

PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO

PROPOSAL FOR AN AUTOMATIC RAINWATER DISPOSAL: A CASE STUDY

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)

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

O aproveitamento da água de chuva pode atenuar crises de escassez de água, reduzir escoamentos superficiais e minimizar alagamentos em centros urbanos. Este trabalho traz resultados do desenvolvimento e aplicação de um sistema hidráulico, automático, para o descarte da água de escoamento pluvial inicial. No laboratório de Hidráulica e Hidrologia do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, foram feitos inicialmente testes em sistema piloto, com variações de vazão, para avaliar a funcionalidade do sistema proposto. Posteriormente, o sistema foi testado em uma edificação com cobertura de fibrocimento. Foram coletadas e analisadas amostras de água da chuva armazenada e descartada, incluindo parâmetros de cor, turbidez, pH, coliformes, entre outros. Constatou-se que o dispositivo funcionou adequadamente, desviando para descarte o volume de água esperado. Em termos de qualidade, a água armazenada na cisterna atendeu os valores prescritos na norma NBR 15527 (ABNT, 2007), exceto para os valores de cor e coliformes, aspectos que podem ser melhorados combinando incremento no volume descartado com a desinfecção da água armazenada.

Palavras- chave: aproveitamento de água de chuva, escoamento inicial, dispositivo de descarte.

Abstract

The use of rainwater can attenuate crises of water scarcity, reduce surface runoff and minimize flooding in urban centers. This work brings results of the development and application of an automatic hydraulic system for the disposal of the first flush. In the Hydraulics and Hydrology laboratory of the Department of Sanitary and Environmental Engineering, at UFSC, tests in pilot system were initially carried out, with flow variations, to evaluate the functionality of the proposed system. After that system was tested in a building with fiber cement cover. Samples of stored and discarded rainwater were collected and analyzed, including color parameters, turbidity, pH, coliforms, among others. It was verified that the device worked properly, discarding the expected volume of water. In terms of quality, the water stored in the tank met the values prescribed in standard NBR 15527 (ABNT, 2007), except in relation to color and coliform values, an aspect that can be improved by combining increment in the volume discarded and the disinfection of stored water.

Key words: rainwater catchment, first flush, diverter

1 – INTRODUÇÃO

A escassez de água vem se tornando um problema cada vez mais comum nos dias de hoje, gerando preocupações e, com isso, incentivando o racionamento e a busca de soluções alternativas, como o reúso das águas servidas e o aproveitamento da água de chuva (ZANELLA; ALVES, 2016). O aproveitamento da água de chuva demonstra-se uma alternativa bastante

viável, apresentando qualidade para vários usos, principalmente os considerados não-potáveis, como descarga de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e de veículos, e irrigação. A aplicação de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e oportunidades para educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais,

com o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (ANA/FIESP; SindusCon-SP, 2015). A qualidade das águas pluviais coletadas varia com a condição de limpeza da área de coleta e com a qualidade do ar na região de influência do projeto (FENDRICH; OLIYNIK, 2002; TOMAZ, 2003; PHILIPPI *et al.*, 2006; DA COSTA, 2011). Os contaminantes comumente encontrados nas superfícies de telhados são: fezes de aves, ratos e outros animais, bem como poeiras, folhas de árvores, revestimento de telhado, fibrocimento tintas etc. A aplicação do descarte do escoamento inicial baseia-se na ideia de que a primeira parte da chuva lava a atmosfera e a área de captação do sistema de aproveitamento pluvial, carreando as impurezas presentes, conferindo a esta primeira água quantidades de contaminantes superiores à média. O desvio desta fração de chuva garante a redução da necessidade de seu tratamento posterior ou, até mesmo, a eliminação desse tratamento. Os volumes descartados são variáveis. As pesquisas mostram valores que variam na faixa de 0,5 a 2,5 mm, dependendo da região (TOMAZ, 2003). Assim, o descarte deste escoamento inicial, foco do presente trabalho, tem grande importância na qualidade da água aproveitada. No Brasil, a NBR 15527 'Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos' –, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em 2007, recomenda o uso de sistemas automáticos de descarte da água de escoamento inicial. Porém, tal prática ainda não está difundida, havendo uma carência de equipamentos para esse fim no mercado nacional.

A mesma norma define o padrão de qualidade da água para fins não potáveis, com os seguintes valores: Coliformes totais e termotolerantes = ausentes em 100 mL; Cloro residual livre = 0,5 a 3,0 mg/L; Turbidez = 2,0 uT (ou 5,0 uT para usos menos restritivos); cor aparente = 15 uc; e pH = 6,0 a 8,0. A norma recomenda também que, na falta de dados, adote-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Visando contribuir com a automação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, propõe-se, neste trabalho, um sistema alternativo de descarte automático da água de escoamento inicial, que seja simples, mas, ao mesmo tempo, funcional e eficiente. Durante o período de testes

desse dispositivo, foram avaliados aspectos hidráulicos e parâmetros indicadores de qualidade da água, a fim de verificar a funcionalidade e eficiência do mesmo. Esta pesquisa busca suprir uma lacuna existente nesse mercado e aprimorar os sistemas de aproveitamento de água de chuva.

2 – METODOLOGIA

Os estudos foram desenvolvidos no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, em Florianópolis, estado de Santa Catarina, no período de janeiro a dezembro de 2011, e teve duas fases: a primeira consistiu no desenvolvimento propriamente dito do dispositivo, com a realização de testes hidráulicos de funcionalidade, em sistema piloto, montado especificamente para esse fim; e na segunda fase, o dispositivo foi instalado para captação de água de chuva em uma edificação local. A segunda fase serviu para avaliar, sob condições reais de operação, o desempenho do dispositivo em relação à quantidade de água descartada e à qualidade da água armazenada nos reservatórios de descarte e de acumulação.

Primeira fase: O sistema piloto, Figura 1, foi construído no Laboratório de Hidráulica e Hidrologia da UFSC, sendo composto basicamente por: reservatório de água para alimentação do sistema, bomba centrífuga, dispositivo de medição de vazão, dispositivo de descarte da água de escoamento inicial e reservatório para a água descartada.

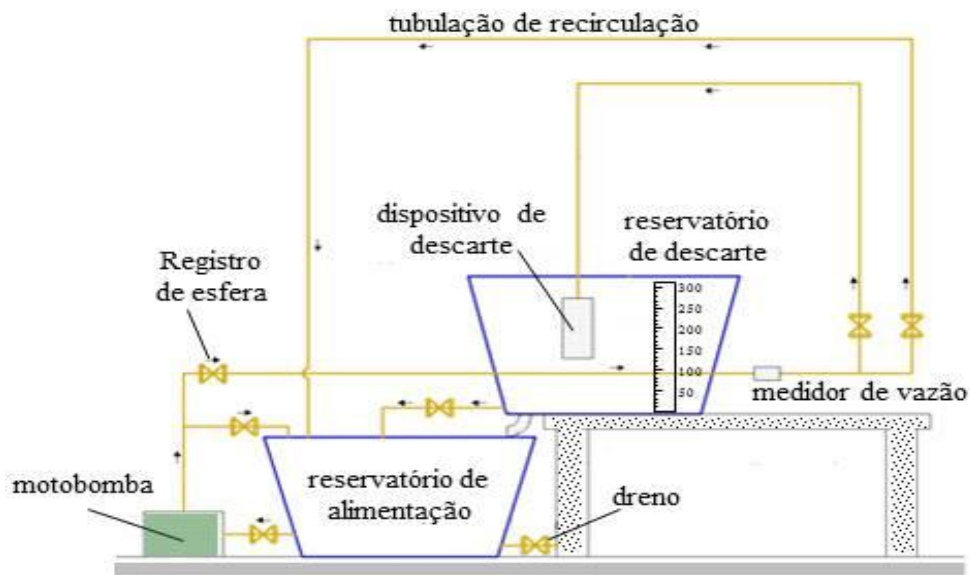
O sistema piloto possui circuito fechado, com retorno da água do reservatório de descarte para o reservatório de alimentação. Um sistema paralelo de tubulação de recirculação e um conjunto de válvulas permitem o controle do fluxo da água. O dispositivo de descarte, apresentado com detalhes na Figura 2, foi testado para uma faixa de vazão de 1,5 a 5,0 L/s, monitorada por um medidor eletromagnético, modelo VMS-Pro da marca Incontrol®. A variação de vazão foi efetuada através de válvulas localizadas na saída da bomba, as quais permitiam recircular mais ou menos água no reservatório de alimentação. Para cada valor de vazão testado, foi verificado o volume descartado, determinado pela altura da lâmina de água no reservatório de descarte, previamente aferido e equipado com uma escala graduada, com precisão de $\pm 1,0$ mm. Esse

monitoramento permitiu avaliar a capacidade de vedação do sistema flutuante.

O dispositivo de descarte é composto basicamente por um sistema flutuante, guiado, construído com tubos de PVC e garrafas plásticas (PET) de 2 litros, que bloqueia automaticamente a

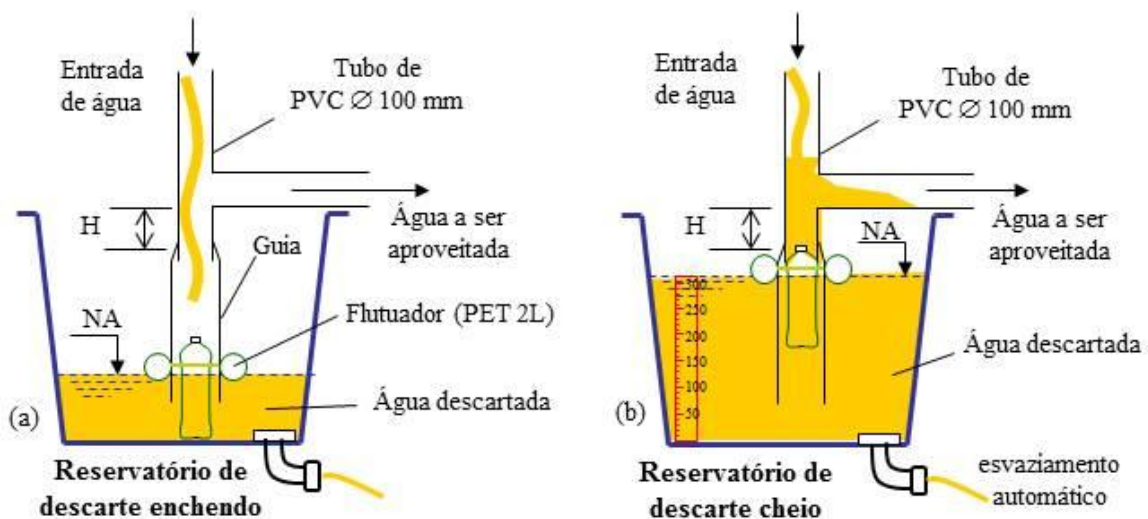
entrada de água no reservatório de descarte após o nível atingir um valor pré-estabelecido. As guias, quatro unidades, são perfis de alumínio com seção quadrada de 6 mm de lado, parafusadas na base de um "T" de PVC, linha esgoto sanitário, com diâmetro de $\varnothing 100$ mm.

Figura 1 – Esquema do sistema piloto



Fonte: produção dos próprios autores.

Figura 2 – Funcionamento do dispositivo de descarte



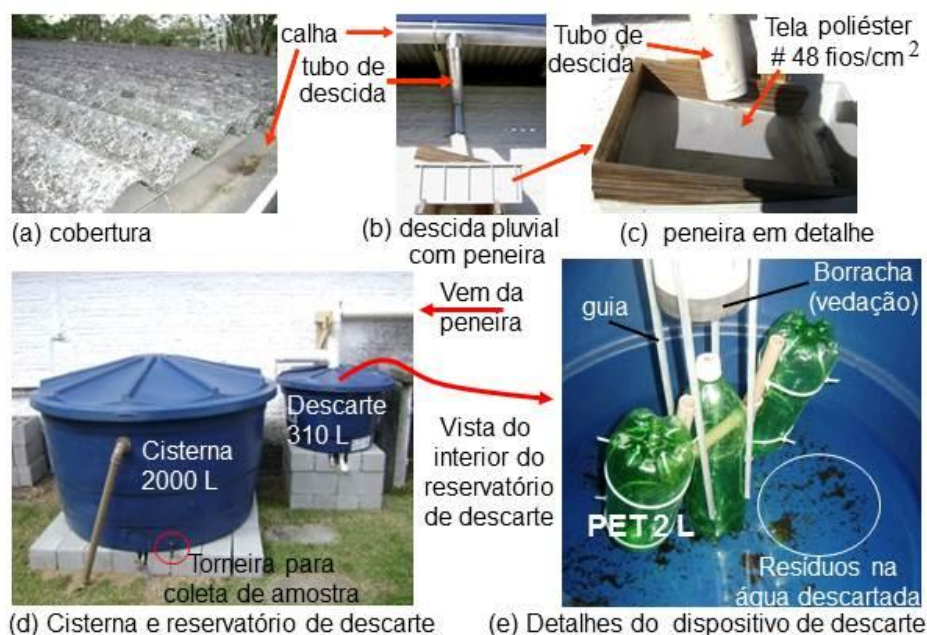
Fonte: produção dos próprios autores.

Segunda fase: A segunda fase teve por objetivo avaliar o desempenho do dispositivo em relação à qualidade das águas descartadas e desviadas para aproveitamento, sendo instalado um sistema de aproveitamento de água de chuva para uma cobertura de fibrocimento com área de 107 m², conforme ilustra a Figura 3. As condições de entorno dos experimentos revelam um grande potencial de poluição, devido tanto à sua proximidade com rodovias de intenso tráfego, como à presença de árvores junto à área de captação. O volume do tanque de descarte foi definido em função da área de captação, sendo previsto um volume equivalente a 2 mm de precipitação, conforme recomenda a NBR 15.527/2007. O sistema é composto por calhas e uma descida com diâmetro de Ø 75 mm, ambas em alumínio. Em função da grande quantidade de folhas e sementes observada sobre a cobertura, foi instalado um sistema de remoção de sólidos grosseiros usando tela de poliéster #48 fios/cm². Como reservatório de descarte foi utilizado uma

caixa d'água de polietileno de 310 L, e para armazenamento (cisterna), uma caixa do mesmo material, com capacidade para 2000 L. Os tubos e conexões de PVC utilizados para alimentação dos reservatórios foram da linha esgoto sanitário, enquanto para o sistema de esvaziamento e extravasamento de reservatório, foram usados tubos e conexões da linha água fria.

Amostras das águas descartadas e armazenadas na cisterna foram coletadas, em períodos de ocorrência de chuvas, para análise dos seguintes parâmetros, com as respectivas metodologias de análise: pH (método potenciométrico); cor verdadeira, cor aparente e absorvância UV 254 nm (espectrofotometria); coliformes (método Colilert); e dureza, cloretos e alcalinidade (titulometria). As amostras foram analisadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), e no Laboratório de Potabilização de Águas (LAPOÁ), ambos localizados no prédio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, na UFSC.

Figura 3 – Sistema experimental de aproveitamento de água de chuva em um galpão com telhado de fibrocimento



Fonte: produção dos próprios autores

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeira fase: A construção do dispositivo de desvio de fluxo para descarte da primeira água de chuva mostrou-se bastante tranquila, tendo em vista a facilidade de encontrar os materiais

utilizados e o princípio de funcionamento explorado. Os testes para avaliar a capacidade de bloqueio da passagem de água mostraram que o dispositivo funciona adequadamente. Com o aumento do nível de água no reservatório de descarte, o dispositivo de desvio de fluxo flutua,

iniciando a obstrução da entrada do reservatório de descarte, desviando o fluxo da água para a cisterna. Contudo, em função da coluna de água sobre a extremidade do tubo bloqueado, altura

“H” indicada na Figura 2, que no presente estudo foi de 25 cm, o bloqueio completo acontece após alguns minutos, sendo variável em função da vazão, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos testes hidráulicos de capacidade de bloqueio do dispositivo de desvio de fluxo da água de chuva

Q (L/s)	Início do aproveitamento (*V ₁)		Fim do descarte (**V ₂)		(V ₂ - V ₁) (L)	Tempo de variação de V ₁ até V ₂ (min)
	(cm)	(L)	(cm)	(L)		
1,5	34,65	168,0	37,00	181,0	14,0	7,5
2,0	34,25	165,0	37,15	181,5	16,5	10
2,3	33,50	160,5	37,40	182,5	22,0	8
2,7	33,75	162,0	37,65	184,0	22,0	7
3,0	33,50	160,0	38,00	186,0	26,0	7,5
3,3	33,75	161,5	38,20	187,5	26,0	5
3,7	33,25	159,0	38,60	189,5	30,5	5
4,0	33,25	159,0	38,80	191,0	32,0	5,5
4,3	33,00	158,0	39,15	193,5	35,5	5
4,7	33,00	157,0	39,70	197,5	40,5	5,5
5,0	32,25	152,5	40,10	199,5	47,0	5

*V₁- Volume de água no reservatório de descarte, no início do desvio de água para a cisterna; **V₂ - Volume de água no reservatório de descarte quando 100% da água estavam sendo desviadas para a cisterna; Valores médios de V₁ e V₂ com base em seis ensaios.

Fonte: produção dos próprios autores.

Pode-se observar que o aproveitamento inicia com um volume de descarte inferior ao comportado pelo reservatório de acumulação, sendo que para vazões maiores esta diferença entre o início do aproveitamento e o fim do descarte é maior. Este comportamento não interfere na qualidade da água armazenada, pois, segundo alguns autores, as chuvas mais intensas possuem maior poder de carreamento, podendo ter um volume de descarte de escoamento inicial reduzido em relação às chuvas mais fracas. No presente estudo, o tempo de esvaziamento do reservatório de descarte, após um evento chuvoso, foi de 24 horas, ocorrendo automaticamente por um sistema de orifício.

Segunda fase: As modificações das características físico-químicas da água foram confirmadas com análises das amostras coletadas. Os dados da Tabela 2 evidenciam que os primeiros milímetros de chuva são mais poluídos, verificando uma melhora na qualidade da água com o descarte desta parcela de chuva. Observou-se que a água da chuva estudada é branda, com dureza inferior a 75 mg/LCaCO₃, confirmando a possibilidade de utilização para lavagem de roupas e em processos industriais.

Conforme previsto, foram encontradas bactérias do grupo coliforme, obtendo-se

resultados positivos tanto para *Escherichia coli* quanto para coliformes totais, devido à presença de fezes de animais na superfície de captação da chuva. Ambos os parâmetros apresentaram decaimento com o descarte, destacando a ausência de *Escherichia coli* na amostra do reservatório de armazenamento da primeira coleta.

A absorvância em comprimento de onda de 254 nm demonstrou a redução da matéria orgânica na água com o descarte do escoamento inicial. A comparação dos parâmetros de qualidade da água obtidos com os limites da NBR 15527 mostrou não conformidade em relação à cor aparente e aos coliformes. Atribui-se o não atendimento aos valores estipulados desses parâmetros às características do telhado da edificação escolhida para o estudo. A área de captação em questão apresenta muitas impurezas incrustadas na sua superfície, destacando como principais causas poluidoras folhas e galhos de árvores e fezes de aves. Outro fator que intensificou a má qualidade da água coletada foi o fato de o telhado ser bastante antigo. Devido às condições do telhado, portanto, verificou-se, para este caso, a necessidade de descarte de um volume maior de escoamento inicial, e/ou o incremento do sistema de

aproveitamento com uma etapa adicional de tratamento para o uso da água, mesmo para fins não potáveis. Acredita-se que combinando o

incremento do volume descartado e a desinfecção com cloro, teríamos uma água atendendo as recomendações da norma referida.

Tabela 2 – Resultados de análise da qualidade da água

Parâmetros	Descarte	Cisterna	NBR 15527
pH	7,30 (10) 7,1-7,75	7,54(10) 7,19-7,83	6,0 a 8,0
Cor Aparente (uc)	38(10) 29-45	17(10) 12-28	15
Cor Verdadeira (uc)	34(10) 26 -40	14(10) 10-19	-
Turbidez (uT)	6,15(10) 2,6-8,0	2,30(10) 1,5-3,0	2,0 - 5,0
Coliformes Totais (/100 mL)	1696,2 (4) 173,3 – 2419,2	1419,2 (4) 52,1 – 1986,3	Ausência em 100mL
<i>Escherichia coli</i> (/100 mL)	128,7 (4) 79,2 – 275,5	26(4) Ausente – 52,1	Ausência em 100mL
Dureza (mg/L CaCO ₃)	63 (8) 47- 72	26 (8) 19-38	-
Cloretos (mg/L Cl)	3,50 (8) 1,5- 4,0	2,50 (8) 1,25 – 3,5	-
Absorbância UV 254 nm	0,1873(10) 0,1596 – 0,2451	0,0726(10) 0,0456-0,0929	-
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	49 (8) 39- 58	27 (8) 17-33	-

Nota: valores médios para o número de amostras indicado entre parênteses (n). Abaixo, separado por hífen, valores mínimo e máximo, respectivamente (mín. – máx.).

Fonte: produção dos próprios autores.

Visando verificar se nos testes realizados houve melhora significativa da qualidade da água em função do descarte da água de escoamento inicial, foram escolhidos os parâmetros turbidez e cor aparente para uma análise estatística, devido ao número de amostras obtidas, e por entender que a clarificação da água também pode influenciar na melhoria da qualidade biológica da

mesma. A análise estatística foi feita sobre os dados de qualidade da água de descarte e da água da cisterna, apresentados na Tabela 3. Foi aplicado o teste de Mann-Whitney, conforme descrito em Fonseca e Martins (1996). As variáveis estatísticas pertinentes estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3 – Valores médios de parâmetros de qualidade da água de chuva para um conjunto de testes realizados na segunda fase

Teste	Turbidez (uT)		Cor aparente (uc)	
	Descarte	Cisterna	Descarte	Cisterna
1	5,0	2,0	36	15
2	2,6	1,5	29	12
3	7,4	3,0	42	19
4	5,8	1,7	39	15
5	4,8	1,9	30	13
6	6,5	2,3	34	14
7	7,0	2,5	42	18
8	7,1	2,6	41	17
9	7,3	2,7	42	19
10	8,0	2,8	45	28

Fonte: produção dos próprios autores.

Tabela 4 – Variáveis estatísticas aplicadas aos dados da Tabela 2

Parâmetro	n1	R1	n2	R2	u1	u2	$\mu(u)$	$\sigma(u)$
Turbidez	10	151	10	59	4	96	50	13,23
Cor aparente	10	155	10	55	0	100	50	13,23

Fonte: produção dos próprios autores.

O cálculo das estatísticas para cada um dos parâmetros de qualidade em foco foi feito com as

$$u1 = n1.n2 + \frac{n1.(n1+1)}{2} - R1 \quad (1)$$

$$u2 = n1.n2 + \frac{n2.(n2+1)}{2} - R2 \quad (2)$$

Onde: n1 = número de casos (Descarte); n2 = número de casos (Cisterna); R1 = soma dos postos no grupo n1 e R2 = soma dos postos no grupo n2.

A estatística $\mu(u)$ foi calculada com a equação (3), e o desvio padrão $\sigma(u)$, com a equação (4).

$$\mu(u) = \frac{n1.n2}{2} \quad (3)$$

$$\sigma(u) = \sqrt{\frac{n1.n2.(n1+n2+1)}{12}} \quad (4)$$

Foram testadas as seguintes hipóteses:

H0 = Não há diferença entre os valores médios de turbidez e cor aparente, para as águas de Descarte e da Cisterna.

H1 = Há diferença entre os valores médios de turbidez e cor aparente, para as águas de Descarte e da Cisterna.

Como o número de amostras é menor que 20, foram utilizadas as tabelas de valores críticos “u” de Mann-Whitney:

Com relação à Turbidez, o menor valor calculado foi $u2 \Rightarrow “u” = 96$

Com relação à Cor aparente, o menor valor calculado foi $u2 \Rightarrow “u” = 100$

equações 1, 2, 3, 4. A estatística “u” foi determinada com as equações (1) e (2).

Para $\alpha = 5\%$ “u” tabela = 23 e Para $\alpha = 1\%$ “u” tabela = 16

Nesse caso, rejeita-se a hipótese nula de igualdade entre os valores médios de turbidez e cor aparente. Portanto, admite-se que o sistema de descarte estudado cumpriu sua função em termos de melhoria na qualidade da água, com relação aos parâmetros estatisticamente analisados.

4 – CONCLUSÕES

O dispositivo de desvio de fluxo, na faixa de vazão estudada, mostrou-se eficiente, funcionando adequadamente de modo automático no sistema de aproveitamento de água de chuva avaliado.

Como vantagens desse sistema, destacam-se a simplicidade construtiva, o que se traduz em baixo custo, além da possibilidade de ser instalado em reservatórios abertos de volumes e formatos variados, facilmente encontrados no comércio.

A remoção prévia de materiais grosseiros mostrou-se fundamental para garantir o desempenho do sistema, impedindo possíveis falhas no sistema de bloqueio (vedação) da entrada de água no reservatório de descarte. Das análises da água de chuva armazenada, pôde-se verificar o potencial de utilização para fins não potáveis, previsto na norma NBR 15527, necessitando adicionar, minimamente, uma etapa de desinfecção. De maneira geral, foi confirmado que o descarte do escoamento inicial da água de chuva proporciona a melhoria da qualidade da água aproveitada. Contudo, a verificação da qualidade e da necessidade de tratamento da água de chuva é fundamental para prevenir riscos à saúde dos usuários. Por fim, recomenda-se realizar os testes hidráulicos com maior duração para avaliar de maneira mais efetiva a necessidade de manutenção do dispositivo proposto.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro no 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.

ANA, FIESP; SindusCon-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2015.

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.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais**. Curitiba: Livraria do CHAIN Editora, 2002.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1996. 320p.

PHILIPPI, L.S.; VACCARI, K. P.; PETERS, M. R., GONÇALVES, R. F. Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003.

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: UFBA, 2016. v. 1, p. 1-7.