

Condições-limite para utilização do sistema de tubo de queda único nos sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário residencial

Limit conditions for the use of single stack in residential building sanitary sewer systems

Vera Maria Cartana Fernandes
Orestes Marraccini Gonçalves

Resumo

Este artigo apresentada algumas condições-limite de utilização do sistema de tubo de queda único em sistemas de esgoto sanitário residencial, através da avaliação das condições de ventilação dentro desses sistemas. Foram realizados ensaios em protótipos de sistemas prediais de esgoto sanitário residencial, usando tipologias de edificações brasileiras, em que foram analisadas as pressões em diversos pontos dos sistemas, como também o comportamento dos fechos hídricos dos desconectores. Os protótipos foram ensaiados com diversos arranjos de descarga e diâmetros de tubulações, todos dotados apenas da ventilação primária. O objetivo desta pesquisa é proporcionar aos projetistas de sistemas hidráulicos prediais condições mais seguras de utilização desse tipo de subsistema de ventilação, o qual foi introduzido na última revisão da NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução – Procedimento.

Palavras-Chave: sistemas prediais; sistema predial de esgoto sanitário; sistema de ventilação; ventilação primária.

Abstract

This article presents some limit conditions for the use of single stack in residential building sanitary sewer systems, through the evaluation of the ventilation conditions inside those systems. Tests were performed in prototypes of building sanitary sewer systems, considering Brazilian building typologies, in which the pressures in different points of the systems were evaluated, as well as the behaviour of seal traps. The prototypes were tested with several sanitary appliance flow arrangements and different diameters, all of them having only primary ventilation. The aim of this study is to provide building drainage system designers with safer conditions for using that type of ventilation system, which was introduced in the latest revision of NBR 8160 – Building Sanitary Sewer Systems – Design and execution – Procedures.

Keywords: building systems, sanitary sewer systems, ventilation systems, primary ventilation

Vera Maria Cartana Fernandes
Programa de Pós-graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
BR 285, km 171,
Bairro São José
Passo Fundo – RS – Brasil
CEP 99001-970
Tel.: (54) 316 8233
E-mail: cartana@upf.br

Orestes Marraccini Gonçalves
Departamento de Engenharia de
Construção Civil
Universidade de São Paulo
Av. Professor Almeida Prado, Trav. 2,
Ed. Engenharia Civil
Cidade Universitária
São Paulo – SP – Brasil
Tel.: (11) 3818-5458
E-mail: orestes.goncalves@poli.usp.br

Recebido em 16/11/04
Aceito em 08/11/05

Introdução

Com o crescimento dos aglomerados urbanos e a disponibilidade de água no interior das edificações, tornou-se necessário um encaminhamento adequado para essa água, resultante dos diversos usos que se desenvolvem dentro das edificações, a qual se convencionou chamar de despejo líquido.

Assim, para o adequado encaminhamento do despejo líquido foram criados os sistemas prediais de esgoto sanitário, os quais, durante muito tempo, foram executados sem nenhum cuidado com a entrada de odores para os ambientes, de forma a comprometer as condições sanitárias dos edifícios.

Na tentativa de solucionar esse problema, diversos tipos de sistemas de esgoto sanitário foram propostos, como o que preconizava a separação entre os despejos das bacias sanitárias e aqueles das outras águas servidas, o que não resultou em nenhuma melhora em relação à entrada de odores para o meio ambiente.

A solução caminhou para a instalação de desconectores, os quais mantêm certa quantidade de água, denominados de fecho hídrico, que bloqueia a passagem de odor do sistema para o meio ambiente.

A partir daí, os esforços foram concentrados no sentido de manter a integridade dos fechos hídricos dos desconectores, o que somente obteve solução com a colocação do sistema de ventilação, que possui como principal função equilibrar as pressões dentro do sistema de esgoto sanitário e, dessa forma, evitar o rompimento dos fechos hídricos.

Assim, os sistemas de ventilação passaram a ser motivo de estudo para se chegar ao mais eficiente e mais econômico. Dentro deste estudo existe o sistema denominado de tubo de queda único, que apresenta somente a ventilação primária como forma de equilibrar as pressões e manter a integridade dos fechos hídricos dos desconectores. Esse sistema foi introduzido na última versão da NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução (ABNT, 1999).

Pretende-se, com o resultado desta pesquisa, apresentar algumas condições-limite para a utilização deste sistema de ventilação em instalações de esgoto sanitário de banheiros de edifícios residenciais, através da análise das pressões que se desenvolvem no interior das tubulações e do comportamento dos fechos hídricos dos desconectores, presentes nestes sistemas.

Estudo experimental

De acordo com o objetivo pretendido com esta pesquisa, são analisadas as condições de ventilação dentro dos sistemas de esgoto sanitário quando da utilização do sistema dotado apenas de ventilação primária.

Foram realizadas medidas em protótipos de sistemas de esgoto sanitário, onde se analisaram as variações das pressões no interior das tubulações e, conseqüentemente, o comportamento dos fechos hídricos dos desconectores devido a essas variações.

Os ensaios foram realizados em protótipos, em verdadeira grandeza, de sistemas de esgoto sanitário utilizados no Brasil, montados no Laboratório de Sistemas Prediais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Montagem do aparato experimental

Os protótipos foram executados na torre hidráulica do Laboratório de Sistemas Prediais do edifício da Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Essa torre compõe-se de oito pavimentos, tendo cada um deles 12 m² de área.

A torre hidráulica possui infra-estrutura básica, de forma a possibilitar a montagem de protótipos de sistemas hidráulicos prediais, composta de tubulações aparentes acomodadas em dutos localizados próximos às paredes externas. Além disso, possui sistema elétrico e sistema de ar comprimido.

O sistema predial de água fria é composto de um reservatório inferior localizado no primeiro pavimento, junto a um sistema de recalque, formado por um conjunto de três bombas ligadas em paralelo, e um reservatório superior, localizado no oitavo pavimento, cujo barrilete de distribuição fica no teto do sétimo pavimento e faz a distribuição para os demais pavimentos por meio de colunas localizadas nos dutos.

Para a realização dos ensaios foram executados protótipos básicos em verdadeira grandeza, de banheiro de edifício residencial típico, como pode ser visto na Figura 1.

Nos protótipos foram reproduzidas as montagens típicas das instalações que formam os ambientes sanitários escolhidos para os ensaios.

Caracterização dos aparelhos sanitários e do sistema de abastecimento de água

Constitui premissa da montagem dos protótipos a representação do que é mais usual nas edificações brasileiras. Assim, nos protótipos foram utilizadas bacias sanitárias com caixa acoplada, com dois volumes diferentes de descarga, ou seja, as chamadas de volumes convencionais, por serem ainda as mais utilizadas no país, e as denominadas de volume de descarga reduzido. O Quadro 1 mostra as características dos dois tipos de bacias sanitárias.

Quanto ao chuveiro e o lavatório, estes não foram instalados, porém as suas respectivas vazões foram descarregadas diretamente em caixas sifonadas, com a dimensão de 150 mm x 150 mm x 50 mm, com altura de fecho hídrico de 40 mm, conforme a Figura 2.

A alimentação dos aparelhos sanitários foi realizada através do sistema de água fria existente

na torre hidráulica, com as colunas derivadas do barrilete situado no sétimo pavimento, e os ramais e sub-ramais de alimentação dos diversos aparelhos presentes em cada pavimento, derivados das respectivas colunas.

No ramal de alimentação foi instalado um hidrômetro para medir as diversas vazões que foram ensaiadas. No sub-ramal de alimentação da caixa acoplada da bacia sanitária foi instalada uma válvula solenóide, de forma a garantir que após cada descarga a caixa fosse sempre preenchida com o mesmo volume.

No sub-ramal de alimentação da caixa sifonada, também foi colocada uma válvula solenóide e foi instalado um registro de gaveta, com a finalidade de regular a vazão que vai ser descarregada na caixa, ou seja, vazão dos lavatórios, apenas, ou do lavatório e do chuveiro conjuntamente. A Figura 3 ilustra a alimentação de água fria nos protótipos.

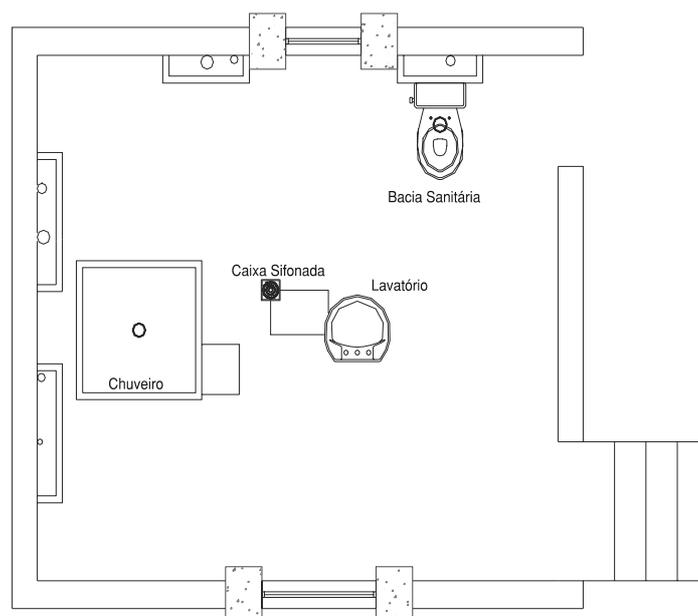


Figura 1 - Planta baixa do protótipo de banheiro de edifício residencial típico

Aparelho Sanitário	Volume (litros)	Dimensões Externas (m)	Altura do Fecho Hídrico (mm)	Marca
Bacia sanitária com caixa acoplada	11,5	0,40 x 0,41	50	Ideal Standard Carine
Bacia sanitária com caixa acoplada	6,0	0,38 x 0,37	50	Ideal Standard Oriane

Quadro 1 - Características das bacias sanitárias

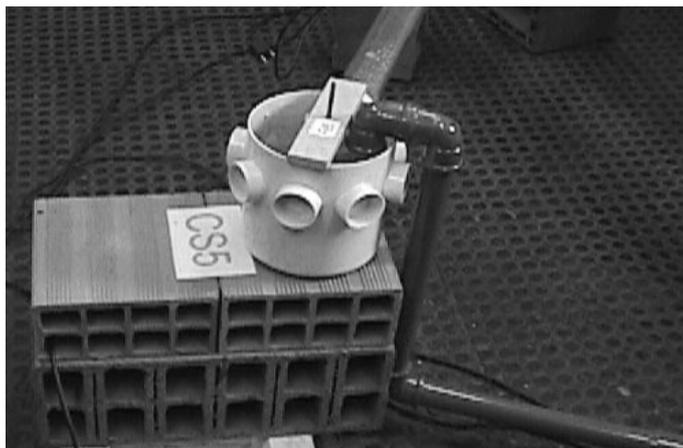


Figura 2 - Alimentação da caixa sifonada nos protótipos



Figura 3 - Detalhe da alimentação da água fria nos protótipos

Caracterização do sistema de esgoto sanitário e ventilação

As tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário e do subsistema de ventilação que formam os protótipos foram dimensionadas de duas formas, ambas contempladas na NBR 8160 (ABNT, 1999). A normalização também foi seguida no que se refere a todos os outros itens, tais como diâmetros máximos e mínimos e declividade das tubulações.

Todos os trechos foram montados com tubulações com juntas elásticas, de forma a proporcionar flexibilidade na montagem das diversas configurações. As juntas foram todas vedadas com silicone, evitando assim infiltrações, tanto de água como de ar.

A Figura 4 mostra o detalhe de esgoto da configuração do banheiro de edifício residencial somente com a ventilação primária. As tubulações

de descarga das bacias sanitárias, do ramal de esgoto e do tubo de queda foram ensaiadas com diâmetros de 100 mm e 75 mm.

Descrição dos pontos de medida nos protótipos

Para o estudo das condições de ventilação nos sistemas de esgoto sanitário, é necessário o conhecimento do comportamento das pressões que se desenvolvem no interior das tubulações, quando ocorre o escoamento dos aparelhos sanitários. Dessa forma, neste trabalho são avaliadas as pressões em pontos estratégicos do sistema. Também foi realizada a medição dos fechos hídricos dos desconectores presentes nestas instalações, para a verificação da ocorrência ou não dos fenômenos de auto-sifonagem, sifonagem induzida e sobrepressão.

Para o estudo do comportamento das pressões que ocorrem ao longo do tubo de queda, os pontos de

medição foram posicionados no ramal de esgoto, próximo à conexão com o tubo de queda, de acordo com estudos já desenvolvidos (MONTENEGRO, 1987; CHENG, 1996; SANTOS, 1998).

Além das medidas de pressões, próximas ao tubo de queda, também foram realizadas medidas em cada uma das tubulações horizontais que compõem os cinco pavimentos tipo, de modo a permitir o conhecimento das pressões que ocorrem no interior

dessas instalações devido à vazão que passa pelo tubo de queda, e as provenientes das descargas dos aparelhos sanitários instalados no próprio pavimento.

Os pontos de medida de pressão e de fecho hídrico para o protótipo de banheiro de edifício residencial foram distribuídos de acordo com as Tabelas 2 e 3. A Figura 5 ilustra o posicionamento deles no protótipo.

Pontos de medição de pressão	Pavimento						
	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°
Tubo ventilador primário	PH8	-	-	-	-	-	-
Ramal de descarga da bacia sanitária	-	-	PA6	PA5	-	PA3	-
Ramal de esgoto da caixa sifonada	-	-	PB6	PB5	-	PB3	-
Ramal de esgoto próximo ao TQ	-	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	-
Subcoletor	-	-	-	-	-	-	PF2/PG2

Nota: TQ – tubo de queda

Tabela 2 - Pontos de medida de pressão para o protótipo de banheiro residencial

Pontos de medição de altura do fecho hídrico	Pavimento				
	7°	6°	5°	4°	3°
Sifão da bacia sanitária	FD7	FD6	FD5	FD4	FD3
Caixa sifonada	FE7	FE6	FE5	FE4	FE3

Tabela 3 - Pontos de medida de altura de fecho hídrico no protótipo de banheiro residencial

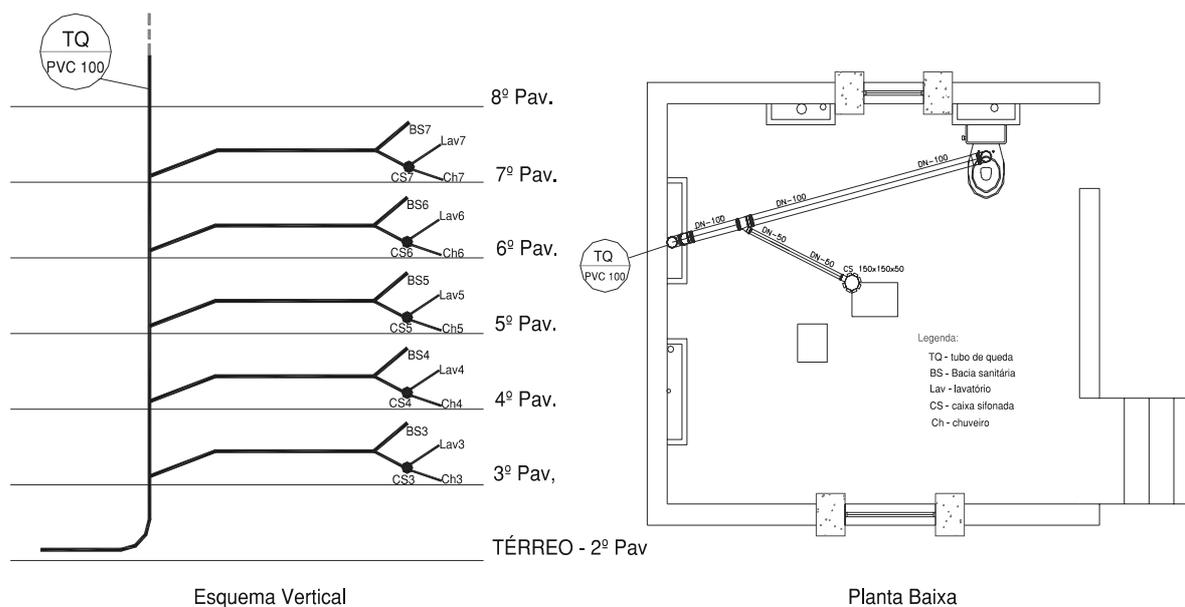
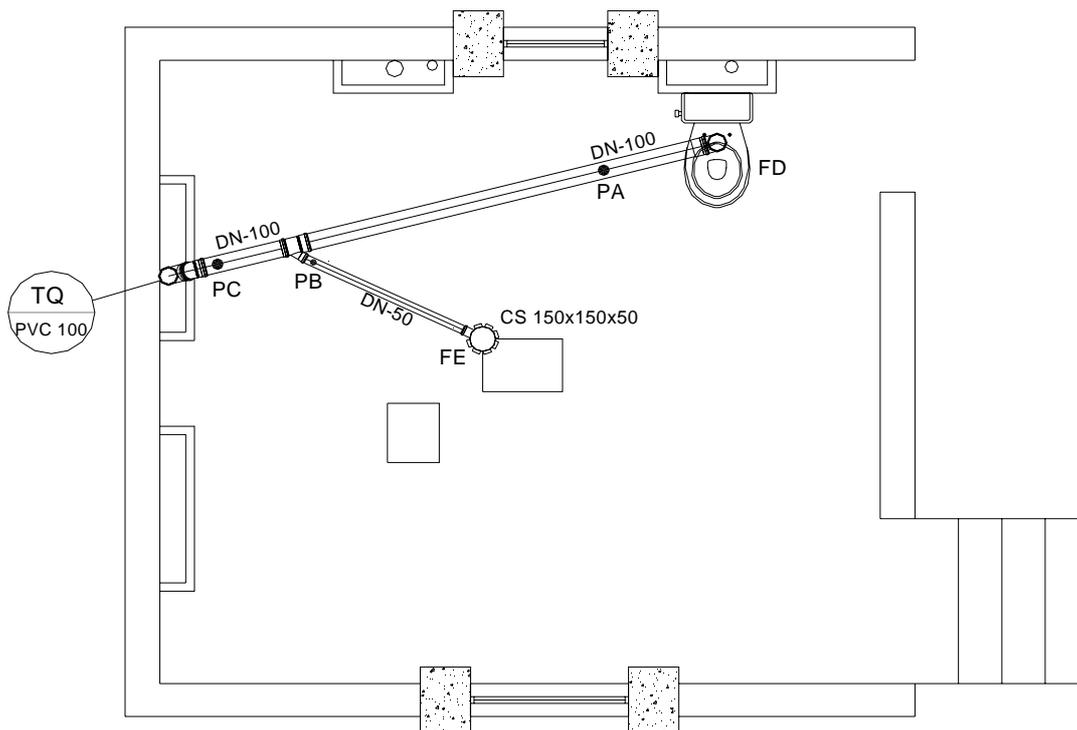


Figura 4 - Esquema vertical e planta do protótipo de banheiro de edifício residencial com a ventilação primária



Legenda: TQ – tubo de queda; CV – Coluna de ventilação; CS – Caixa sifonada; PA – Ponto de medida de pressão ramal de descarga / BS; PB - Ponto de medida de pressão ramal de esgoto / CS; PC - Ponto de medida de pressão ramal de esgoto / TQ; FD – Ponto de medida de fecho hídrico bacia sanitária; FE – Ponto de medida de fecho hídrico caixa sifonada

Figura 5 - Esquema dos pontos de medida de pressão e de altura de fecho hídrico para os protótipos

Descrição dos arranjos de descargas dos aparelhos

A determinação no número de aparelhos sanitários em descarga simultânea torna-se necessária para o conhecimento das vazões de esgoto que escoam pelas tubulações do sistema em estudo. Essa vazão, denominada de vazão de projeto, é função da simultaneidade de uso e da tipologia dos aparelhos sanitários.

Com base nesses princípios foram determinados o número de aparelhos a serem descarregados simultaneamente, de modo a simular nos cinco pavimentos úteis da torre hidráulica as vazões que ocorrem em edifícios com um número maior de pavimentos.

Vazão unitária dos aparelhos

As vazões unitárias dos aparelhos foram as recomendadas pela NBR 8160 (ABNT, 1999), com exceção das bacias sanitárias, cujas vazões de pico foram determinadas em laboratório:

(a) Vazão de bacia sanitária com volume de 11,5 litros = 0,73 L/s;

(b) Vazão de bacia sanitária com volume 6,0 litros = 0,87 L/s

(c) Vazão de lavatório = 0,15 L/s

(d) Vazão de chuveiro = 0,20 L/s

Arranjo de descarga das configurações

Os arranjos de descarga utilizados nos ensaios para o protótipo de banheiro de edifício residencial estão apresentados na Tabela 4.

As caixas sifonadas foram ensaiadas simulando a vazão equivalente a um chuveiro e um lavatório simultaneamente.

A partir da Tabela 4, com vazões unitárias dos aparelhos, as vazões de projeto empregadas foram as seguintes:

(a) no caso dos ensaios com a bacia sanitária de 11,5 litros:

Da – 3,24 L/s;

Dc – 2,16 L/s;

Df – 1,08 L/s.

(b) no caso dos ensaios com a bacia sanitária de 6,0 litros:

Da – 3,66 L/s;

Dc – 2,44 L/s;

Df – 1,22 L/s.

Aparelhos Sanitários	Combinação da Descarga		
	Da	Dc	Df
Bacia sanitária do sétimo pavimento			
Bacia sanitária do sexto pavimento			
Bacia sanitária do quinto pavimento			
Caixa sifonada do sétimo pavimento			
Caixa sifonada do sexto pavimento			
Caixa sifonada do quinto pavimento			

Nota: Da: três pav. Descarregando; Dc: dois pav. descarregando e Df: um pavimento descarregando.

Tabela 4 - Arranjos de descargas para os protótipos

Apresentação dos resultados

A análise realizada neste artigo é em função da máxima vazão descarregada (Da) relacionada com os tipos de bacias sanitárias e o diâmetro do ramal de descarga da bacia e do tubo de queda, fazendo-se a relação com o comportamento dos fechos hídricos dos desconectores, para cada um dos protótipos ensaiados.

Assim, a análise está dividida da seguinte forma: comportamento das depressões máximas; comportamento das pressões positivas máximas; e comportamento dos fechos hídricos dos desconectores.

No protótipo de banheiro de edifício residencial, conforme descrito anteriormente, foram ensaiadas bacias sanitárias, com volume de descarga de 11,5 litros e de 6,0 litros, e para cada um desses tipos foram utilizados dois diâmetros no ramal de descarga da bacia sanitária e do tubo de queda, quais sejam: 100 mm e 75 mm.

Comportamento das depressões máximas

No caso da depressão máxima no tubo de queda, o ponto analisado foi (PC), como mostra a Figura 5.

As Figuras 6 e 7 mostram o comportamento das depressões no tubo de queda, quando foi realizada a mudança de diâmetros, para o caso da bacia sanitária de 11,5 litros e de 6,0 litros, respectivamente.

Para as depressões máximas no ramal de descarga das bacias sanitárias, o ponto analisado foi o (PA), como mostra a Figura 5. Os resultados podem ser observados nas Figuras 8 e 9, para os dois diâmetros ensaiados e para as bacias de 11,5 litros e de 6,0 litros, respectivamente.

Quanto às depressões máximas no ramal de esgoto da caixa sifonada, o ponto analisado foi o (PB), já apresentado na Figura 5. Neste caso os resultados podem ser vistos nas Figuras 10 e 11.

Comportamento das pressões positivas máximas

Assim como no caso das depressões, o ponto de análise das pressões positivas no tubo de queda foi também o (PC), apresentado na Figura 5.

Nas Figuras 12 e 13 pode-se ver o comportamento das pressões positivas, no tubo de queda, para os mesmos dois diâmetros ensaiados, para a bacia de 11,5 litros e 6,0 litros, respectivamente.

Comportamento dos fechos hídricos

Neste item analisamos o comportamento dos fechos hídricos dos desconectores presentes em cada um dos protótipos ensaiados.

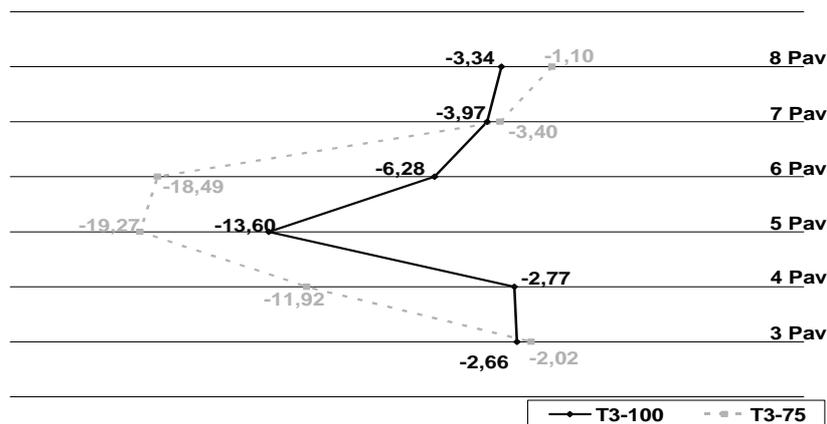
No protótipo de banheiro de edifício residencial foram ensaiadas bacias sanitárias de descarga de 11,5 litros e 6,0 litros, e para cada um desses tipos foram utilizados dois diâmetros do ramal de descarga da bacia sanitária e do tubo de queda, quais sejam, 100 mm e 75 mm.

Neste item os resultados são apresentados da seguinte forma: comportamento do fecho hídrico da bacia sanitária; e comportamento do fecho hídrico da caixa sifonada.

Como a finalidade deste item é apresentar as reduções ocorridas no fecho hídrico da bacia sanitária com as vazões de descarga, apresentamos apenas os resultados para as maiores vazões (Da).

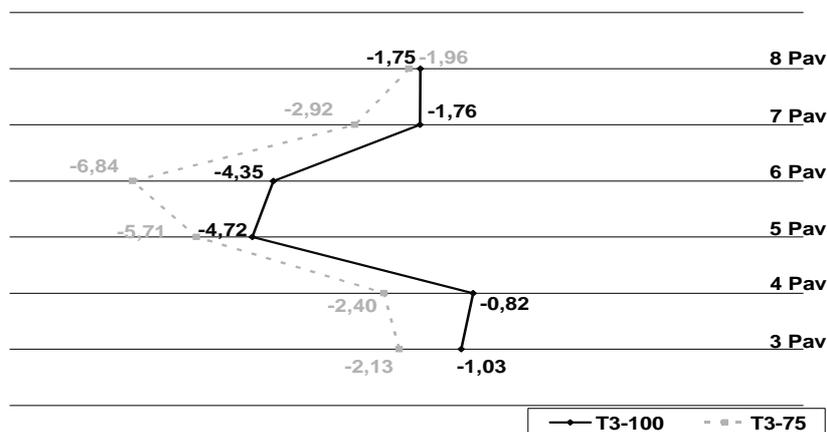
As Tabelas 5 e 6 mostram as perdas de fecho hídrico para as bacias sanitárias de 11,5 litros e 6,0 litros, respectivamente, com os diâmetros de 100 mm e 75 mm.

Já as Tabelas 7 e 8 apresentam as perdas de fecho hídrico para as caixas sifonadas, também para o caso de uso das bacias de 11,5 litros e 6,0 litros, respectivamente, e diâmetros de 100 mm e 75 mm.



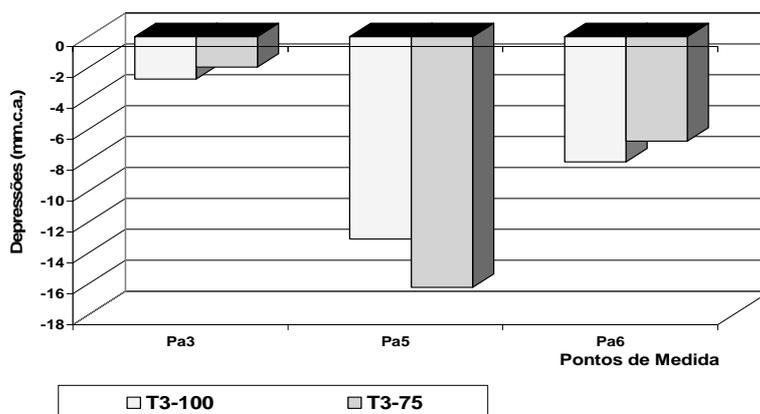
Nota: Vazão tipo Da = 3,24 L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 6 - Depressões máximas, em mm.c.a., no tubo de queda para o arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 11,5 litros



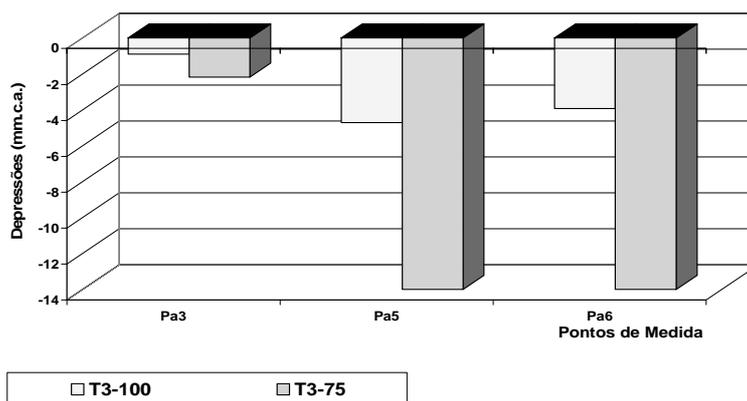
Nota: Vazão tipo Da = 3,66 L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 7 - Depressões máximas, em mm.c.a., no tubo de queda para o arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 6,0 litros



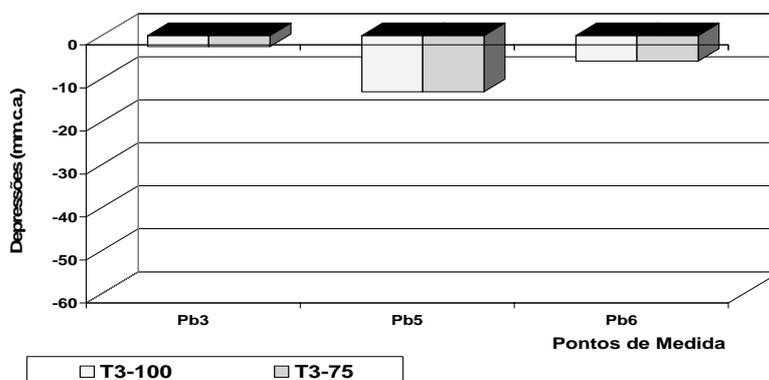
Nota: Vazão tipo Da = 3,24 L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 8 - Depressões máximas no ramal de descarga da bacia sanitária com arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 11,5 litros



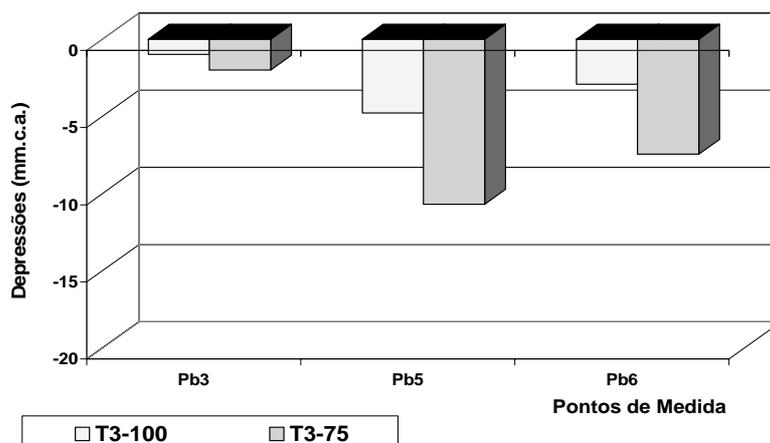
Nota: Vazão tipo $Da = 3,66$ L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 9 - Depressões máximas no ramal de descarga da bacia sanitária com arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 6,0 litros



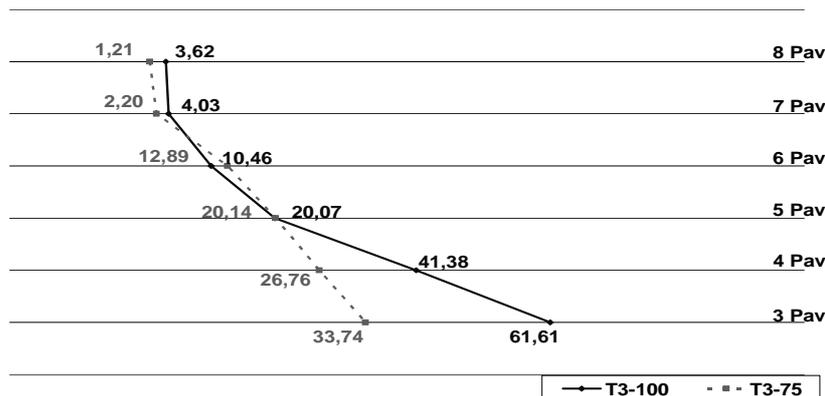
Nota: Vazão tipo $Da=3,24$ L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 10 - Depressões máximas no ramal de esgoto da caixa sifonada com arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 11,5 litros



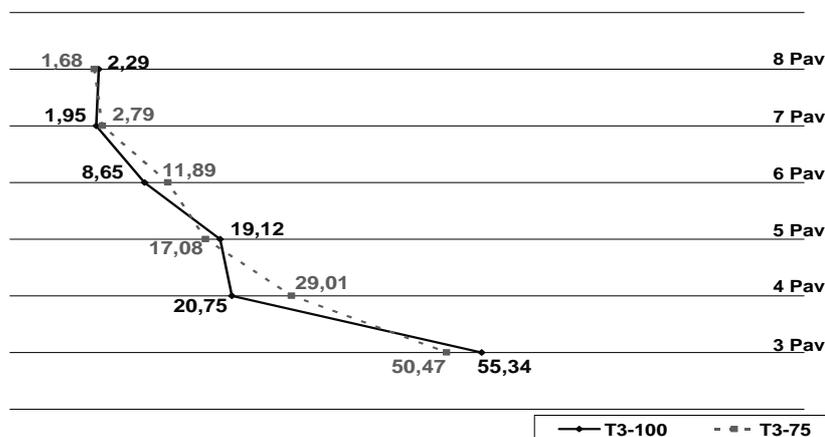
Nota: Vazão tipo $Da = 3,66$ L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 11 - Depressões máximas no ramal de esgoto da caixa sifonada com arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 6,0 litros



Nota: Vazão tipo Da = 3,24 L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 12 - Pressões positivas máximas, em mm.c.a., no tubo de queda para o arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 11,5 litros



Nota: Vazão tipo Da = 3,66 L/s, os três últimos pavimentos descarregando

Figura 13 - Pressões positivas máximas, em mm.c.a., no tubo de queda para o arranjo de descarga Da e diâmetros de 100 mm e 75 mm para bacia sanitária com volume de 6,0 litros

Diâmetros (mm)	Redução do fecho hídrico (mm)				
	BS 7º pav	BS 6º pav	BS 5º pav	BS 4º pav	BS 3º pav
100	0,00	0,00	0,00	3,66	0,00
75	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00

Tabela 5 - Redução no fecho hídrico da bacia sanitária com volume de 11,5 litros, com ramal de descarga e tubo de queda de 100 mm e 75 mm, vazão de descarga Da

Diâmetros (mm)	Redução do fecho hídrico (mm)				
	BS 7º pav	BS 6º pav	BS 5º pav	BS 4º pav	BS 3º pav
100	1,12	0,00	0,00	0,25	2,54
75	0,00	0,00	6,31	4,53	3,41

Tabela 6 - Redução no fecho hídrico da bacia sanitária com volume de 6,0 litros, com ramal de descarga e tubo de queda de 100 mm e 75 mm, vazão de descarga Da

Diâmetros (mm)	Redução do fecho hídrico (mm)				
	CS 7º pav	CS 6º pav	CS 5º pav	CS 4º pav	CS 3º pav
100	0,00	0,00	0,00	2,64	35,37
75	4,82	1,33	0,00	3,00	13,35

Tabela 7 - Redução no fecho hídrico da caixa sifonada para a vazão de descarga Da, com bacia sanitária de 11,5 litros de volume e ramal de descarga e tubo de queda de 100 mm e 75 mm

Diâmetros (mm)	Redução do fecho hídrico (mm)				
	CS 7º pav	CS 6º pav	CS 5º pav	CS 4º pav	CS 3º pav
100	3,19	0,00	0,00	0,95	42,32
75	0,00	0,00	0,00	3,19	20,62

Tabela 8 - Redução no fecho hídrico da caixa sifonada para a vazão de descarga Da, com bacia sanitária de 6,0 litros de volume e ramal de descarga e tubo de queda de 100 mm e 75 mm

Conclusões

Durante a realização deste trabalho foram aplicados alguns procedimentos de levantamento de dados propostos em outras pesquisas e foram incorporados novos, com a finalidade de alcançar os objetivos pretendidos com este trabalho.

Conforme apresentado no item anterior, a análise dos resultados foi dividida em itens, a partir dos quais se podem destacar as conclusões a seguir.

Os gráficos do comportamento das depressões permitem as seguintes conclusões:

(a) os resultados das depressões no tubo de queda apresentaram o comportamento esperado em relação ao local da máxima depressão, que foi para todas as vazões e protótipos ensaiados, logo a jusante do último pavimento que estava sendo descarregado;

(b) a análise das depressões no tubo de queda demonstrou que, para o caso da descarga sendo realizada nos pavimentos, mesmo com a maior vazão ensaiada, tipo Da e o tubo de queda com 75 mm de diâmetro, não ocorreram depressões significativas – o maior valor encontrado foi de -19,27 mm.c.a (-192,7 Pa), bem abaixo do máximo recomendado;

(c) o emprego da bacia sanitária com volume reduzido (6 litros), em substituição a de 11,5 litros, provocou redução nos valores das depressões no tubo de queda, em todos os sistemas de ventilação ensaiados, apesar de sua vazão de descarga média ser superior,

(d) a substituição do tubo de queda de 100 mm por um de 75 mm apresentou um excelente desempenho, considerando-se que em nenhum dos casos analisados apresentou valores de depressão

acima dos 37,5 mm.c.a (375 Pa), o que possibilita afirmar que sob o ponto de vista das máximas depressões é perfeitamente possível realizar essa substituição;

(e) a partir das duas últimas afirmações acima pode-se chegar a uma importante conclusão: a instalação de bacia sanitária de volume reduzido, além da economia de água, permite redução nos custos do sistema, pois permite a substituição do tubo de queda de 100 mm por um de 75 mm, com melhor desempenho que no caso da bacia de 11,5 litros, em que as depressões são maiores; e

(f) a utilização do sistema somente com a ventilação primária demonstrou ser viável na maioria dos casos estudados, desde que sejam respeitados os seus limites de utilização.

A apresentação e a análise do comportamento das pressões positivas máximas permitem as seguintes conclusões:

(a) as maiores pressões positivas no tubo de queda ocorreram nos primeiros pavimentos, para o caso da ventilação realizada com o tubo ventilador primário, alcançando valores acima do máximo recomendado de 37,5 mm.c.a (375 Pa), nos mesmos casos em que as depressões foram de baixas magnitudes – esse comportamento foi devido provavelmente à pequena distância entre o último ramal e a mudança de direção do tubo de queda;

(b) no caso da substituição do diâmetro do tubo de queda de 100 mm para o de 75 mm, o comportamento das pressões positivas foi inverso ao das depressões, ou seja, a redução no diâmetro reduziu o máximo valor da pressão positiva, o que já era esperado, uma vez que a distância não recomendada para ligação dos ramais passa de 4 metros para 3 metros; e

(c) pode-se dizer que, se as depressões máximas não são ultrapassadas, com o uso do sistema somente com a ventilação primária, basta efetuar as ligações dos primeiros pavimentos com o tubo de queda, seguindo a NBR 8160 (ABNT, 1999), que não serão criadas condições para o desenvolvimento de grandes pressões positivas que possam prejudicar o desempenho do sistema.

Com base no comportamento dos fechos hídricos dos desconectores, as principais conclusões são:

(a) com esta análise pode-se confirmar a afirmação feita por outros pesquisadores em relação ao fecho hídrico das bacias sanitárias, ou seja, estes aparelhos não estão sujeitos à ocorrência do fenômeno da auto-sifonagem, mesmo quando a ventilação é realizada somente com o tubo ventilador primário, e o tubo de queda e o ramal de descarga são de 75 mm;

(b) nas configurações ensaiadas, para o caso da descarga ser realizada nos pavimentos ou contínua no 8º pavimento, os fechos hídricos das bacias sanitárias não apresentaram perdas significativas de altura hídrica devido ao fenômeno da sifonagem induzida, considerando-se que em nenhum dos casos as reduções alcançaram 50% do valor inicial;

(c) quanto às sobrepressões que ocorreram nos primeiros pavimentos, estas também não provocaram perdas significativas de altura hídrica nos desconectores das bacias sanitárias, causaram apenas perturbações nos fechos hídricos;

(d) quanto às caixas sifonadas, podemos afirmar que estas também não são sujeitas à ocorrência da auto-sifonagem, considerando-se que não ocorreram perdas significativas de altura hídrica naquelas sujeitas a essa ação;

(e) já em relação à sifonagem induzida, as caixas sifonadas são mais suscetíveis à sua ocorrência, principalmente nos casos em que a vazão no tubo de queda é elevada e a ventilação é realizada somente com o tubo ventilador primário;

(f) no entanto, as maiores perdas de altura hídrica nas caixas sifonadas foram devidas à ocorrência de sobrepressão, em que as caixas sifonadas localizadas nos primeiros pavimentos perderam totalmente os seus fechos hídricos;

(g) assim, pode-se concluir que, no caso das caixas sifonadas, é necessário realizar um estudo da possibilidade da ocorrência da sifonagem induzida e da sobrepressão, junto com o do comportamento das depressões e pressões positivas no tubo de queda, para avaliar as reais necessidades de ventilação dos sistemas, sempre que os valores das vazões de descarga estiverem

próximos do máximo permitido para cada um dos diâmetros.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários: Projeto e Execução** – NBR 8160. São Paulo, 1999.

CHENG, C. L. et al. Study on pressure distribution of drainage stack in high-rise apartments houses: prediction method in case of single-point discharge. In: CIB SEMINAR. **Proceedings...** 1996. 38 p.

FERNANDES, V. M. C. **Influência do uso de dispositivos de admissão de ar no comportamento hidráulico-pneumático dos sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários de edifícios residenciais**. 1993. 358 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRAÇA, M. E. A. **Formulação para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários**. 1985. 357 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LI CHENG et al. Study on pressure distribution of drainage stack in high-rise apartment houses: prediction method in case of single-point discharge. In: CIB COMMISSION W62 SYMPOSIUM. **Proceedings...** Set. 1996. 24 p.

MONTENEGRO, M. H. **Desempenho de desconectores e dimensionamento da instalações prediais de esgoto**. 1985. 257 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PINK, B. J. The effect of stack length on the air flow in drainage stacks. **Building Research Establishment Current Paper**, CP 38/37, Dez. 1973.

SANTOS, D. C. **Contribuições para a estruturação de modelo aberto para o dimensionamento otimizado dos sistemas prediais de esgotos sanitários**. 1998. 290 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.