

DISPOSITIVO PARA ESVAZIAMENTO AUTOMÁTICO DO RESERVATÓRIO DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA

DEVICE FOR AUTOMATIC EMPTYING OF THE RAINWATER DISPOSAL TANK

Ramon Lucas Dalsasso

Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Ambiental; Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS). (ramon.lucas@ufsc.br)

Maurício Luiz Sens

Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em tratamento de água; Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS). (mauricio.sens@ufsc.br)

Tiago Lemos Guedes

Universidade Federal de Santa Catarina. Msc. em Engenharia Ambiental; Doutorando do programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. (ambientaltg@gmail.com)

Resumo

A reconhecida importância e o potencial de aproveitamento da água de chuva têm motivado, em vários países, pesquisas sobre os componentes do sistema de aproveitamento desse recurso, dentre eles, o sistema de descarte da água de chuva inicial. O volume descartado, armazenado em reservatório, precisa ser esvaziado após um tempo, em função do regime de chuvas, para garantir a qualidade da água enviada para a cisterna. Neste trabalho, foi avaliado, em sistema piloto, o desempenho de um dispositivo com descarga por orifício, para esvaziamento automático do reservatório de descarte, considerando aspectos hidráulicos e hidrológicos no dimensionamento do mesmo. O dispositivo foi concebido para aplicação em reservatórios de descarte com volume entre 100 e 2.000 L. Foi instalado no reservatório de descarte um medidor eletrônico, para registrar o nível de água em intervalos de meia hora. Os resultados mostram que o dispositivo funcionou sem obstruções do orifício durante o período de monitoramento. O tempo de esvaziamento do reservatório foi sempre superior a 24 horas, confirmando o dimensionamento proposto.

Palavras-chave: esvaziamento automático, reservatório de descarte, água de chuva

Abstract

The recognized importance and potential of using rainwater, has motivated in several countries research on the components of the system of utilization of this resource, among them, the system to discard the first flush. The volume discarded, stored in a reservoir, needs to be emptied after a time, depending on the rainfall regime, to guarantee the quality of the water sent to storage. In this work, the performance of a device with orifice discharge was evaluated in a pilot system for automatic emptying of the discharge tank, considering hydrological and hydrological aspects in device design. The device has been designed for use in waste water tanks with a volume between 100 and 2000 L. An electronic meter has been installed in the disposal tank to record the water level in half-hour intervals. The results show that the automatic emptying device was successful, without obstructions hole during the monitoring period. The measured emptying time of the tank, was always over 24 hours, according to the proposed calculation.

Keywords: automatic emptyings, disposal tank, rainwater

1 – INTRODUÇÃO

O crescente interesse pelo aproveitamento da água de chuva tem alavancado muitos estudos em relação aos componentes do sistema de aproveitamento desse recurso, dentre eles, o sistema de descarte da água de chuva inicial

(ZANELLA; ALVES, 2016). Contudo, observa-se que a automação da maioria dos dispositivos de descarte está no nível de separar a água de escoamento inicial que segue para o armazenamento nas cisternas, ou seja, automação parcial. De acordo com Bastos (2007), o esvaziamento do reservatório que contém a

água de escoamento inicial é feito, em geral, manualmente. Esse aspecto preocupa, pois requer atenção do usuário do sistema, sob o risco de enviar para a cisterna água de qualidade inferior, cujo uso é mais restrito e sua deterioração é mais rápida. O tempo de esvaziamento do reservatório de descarte é um fator crucial para a qualidade da água que irá para a cisterna. Tempo muito pequeno pode implicar perdas significativas de água captada, dependendo do regime de chuvas. Por outro lado, tempo muito longo pode representar o não descarte de água mais suja. No Brasil, a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), que estabelece requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas, para fins não potáveis, recomenda a instalação de um dispositivo automático de descarte da água de escoamento inicial. Uma forma de automação plena do dispositivo de descarte baseia-se no princípio da saída permanente de água através de um orifício no reservatório de água descartada. Esse orifício deve ser pequeno o suficiente, para que a vazão descartada seja bem inferior à vazão captada enquanto a chuva perdura, viabilizando a alimentação da cisterna. Ocorre que, devido à restrição da área de passagem do orifício citado, são frequentes os problemas de entupimento. Dada à importância do descarte da água de escoamento inicial e da carência de sistemas simples com automação plena, o presente estudo tem por objetivo propor e avaliar o funcionamento de um sistema hidráulico, para o esvaziamento automático do reservatório de descarte da água de escoamento inicial.

2 – METODOLOGIA

O trabalho consistiu no desenvolvimento de um dispositivo para esvaziamento automático de reservatórios de descarte de água de chuva, contemplando etapas de projeto e construção, e realização de testes de funcionalidade em uma instalação piloto de aproveitamento de água de chuva. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Hidráulica, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no período de março/2011 a fevereiro /2012.

O sistema piloto utilizado para avaliar o funcionamento do dispositivo era composto pelos seguintes elementos: área de captação de 107 m²

c com telhas de cimento amianto; calhas de beiral com uma descida de 75 mm; reservatório de descarte – caixa d'água de polietileno com capacidade de 310 L para um volume de descarte da ordem de 215 L; e reservatório de armazenamento (cisterna) de polietileno com capacidade para 2.000 L. O desvio automático da água para a cisterna era realizado por um dispositivo com sistema flutuante de bloqueio de fluxo. A Figura 1 ilustra o sistema descrito.

O desenvolvimento do dispositivo de esvaziamento foi pautado na simplicidade, na busca por materiais facilmente encontrados em lojas de materiais de construção, e na utilização de ferramentas e conhecimentos básicos para sua execução. O dimensionamento do dispositivo teve por base considerações hidráulicas relativas ao regime de escoamento e descarga em orifícios e bocais. Também, foi feita uma avaliação de série histórica de ocorrências de chuva em Florianópolis, para o entendimento do regime de intermitência dessas precipitações, e considerações sobre o tempo de esvaziamento do reservatório de descarte.

Esse esvaziamento é baseado na descarga através de um pequeno orifício, cujo dimensionamento pode ser feito pela equação 1, deduzida a partir das equações de conservação da massa e de descarga para orifícios de pequenas dimensões, considerando escoamento com carga variável (PORTO, 2006).

$$t = \frac{2.A}{Cd.S.\sqrt{2.g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) \quad (1)$$

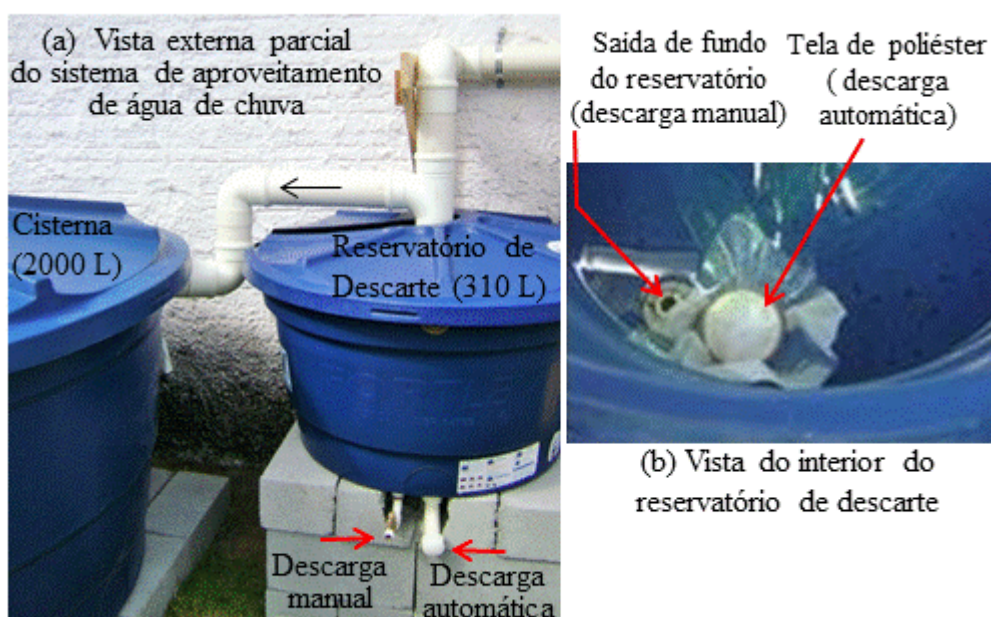
Onde: t = tempo de esvaziamento do reservatório de descarte (s); A = área superficial do reservatório (m²); Cd = coeficiente de descarga (adimensional); S = área do orifício de saída da água (m²); g = aceleração devido à gravidade (m/s²); h1 = altura entre o nível de água inicial do reservatório e o centro do orifício de saída (m); h2 = altura entre o nível final de água no reservatório e o centro do orifício de saída (m).

Os testes de funcionalidade em sistema piloto foram baseados no acompanhamento dos ciclos de enchimento e esvaziamento do reservatório de descarte, mediante registro de variação do nível de água, utilizando-se para isso *Levellogger* modelo 3001 Junior / Solinst, com as seguintes características: resolução de 1,0 cm;

temperatura de operação de -20°C até 80°C ; programação de intervalos de leitura de 0,5 s até 99 h; capacidade de armazenamento de 38.000 registros. A aquisição de dados foi programada para intervalos de 30 minutos, com posterior análise das séries registradas. O equipamento

citado foi instalado no interior do reservatório de descarte. Também foi feito acompanhamento visual do aspecto interior do reservatório de descarte e do dispositivo de esvaziamento, para avaliar a manutenção necessária.

Figura 1 – Vista do sistema piloto de aproveitamento de água de chuva e do dispositivo de descarga automática do reservatório de descarte



Fonte: produção dos próprios autores.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um levantamento de dados de precipitação diária para a cidade de Florianópolis SC, ocorridos entre 2000 e 2006, mostra que parte dos dias chuvosos ocorre sucessivamente, e que não chove ininterruptamente durante o dia, havendo pequenos intervalos sem chuva. Uma análise de distribuição de frequência desses intervalos mostra que 60% é menor que 6 horas, e 93% é menor que 23 horas, resultados estes corroborados pelo trabalho desenvolvido por Da Costa (2011).

Assumindo que, em intervalos de até 48 horas sem precipitação a superfície de captação estará suficientemente limpa, foi projetado o dispositivo ilustrado pela Figura 2 para o esvaziamento automático do reservatório de descarte num intervalo de 20 a 50 horas. Evidentemente que esse intervalo pode ser reavaliado em função das condições do telhado,

regime de chuvas local, finalidades do uso da água e níveis de poluição.

O CAP utilizado no dispositivo (Figura 2) possui parede com espessura $ep = 4,2$ mm. Considerando o orifício de descarga com diâmetro variando de $\varnothing = 1,00$ mm a $4,00$ mm, a relação ep/\varnothing varia de 1 a 4,2. Para essa faixa de valores, o coeficiente de descarga C_d oscila entre 0,75 e 0,83 (PORTO, 2006).

Estudos feitos em laboratório (MEDEIROS, 2011) confirmam essa aproximação, mas destacam que em dimensionamento dessa natureza, em função dos recursos disponíveis e precisão na execução do orifício, esse valor pode sofrer alterações significativas. No presente estudo, em que o orifício foi aberto com uma furadeira manual e broca de diâmetro 1,5 mm, o valor de C_d que melhor se ajustou ao tempo de esvaziamento observado foi 0,62, correspondendo ao valor típico sugerido para escoamento em orifícios, e não em bocais. Esse

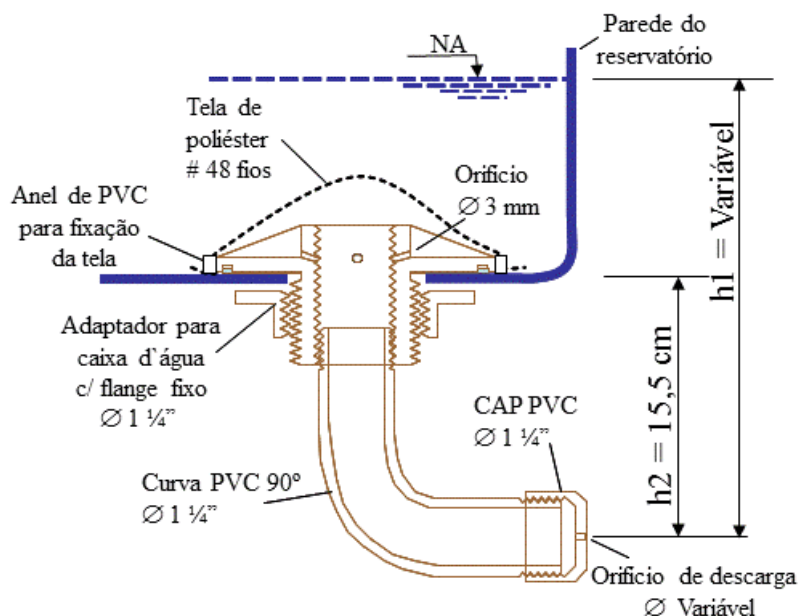
valor vai de encontro ao proposto em Tomaz (2009).

Considerando áreas de captação entre 50 e 1.000 m² e um descarte de 2 mm, os volumes de descarte variam de 100 a 2.000 L. Nesse cenário, na hipótese da utilização de reservatórios fabricados em PVC, polietileno ou fibra de vidro, disponíveis no mercado, para armazenar essa água descartada, os diâmetros internos (médio) desses reservatórios, provavelmente, estarão compreendidos entre 0,60 e 2,00 m, e a altura, entre 0,40 e 1,25 m. Aplicando esses limites na equação 1, juntamente com a faixa de variação de diâmetro do orifício de descarga, e valor médio

do coeficiente Cd, anteriormente descritos, obtêm-se valores de tempo de esvaziamento "t", compreendidos entre 24 e 50 horas.

Para a faixa de volumes considerados e tempo base de esvaziamento de 24 horas, resultam velocidades muito pequenas de escoamento da água dentro do reservatório. O escoamento da água na curva de 90°, cujo diâmetro interno é aproximadamente 35 mm, ocorre com velocidades na faixa de $1,2 \times 10^{-3}$ a $2,4 \times 10^{-2}$ m/s. Admitindo-se temperatura média da água de 20°C, o número de Reynolds varia entre 40 e 850, caracterizando escoamento laminar.

Figura 2 - Detalhes construtivos do dispositivo de esvaziamento automático do reservatório de descarte.



Fonte: produção dos próprios autores

Essa condição de baixas velocidades de escoamento, por si só, dificulta ou impede o arraste de possíveis partículas que poderiam obstruir o orifício de descarga. A tela de poliéster colocada sobre a saída de água do reservatório de descarte tem por objetivo aumentar a proteção contra obstrução do orifício de descarga. Os orifícios superiores, com $\varnothing = 3,00$ mm, localizados no adaptador para caixa d'água (ver Figura 2), têm a função de permitir o máximo de esvaziamento possível do reservatório. Acredita-se que a água remanescente será diluída e descartada automaticamente com a chegada da próxima chuva, não comprometendo a qualidade

da água que será enviada para a cisterna, embora neste trabalho tal aspecto não tenha sido avaliado.

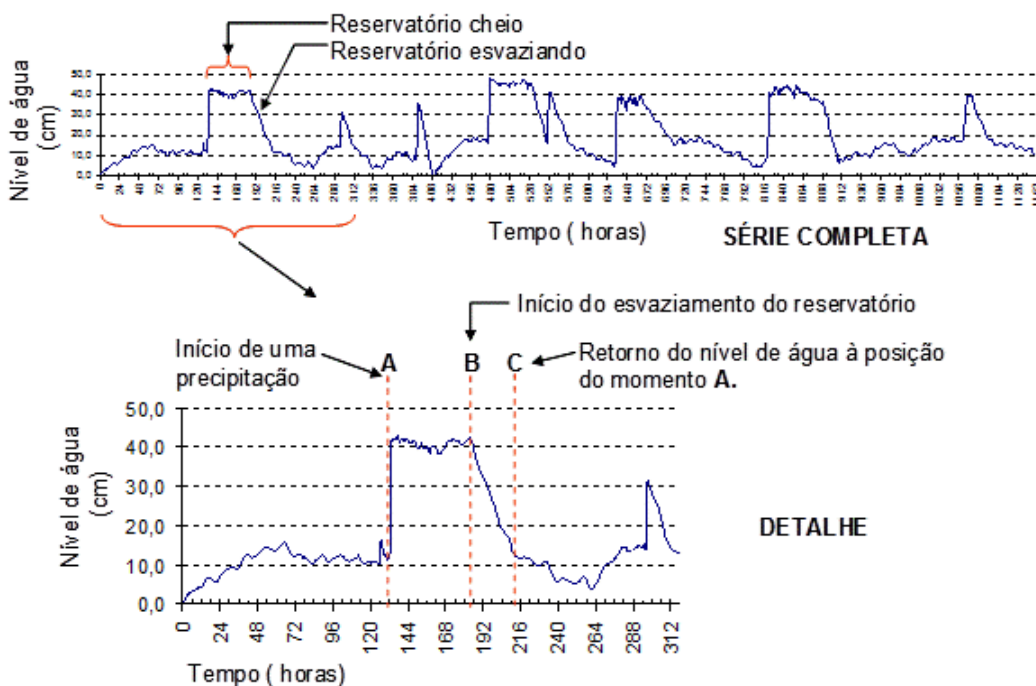
Testes realizados em condições reais mostraram que o dispositivo apresenta funcionalidade adequada, mesmo com a presença de sólidos presentes na água descartada. A cobertura utilizada como área de captação, constituída por telhas de cimento amianto, era antiga e próxima de árvores, e, mesmo havendo uma coagem inicial da água em tela de poliéster, para remoção de folhas e outras partículas, a água conduzida ao reservatório de descarte apresentava, ainda, certa quantidade de

resíduos, conforme pode ser visualizada na Figura 1 (b). A Figura 3 ilustra os resultados obtidos sobre os ciclos de enchimento e esvaziamento automático do reservatório de descarte. Os dados referem-se a uma campanha de monitoramento de 48 dias, no período de 02/08/2011 até 19/09/2011.

Na Figura 3, é possível identificar os períodos de enchimento e esvaziamento do reservatório de descarte, o que, de maneira geral, atesta a funcionalidade do dispositivo estudado. No detalhe, percebe-se a manutenção de um nível mínimo de água no reservatório, da ordem de 10 cm, com oscilações, no período de 0 até 132 horas, devido à ocorrência de pequenas precipitações e a certa intermitência. O ponto A destaca o início de uma precipitação mais forte,

que encheu o reservatório até sua capacidade limite, quando a entrada de água foi bloqueada pelo dispositivo utilizado nesse ensaio. Entre os pontos A e B, o reservatório permaneceu praticamente cheio, com oscilações, devido às pequenas precipitações. Entre os pontos B e C, nitidamente percebe-se o esvaziamento do reservatório, até atingir o nível que se encontrava no instante A, um intervalo de aproximadamente 24 horas. A partir do ponto C, percebe-se uma mudança na inclinação da curva, seguida de uma sutil elevação, indicando a ocorrência de precipitação. O comportamento descrito repete-se em outros intervalos, mostrando que o dispositivo possibilita o esvaziamento do reservatório, de forma automática, em intervalos de pelo menos 24 horas.

Figura 3 – Variação do nível de água no reservatório de descarte em função do tempo.



Fonte: produção dos próprios autores.

O dispositivo testado possuía orifício de descarte com diâmetro $\varnothing = 1,5$ mm. Nas condições do experimento, o nível máximo de água no reservatório de descarte foi aproximadamente 43 cm. Considerando o diâmetro interno médio do reservatório igual a 0,90 m, o tempo teórico de esvaziamento para o intervalo B-C (Figura 3 Detalhe), dado pela equação 1, é de aproximadamente 24 horas,

confirmando o tempo de esvaziamento medido. Deve-se considerar, contudo, que imprecisões no processo construtivo do dispositivo, sobretudo na abertura do orifício de descarte, podem afetar o valor do coeficiente de descarga adotado, produzindo diferenças entre o tempo de esvaziamento previsto e o observado. Outro aspecto que produz essa diferença entre o tempo teórico e o medido é o fato de ocorrerem

precipitações durante o período de esvaziamento, retardando o abaixamento do nível de água no reservatório de descarte. Como consequência desse tempo maior de esvaziamento, haverá um volume menor descartado das chuvas ocorridas no intervalo citado. Com a ocorrência de chuvas seguidas, a tendência é manter a área de captação relativamente limpa. Sendo assim, acredita-se que o menor volume descarte nessas situações não compromete a qualidade da água armazenada.

Apesar da área de captação utilizada apresentar muitas impurezas incrustadas na sua superfície, destacando como principais causas poluidoras folhas e galhos de árvores e fezes de animais, durante o período de aquisição dos dados aqui apresentados, não foi necessário fazer limpeza do dispositivo de esvaziamento. Cabe destacar que, mesmo na continuação dos testes do dispositivo, que tiveram duração de cerca de 10 meses, não houve obstruções do mesmo, mantendo, portanto, os ciclos de enchimento e esvaziamento do reservatório de descarte. Por outro lado, foi observado no fundo do reservatório em questão um acúmulo de sujeira proveniente do telhado, cuja remoção seu deu por raspagem e drenagem pelo sistema de descarga manual. Recomenda-se, portanto, ter essa última opção de descarga, para realização das necessárias manutenções periódicas, citadas pela ABNT (2007), incluindo a retirada para limpeza da tela de poliéster (ver Figura 1b).

4 – CONCLUSÃO

Com base nos estudos desenvolvidos, para os limites de área de cobertura e volumes de descarte indicados, conclui-se que:

- o esvaziamento do reservatório de descarte de água de chuva pode ser automatizado mediante a confecção de um dispositivo relativamente simples, utilizando materiais da linha de instalações hidráulicas prediais;
- o dispositivo proposto mostrou-se eficiente para o que fora projetado, mesmo operando com água descartada contendo materiais de natureza orgânica em suspensão; e

- o tempo de esvaziamento do reservatório de descarte observado não ficou abaixo de 24 h, estando de acordo com o previsto em cálculo.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho, e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental pela utilização dos laboratórios de pesquisa.

6 - REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.
- BASTOS, F. P. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.
- DA COSTA, A. R. F. **Limite de aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de água de chuva**: estudo de caso. 2011. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- MEDEIROS, P. A. **Dispositivo de esvaziamento automático por orifício**. Florianópolis: UFSC, 2011. 10 p. Relatório de Pesquisa Edital MCT/CNPq 14/2009. (Trabalho não publicado).
- PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Paulo: EESC – USP, 2006.
- TOMAZ, P. Qualidade da água da chuva In: Curso: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos – ABNT NBR 15527:2007. São Paulo, 2009. Capítulo 2.
- ZANELLA, L.; ALVES, W. C. Orientações para uso de água de chuva em ambiente urbano durante período de crise hídrica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 10º, 2016, Belém. **Anais...**. Belém: UFPA, 2016. v. 1, p. 1-7.