

Dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva: uma revisão sistemática e um estudo de caso

AMANDA GAMA MAGNAGO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO - IFES

MARIÂNGELA DUTRA DE OLIVEIRA

Resumo

O crescente consumo de água é um fenômeno global que tem despertado preocupação nos últimos anos, e fatores como o crescimento populacional, e mudanças climáticas são os principais desafios na conservação dos recursos hídricos. Por isso, é crucial adotar medidas para uma gestão sustentável da água. Uma estratégia promissora é o uso de fontes alternativas como a água da chuva, por meio da captura e armazenamento da água que cai, em reservatórios ou cisternas para posterior aproveitamento para uma variedade de usos não potáveis. Pensando na necessidade de uma proteção sanitária nesse aproveitamento, que é responsáveis por carregar impurezas das superfícies de captação e que podem comprometer a qualidade da água armazenada e a saúde humana, desenvolve-se o dispositivo de descarte das primeiras águas. Dessa forma, esse trabalho realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o dimensionamento e geometria dos dispositivos, comparou os tipos de dispositivos encontrados, analisou a sua eficiência e os parâmetros de dimensionamento. Com base nestes dados foi avaliada a aplicabilidade de dois tipos no protótipo existente no Ifes Campus Vitória sendo realizado o levantamento de custo de implantação. A partir dessa revisão de literatura elaborou-se quadros e gráficos para melhor interpretação dos resultados. Foram identificados dispositivos do tipo garrafas sequenciadas (DGS), tubulações verticais (TV), tanques de reserva (TR). Após a análise de cada tipo de dispositivo concluiu-se que eles se mostraram eficientes para retenção de impurezas na água coletada e que a geometria de tubulações verticais são as mais utilizadas. Foram encontrados dispositivos do tipo TV de uma tubulação com diâmetros variando de 75 a 200mm e os dispositivos de tubulações sequenciadas sempre utilizando diâmetro de 100mm. A precipitação utilizada no cálculo dos dispositivos foi, na maioria dos casos, inferior ao recomendado pela NBR 15.527/2019. Para o protótipo do Ifes campus Vitória, foi proposto a utilização de tubulações sequenciadas, tendo como referência o modelo DesviUFPE, e o modelo de tanque de reserva. Feita a estimativa de custos para os dois tipos de dispositivo, variando a precipitação, observou-se que quanto maior a precipitação utilizada no descarte, mais caro fica o dispositivo. O dispositivo de tubulações sequenciadas apresentou custos mais elevado que as bombonas de reservação, contudo, é uma opção interessante por sua estrutura compacta. Diante do exposto, se espera que o desenvolvimento desse trabalho contribua para estudos futuros e, concomitantemente, para melhorias no protótipo existente no Ifes.

Palavras Chave

Dispositivos de descarte das primeiras águas , First Flush, Rain Water

Agradecimento a órgão de fomento

Gostaria de agradecer ao órgão de fomento a pesquisa, Fapes pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do trabalho e ao Instituto Federal do Espírito Santos, Ifes pelo apoio com a infraestrutura e a oportunidade através do seu programa de pesquisa.

DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E UM ESTUDO DE CASO

1 INTRODUÇÃO

O aumento global do consumo de água tem gerado preocupações significativas. Cirilo (2015) aponta que o crescimento populacional, o desenvolvimento futuro e as mudanças climáticas são os principais desafios para os recursos hídricos. Por isso, é crucial adotar medidas para uma gestão sustentável da água.

Uma estratégia eficaz para a preservação hídrica é o uso de fontes alternativas, como o aproveitamento da água da chuva, que envolve a captura e armazenamento em reservatórios, permitindo seu uso posterior em atividades não potáveis. Para garantir a proteção sanitária são utilizados dispositivos que descartam as primeiras águas (ARAÚJO, 2017). Existem vários tipos desses dispositivos, que ainda precisam ser melhor estudados quanto aos critérios de dimensionamento e eficiência. Dessa forma, este trabalho visa realizar uma Revisão Sistemática da literatura para descrever, analisar e sintetizar pesquisas sobre dispositivos de descarte.

2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Analisar, por meio de uma revisão de literatura, o desempenho dos dispositivos de descarte das primeiras águas da chuva em diferentes contextos, avaliando sua aplicabilidade no protótipo de coleta do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) Campus Vitória.

3 METODOLOGIA

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Segundo Okoli (2019), uma RSL pode ser desenvolvida seguindo 8 etapas:

1ª etapa) Identificação do objetivo

2ª etapa) Planejamento do protocolo e treinamento dos revisores: foi feita individualmente, o treinamento dos revisores não foi necessário.

3ª etapa) Aplicação de uma seleção prática: foram elaboradas as equações de busca:

- Portal de Periódicos da Capes: "First flush devices", "First Flush" AND "Rain Water", Dispositivos de descarte das primeiras águas, Descarte das primeiras águas.
- Google Acadêmico: "Dispositivos de descarte das primeiras águas".
- Catálogo de Teses e Dissertações: "First Flush", "First flush devices", "First Flush" AND "Rain Water", Dispositivos de descarte das primeiras águas, Descarte das primeiras águas.

Foram aplicados dois critérios de inclusão: artigos revisados por pares e publicados entre 2012 e 2023. Estudos duplicados e artigos que não abordavam dimensionamento ou eficiência dos dispositivos foram excluídos pela leitura dos títulos e resumos.

4ª etapa) Busca da bibliografia: foram selecionados os artigos que abordavam: dimensionamento ou eficiência dos dispositivos, estavam disponíveis na íntegra e publicados em português ou inglês.

5ª etapa) Extração dos dados: foram extraídas informações relevantes para os objetivos do estudo usando uma planilha no Google Planilhas.

6ª etapa) Avaliação da qualidade: não foram realizadas, considerando que o critério incluía apenas artigos revisados por pares.

7ª etapa) Sintetização dos dados: análise buscando identificar padrões.

8ª etapa) Escrita da revisão

3.2 ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS

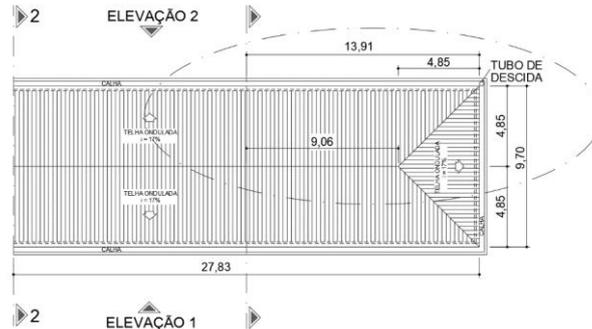
Os dispositivos foram classificados por tipologia, e suas informações sobre parâmetros de dimensionamento e eficiência foram extraídas e tabuladas, tais como: material empregado,

precipitação utilizada no dimensionamento do dispositivo, volume do dispositivo e tipo de sistema de controle de vazão e nível.

3.3 ÁREA DE ESTUDO E DIMENSIONAMENTO DO DISPOSITIVO

O sistema em estudo encontra-se localizado no Ifes Campus Vitória e o protótipo existente recebe água de chuva de parte da cobertura do Bloco D com área de captação de 67,46m², conforme Figura 1.

Figura 1: Recorte da superfície de captação de água de chuva destinada ao protótipo



Fonte: próprio autor.

O dimensionamento do dispositivo de descarte utilizou dados da revisão de literatura e os parâmetros da NBR 15.527 (ABNT, 2019), que recomenda o descarte dos primeiros 2 mm de chuva, com uma análise comparativa dos resultados.

Foram analisados dois tipos de dispositivos quanto a dimensões e custo. O volume de descarte foi calculado com a equação 1 para o reservatório, e o sistema com tubos múltiplos foi avaliado usando as equações 2, 3 e 4, considerando tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 1 m de comprimento.

$$Volume_{descarte} = Área_{cobertura} * Precipitação \quad (1)$$

$$Volume_{tubo} = Área_{tubo} * L_{tubo} \quad (2)$$

$$Área_{tubo} = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (3)$$

$$Quantidade_{tubo} = \frac{Volume_{descarte}}{Volume_{tubo}} \quad (4)$$

Sendo: Volume em L; Área cobertura e tubo em m²; Precipitação em mm; Diâmetro em m².

3.4 ANÁLISE DE CUSTO

O pré-dimensionamento dos dispositivos permitiu levantar os custos com base em preços de lojas de material de construção. Nesse estudo utilizou-se a Leroy Merlin Espírito Santo e o Mercado Livre, considerando os valores de insumos de julho de 2024.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4,1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Na pesquisa foram encontrados 122 documentos no Portal de Periódicos da Capes e Google Acadêmico e 59 documentos no Catálogo de Teses no período de 2012 a 2023. Após excluir duplicatas, ler os títulos e resumos restaram 17 documentos para leitura e extração de dados: 5 artigos, 9 dissertações e 3 teses como apresentado no Quadro 1. Ademais, foi possível realizar a classificação dos tipos de dispositivos observados na revisão de literatura, como: dispostos por garrafas sequenciadas (DGS), tubulações verticais (TV), tanques de reserva (TR). Duas publicações discutiram o uso dos dispositivos tubulações verticais e tanques de reserva.

Quadro 1 – Informações bibliográficas das publicações selecionadas no período de 2012 a 2023

Artigo/Autores	Tipo de Publicação	Data de publicação	Tipo de Dispositivo
A01 (MAYKOT, 2021)	Dissertação	2021	DGS
A02 (GUIMARAES,2016)	Dissertação	2016	TV
A03 (PICCOLI,2014)	Dissertação	2014	TV
A04 (TEIXEIRA,2017)	Dissertação	2017	TV
A05 (ROSAS,2020)	Dissertação	2020	TV
A06 (SILVA,2017)	Tese	2017	TV e TR
A07 (GANEM,2019)	Dissertação	2019	TV
A08 (SANTOS,2021)	Dissertação	2021	TV
A09 (GIKAS; TSIHRINTZIS, 2012)	Artigo	2012	TV
A10 (GIKAS; TSIHRINTZIS, 2017)	Artigo	2017	TV
A11 (NETO,2013)	Artigo	2013	TR
A12 (COELHO et al,2019)	Artigo	2019	TV
A13 (ARAÚJO,2017)	Dissertação	2017	TV
A14 (NETO,2017)	Tese	2017	TV
A15 (VIEIRA,2013)	Tese	2013	TR
A16 (SALLA et al, 2013)	Artigo	2013	TR
A17 (JÚNIOR, 2018)	Dissertação	2018	TV e TR

Fonte: próprio autor

4.2 DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DA CHUVA

O artigo A01 utilizou cinco garrafas de vidro em sequência, com volume unitário de 4,70 L, com coleta de 1 mm de precipitação, provida de esfera de poliestireno expandido de 20 mm de diâmetro para bloquear a entrada de água quando completamente cheias, permitindo a passagem de água para o reservatório de armazenamento.

Três publicações abordaram o dispositivo do tipo TR. O estudo A11 descreve tanques que desviam automaticamente as primeiras águas por meio de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna, retendo 1 mm de chuva. No artigo A15, o protótipo de baixo custo (embalagem de água mineral) descarta 20 L, com um desvio de 2 mm da precipitação inicial. O artigo A16 analisou três reservatórios (caixas d’água de polietileno) com captações de 0,62 mm, 1,25 mm e 2,5 mm, resultando em volumes de 62 L, 125 L e 250 L para uma área de telhado de 100 m², além de um mecanismo de abertura e fechamento de registros esferas.

Foram encontrados onze estudos no qual o protótipo era do tipo TV, utilizando tubos de PVC em sua composição. A Tabela 1 apresenta alguns parâmetros levantados para os dispositivos de apenas uma tubulação e a Tabela 2 para os dispositivos verticais sequenciados.

Os estudos nas Tabelas 1 e 2 mostram diferentes valores de altura de precipitações, divergindo do valor recomendado pela norma brasileira. Essas variações são influenciadas por fatores como localidade e sazonalidade. A poluição atmosférica em grandes centros urbanos afeta a qualidade da água precipitada, exigindo maiores volumes de descarte inicia

Dois trabalhos estudaram conjuntamente TV e TR. No estudo A06 foram avaliados três dispositivos usados no semiárido brasileiro: dois TR (um de polietileno e outro de concreto), no qual um possui uma acumulação de 1 L e outra de 2 L/m² de área de captação, e um sistema

de tubos de PVC com vasos comunicantes com acumulação de 1 L/m², todos com funcionamento por fecho hídrico. A dissertação A17 analisou um TR com desvio automático das primeiras águas e um TV de PVC desenvolvido pela UFPE, ambos dimensionados para descartar 1 L de água por m² de telhado.

Tabela 1 – Parâmetros analisados para dispositivos de uma tubulação

Artigo	Boia de Vedação	Diâmetro (mm)	Milímetros de chuva	Volume descartado (L)
A02	Possui	100	0,15	12
A03	Possui	100	0,5	12
A05	Possui	100	0,08	70,5
A07	Possui	150	0,5	-
A08	Não Possui	75	1	3,5
A09	Não Possui	100	0.11; 0.13; 0.13; 0.12; 0.11; n.a.	20; 13; 10; 16; 11; n.a.
A10	Não Possui	100	0,18	13 e 11
A12	Não Possui	100 e 200	2	20

Fonte: próprio autor

Tabela 2 – Parâmetros analisados para dispositivos de tubulações sequenciadas de PVC

Artigo	Boia de Vedação	Diâmetro (mm)	Milímetros de chuva	Volume descartado (L)	Quant. de Tubos	Interligação
A04	Não Possui	100	0,5	64,8	6	inferior
A13	Não Possui	100	1	25	2	inferior e superior
A14	Não Possui	100	1 e 0,75	13,30 e 16,96	2	inferior e superior

Fonte: próprio autor

4.3 DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTO DO SISTEMA DE DESCARTE PARA O PROTÓTIPO DO IFES

Para o dimensionamento do dispositivo foi estudado o sistema com reservatório e o sistema de tubulações sequenciadas (UFPE) utilizando as equações 1 a 4. Os resultados consideraram: Área de captação de 67,46 m² e tubulação de 100mm com 1m de comprimento com volume unitário de 15,7L. As Tabelas 3 e 4 apresenta a lista de material e orçamento para instalação de cada alternativa.

Tabela 3 – Materiais e custo para o dispositivo de descarte com reservatório

Volume Calculado/Material	Volume Calculado (L)	Precipitação (mm)		
		0,5	1	2
Eco 40 Litros Tambor/bombona Branca Tampa De Rosca	33,73	63,12		
Eco Tambor/bombona 80 Litros Reservatório De Água	67,46	78,90		
Bombona 150 Litros Tampa Grande	134,92	270,00		

Fonte: próprio autor

Tabela 4 – Material e custo para os dispositivos de descarte com tubos sequenciados.

Material	Valor Unitário (R\$) *	Precipitação 0,5mm		Precipitação 1mm		Precipitação 2mm	
		Quant (und)	Total (R\$)	Quant (und)	Total (R\$)	Quant (und)	Total (R\$)
Tubulações de PVC de 3 m (DN 100mm)	50,9	1	50,90	2	101,80	3	152,70
Tê PVC para Esgoto 100mm	14,9	6	89,40	10	149,0	18	268,20
Cap PVC para Esgoto 100mm	9,9	2	19,80	2	19,80	2	19,80
Abraçadeira Tipo U 100mm C/ 6 Pcs C/parafuso e Bucha Racrafi	32,25	1	32,25	1	32,25	1	32,25
Pasta Lubrificante Tigre 210g (23 g por junta)	10,02	2	20,04	2	20,04	4	40,08
Total			212,39		322,89		513,03

Fonte: próprio autor - *Valor de referência Julho/2024.

O sistema com os maiores custos totais corresponde à precipitação de 2mm. Os demais custos devem ser considerados com cautela, pois a precipitação utilizada no dimensionamento foi extraída da literatura para dispositivos utilizados em áreas rurais. O dispositivo de tubulações sequenciadas tem custos mais altos que as bombonas, contudo, é uma opção interessante por sua estrutura compacta, sendo frequentemente mencionado em estudos recentes.

5 CONCLUSÃO

A presente RSL indicou que são limitados os estudos de descarte das primeiras águas, entretanto, verificou-se que os dispositivos estudados apresentaram eficiência para retenção de impurezas na água coletada e que a geometria de tubulações verticais são as mais utilizadas.

Para o protótipo do Ifes campus Vitória, foram propostos os dispositivos de tubulações sequenciadas e o modelo de tanque de reserva. Observou-se que quanto maior a precipitação utilizada no descarte, mais caro fica o dispositivo e que o dispositivo de tubulações sequenciadas apresenta maior custo que o sistema de reservatório. Diante do exposto, se espera que o desenvolvimento desse trabalho contribua para estudos futuros e adaptações para o protótipo existente no Ifes.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis Requisitos. Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 2019.

ARAÚJO, Luttemberg Ferreira de. **Desviufpe como barreira sanitária para melhoria da qualidade de água de chuva em zona rural: determinação de deposição seca e melhoria de desempenho**. Universidade Federal de Pernambuco, CAA, 2017.

CIRILO, José Almir. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, São Paulo, p. 45-58, jul. /ago./set. 2015.

COELHO, Lineker M. G. *et al.* Avaliação experimental da eficiência na retenção de sedimentos sólidos, em um reservatório separador de primeiras águas da chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, p. 138-150, 2019.

GANEM, Livia de Oliveira. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2019.

GIKAS G.D., TSIHRINTZIS V.A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. **Journal of hydrology (Amster-dam)**, p. 115-126, 2012.

GIKAS G.D., TSIHRINTZIS V.A. Effect of first-flush device, roofing material, and antecedent dry days on water quality of harvested rainwater. **Environmental science and pollution research international**, p. 21997–22006, 2017.

GUIMARÃES, Rodrigo Mazza. **Caracterização físico-química e biológica da chuva armazenada no sistema do Instituto Fernando Rodrigues da Silveira, CAP-UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro**, 2016.

JÚNIOR, Paulo C. B. **Água da chuva: aproveitamento para a gestão de recursos pluviais em comunidades ribeirinhas do estado do Amazonas**. Universidade do Estado do Amazonas, 2018.

MAYKOT, Jéssica Kunts. **Caracterização do first flush proveniente de cobertura de fibrocimento localizada em Florianópolis**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

NETO, Cícero O. A. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, p. 73-83, 2013.

NETO, Djalma C.F. **Dispositivo modificado do desvio para o armazenamento das primeiras águas pluviais para consumo humano**. Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

OKOLI, C. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. Tradução de David Wesley Amado Duarte; Revisão técnica e introdução de João Mattar. **EaD em Foco**, v. 9, n. 1, 40 p., 2019.

PICCOLI, Rodolpho Arcoverde. **Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso - Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Rio Comprido – RJ**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

ROSAS, Diogo. **Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de água pluviais**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2020.

SALLA, Marcio Ricardo *et al.* Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, p. 167-181, 2013.

SANTOS, Valéria Carneiro dos. **Avaliação de sistema de aproveitamento de águas pluviais de telhado via simulação contínua com dados subsidiários**. Universidade Federal de Alagoas, 2021.

SILVA, Selma T.B. **Influência das condições de ocupação do solo, da deposição seca e de dispositivos de desvio, sobre a qualidade da água de chuva**. Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

TEIXEIRA, Álvaro S.D. **Desenvolvimento de coletor de água de chuva em ambiente urbano e caracterização preliminar da água do escoamento inicial (first flush)**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2017.

VIEIRA, Carine Cristina. **Aproveitamento de águas pluviais: influência do volume de descarte e da filtração na qualidade da água**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.