

Conexão



Lucía Helena de Oliveira é professora do Depto. de Engenharia de Construção Civil da Epusp – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e pesquisadora da área de sistemas prediais

O impacto da conservação de água nos sistemas prediais de esgotos sanitários

O artigo a seguir trata das crescentes ações de conservação de água em edifícios e a necessidade de avaliar como a redução de vazões pode comprometer o transporte de sólidos e, conseqüentemente, a autolimpeza das tubulações horizontais de sistemas de esgoto sanitário.

A instalação de torneiras e chuveiros de baixa vazão e de bacias sanitárias com volumes menores de descarga é tendência em novos edifícios, para a conservação de água. O menor impacto desses equipamentos aliados aos procedimentos mais comedidos dos usuários resulta na redução dos valores de vazão e de consumo nos sistemas prediais hidráulicos. Com isso, é possível instalar tubulações com diâmetros menores e reservatórios para pequenos volumes de água em diferentes tipologias de edifício.

São enviadas às redes de esgoto vazões reduzidas de água, implicando pequenas alturas de lâmina d'água, quando se mantêm os mesmos diâmetros das tubulações horizontais – ramais e coletores.

O artigo a seguir trata das crescentes ações de conservação de água nos edifícios e como é importante avaliar de que modo a redução de vazões pode comprometer o transporte de sólidos e, conseqüentemente, a auto-

limpeza das tubulações horizontais de sistemas de esgoto sanitário.

O escoamento no sistema de esgoto sanitário

O sistema de esgoto sanitário apresenta um escoamento mais complexo que o de distribuição de água, pois envolve água e ar com pressões variadas. Enquanto no tubo de queda o escoamento é anular, com água no perímetro da tubulação e ar no núcleo central, nos ramais coletores ele se faz em forma de setor circular. Para manter o equilíbrio das pressões no interior das tubulações é necessário ventilar o sistema.

O regime de escoamento nas tubulações horizontais não é permanente. A variável tempo depende da aleatoriedade de utilização dos aparelhos sanitários, dos perfis de descarga e da atenuação de onda de qualquer descarga ao longo de uma tubulação horizontal.

Dimensionamento de ramais e coletores

É possível afirmar que três fatores principais influenciam o dimensionamento do sistema predial de esgoto sanitário: a simultaneidade de utilização dos aparelhos sanitários; o regime de escoamento; e a ventilação para o controle das pressões pneumáticas no interior do sistema. O estabelecimento das vazões de descarga está intimamente relacionado ao primeiro fator.

Atualmente, a determinação das vazões no sistema predial de esgoto sanitário é feita em função das vazões de descarga de cada aparelho sanitário e da quantidade de aparelhos em utilização simultânea com base na distribuição binomial proposta por Hunter [1]. O autor introduziu a ideia de “pesos” para os aparelhos sanitários por meio do conceito de “unidade de contribuição”, que denominamos UHC – Unidade de Contribuição de Hunter e estabeleceu, por meio desse fator, a importância hidráulica do apa-

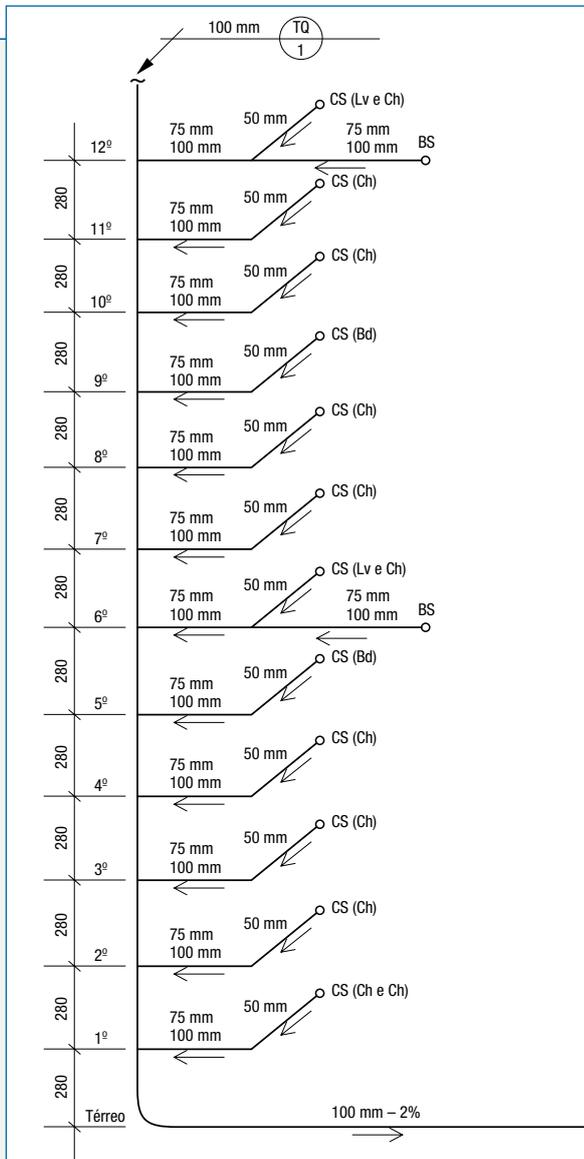


Fig. 1 – Esquema simplificado para tubos de queda 1

relho, expressando a vazão de descarga e a probabilidade de utilização.

O método de determinação das vazões de esgoto sanitário é limitado no que diz respeito ao padrão de utilização e à dependência dos diversos modelos de um mesmo tipo de aparelho sanitário. Desse modo, a abordagem falha nos limites admitidos no desenvolvimento do método, pois os aparelhos sanitários e os edifícios utilizados para o estabelecimento do método foram os mesmos durante as observações.

Quanto ao regime de escoamento no interior de um sistema de esgo-

to sanitário, considera-se atualmente o regime permanente. No entanto, ele se caracteriza pelo movimento de ondas, provocado por descargas aleatórias dos diversos aparelhos sanitários, bem como do perfil de descarga de cada um, eminentemente não permanente, e à superfície livre.

De um modo geral, o dimensionamento de ramais e coletores com o emprego das UHCs e escoamento em regime permanente conduz a um superdimensionamento que, em alguns casos, prejudica as velocidades de autolimpeza devido às pequenas vazões e alturas de lâmina d'água. A consequência é o aumento do número de obstruções no sistema, causando o desempenho inadequado do sistema.

As reduções de volume de descarga provocadas pelo aumento das ações de conservação de água nos edifícios conduzirão inevitavelmente ao aumento dos custos de manutenção, a menos que sejam consideradas as reduções de diâmetros de ramais e coletores (tubulações horizontais dos sistemas prediais de esgotos sanitários).

Redução do diâmetro do sistema predial de esgoto sanitário

Para avaliar a possibilidade de redução dos diâmetros em subcoletores e coletores foi simulado o sistema de

esgoto sanitário de um edifício de 12 andares, considerando escoamento não permanente e número provável de aparelhos sanitários em uso simultâneo por meio da equação 1:

$$m1 \geq n1 + fc \sqrt{n1 p1 (1 - p1)}$$

onde:

- $m1$ = número de aparelhos sanitários do tipo 1 que devem ser considerados em uso simultâneo.
- $n1$ = número de aparelhos sanitários do tipo 1.
- $p1$ = probabilidade de que um aparelho sanitário do tipo 1 esteja em funcionamento.
- fc = fator de confiabilidade.

A simulação foi realizada com o programa NB86 e, atualmente, denominado Drainet, desenvolvido na Universidade de Heriot-Watt, Escócia, por John Swaffield. Os resultados da simulação são vazões e alturas de lâmina d'água em seis seções.

O edifício estudado possui dois apartamentos por andar e dois banheiros *back to back* por apartamento, cujos efluentes escoam para um único tubo de queda. Assim, são dois tubos de queda por andar, cada um recebendo o esgoto de 24 banheiros.

Cada cômodo dispõe de uma bacia sanitária, um lavatório, um chuveiro e um bidê. Os diâmetros dos ramais de esgoto foram simulados com 100 e 50 mm e, posteriormente, com 75 e 50 mm, conforme ilustrado nas figuras 1 e 2. A declividade considerada para os ramais de esgoto e subcoletores é de 2%.

Na primeira etapa, foram simulados escoamentos nos subcoletores de cada tubo de queda e, portanto, recebendo os efluentes de 24 banheiros. As figuras 1 e 2 ilustram os aparelhos sanitários de cada andar, cujas descargas foram acionadas em cada tubo de queda.

Conexão

Em uma segunda etapa, foi simulado o escoamento em todo o sistema, ou seja, o coletor recebendo os efluentes de dois subcoletores e, portanto dos 48 banheiros.

Inicialmente, foi determinado o número provável de aparelhos em utilização simultânea para um fator de falha de 1% e com a utilização da equação 1. Ressalta-se que, em esgoto sanitário, a seção crítica no subcoletor é aquela em que as vazões de pico se sobrepõem e, para isso, há que se considerar a defasagem de descargas dos aparelhos sanitários nos diferentes andares. Assim, após várias simulações, estabeleceu-se que as descargas seriam iniciadas no tempo 0,0 segundo, do 12º andar ao 6º andar; e no tempo 5 segundos, do 5º andar ao 1º andar.

Para as simulações foram utilizadas curvas de descarga com 12 L, situação mais desfavorável; de uma caixa sifonada, recebendo o efluente de um lavatório com capacidade de 5,8 L e cuba cheia; e vazão de pico de 0,6 L/s, condição também muito severa, tendo em vista que a maioria dos usuários brasileiros utilizam o lavatório com água corrente, de uma caixa sifonada recebendo descargas simultâneas de um chuveiro, com vazão constante de 0,20 L/s, e de um lavatório também de cuba cheia, descrito anteriormente, e de um bidê com vazão de pico de 0,5 L/s. Para a caixa sifonada foram considerados ramais de descarga de 40 mm e de esgoto de 50 mm. As figuras 1 e 2 indicam os aparelhos sanitários acionados.

Desse modo, o valor da vazão de descarga calculado para o coletor é de 11,3 L/s. Os valores de vazão e de altura de lâmina d'água foram avaliados em seis seções nos subcoletores e no coletor, conforme ilustra a figura 2 e

suas posições relacionadas a seguir:

- seção 1 – a 1,0 m do nó A.
- seção 2 – a 0,2 m do nó C.
- seção 3 – a 1,0 m do nó B.
- seção 4 – a 1,0 m do nó C.
- seção 5 – a 1,0 m do nó C.
- seção 6 – a 1,0 m do nó D.

Foram considerados para a análise do conjunto o coletor (trecho CD) e os subcoletores (trechos AC e BC), ilustrados na figura 3. Foram simulados 16 casos variando para os subcoletores os comprimentos (3, 5, 10 e 15 m) e declividades (1, 2, 4 e 6‰); e para os coletores, diâmetro (100 e 150mm), comprimento (10 e 15 m) e declividade (2, 4 e 6‰). A simulação dos ramais de esgoto nos andares foi realizada com diâmetros de 100 e 50 mm e de 75 e 50 mm, conforme mostrado nas figuras 1 e 2, e na tabela I.

Neste artigo, serão apresentados somente os casos em condições mais severas (tabela I). O detalhamento de todas as configurações e casos estudados podem ser vistos em [2].

Os resultados das simulações demonstram que, somente para o caso 2-G, as condições de escoamento mostram-se críticas para a seção 2, onde a profundidade do escoamento atinge cerca de 95 mm a partir dos 35 segundos, permanecendo com o mesmo valor até o final dos 50 se-

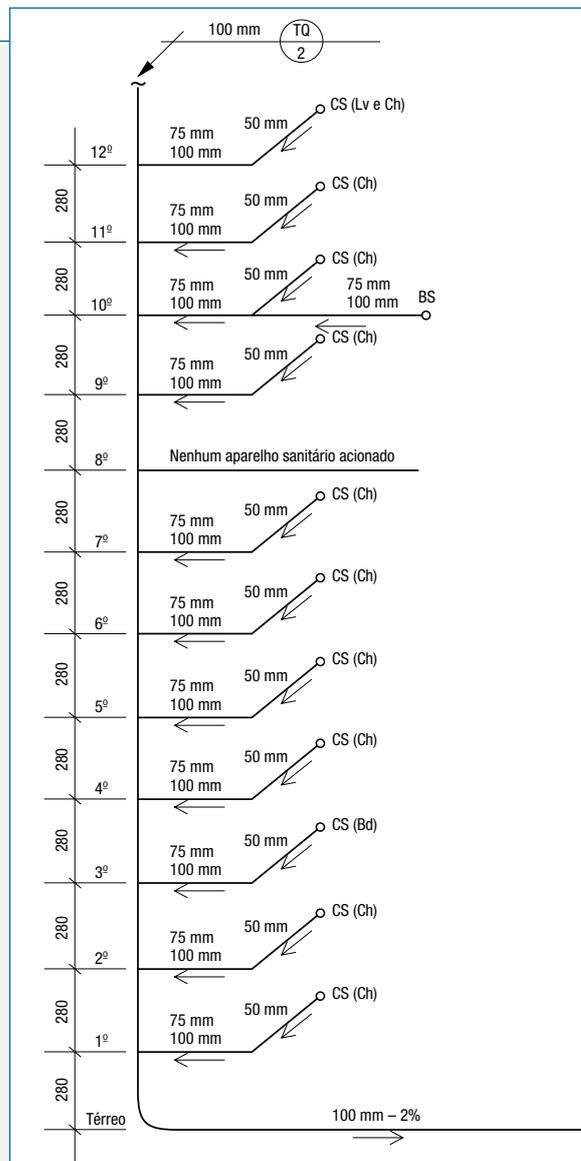


Fig. 2 – Esquema simplificado para tubos de queda 2

gundos do exercício. Esse resultado não possibilita avaliação criteriosa da seção, no entanto, será avaliada na próxima etapa da pesquisa.

Com relação a esse fato, Swaffield [3] afirma que as condições de escoamento são favoráveis se a seção plena não tiver duração superior a 90 segundos. Em nenhum dos casos ocorre seção plena, porém valores muito próximos podem ser alcançados.

É possível notar que a profundidade se mantém constante até ao final do tempo de simulação, não informando exatamente a duração dessa condição.

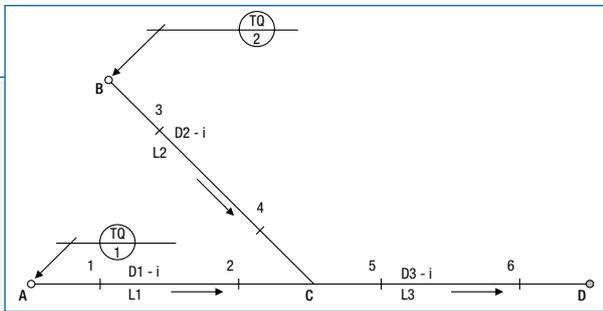


Fig. 3 – Esquema dos subcoletores e coletor com a indicação das seções analisadas

Tab. I – Casos simulados para o dimensionamento do coletor que recebe efluentes de dois subcoletores em um edifício residencial de 12 andares

Ramais	Caso	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	i (%)
100 e 50 mm	2 - E	15	15	15	100	100	100	2
	2 - F	5	5	10	100	100	150	2
75 e 50 mm	2 - G	3	3	10	100	100	100	6
	2 - O	10	10	10	100	100	100	2

É importante ressaltar que se o coletor fosse dimensionado pelo método UHC, com o escoamento em regime permanente, o diâmetro seria de 150 mm. Mesmo em regime não permanente, as condições de escoamento praticamente não são alteradas em

relação ao subcoletor com diâmetro de 100 mm. Outro resultado importante nas curvas de vazão de descarga é a presença de remanso (proximidades de uma junção simples) na seção 2, representado pelas vazões negativas, revelando uma seção crítica.

Com base em todas as configurações

estudadas, apesar de a profundidade do escoamento atingir 95 mm, esse evento ocorre em um curto intervalo de tempo, exceto no caso 2-G, não afetando o desempenho do sistema. Verifica-se que as condições de escoamento são ainda melhores quando

os ramais de esgoto são reduzidos de 100 para 75 mm. Isso é observado pela redução das vazões máximas de descarga e pela diminuição dos intervalos de tempo para a profundidade máxima. Além disso, a profundidade máxima sempre ocorre em uma seção nas proximidades de uma junção. Isso mostra como o traçado geométrico reflete no desempenho do sistema.

Considerações finais

É importante ressaltar que os resultados das configurações simuladas são específicos para os casos estudados e não devem ser generalizados. É necessário verificar cada caso com relação aos fenômenos inerentes ao sistema de ventilação, tais como a autossifonagem e sifonagem induzida.

Conexão

As simulações realizadas em diferentes configurações com a variação de diâmetros, declividades e comprimentos de ramais de esgoto, subcoletores e coletor, permitem afirmar que:

- Conhecer o fenômeno da atenuação de ondas é fundamental quando se trata do superdimensionamento de coletores ou da readaptação de sistemas, como a substituição de bacias sanitárias convencionais por outras com volume de descarga reduzido, mantendo o método de dimensionamento atual e, portanto, os mesmos diâmetros desses componentes.

- Os resultados obtidos utilizando ramais de esgoto de 75 mm foram bastante satisfatórios, pois, apesar de retardar o escoamento, o desempenho do sistema não foi afetado, tendo em vista o curto intervalo de tempo. Nesse caso, a altura da lâmina d'água

no subcoletor é bem mais favorável que a verificada quando se utiliza ramais de esgoto de 100 mm. Assim, observou-se a influência do dimensionamento dos ramais de esgoto dos andares-tipo no dimensionamento dos subcoletores e coletores.

- Para garantir o desempenho do sistema de esgoto sanitário é necessário compreender os mecanismos de transporte de sólidos e o *design* da bacia sanitária para evitar a deposição de sólidos e a consequente obstrução da tubulação.

Um modelo de simulação está sendo desenvolvido para avaliar diferentes situações do sistema de esgoto, ponderando as especificidades dos aparelhos sanitários brasileiros e o escoamento não permanente, além da consideração de modelo probabilístico para determinar o número de

aparelhos em uso simultâneo. Essa ferramenta permitirá aos projetistas ajustar as declividades e diâmetros assegurando velocidades de autolimpieza do sistema e, assim, a melhora do desempenho e redução dos custos de sistemas prediais de esgotos sanitários.

Referências

- [1] Hunter, R. B.: *Methods of estimating loads in plumbing systems*. National Bureau of Standards, Building Materials and Structures. Report BMS 65, 1940.
- [2] Oliveira, L.H.: *Estudo do escoamento em condutores horizontais de coleta de esgotos sanitários de edifícios residenciais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- [3] Swaffield, J.A.: *Computer aided analysis of unsteady partially filled pipe flow in multistory building drainage networks*. Final report under NBS. Sept., 1986.

