AA o escoamento se dá em forma de coroa circular, na seção BB e na CC o escoamento se dá em segmento de círculo, sendo a lâmina d'água maior na seção CC.

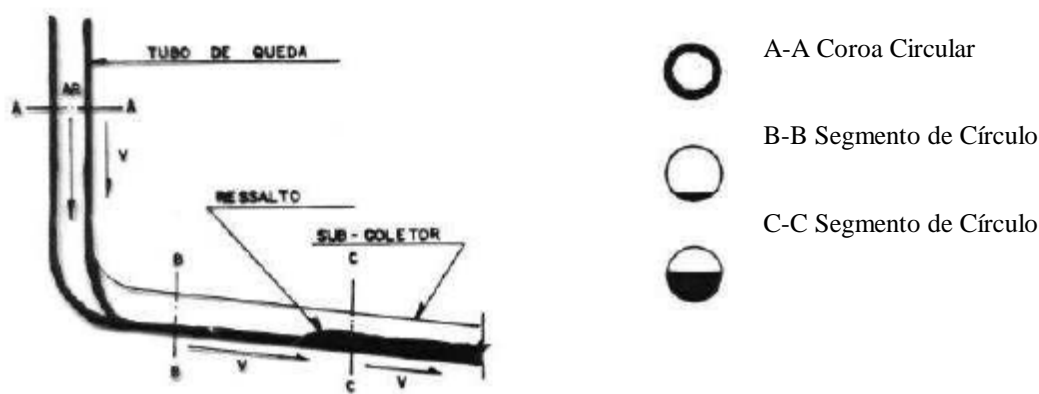


Figura 11 - Transição do escoamento

Após o trecho vertical, percebe-se a presença de 3 zonas distintas de escoamento, conforme figura 12:

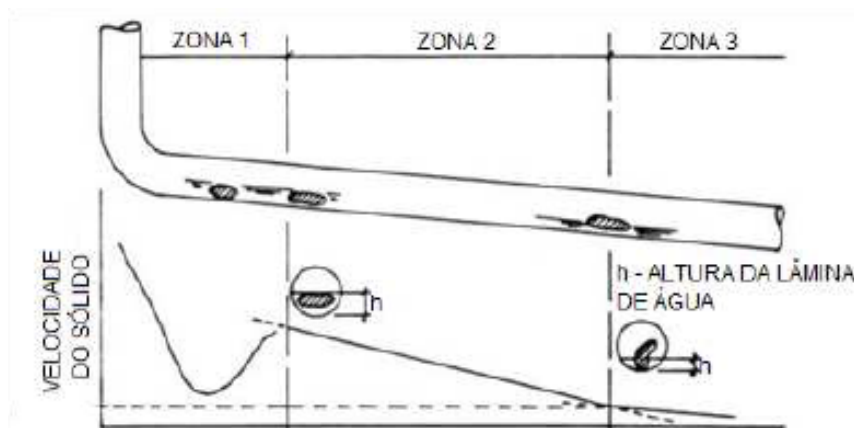


Figura 12 - Zonas do escoamento

Zona 1: posição em que há mudança de direção da tubulação e a velocidade dos sólidos se altera;
 Zona 2: a velocidade é decrescente, mas ainda é suficiente para carregar os sólidos e
 Zona 3: observa-se o início do depósito de sólidos pois a velocidade da lâmina e dos sólidos são baixas.

A tubulação deve ser dimensionada de modo a evitar depósitos de sólidos. Como a vazão é variável, a lâmina d'água e a velocidade também variam. Nos momentos de menor contribuição, se a velocidade for baixa, os materiais sólidos podem se depositar no fundo das tubulações. Desta forma, a tubulação deve ser projetada para que isso não ocorra, ou seja, com velocidade de escoamento suficiente para assegurar a ação da autolimpeza. Estas condições geralmente são críticas no início do sistema, quando as vazões de contribuição são menores. A escolha do local para o estudo em início de rede, visa analisar estas condições de contorno.

Com o passar dos anos o volume de água utilizado pelos aparelhos sanitários reduziu significativamente. Isso fez com que o projeto do sistema predial de esgotos sanitários fosse analisado de maneira diferenciada, buscando adequar o dimensionamento das tubulações aos novos volumes descarregados pelos aparelhos. As características que influenciam diretamente o escoamento nas tubulações de esgoto são: declividade, diâmetro, rugosidade, quantidade de aparelhos sanitários conectados no sistema, e o perfil da descarga. Estas grandezas são determinantes para o dimensionamento do sistema, portanto a redução do volume utilizado pelos aparelhos sanitários interfere diretamente no desempenho do sistema de esgotos sanitários principalmente na capacidade de transporte de sólidos ao longo da tubulação.

1.4 REDUÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO EM DESCARGA DE BACIA SANITÁRIA

Mesmo com a evolução dos sistemas de descarga, eles ainda são responsáveis por grande parte do consumo de água em edifícios residenciais. A maioria dos países utiliza bacias de 6,8 litros por descarga, no entanto alguns estados da América do Norte já possuem normas que limitam o volume em 4,8 litros por descarga. No entanto alguns locais, como Taiwan, chegam a utilizar menos de 3 litros por descarga. Em geral existem relatos de que a redução do volume pode acarretar problemas em transporte de mídias. Estados Unidos, Austrália e países da Europa relataram problemas em função de ações para redução do volume de água em bacias sanitárias.

A entidade chamada *Plumbing Efficiency Research Coalition* – PERC (<http://www.plumbingefficiencyresearchcoalition.org/>), formada por empresas de conservação de energia dos Estados Unidos, criou uma rede de pesquisa sobre a redução do consumo de água em aparelhos sanitários e suas implicações na rede de esgoto. Desde sua criação em 2009, diversas pesquisas sobre transporte de sólidos em sistemas prediais de esgoto sanitário vêm sendo conduzidas. Em geral os problemas decorrentes da redução do volume de descarga são maiores em sistemas com baixa declividade. Pode ser necessário até o dobro de descargas quando a declividade varia de 2% para 1%.

No Brasil em 1990 o consumo das bacias sanitárias era de 12 litros por descarga. A indústria foi se modernizando sendo que em 2000 passou para 9 e em 2002 6,8. Em 2011 surgiram as bacias de acionamento duplo que em média consomem 4,4 litros por acionamento, sendo 6,8 litros para descarga total e 3 litros para descarga parcial. O gráfico 1 a seguir apresenta a redução do volume de descarga nos últimos anos.

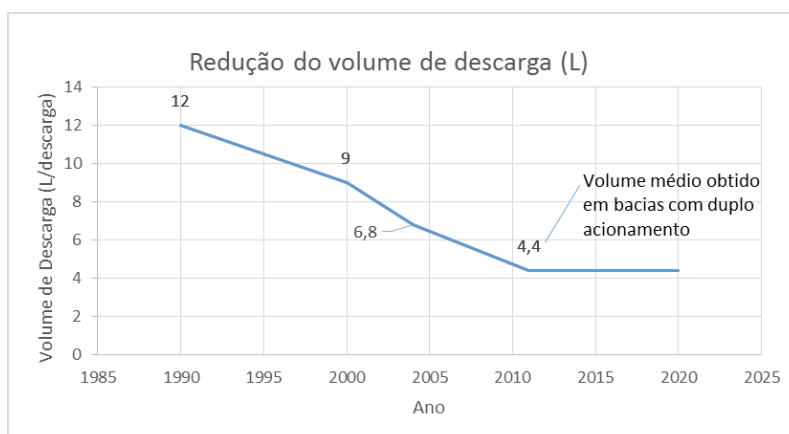


Gráfico 1 - Redução do volume de descarga nos últimos anos

Em meados da década de 2010 a indústria de louças sanitárias demonstrou interesse em trazer para o Brasil as bacias de volume de descarga ultra baixo (*ultra-low-flush toilets*). A partir daí iniciaram-se os estudos e discussões sobre o assunto, que será abordado nos itens a seguir.

2 MATERIAIS E MÉTODOS:

2.1 ESTUDO LABORATORIAL

Nesta etapa foram definidos os ensaios a serem aplicados para avaliar o desempenho das bacias, visto que não existe norma brasileira para ensaiar bacias de 4,8 litros por acionamento. Assim, foi decidido realizar na primeira fase, para 4,8 litros por acionamento, todos os ensaios de desempenho previstos na norma brasileira para 6,8 litros, acrescido pelo ensaio de remoção de pasta de soja. Numa segunda fase, para as bacias aprovadas na primeira fase, foi realizado o ensaio de transporte e remoção de pasta de soja.

A seguir apresentamos a sequência de ensaios, considerando que as bacias reprovadas em um ensaio não eram submetidas aos ensaios seguintes.

- Caracterização da bacia sanitária conforme ABNT NBR 15.097;
- Remoção de pasta de soja não encapsulada conforme ASME A112.19.2;
- Caracterização da caixa de descarga conforme ABNT NBR 15491;
- Transporte de pasta de soja conforme PERC, e
- Ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada conforme ASME A 112.19.2.

O detalhamento dos ensaios encontra-se no anexo I

Para a realização dos ensaios laboratoriais, foi utilizada uma bancada que representa as condições reais de instalação de uma bacia sanitária. Esta bancada possui medidores de vazão, manômetros, bomba hidráulica, balança, termômetro, reservatório de água, etc, e foi construída de acordo com a ABNT NBR 15097. A bancada possui ainda um tubo de 18m de comprimento e 100 mm de diâmetro, com declividade de 1%, o que simula o ramal predial de esgoto. Estes valores simulam a situação mais crítica possível de instalação da tubulação do sistema predial de esgoto. As figuras 13 e 14 a seguir ilustram a bancada e o tubo de simulação do ramal predial de esgoto.

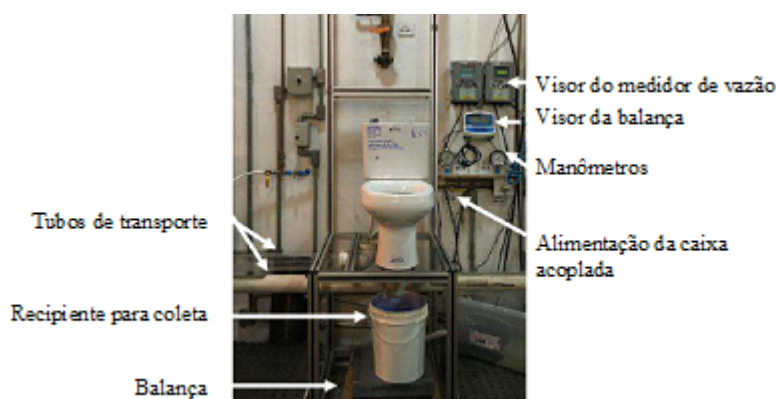


Figura 13 – Bancada de ensaios



Figura 14 - Tubo de simulação do ramal predial de esgoto

2.1.1 RESULTADOS DO ESTUDO LABORATORIAL:

Foram ensaiados 20 modelos de bacias sanitárias, produzidos por 7 fabricantes, entre as quais havia 18 bacias projetadas para funcionar com 4,8 litros e 2 bacias comercializadas no mercado nacional, projetadas para 6,8 litros mas reguladas para 4,8 litros por descarga.

Na primeira fase dos ensaios foram aprovados 13 modelos, que a seguir foram submetidos ao ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, cujo resultado foi satisfatório para todos os modelos.

Posteriormente, na segunda fase dos ensaios de laboratório, estes modelos foram submetidos aos ensaios de remoção de pasta de soja encapsulada e transporte de pasta de soja. Nesta segunda fase foram aprovados 5 modelos. Estes 5 modelos estão aptos a serem testados em campo, em condições normais de uso. O Anexo II apresenta o resumo do resultado dos ensaios que foram considerados para aprovação, nas duas fases dos ensaios realizados nas 20 bacias sanitárias. Não estão apresentados os resultados dos ensaios de remoção de pasta de soja encapsulada e transporte de pasta de soja.

2.2 ESTUDO DE CAMPO

Nesta etapa, os 5 modelos de bacias que foram aprovados na etapa laboratorial, foram testados em campo, para verificação do comportamento em condições normais de utilização. O objetivo é avaliar a redução do consumo

atrelada ao perfeito funcionamento do sistema de descarga. Além disso, a esperada redução do consumo não deve comprometer o funcionamento do sistema público de esgotos sanitários.

Primeiramente foi realizada a seleção das unidades habitacionais onde seria realizado o monitoramento. A seleção foi realizada com o apoio da equipe de participação comunitária da Unidade de Negócios Oeste da Sabesp. Para evitar contribuições adicionais a montante foi escolhido um trecho no início de rede pública.

As unidades habitacionais escolhidas estão localizadas em um conjunto habitacional em Osasco chamado Conjunto Habitacional Vitória – figura 15. Este Conjunto Habitacional é composto por doze casas das quais 10 permitiram o monitoramento. O conjunto foi selecionado devido as características críticas que apresenta, tais como início de rede pública de esgotos, trecho com baixa declividade e ainda, nenhuma contribuição extra a montante, somente as contribuições do Conjunto Habitacional em referência.



Figura 15 – Conjunto Habitacional Vitória

Para garantir o funcionamento adequado da rede coletora de esgoto, foram realizadas filmagens periódicas na rede, possibilitando uma análise global do processo. Após a definição das unidades habitacionais que fariam parte do estudo, foi aplicado em cada unidade, um questionário – Anexo III, para caracterização dos usos da água, inclusive para ajudar no planejamento da troca de bacias.

Verificou-se que em cada unidade do conjunto existe um banheiro com uma bacia sanitária com caixa acoplada. Nesta etapa, foram analisados e testados os possíveis sistemas de monitoramento existentes para esta aplicação. Na ocasião optou-se pelo monitoramento através de leitura remota dos dados, que reduz a interferência na rotina dos moradores, com o mínimo possível de visitas nas residências. Antes da substituição das bacias, o consumo de água da bacia que estava instalada nas residências foi monitorado por um mês.

Para este monitoramento, em cada bacia sanitária foi instalado um hidrômetro, antes da alimentação de água. Este hidrômetro estava associado a um coletor de dados que enviava as informações para internet em tempo real conforme figura 16 a seguir: Os coletores de dados do monitoramento foram programados para enviar dados de volume acumulado e vazão a cada minuto. Os dados eram armazenados em uma planilha Excel para posterior avaliação.

Coletor de dados

Hidrômetro



Figura 16 – Sistema de monitoramento

Cabe ressaltar que os conjuntos de hidrômetro e o coletor de dados foram testados em laboratório antes da instalação em campo. O objetivo era verificar a precisão, qualidade e confiabilidade dos dados, além da capacidade física de instalação visto que os banheiros eram de dimensões pequenas.

Em seguida foi realizada a troca da bacia sanitária existentes por um modelo de 4,8 litros por descarga, aprovado na etapa de laboratório. Simultaneamente a rede foi lavada para evitar que eventuais acúmulos de dejetos comprometam o monitoramento. Após a troca, continuou-se com o monitoramento para as bacias novas. Os coletores de dados enviavam informações a cada minuto.

Durante todo o monitoramento, foi aplicado o questionário (Anexo III) e foram realizadas filmagens da rede pública de esgoto a fim de verificar seu funcionamento e ainda verificar principalmente a existência de algum entupimento na rede após a troca das bacias. A figura 17 a seguir ilustra o monitoramento.



Figura 17 – Monitoramento da rede de esgoto

Os objetivos desta etapa são:

- Verificar como as bacias se comportam em campo do ponto de vista do seu funcionamento e redução do consumo de água;
- Avaliar se houve redução do consumo de água e, havendo, avaliar eventual impacto na rede de esgoto.

Os 5 modelos aprovados na etapa de laboratório foram distribuídos nas 10 residências, sendo instalado o mesmo modelo em 2 residências. Esta fase teve uma duração de 7 meses.

2.2.1 RESULTADOS DO ESTUDO DE CAMPO

As cinco bacias sanitárias aprovadas na etapa de campo foram instaladas considerando um modelo para cada 2 casas conforme distribuição representada na figura 18 a seguir, em que cada cor representa um modelo de bacia sanitária.



Figura 18 - Distribuição das bacias sanitárias

O resultado da etapa de campo será abordado em 3 etapas:

- Aplicação e Avaliação do Questionário
- Monitoramento do Consumo de Água
- Monitoramento da Rede de Esgoto

2.2.1.1 APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO:

Como mencionado anteriormente, foi aplicado um questionário para os moradores das casas que concordaram em participar do estudo. Os questionários foram preenchidos durante todo o período de monitoramento, para avaliar o desempenho conforto e higiene na utilização das bacias. Procurou-se obter através do questionário informações como quantidade de moradores, horários que costumavam ficar em casa, horários de pico de uso do banheiro, etc. Além do questionário, foram realizadas visitas a cada 20 dias para análise do processo, visando identificar eventuais problemas. Em linhas gerais não foram reportados problemas relevantes no período de monitoramento.

2.2.1.2 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA:

O monitoramento do consumo de água das bacias de 4,8 litros foi realizado por 7 meses. Durante o monitoramento verificou-se que o consumo de água por descarga ficou próximo de 4,8 litros, indicando que não houve alteração em campo do resultado obtido em laboratório. No entanto, em 5 casas (11, 13, 15, 17 e 19) observou-se acionamentos sucessivos demonstrando que um único acionamento de 4,8 litros não foi suficiente para fazer a limpeza.

As tabelas a seguir mostram a diferença entre uma descarga com um acionamento único e outra com dois acionamentos sucessivos. A primeira coluna mostra o dia e a hora, a segunda coluna mostra o intervalo entre as medições, que foi definido 1 minuto, e a terceira coluna mostra o volume consumido pela bacia sanitária no período entre a medição anterior e a medição atual. Na figura 19 podemos verificar que em um determinado momento passaram 5 litros enquanto na figura 20 pode-se verificar que em um intervalo bastante curto passaram 8 litros, demonstrando que 4,8 litros não foram suficientes para realizar a limpeza.

CASA 11

e hora	Tempo entre mc	Volume de descarga (L)
21/09/2015 03:33:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:34:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:35:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:36:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:37:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:38:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:39:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:40:00	00:01:00	2
21/09/2015 03:41:00	00:01:00	3
21/09/2015 03:42:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:43:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:44:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:45:00	00:01:00	0

Figura 19 – Registro de um acionamento

CASA 11

Data e hora	Tempo entre mc	Volume de descarga (L)
04/12/2015 13:16:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:17:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:18:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:19:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:20:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:21:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:22:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:23:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:24:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:25:00	00:01:00	2
04/12/2015 13:26:00	00:01:00	4
04/12/2015 13:27:00	00:01:00	2
04/12/2015 13:28:00	00:01:00	0

Figura 20 – Registro de acionamentos sucessivos

2.2.1.3 MONITORAMENTO DA REDE DE ESGOTO:

O monitoramento da rede de esgoto foi realizado por meio de seis filmagens ao longo de todo o período da pesquisa, conforme representado na tabela a seguir:

Tabela 2 – principais atividades do período de monitoramento

Atividade	Data
Início do monitoramento do consumo de água	14/08/2015
Limpeza da tubulação e primeira filmagem da rede de esgoto	28/08/2015
Substituição das bacias sanitárias	15 a 17/09/2015
Segunda filmagem da rede de esgoto	19/11/2015
Terceira filmagem da rede de esgoto	28/01/2016
Quarta filmagem da rede de esgoto	03/03/2016
Quinta filmagem da rede de esgoto	12/04/2016

A filmagem inicial foi realizada antes da troca das bacias sanitárias e as demais filmagens foram realizadas após a instalação da bacia sanitária de 4,8 litros. Após a primeira filmagem e antes da instalação das bacias de 4,8 litros foi realizada a limpeza da tubulação, evitando que a sujeira acumulada na rede até aquele momento tenha interferência no resultado do estudo.

Para simplificar a análise, foram definidos 2 trechos para a filmagem conforme figura a seguir:

Trecho 1:
 Diâmetro 150 mm
 Material: PVC
 Declividade: 8,9%
 Extensão: 41 m



Trecho 2:
 Diâmetro 150 mm
 Material: PVC
 Declividade: 1,4%
 Extensão: 28 m

Figura 21 – Descrição dos trechos de filmagem

Os subitens a seguir apresentam o relato das principais constatações das quatro filmagens realizadas após a substituição das bacias.

Filmagem inicial: durante esta filmagem não foram constatadas ocorrências na tubulação que pudessem interferir no estudo. Foi encontrado um galho atravessado no trecho 1, que foi removido. Apesar disso não havia acúmulo de resíduos próximo a ele, portanto não estava interferindo no escoamento. Nenhuma outra ocorrência foi verificada na filmagem inicial.



Figura 22 - Galho atravessado no trecho 1

Segunda filmagem da rede de esgoto: na segunda filmagem, foi identificado que no trecho de filmagem 1, a 3m do PV 2, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólidos e líquidos, conforme figura 23; A 14 metros do PV 1, neste mesmo trecho, a tubulação começa a ficar escura, o que indica que a tubulação esteve cheia recentemente, conforme figura 24, e no trecho 2, a 15 m do PV 3 foi constatada uma obstrução conforme figura 25.



Figura 23 – Ilustração do trecho afogado



Figura 24 – Ilustração do trecho onde a tubulação esteve cheia



Figura 25 – Ilustração do trecho com obstrução

Terceira filmagem da rede de esgoto: Na terceira filmagem da rede de esgoto, foi constatado que a tubulação estava afogada no trecho 1, próximo ao PV2, conforme ilustra a figura 26 e 27. Neste mesmo treco, a 21 m do PV2 a tubulação começa a ficar escura, sugerindo que a tubulação esteve cheia recentemente, conforme figura 28.

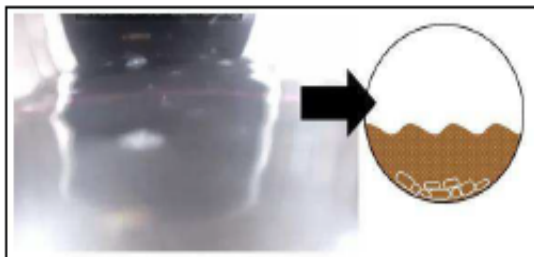


Figura 26 – Ilustração de trecho afogado



Figura 27 – Ilustração do trecho afogado



Figura 28 – Ilustração do trecho afogado

Quarta filmagem da rede de esgoto: na quarta filmagem, o PV2 demonstrou que esteve cheio de esgoto recentemente conforme figura 29. No trecho 1 a tubulação estava afogada próximo ao PV2 conforme figura 30.



Figura 29 – Ilustração do trecho onde a tubulação esteve cheia

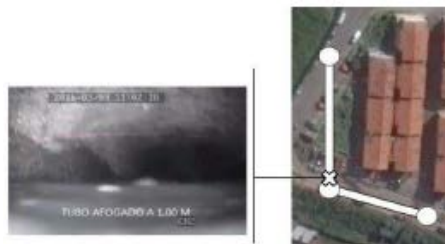


Figura 30 – Ilustração do trecho afogado

No mesmo trecho, a 20 m do PV2, foi constatado que a tubulação estava toda escura, sugerindo que esteve cheia recentemente, conforme figura 31. No trecho 2 a tubulação estava afogada próximo ao PV3, conforme figura 32.



Figura 31 – Ilustração de trecho onde a tubulação esteve cheia



Figura 32 – Ilustração de trecho afogado

Quinta filmagem da rede de esgoto: na quinta e última filmagem da rede de esgoto ainda havia acúmulo de sólidos e a tubulação estava afogada no trecho 1, próximo ao PV2, conforme ilustra a figura 33. No mesmo trecho, a 20 m do PV2 a tubulação estava escura, indicando que a tubulação esteve cheia recentemente, conforme figura 34. No trecho 2 foi constatado que a tubulação estava afogada próximo ao PV3, conforme ilustra a figura 35.



Figura 33 – Ilustração de trecho com acúmulos de sólidos e tubulação afogada



Figura 34 – Ilustração de trecho onde a tubulação esteve cheia



Figura 35 – Ilustração de trecho afogado

Como podemos analisar na sequência de filmagens, verificou-se um acúmulo progressivo de sólidos na rede pública de esgoto. Em função deste acúmulo decidiu-se então averiguar se a declividade da rede estava adequada e se a velocidade era menor que a velocidade crítica, o que poderia ter prejudicado o resultado. Para verificar se a declividade da rede seria maior que a mínima admissível, utilizou-se o método da tensão trativa, através das equações (1) e (2) a seguir:

Tem-se que a tensão trativa $\sigma = \gamma R_H I$, equação (1), e
 A velocidade $V = 6 \sqrt{(g R_H)}$ equação (2),

Onde: σ = Tensão trativa $\geq 1,0$ Pa

γ = Peso específico do fluido, no caso, 10^4 N/m³ para o esgoto

R_H = Raio Hidráulico, 0,0446 m (diâmetro 150mm e lâmina d'água 75% do diâmetro)

I = Declividade do trecho

g = 9,8 m/s²

Desta forma, a declividade dos trechos 1 e 2 deve ser maior ou igual a 0,0022m/m, e a velocidade V maior que a velocidade crítica: 5m/s. Assim, utilizando as grandezas disponíveis, verificou-se que ambos os trechos atendem o critério da tensão trativa e possuem declividade maior que a mínima necessária e a velocidade maior que a velocidade crítica. Contudo, foram verificados pontos de acúmulo de sólidos em ambos os trechos, indicando que a declividade não é suficiente para atender esta situação.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

Analisando isoladamente a bacia, podemos concluir que a substituição de bacias sanitárias de 6,8 para 4,8 litros por descarga reduz o consumo de água em 2 litros a cada descarga. Entretanto, a redução do consumo deve estar aliada ao desempenho da bacia sanitária para que a redução do consumo ocorra. Caso a bacia sanitária não apresente um desempenho satisfatório para o usuário, o mesmo terá que dar duas ou mais descargas e a redução não ocorrerá.

O estudo apresentado demonstrou redução no consumo de água de apenas 5 das 10 bacias sanitárias instaladas, indicando que alguns moradores tiveram que dar descargas sucessivas para fazer a limpeza das bacias. Embora haja apenas 2 relatos de descargas sucessivas nos questionários realizados durante o estudo, a análise dos dados de monitoramento indica a presença de acionamentos sucessivos em pelo menos 5 das 10 casas monitoradas, ou seja, novo acionamento em até 60 segundos após a última medição realizada. A tabela 3 a seguir apresenta uma comparação do volume de água consumido em bacia sanitária, por habitante de cada casa participante do estudo. Podemos observar que as residências onde tivemos acionamentos sucessivos (11, 13, 15, 17 e 19) apresentaram aumento do consumo de água da bacia por morador após a troca.

Tabela 3 - volume de água consumido em bacia sanitária por habitante

Número da casa	Modelo da Bacia	Consumo médio diário				Quantidade de moradores	Variação percentual (%)
		<u>Da bacia antes da troca</u> (litros/dia)	<u>Da bacia após a troca</u> (litros/dia)	<u>Por morador antes da troca</u> (litros/dia)	<u>Por morador após a troca</u> (litros/dia)		
3	11	35	22,7	17,5	11,4	2	-35
5	11	23,9	21,1	12	10,6	2	-12
7	2	37,9	25,4	12,6	8,5	3	-33
11	13	56,8	127,9 (*)	15,2	25,6	5	61
13	13	25	36,9	12,5	18,5	2	48
15	15	103,9	114,1 (**)	20,8	22,8	5	10
17	15	44	58,5	14,7	19,5	3	33
19	20	45,9	63,5	11,5	15,9	4	38
21	20	42,8	33,2	21,4	16,6	2	-22
25	2	81,1	78,3 (*)	27	26,1	3	-3
	Média	49,5	58,2	16,6	17,6		

(*) Foi identificado um vazamento nas instalações hidráulicas da residência durante o monitoramento.

(**) Houve aumento da quantidade de moradores durante o monitoramento.

As casas 3, 5, 7 e 21 apresentaram redução significativa do consumo de água das bacias sanitárias. A casa 25, que tem o mesmo modelo de bacia da casa 7, reduziu 3%, entretanto a casa 7 reduziu 33%. As casas 11, 13, 15, 17 e 19 apresentaram aumento do consumo de água com aumento expressivo na quantidade de descargas por morador. A tabela 4 a seguir demonstra o aumento na quantidade de descargas por habitante por dia, justificando o aumento do consumo.

Tabela 4 – quantidade de descargas por habitante por dia

Número da casa	Modelo da Bacia	Quantidade de descargas por habitante por dia	
		Bacia de 6,8 l/descarga	Bacia de 4,8 l/descarga
3	11	2,6	2,4
5	11	1,8	2,2
7	2	1,9	1,8
11	13	2,3	5,3
13	13	1,8	3,9
15	15	3,1	4,8
17	15	3,3	4,1
19	20	1,7	3,3
21	20	3,1	3,5
25	2	3,9	5,4
	Média	2,6	3,7

Partindo para uma análise do sistema de esgoto, as filmagens demonstraram acúmulos de sólidos ao longo do monitoramento. Ao todo foram realizadas cinco filmagens na rede pública de esgoto. A partir da segunda filmagem já foi verificado acúmulo de sólidos na tubulação, que pode ter sido ocasionado pela redução do volume de água lançado na rede pública de esgotos. O depósito de sólidos continuou sendo verificado até o final do estudo, sendo que foi observado aumento dos pontos de acúmulos a cada filmagem. Portanto, é possível afirmar que a substituição de bacias de 6,8 por bacias de 4,8 litros por descarga pode causar impacto negativo no desempenho do sistema de esgotos sanitários. Desta forma, deve haver restrições para o uso desta bacia de 4,8 litro por descarga. A tabela 5 a seguir apresenta o resumo dos resultados das filmagens:

Tabela 5 - resumo dos resultados das filmagens

Atividade	Data	Resultado da filmagem
Início do monitoramento do consumo de água – filmagem inicial	14/08/2015	Não foram constatados danos na rede
Segunda filmagem da rede de esgoto	19/11/2015	Tubulação afogada no trecho 1 e obstrução no trecho 2
Terceira filmagem da rede de esgoto	28/01/2016	Tubulação afogada no trecho 1. Não foi possível verificar o trecho 2 por problemas técnicos.
Quarta filmagem da rede de esgoto	03/03/2016	Tubulação afogada no trecho 1, PV2 estava cheio, obstrução no trecho 2 e tubulação afogada próximo ao PV3
Quinta filmagem da rede de esgoto	12/04/2016	Tubulação afogada no trecho 1, acúmulo de sedimentos próximo ao PV2, tubulação afogada próximo ao PV3.

Ao longo das filmagens, mesmo com a alta declividade do trecho 2, verificou-se que ao longo do tempo, os pontos de acúmulo aumentaram tanto em quantidade como em dimensões. Revisitando os resultados da etapa laboratorial, verifica-se que os resultados dos ensaios previstos nas atuais Normas para bacias de 6,8 litros foram atendidos, indicando que estes ensaios não são suficientes para determinar o desempenho das bacias sanitárias em campo.

CONCLUSÕES

A realização de ensaios laboratoriais demonstrou que a redução do volume de água por descarga pode ser uma solução viável para reduzir o volume de água potável consumido em edificações. Foram ensaiadas bacias projetadas para funcionar com 4,8 litros por descarga e bacias projetadas para 6,8 litros por descarga e reguladas para 4,8 litros por descarga. Dessas últimas, todas foram reprovadas nos ensaios laboratoriais ao não atender os requisitos mínimos exigidos nas Normas vigentes. Isso comprova que a simples redução no nível de água na caixa de descarga não é uma solução viável para reduzir o volume de água consumido pelas bacias e reflete a necessidade de evolução das bacias sanitárias.

O principal problema ocorre no desempenho do sistema de esgotos sanitários. A redução do volume por descarga sem o estudo aprofundado dos efeitos gerados no sistema, pode causar depósitos de sólidos na tubulação, levando a entupimentos. Das 20 bacias ensaiadas, 80% atenderam a este requisito (transporte de sólidos), que está previsto na normalização atual. Na etapa de campo, verificou-se que os modelos de 4,8 litros/descarga aprovados na etapa laboratorial apresentaram desempenho distinto quando instalados em campo, variando de redução até aumento do consumo de água, em relação às bacias de 6,8 litros/descarga.

As bacias sanitárias de melhor desempenho em campo, ou seja, as que trouxeram redução do consumo de água e não apresentaram problemas aos usuários, foram aquelas com bom desempenho no ensaio de pasta de soja encapsulada, que não faz parte dos ensaios previstos na normalização nacional. Isso pode ser um indicador que o ensaio de transporte de pasta de soja é adequado para avaliar bacias sanitárias de 4,8 litros por descarga.

No estudo de campo, embora os usuários não tenham relatado problemas no desempenho das bacias sanitárias, o monitoramento dos dados revelou a presença de acionamentos sucessivos em algumas residências, que refletiu no aumento do consumo de água das residências após a troca das bacias sanitárias. Esta constatação ressalta a afirmação de que a redução do consumo de água não pode ser obtida apenas com a redução do volume por descarga, sem que a bacia atenda aos requisitos mínimos de funcionamento para o novo volume estipulado.

Houve redução do consumo de água em apenas 5 das 10 casas monitoradas, no entanto, o volume médio utilizado nas bacias sanitárias não reduziu, indicando a existência de acionamentos sucessivos. Mesmo com a declividade do coletor horizontal acima da declividade mínima admissível, verificou-se depósitos de sólidos na tubulação ao longo de todo o monitoramento, o que não ocorria anteriormente com as bacias de 6,8 litros por descarga. Contudo podemos concluir que a redução do volume por descarga de 6,8 para 4,8 litros pode ocorrer, mas ainda necessita uma evolução, pois a maioria das peças ensaiadas não atendeu aos requisitos mínimos de desempenho e as que atenderam ocasionaram acúmulos de sólidos na rede coletora de esgotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKIYAMA, K., OTSUKA, M., SHIGEFUJI, H. *A study on a method of predicting the discharge characteristics of water savings toilets when installed to the fixture drain. International Symposium CIB W62 on water supply and drainage for buildings, 39th, 2013, Nagano, Japão. Water Supply and Drainage for Buildings. Nagano: The international Council for Research and Innovation, Commission CIB W62, 2013. Pp 185-196.*
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgotos sanitários – Projeto e execução. São Paulo: ABNT, 1999.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. São Paulo: ABNT, 1986.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.097: Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2011.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.491: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias – Requisitos e métodos de ensaio São Paulo: ABNT, 2010.
6. GAULEY, B. KOELLER, J. *Evaluation of low-flush-volume toilet technologies to carry waste in drainlines: A Canada Mortgage and Housing Corporation Project*. Mississauga; Yoba Linda: Gauley and Koeler, 2003.
7. PERC. The Drainline Transporte of Solid Waste in Buildings. Plumbing Efficiency Research Coalition – PERC, 2012.
8. VALÊNCIO, I. P. Desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário com uso de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros.