

JOSE EDSON MARTINS SILVA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA DESVIO DAS
PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA**

Trabalho de Curso (Artigo Científico) apresentado ao curso de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental.

Orientadora: Dr^a Dayana Melo Torres.

NATAL

2021

JOSE EDSON MARTINS SILVA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA DESVIO DAS
PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA**

Trabalho de Curso (Artigo Científico) apresentado ao curso de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 31/08/2021, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA



Dayana Melo Torres, Dr^a - Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Jean Leite Tavares, Dr – Examinador Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Silvânia Lucas dos Santos, Dr^a – Examinadora Externa
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A DEVICE FOR DIVERSION OF FIRST RAINWATER

José Edson Martins Silva¹, Dayana Melo Torres²
Instituto Federal do Rio Grande de Norte – Campus São Paulo do Potengi¹
Instituto Federal do Rio Grande de Norte – Campus Natal Central²
edson.martins@ifrn.edu.br¹, dayana.torres@ifrn.edu.br²

RESUMO

Há mais de duas décadas de desenvolvimento e implantação do programa de políticas públicas “P1MC”, com a inserção das cisternas como tecnologia social da convivência com o semiárido, vários estudos já comprovaram a melhoria da qualidade da água após a triagem do primeiro milímetro de chuva. Ainda assim, não foi oficializado modelo de dispositivo de desvio de primeiras águas de chuva. Este trabalho objetivou desenvolver e a avaliar um dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva (RPA), denominado DESV-IFSPP, além de comparar esse dispositivo a outros modelos existentes na literatura. Os experimentos foram realizados em residência localizada na zona rural da região semiárida, sendo analisadas as águas do sistema de armazenamento geral (RG), cisterna de armazenamento de água para uso, bem como as águas desviadas desse sistema, considerando-se o desvio do primeiro milímetro. Verificou-se melhoria na qualidade da água armazenada no RG devido ao desvio das primeiras águas para DESV-IFSPP. Em relação à eficiência do DESV-IFSPP, obtiveram-se os seguintes valores de eficiência na redução das concentrações: 51,60% para coliformes totais; 58,29% para *E. coli*; 15,25% para Cor Verdadeira; 28,87% para Cor Aparente; 27,44% para Turbidez; 22,38% para Sólidos Totais Dissolvidos e 22,38% para condutividade elétrica. Para os parâmetros físico-químicos de qualidade da água armazenada no RG para aproveitamento, todos os resultados perfazem os índices normatizados na Portaria GM/MS N° 888/2021. Os indicadores microbiológicos estiveram presentes em todas as amostras, requerendo uma desinfecção caso essa água seja utilizada para consumo humano. Constatou-se também pontos positivos na utilização do DESV-IFSPP, como a praticidade de montagem para instalação e/ou adequação a sistemas existentes, menor custo em relação a dispositivos similares e menor quantidade de pontos frágeis para manutenções periódicas, como vazamentos.

Palavras-chave: Captação de água de chuva; Dispositivos para desvio das primeiras águas de chuva; Barreira sanitária; Água para consumo humano.

ABSTRACT

More than two decades since the development and implementation of the public policy program “P1MC”, with the inclusion of cisterns as a social technology for living with the semiarid region, several studies have already proven the improvement in water quality after the screening of the first millimeter of rain. Even so, the first rainwater diversion device model was not made official. This work aimed to develop and evaluate a device for diversion of first rainwater (RPA), called DESV-IFSPP, in addition to comparing this device to other models in the literature. The experiments were carried out in a residence located in the rural area of the semiarid region, being analyzed the waters of the general storage system (RG), a water storage cistern for use, as well as the water diverted from this system, considering the diversion of the first millimeter. There was an improvement in the quality of water stored in the RG due to the diversion of the first waters to DESV-IFSPP. Regarding the efficiency of

DESV-IFSP, the following values of efficiency in reducing concentrations were obtained: 51.60% for total coliforms; 58.29% for E. coli; 15.25% for True Color; 28.87% for Apparent Color; 27.44% for Turbidity; 22.38% for Total Dissolved Solids and 22.38% for electrical conductivity. For the physical-chemical quality parameters of the water stored in the RG for reuse, all the results meet the standardized indices in Ordinance GM/MS N° 888/2021. Microbiological indicators were present in all samples, requiring a disinfection process before the use for human consumption. There were also positive points in the use of the DESV-IFSP, such as the practicality of assembly for installation and/or adaptation to existing systems, lower cost compared to similar devices and fewer fragile points for periodic maintenance, such as leaks.

Keywords: Rainwater harvesting, First rainwater diversion devices, Sanitary barrier, Water for human consumption.

INTRODUÇÃO

Segundo Kounina et al. (2013), a escassez hídrica pode ser definida como o consumo de água que se aproxima ou excede a capacidade natural de regeneração de um corpo hídrico, ou seja, é a situação caracterizada por falta de água para atendimento das demandas padrões de dessedentação, de higiene, de limpeza e de processos de manufatura que utilizam a água. É potencializada pelo consumo crescente, poluição dos recursos hídricos, degradação dos recursos naturais, mudanças climáticas e ausência de infraestrutura de saneamento básico.

Mekonnen & Hoekstra (2016) apontam que dois terços da população global, cerca de 4 bilhões de pessoas, vivem em condições de escassez severa de água por, pelo menos, 1 mês durante o ano. Além disso, meio bilhão de pessoas no mundo enfrentam escassez de água severa durante todo o ano. O Brasil, em termos hidrológicos, comporta 12% das reservas de água doce e algumas das maiores bacias hidrográficas do mundo (OECD/FAO, 2015), porém essa disponibilidade de água não é uniforme.

Em se tratando do Nordeste do Brasil, tem-se que essa região detém 3% de toda água doce do país e apresenta clima semiárido em grande porção de seu território, devido às condições climáticas e geográficas. Compreende 1.127.953 km² de área superficial, 1.262 municípios distribuídos em 10 estados e uma população de 27.607.440 habitantes, em que 38% está em área rural e 62% em área urbana (SUDENE, 2017; IBGE, 2018; SUDENE, 2021; ANA, 2018). O clima semiárido tem características de períodos de chuva intercalados por longos períodos de estiagem, altos índices de insolação e altas taxas de evapotranspiração em mananciais superficiais (BRASIL, 2005; SILVA et al., 2010; ANA, 2018; SUDENE, 2021). Dados do relatório “Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas de 2021” (IPCC, 2021) indicam que, até 2030, haverá uma queda de cerca de 30% em precipitações

pluviométricas e um aumento da temperatura para o dobro do padrão mundial, ou seja, uma mudança na ordem de 3°C. Tais transformações incidem no processo de desertificação, produzindo um impacto social e econômico na capacidade de produção de alimentos e no esvaziamento dessas áreas por conta da improdutividade das terras. Agrega-se, a estas características, as falhas na gestão dos recursos hídricos, a falta de educação da população em relação ao uso e à importância da água como bem imprescindível à vida humana e à das cadeias produtivas, gerando constante situação de escassez hídrica.

Tendo em vista este cenário, surgiu, em 1999, como forma de ação efetiva, a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), que tem como propósito o desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis de convivência com o semiárido. A ASA investe na captação e no armazenamento adequado das águas de chuva como alternativa para adaptação às condições ambientais dessa região, tanto do ponto de vista produtivo quanto do econômico (ALVES, 2013). Empresas de saneamento responsáveis pelo abastecimento de água centralizado, através de grandes estruturas de captação, adução, tratamento e distribuição, não são capazes, na maioria das vezes, de abastecer regiões mais afastadas dos centros urbanos, seja em função de CAPEX ou OPEX, ou de quaisquer outros impeditivos. Para suprir essa demanda, a iniciativa civil, por meio da ASA, aposta em cisternas como instrumento de armazenamento de água e de abastecimento descentralizado dessas regiões.

Em 2013, foi criado o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água (Programa Cisternas), através da Lei Federal nº 12.873 de 2013 (BRASIL, 2013), que regulamenta, em seu artigo 11, “a finalidade de promover o acesso à água para o consumo humano e animal e para a produção de alimentos, por meio de implementação de tecnologias sociais, destinado às famílias rurais de baixa renda atingidas pela seca ou falta regular de água”.

Nesse contexto, surge a tecnologia de cisternas de placas, representada na Figura 1. Composta por uma cisterna de placa de 16.000 litros (P1MC)^[1], tubulação^[2] e calha^[3] (BORJA *et al.*, 2015; BRASIL, 2019), possibilita a captação e estocagem da água de chuva, e é o modelo mais presente na região semiárida. Posteriormente, como forma de acelerar a instalação de mais unidades, foi idealizada a instalação de cisternas em polietileno, porém houve resistência da população a essa alternativa, visto que afetava a contrapartida financeira de mão de obra direcionada à comunidade envolvida com a construção das cisternas de placa e incidia em fatores ambientais, como a alta insolação, que deforma o material plástico desse modelo proposto.



Figura 1: Cisterna de placa (Fonte: Borja et al. 2015).

O sistema de coleta e de aproveitamento de água de chuva é utilizado em muitas residências da região semiárida, que possuem área de cobertura entre 50m² e 100m², cobertura em telha cerâmica colonial, com inclinação entre 18% e 25%, calhas em PVC ou metálicas em zinco, tubulação vertical e horizontal em PVC de diâmetro nominal DN-75mm e/ou 100mm. Muitas vezes não há barreiras sanitárias que garantam melhorias em termos qualitativos das águas (ROSA *et al.*, 2003). A água de chuva – que geralmente apresenta contaminação, decorrente da limpeza das camadas da atmosfera e da superfície de captação, ou do armazenamento de forma não protegida (ANDRADE NETO, 2013) – apresenta excelente padrão, inclusive para consumo humano.

O modelo oficial de implantação do programa P1MC não apresenta dispositivo de retenção de sólidos, como ralo hemisférico e filtros de tela ou similares, assim como também não apresenta dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva. Cerca de duas décadas após a inserção das cisternas como tecnologia social e instrumento de convivência com o semiárido, dispositivos para melhorias são necessários, visando o melhor funcionamento do sistema de armazenamento de água de chuva, e, por conseguinte, a garantia de uma melhor qualidade dessas águas, conforme apontam estudos já estabelecidos.

Nesse sentido, os objetivos deste artigo consistem em desenvolver um dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva, denominado por DESV-IFSPP, bem como avaliar seu funcionamento em relação a outros dispositivos utilizados para esse fim.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma edificação localizada na zona rural do município de Serra Caiada, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 2). As coordenadas geográficas da

edificação são 35,727°W e 6,135°S, estando localizada no semiárido nordestino. Conforme dados da EMPARN (2021), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, a média histórica do referido município é de 580,20mm/ano.

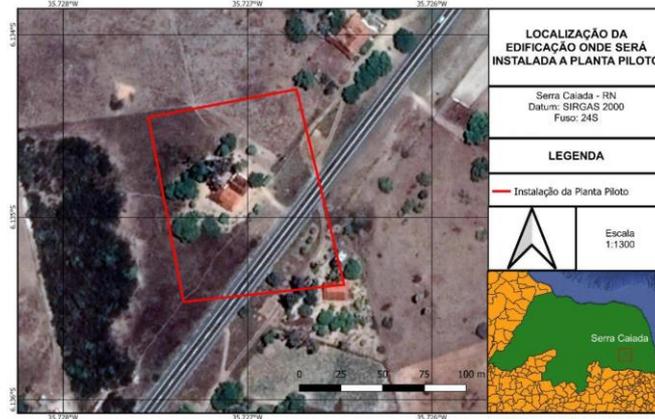


Figura 2: Localização da edificação - área piloto (Fonte: Autoria própria, 2021).

A edificação onde foi implantada o sistema piloto apresenta sistema de captação de águas pluviais composto por cobertura com estrutura de madeiramento e telha cerâmica com área de superfície de 100m² (Figura 3). Nela, as águas pluviais seguem por escoamento superficial até calha em PVC DN-150mm, encaminhando-se, por tubo PVC DN-100mm, para cisterna em alvenaria (retângulo tracejado indicado na Figura 3).

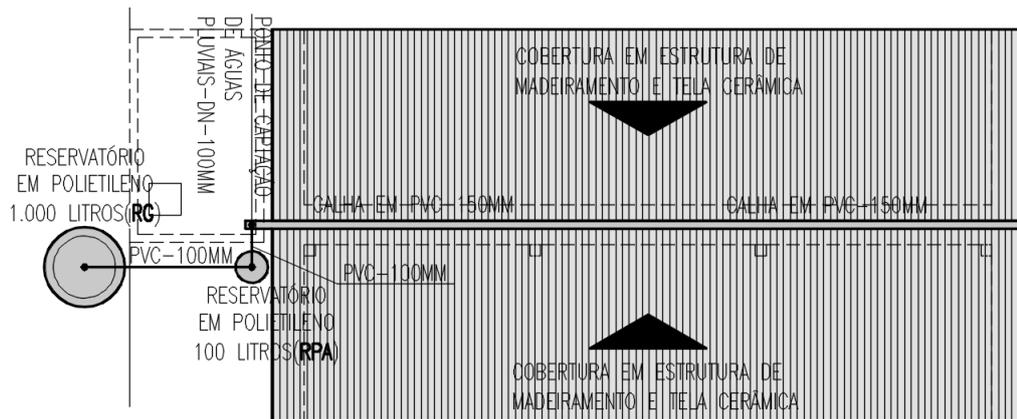


Figura 3: Ampliação - Situação instalação de sistema piloto (Fonte: Autoria própria, 2021).

CONCEPÇÃO DO DISPOSITIVO

O DESV-IFSP (Figura 8) utiliza conexões simples e acessíveis, sendo capaz de gerar uma barreira física (Figuras 5, 6 e 7) entre o primeiro milímetro de água de chuva desviada e

o volume excedente a ser conduzido para o RG. A válvula de retenção em PVC DN-100mm (Figura 4) apresenta um dispositivo interno tipo borboleta basculante (Figuras 5, 6 e 7), instalado inicialmente em posição vertical, que permite o fluxo apenas em uma direção, conforme verifica-se na Figura 6 (com sentido de fluxo representado por seta na cor preta). A pressão da água captada é conduzida inicialmente para o RPA. Após seu enchimento, o nível da água segue até o dispositivo interno tipo borboleta basculante, pressionando-o em sentido oposto, conforme Figura 7 (fluxo reverso), modificando sua posição de vertical para horizontal e gerando compartimentação entre as águas da primeira chuva acondicionadas no RPA. O volume geral excedente segue para acondicionamento no RG, conforme representa a Figura 7 (com sentido de fluxo indicado por seta na cor vermelha).

Inicialmente foram realizados testes de bancada (Figuras 6 e 7), para verificação de fluxo das águas pluviais no sentido inicial das primeiras águas de chuva e para análise do comportamento do dispositivo interno tipo borboleta basculante no fluxo reverso, após ocupação do volume de armazenamento das primeiras águas de chuva no reservatório RPA, que cria uma barreira sanitária entre as águas do RPA e RG e garante a estanqueidade do sistema após a triagem do primeiro milímetro de chuva.



Figura 4: Válvula de retenção-PVC-100mm (Fonte: Tigre, 2010).



Figura 5: Dispositivo interno tipo borboleta basculante-corte desenho técnico (Fonte: Tigre, 2010).



Figura 6: Teste de bancada do dispositivo interno tipo borboleta basculante - situação inicial (Fonte: Autoria própria, 2021).

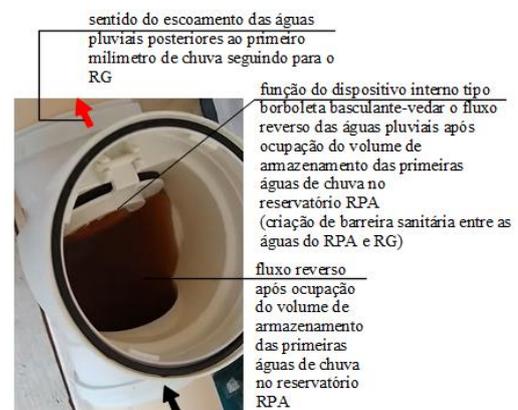


Figura 7: Teste de bancada do dispositivo interno tipo borboleta basculante - situação final (Fonte: Autoria própria, 2021).

Na instalação do DESV-IFSP (Figuras 3, 8, 9, 10 e 11), foi derivada tubulação de PVC DN-100mm, com junção 45° de derivação, seguida de válvula de retenção PVC DN-100mm até o reservatório, para armazenamento das primeiras águas (RPA), conforme Figura 8. Após a junção 45° e Joelho 45°, a derivação da tubulação PVC DN-100mm segue para o reservatório geral (RG) (Figuras 8, 10 e 11).

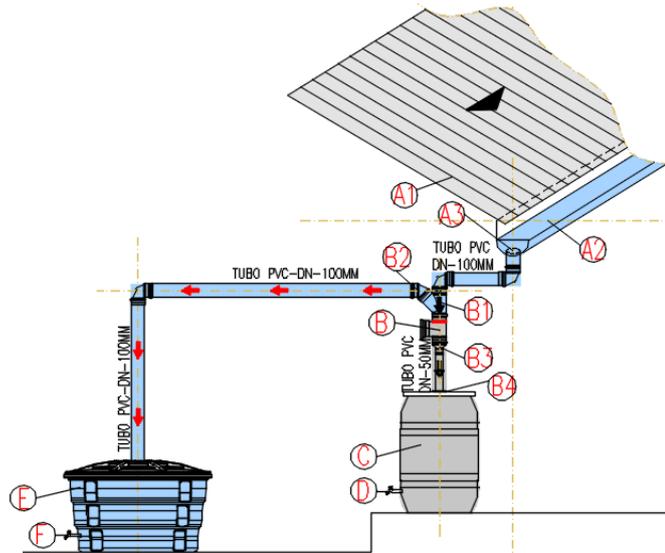


Figura 8: Dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva – protótipo DESV-IFSP instalado – situação primeiro milímetro de chuva (Fonte: Autoria própria, 2021). Leia-se: (A1) cobertura existente; (A2) calha plástica existente DN-150mm; (A3) ponto de condução das águas pluviais DN-100mm; (B) válvula de retenção PVC DN-100mm; (B1) junção simples PVC DN-100mm; (B2) joelho 45° PVC DN-100mm; (B3) redução excêntrica PVC DN-100mmx50mm; (B4) flange curto PVC soldável DN-50mm; (C) reservatório plástico 100 L (reservatório de descarte do primeiro milímetro de chuva - RPA); (D) torneira de serviço ½” (ponto para coleta - RPA); (E) reservatório geral – RG em polietileno (1.000 L); (F) torneira de serviço ½” (ponto para coleta - RG).

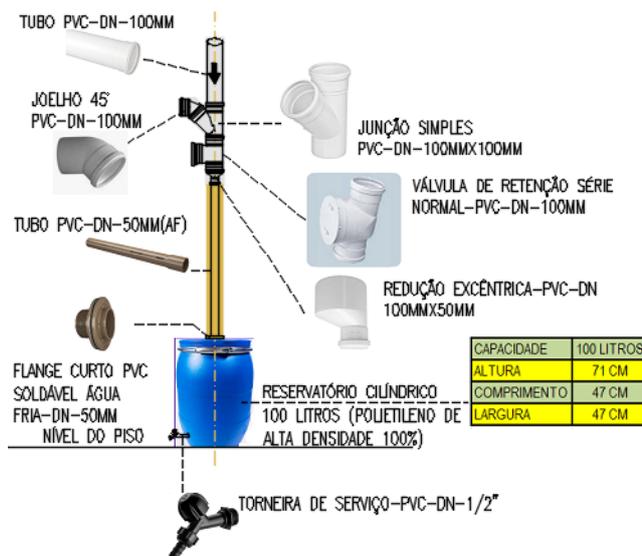


Figura 9: Núcleo do Dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva – protótipo DESV-IFSP (Fonte: Autoria própria, 2021).

Entre o projeto e a execução, houve adaptações no nível da estrutura da cisterna existente e no desnível do terreno, sublocando o RPA mais próximo ao ponto da calha, em cota de terreno maior, e o RG em cota inferior (Figura 11). Houve também a redução de diâmetro de 100mm para 50mm no RPA como forma da instalação de flange curto DN-50mm (Figuras 8, 9, 10 e 11), de maneira a garantir a estanqueidade do dispositivo.



Figura 10: Projeto-sistema piloto (Fonte: Autoria própria, 2021).



Figura 11: Sistema piloto executado (Fonte: Autoria própria, 2021)

O sistema piloto foi elaborado com a indicação de instalação de dispositivo de triagem e de descarte do primeiro milímetro de chuva (RPA). Com isso, objetivava-se a “limpeza” dos dispositivos de captação de águas pluviais, em prol de melhoria da qualidade dessas águas após a triagem do primeiro milímetro, que segue para armazenamento no reservatório geral em polietileno de 1.000 litros (RG) e para posterior aproveitamento (cf. Figuras 8, 10, 11). Na revisão de literatura, pode-se constatar que a maioria das casas unifamiliares em que foram implantadas as cisternas do programa PIMC apresentavam área de cobertura entre 75,00m² a 100,00m². Logo, como forma de padronização do RPA, adotou-se reservatório de volume de 100 litros, perfazendo, em geral, a triagem do primeiro milímetro de chuva.

Durante a instalação e o início do funcionamento do sistema, foram feitas análises empíricas para averiguação de funcionamento do DESV-IFSPP (Figuras 3, 8, 10, 11) em dois eventos de precipitação pluviométrica que garantissem volume suficiente para o preenchimento do RPA e RG. Foram analisados possíveis vazamentos, extravasamentos, e quaisquer problemas inerentes ao seu funcionamento.

OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Os experimentos foram realizados durante o período chuvoso da região, entre os meses de março e abril de 2021. As três coletas ocorreram em eventos pluviométricos que

garantissem um volume de água suficiente para encher os dois reservatórios (RPA e RG) que, neste caso, foram nos dias 25/03/2021, 29/03/2021 e 05/04/2021. Segundo a EMPARN (2021), na estação pluviométrica Aeroporto, foram registradas precipitações para estas datas da ordem de 29,9mm/dia, 2,0mm/dia e 12,9mm/dia, respectivamente. Foram analisados os parâmetros apresentados na Tabela 1, conforme APHA *et al.* (2017), nas amostras coletadas no dispositivo de triagem e descarte do primeiro milímetro de chuva (RPA) e no reservatório geral (RG). Essas amostras foram conduzidas ao Núcleo de Análises de Águas Alimentos e Efluentes (NAAE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central.

Tabela 1: Parâmetros, métodos e técnicas aplicadas, conforme APHA (2017).

Parâmetros / Unidade	Método de análise	Técnica utilizada
pH	Eletrométrico, com uso do pHmetro.	4500 – H ⁺ B
Temperatura (°C)	Termômetro	APHA-2550
Cor verdadeira (Mg/L Pt-Co/L)	Nefelométrico	APHA-2120A, B e C
Cor aparente (Mg/L Pt-Co/L)	Nefelométrico	APHA-2120A, B e C
Condutividade elétrica (µS/cm)	Com uso do condutivímetro	APHA-2510 A,B
Turbidez (NTU)	Nefelométrico	APHA-2130 A,B
Sólidos totais dissolvidos (STD) (mg/L)	Gravimetria	APHA-2540 A,C,E
Alcalinidade total (Mg/L CaCO ₃)	Titulométrico	APHA-2320
Dureza total (Mg/L CaCO ₃)	Titulométrico	APHA-2340 A,C
Oxigênio dissolvido (OD) (Mg/L O ₂)	Colorimétrico	APHA-4500-O A,C
Coliformes totais (UFC/100 mL)	Membrana filtrante	APHA-9121 B,C;9223
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	APHA-9121 B,C;9223

Após as três coletas realizadas, nos dois pontos indicados, RPA e RG, e emissão dos resultados expedidos pelo NAAE, foi elaborada a estatística descritiva com índices de média mínimo, máximo, eficiência média expedida em valores percentuais e desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO RPA E NO RG

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos durante a pesquisa e comparados com os índices estabelecidos para padrões de potabilidade da água, prescritos pela Portaria GM/MS N° 888/2021.

Tabela 2: Resultados dos parâmetros estabelecidos, mínimo, máximo, média, eficiência média e desvio padrão do dispositivo de desvio de primeiras águas e no reservatório geral.

Parâmetro/Unidade	Portaria GM/MS N° 888/2021	Média (Mínimo-Máximo)		Eficiência média (%)	Desvio padrão	
		RPA	RG		RPA	RG
pH	6 a 9	6,9 (6,8-7,0)	7,37 (7,2-7,6)	-	0,10	0,21
Temperatura (°C)		24,17 (23,20-25,50)	25,17 (24,80-25,80)	-	1,19	0,55
Cor verdadeira (Mg/L Pt-Co/L)	ND	13,33 (12,80-14,10)	11,30 (10,00-13,10)	15,25	0,68	1,61
Cor aparente (Mg/L Pt-Co/L)	15	20,67 (18,00-25,10)	14,70 (13,00-17,10)	28,87	3,87	2,14
Condutividade elétrica (µS/cm)	ND	107,27 (42,60- 206,80)	83,26 (24,67- 185,10)	22,38	87,48	88,53
Turbidez (NTU)	5	3,17 (2,39-3,92)	2,30 (1,39-3,06)	27,44	0,77	0,85
Sólidos totais dissolvidos (STD) (mg/L)	500	71,87 (28,54- 138,56)	55,78 (16,53- 124,02)	22,38	58,61	59,32
Alcalinidade total (Mg/L CaCO₃)	ND	20,91 (5,88-35,28)	18,95 (5,88-33,32)	9,38	14,71	13,77
Dureza total (Mg/L CaCO₃)	300	25,40 (5,15-46,55)	21,32 (4,90-41,16)	16,08	20,71	18,37
Oxigênio dissolvido (OD) (Mg/L O₂)	ND	5,45 (3,76-7,61)	6,87 (5,08-8,12)	-	1,97	1,59
Coliformes totais (UFC/100 mL)	ausência em 100mL	12.466 (5.400- 16.000)	6.033 (3.500-9.200)	51,60	6.119,9 1	2.902,30
E. Coli (NMP/100 mL)	ausência em 100mL	1.830 (450-4.000)	763,33 (240-1.140)	58,29	1.902,2 9	467,58

RPA=reservatório de desvio das primeiras águas; RG=reservatório geral; UND=Unidade; ND=Não determinado.

Os resultados em RPA e RG (Tabela 2) apresentaram concentrações de Coliformes Totais e *E. coli*, sendo necessário a implantação de processos como filtração, seguidos de desinfecção simplificada para a água do RG, caso ela venha a ser utilizada para consumo humano. As características da água do RPA e do RG viabilizam aplicação irrestrita para rega de jardins, irrigação de plantações, lavagem de carros, limpeza de pisos e descargas em bacias sanitárias (ZANELA, 2015). Nas coletas 2 e 3, com relação aos coliformes totais, obteve-se redução de uma casa logarítmica (de 10^4 para 10^3) entre os RPA e o RG. A presença dos dois parâmetros microbiológicos em questão trata-se de condições externas ao próprio sistema, como fezes de animais, folhagens, estrutura da cobertura, intensidade do vento e precipitação, ou falta de precipitação, em geral. Houve, porém, em todas as coletas, redução significativa das concentrações entre os dispositivos RPA e RG. A eficiência de remoção no RPA para o

RG para coliformes totais foi de 51,60%, e *E. coli* de 58,29%. Pode-se considerar que quanto menor a concentração, maior será o trabalho para remoção da maioria dos parâmetros de qualquer efluente analisado. Logo, de acordo com revisão de literatura e de resultados de outros trabalhos correlatos, a inserção, na calha, de tela ou ralo hemisférico, capazes de mitigar a passagem de matéria sólida que porventura sejam encaminhadas no escoamento superficial das águas pluviais da cobertura ao reservatório geral, pode ser apontada como fator de maximização de remoção destes parâmetros.

Com relação aos parâmetros pH Condutividade Elétrica, Cor Verdadeira, Cor Aparente, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Alcalinidade Total e Dureza Total, em todas as coletas, constatou-se redução entre os dispositivos RPA e RG. O parâmetro Cor Aparente no RG apresentou resultados menores do que se preconiza na Portaria GM/MS N° 888/2021 em duas das três coletas. Já pH, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Dureza Total, no RG, apresentaram resultados menores ou dentro do intervalo de referência que determina a portaria, isto é, estão dentro dos padrões de potabilidade. O Oxigênio Dissolvido (OD), em todas as coletas, apresentou aumento entre os dispositivos RPA e RG. No caso do OD, o aumento entre o RPA e RG é um fator positivo, pois tal crescimento é um indicativo da diminuição de matéria orgânica na água.

A Portaria GM/MS N° 888/2021 preconiza o padrão de potabilidade para pH no intervalo entre 6 e 9. Nas análises efetuadas, a média no RPA é de 6,9 e de 7,37 no RG, estando, portanto, dentro do padrão de potabilidade para pH.

A Cor Verdadeira expressa a ausência de partículas em suspensão, sendo analisada após a filtração por membrana. Os resultados obtidos apresentaram média de 11,30 (Mg/L Pt-Co/L) no RG e eficiência de remoção de 15,25%. Já a Cor Aparente, que sofre influência de partículas coloidais, de sólidos em suspensão ou dissolvidos, possui limite de 15 (Mg/L Pt-Co/L), estabelecido pela Portaria GM/MS N° 888/2021, e apresentou média de 14,70 (Mg/L Pt-Co/L) no RG e eficiência de remoção de 28,87%.

Em relação à Turbidez, que está relacionada aos sólidos em suspensão, a eficiência média foi de 27,44%, com média de 2,30 NTU no RG, abaixo do valor de 5 NTU estabelecido na portaria de potabilidade.

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) referem-se à soma dos constituintes químicos dissolvidos na água e medem a concentração de substâncias iônicas, que possuem limite estabelecido pela Portaria GM/MS N° 888/2021 de 500 mg/L. A água do RG apresentou valor médio de 55,78 mg/L e eficiência do sistema de 22,38%. Esse resultado valida a correlação

estabelecida com a redução dos valores obtidos nos parâmetros Cor Verdadeira e Cor Aparente.

Para os parâmetros químicos, partindo da Alcalinidade Total – que designa a capacidade da água em neutralizar ácidos, podendo proporcioná-la sabor desagradável –, as amostras apresentaram média de 18,95 mg/L CaCO₃ e eficiência de remoção no sistema de 9,38%.

A Dureza Total denota presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) ou de outros metais bivalentes, que, em menor intensidade, causam sabor desagradável e, em teores elevados, efeitos laxativos, além de reduzir a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo e provocando também incrustações nas tubulações. Esse parâmetro apresentou o limite estabelecido pela Portaria GM/MS N° 888/2021 de 300 mg/L CaCO₃, com média de 21,32mg/L CaCO₃ no RG, enquadrada como branda pela literatura ($15 < \text{dureza}[\text{mg/L CaCO}_3] < 50$), e eficiência média de 16,08% no sistema.

O Oxigênio Dissolvido (OD) está relacionado com a presença de matéria orgânica e com a intensidade de chuva, uma vez que, quanto maior a intensidade de chuva, maior a velocidade com que a água entra na cisterna, aumentando, assim, a movimentação das partículas no seu interior (SILVA, 2017). Nas análises efetuadas, o OD da água armazenada no RG apresenta média de 6,87 (mg/L O₂) e aumento do valor entre o RPA e o RG, tendo em vista o propósito da diminuição de carreamento de matéria orgânica com a retenção das primeiras águas de chuva.

Logo, foi possível observar que todos os parâmetros avaliados indicam melhorias na qualidade das águas após a separação do primeiro milímetro de chuva no DESV-IFSPP (RPA), em relação às águas armazenadas no reservatório geral (RG).

COMPARAÇÃO ENTRE DESV-IFSPP E OUTROS DISPOSITIVOS PARA DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS

Analisando a eficiência média de operação de dispositivos para desvio das primeiras águas de chuva (Tabela 3), observa-se que a comparação direta dos resultados qualitativos da água deve levar em consideração as diferentes condições de estudos, a saber: localização geográfica, condição de clima, temperatura, umidade do ar, radiação solar, vento, composição atmosférica, precipitação, qualidade específica da superfície da cobertura, calhas, tubulações, tipo e condição física do reservatório de triagem das primeiras águas de chuva e do reservatório de armazenamento geral.

Tabela 3: Comparação das eficiências entre o dispositivo DESV-IFSP com outros dispositivos de desvio de primeiras águas.

Parâmetro/ Unidade	Experimento com água de chuva				Experimento com contaminação artificial e/ou água proveniente da concessionária local			
	DESV-IFSP (%)	Annechini (2005) (%)	Gonçalves et al. (2006) (%)	Dalsasso e Guedes (2017) (%)	Lima et al. (2012) (%)	Araújo (2017) (%)	Silva (2017) (%)	Silva et al. (2019) (%)
pH	7,37	7,3	7,57	7,54	8,50	7,45	7,72	**
Temperatura (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*
Cor verdadeira (Mg/LPt-Co/L)	15,25	69,44	**	58,82	**	75,53	6,25	69,44
Cor aparente (Mg/LPt-Co/L)	28,87	**	**	55,26	95,71	65,13	44,78	**
Condutividade elétrica (µS/cm)	22,38	68,97	**	**	-699,41 ***	**	-483,70 ***	68,97
Turbidez (NTU)	27,44	86,84	44,30	62,60	87,18	94,25	94,86	93,42
Sólidos totais dissolvidos (STD) (mg/L)	22,38	6,67	40,35	**	**	16,53	55,70	6,67
Alcalinidade total (Mg/LCaCO ₃)	9,38	**	26,07	44,90	-565,52 ***	- 102,96 *	-454,78 ***	**
Dureza total (Mg/L CaCO ₃)	16,08	78,85	30,98	58,73	**	16,79	37,44	78,85
Oxigênio dissolvido (OD) (Mg/L O ₂)	20,72	-10,26 ***	**	**	**	**	**	10,26
Coliformes totais (NMP/100 mL ou UFC/100mL)	51,60	60,00	46,81	16,33	76,97	90,77	95,24	60
E. Coli (NMP/100 mL)	58,29	**	70,84	79,80	**	98,47	93,33	**

Observação: (*) parâmetro dependente da situação geográfica do estudo; (**) parâmetro não indicado no estudo correspondente; (***) O valor negativo (-) exposto nos resultados dos parâmetros de eficiência da tabela acima indica acréscimo do referido parâmetro entre o dispositivo de desvio de primeiras águas para o reservatório geral, decorrente de efeito na reação entre as características físico-químicas da água com o material das cisternas.

Os trabalhos de Annechini (2005), Gonçalves *et al.* (2006), Dalsasso e Guedes (2017), assim como o presente trabalho, utilizaram-se de amostras de precipitação de chuva. Ressalta-se que os trabalhos de Annechini (2005) e Dalsasso e Guedes (2017), além da utilização, em seu piloto, do dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva, utilizaram também dispositivo complementar para remoção de sólidos junto ao medidor de vazão em tela de nylon, com malha 40/100 e fio 0,10, e tela de poliéster, com malha 48 fios/cm²

respectivamente, surtindo um efeito positivo maior na eficiência de remoção de alguns parâmetros.

Já Lima *et al.* (2012), Araújo (2017), Silva (2017) e Silva *et al.* (2019) utilizaram o processo de contaminação prévia da cobertura com lodo de esgoto doméstico, de modo a testar o desempenho dos dispositivos em um cenário extremo de contaminação com aspersão de água, tendo Silva *et al.* (2019) realizado a aspersão com água da concessionária local.

Identificou-se que o DESV-IFSPP, em relação ao dispositivo proposto por Annechini (2005), teve menor eficiência em relação a Cor Verdadeira, Condutividade Elétrica, Turbidez e Dureza Total, devido ao dispositivo de remoção de sólidos tipo tela supracitado. Comparando-se o DESV-IFSPP com o dispositivo proposto por Dalsasso e Guedes (2017), também se verifica menor eficiência frente a parâmetros como Cor Verdadeira, Cor Aparente, Turbidez, Alcalinidade Total e Dureza Total. Logo, vê-se que, nesses dois estudos, além da proposição do dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva, têm-se a proposição de dispositivo para remoção de sólidos anterior ao RPA, que contribui com a melhoria da qualidade das águas armazenadas no RG.

Como forma de comparação direta em trabalhos sem a utilização de dispositivos prévios tipo ralo hemisférico ou telas, como o de Gonçalves *et al.* (2006) e este trabalho proposto do DESV-IFSPP (2021), constatam-se eficiências equivalentes no tocante à observação de eficiência média de remoção em parâmetros de Coliformes Totais, com 51,60% e 46,81% respectivamente, e de E. Coli, com 58,29% e 70,84% respectivamente.

De forma geral, todos os parâmetros analisados no DESV-IFSPP apresentaram eficiência média positiva em sua remoção. Abaixo, o Quadro 1 apresenta síntese de levantamento cronológico de estudos com proposição de aplicação de dispositivos para desvio das primeiras águas de chuva em um intervalo temporal.

Quadro 1: Estudos de aplicação de dispositivos para desvio das primeiras águas de chuva em um intervalo temporal

Autor(es)	Ano de publicação	Descrição de apresentação de montagem aplicada
Dacach	1979	A interligação do tubo proveniente da(s) calha(s) passando por caixa denominada reservatório de autolimpeza dotada de grade para retenção de sólidos suspensos como folhas, resíduos de matéria orgânica em geral.
Dacach	1981	O autor apresentou um aprimoramento com bola flutuante como dispositivo de retenção das primeiras águas de chuva em relação as águas pluviais excedentes.
Andrade Neto	2004	Apresenta um RPA composto por uma caixa em alvenaria ou placas cimentícias com volume de 100 litros anterior a cisterna, sem compartimentação.
Texas Water Development Board (TWDB)	2005	Apresenta dois modelos de RPA, basicamente um reservatório cilíndrico sem compartimentação e o outro com compartimentação através de câmara intermediária e esfera flutuante, respectivamente.
Annechini	2005	Apresenta um RPA e filtros tipo tela para remoção dos materiais grosseiros,

		porém, sem compartimentação.
Gonçalves et. al.	2006	Apresenta sistema similar ao de Annechini, 2005.
Rodrigues et al.	2007	Vê-se uma derivação do estudo de Andrade Neto (2004), onde o primeiro substitui a caixa de alvenaria por um tambor plástico com rearranjo de níveis das tubulações em PVC.
Jabur et al.	2011	Vê-se uma derivação do estudo de Andrade Neto (2004), substitui a caixa em alvenaria por um tubo complementar do condutor vertical configurando o armazenamento das primeiras águas de chuva sem compartimentação.
Lima	2012	Utiliza RPA com interligação entre tubos verticais para compor volume de armazenamento e posterior encaminhamento da tubulação ao RG (Figura 12).
Silva	2017	Idem Lima, 2012 (Figura 12).
Araújo	2017	Idem Lima, 2012 (Figura 12).
Dalsasso e Guedes	2017	Utilizam triagem com compartimentação através de garrafa plástica flutuante interrompendo o fluxo descendente e conduzindo o volume residual ao RG, isto já fruto de derivação do estudo de Dacach (1981). Nos estudos de Lima (2012), Silva (2017) e Araújo (2017), foi-se apresentado variações de modelos existentes de RPA, com base no modelo de Dacach, 1981 e modelo TWDB, 2005, para criação do modelo denominado “DESVIUFPE” (Figura 12).
Silva et al.	2019	Idem Lima, 2012 (Figura 12).

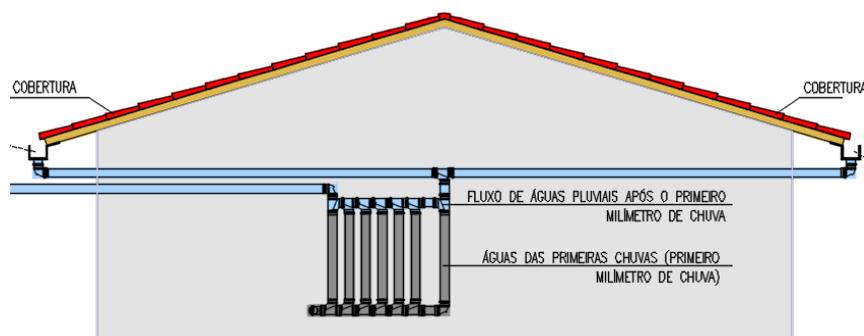


Figura 12: DESVIUFPE (Fonte: Autoria própria – adaptação de Lima, 2012; Silva, 2017; Araújo, 2017; Silva et al. 2019).

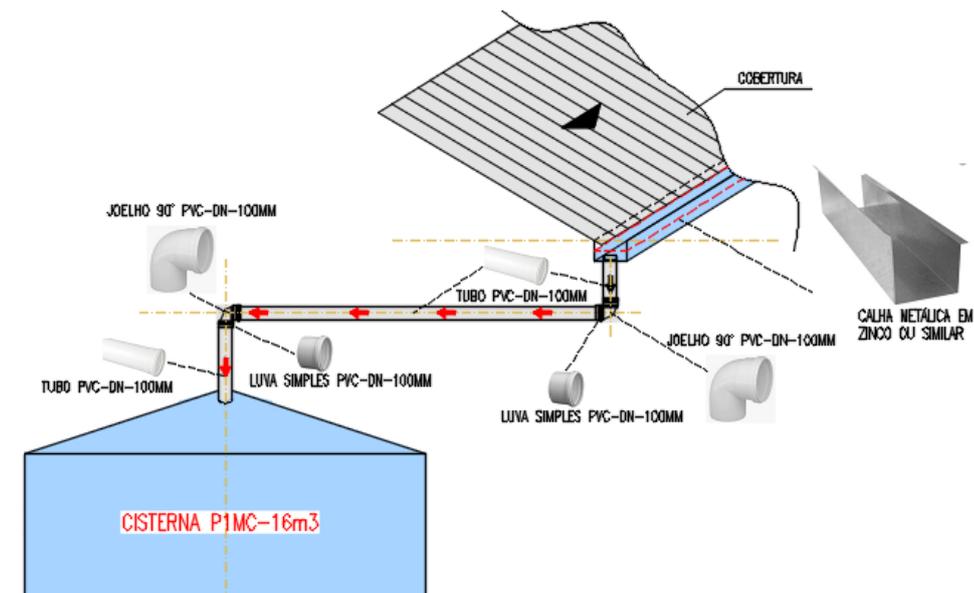


Figura 13: Captação e armazenamento de água sem o DESV-IFSP (Fonte: Autoria própria, 2021, Adaptação ASA, 2020).

Em termos de análise comparativa entre os dispositivos para desvio de primeiras águas de chuva e o DESV-IFSP (Figuras 8 e 14), focalizando os dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva citados, constata-se que todos apresentam alguns pontos em comum, como a triagem e a reserva das primeiras águas de chuva, especificamente do primeiro milímetro. Para situação de aproveitamento de águas de chuva em zona rural, o dispositivo já perfaz volume necessário para carrear as impurezas da superfície de captação, no caso, telhado e calha(s), podendo-se utilizar esse primeiro milímetro principalmente para irrigação. As águas de volume residual, após o primeiro milímetro de chuva, já apresentam padrões físicos e químicos dentro do que preconiza a Portaria GM/MS N° 888/2021 (Tabela 2). Outro ponto comum aos dispositivos de RPA é a suposta criação de uma barreira sanitária entre as primeiras águas de chuva e o volume residual, ou seja, a compartimentação entre essas águas.

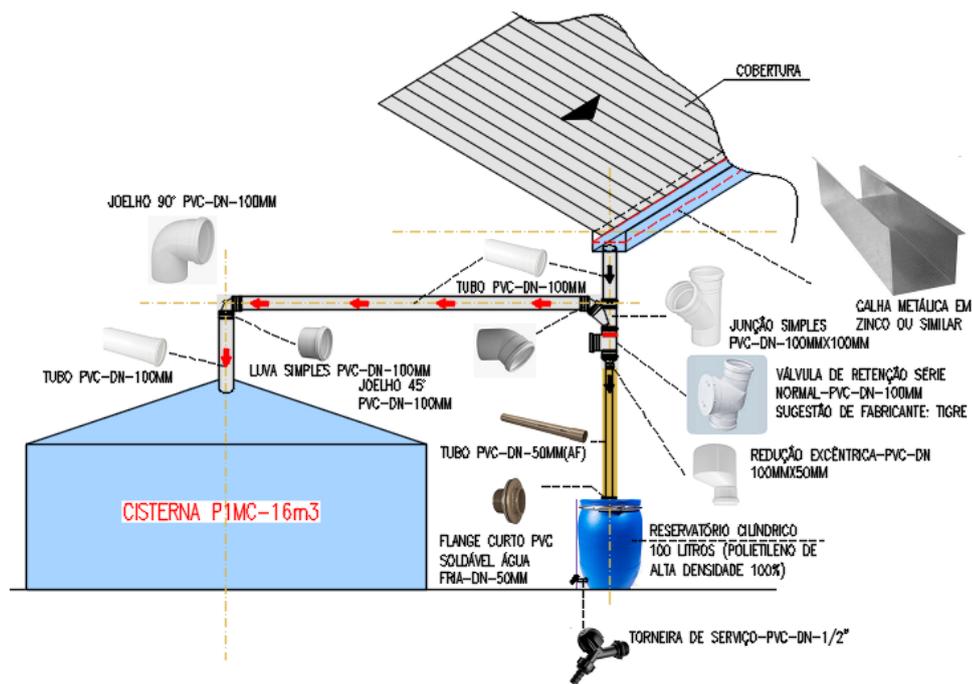


Figura 14: Captação e armazenamento de água com DESV-IFSP (Fonte: Autoria própria, 2021).

O sistema proposto é flexível no tocante à instalação em sistemas de aproveitamento de águas de chuva já existentes. Ao desconectar-se da calha do sistema existente (Figuras 13 e 14), interliga-se ao núcleo proposto na Figura 9, conectando ao RPA, anterior ao ramal de chegada, na cisterna existente. Em termos de custos, foi traçado o comparativo entre o DESVIUFPE (Figura 12), modelo já consolidado como proposta de desvio das primeiras águas de chuva, e o DESV-IFSP, com custos vigentes. O primeiro dispositivo foi cotado em

R\$ 441,87 e o segundo em R\$ 274,32, apresentando uma diferença econômica entre os dois protótipos de 62,08%. Por fim, o dispositivo DESV-IFSPP apresenta instalação simplificada, menor quantidade de pontos frágeis para vazamentos, menor necessidade de manutenções periódicas constantes e menor custo, decorrente do número reduzido de peças e de conexões.

CONCLUSÃO

O DESV-IFSPP apresentou níveis de eficiência significativos para os parâmetros físico-químicos, dentro dos limites preconizados pela Portaria GM/MS N° 888/2021. Porém, é relevante destacar a necessidade de aprofundamento em relação aos parâmetros biológicos (Coliformes Totais e *E. Coli*), visando mitigar a contaminação na superfície de captação, desafio semelhante ao enfrentado por outros dispositivos RPA. O dispositivo proposto, DESV-IFSPP, apresentou eficiência média para Coliformes Totais e *E. Coli* de 51,60% e 58,29% respectivamente. Pode-se considerar que quanto menor a concentração, maior será o trabalho para remoção da maioria dos parâmetros de qualquer efluente analisado. Nesse âmbito, a partir de revisão de literatura e de resultados de outros trabalhos correlatos, verifica-se que a inserção de dispositivos de tela ou ralo hemisférico na calha de captação de águas pluviais – capazes de mitigar a passagem de matéria sólida, que, porventura, sejam encaminhadas no escoamento superficial das águas pluviais da cobertura ao reservatório geral – é fator de maximização de remoção destes parâmetros, acarretando um aumento significativo na melhoria das águas a serem armazenadas nas cisternas.

Para uso potável, a qualidade microbiológica da água possui restrições, mas processos de filtração e de desinfecção simplificada podem auxiliar no alcance dos padrões de potabilidade.

De uma maneira geral, o dispositivo desenvolvido possui características importantes que o diferencia, como a separação do primeiro milímetro de chuva; instalação menos complexa, com menos pontos frágeis para vazamentos, evitando manutenções periódicas constantes, e menor custo envolvido, pelo número reduzido de peças e de conexões. Tal simplicidade possibilita o seu envio a comunidades por meio de *kits* a serem montados pelos próprios moradores, o que demonstra flexibilidade e adaptação, em comparação aos sistemas já existentes. Apresenta custo unitário vigente de R\$ 274,32, com a possibilidade de mitigação dos custos, caso seja montado para um número maior de casas.

Por fim, vê-se que apesar de mais de duas décadas de implantação do programa de políticas públicas de cisternas PIMC e de vários estudos ressaltando a maximização da

qualidade das águas de chuva armazenadas em sistemas que apresentam dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva, ainda não se foi outorgado uma ou mais soluções oficiais desse tipo de dispositivo. Nesse contexto, o DESV-IFSP se estabelece como uma estratégia de baixo custo, de fácil instalação, manutenção e de operação a ser utilizada para preenchimento dessa lacuna.

REFERÊNCIAS

ALVES, Amanda Pereira **Convivência com o Semiárido Brasileiro**. (p. 35–37) *In*: CONTI, Irio Luiz; SCHROEDER, Edni Oscar. **Estratégias de Convivência com o Semiárido Brasileiro**. Brasília: Editora IABS, 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília: ANA, 2018.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre. **Proteção sanitária das cisternas rurais**. *In*: **Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, nº 11, 2004, Natal. Anais. Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre. Aproveitamento Imediato da Água de Chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 1, n.1, p. 73-86, 2013.

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória/ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Tecnológico - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Vitória, 2005.

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**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

ASA. **Articulação com o Semiárido. Programa 1 milhão de cisternas: Resultados**. Disponível em: www.asabrasil.org.br/portal/informacoes. Acesso em: 15 dez. 2020.

APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23.ed. Washington: American Public Health Association, 2017

BORJA, Patrícia Campos et al. **Uso e funcionamento de cisternas e direito à água: um estudo em municípios do semiárido baiano**. *In*: **XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**. nº 19, 2015, Poços de Caldas – MG. Anais. Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015, p. 1-13.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do semiárido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.873**, de 24 de outubro de 2013. Dentre outros, altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, e 8.213, de 24 de julho de 1991, o Decreto-

Lei no 5.452, de 1o de maio de 1942 - Consolidação das Leis do Trabalho, as Leis nos 11.491, de 20 de junho de 2007, e 12.512, de 14 de outubro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, DF, v. 1, n. 208, 2013.

BRASIL. Ministério da Cidadania - MDS. **Programa cisternas**. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888**, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, v. 81, n. 1, 2021.

DACACH, N G. **Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

DACACH, N.G. **Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

DALSASSO, Ramon Lucas; GUEDES, Tiago Lemos. PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n. 2, p. 099-106, 2017.

EMPARN, **Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte**, 2021. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GONÇALVES, R. F.; ALVES, W. C. & ZANELLA, L. **Conservação de Água No Meio Urbano**. In: GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Prosab-Finep Edital 4. Rio de Janeiro: Abes, p. 29-71, 2006.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Semiárido Brasileiro**, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 30 set. 2020.

MASSON-DELMOTTE, V. et al. **IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Cambridge University Press. In Press. 2021

J JABUR, Andrea Sartori; BENETTI, Heloiza Piassa; SILIPRANDI, Elizangela Marcelo. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis**. In: **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. n. 12, anais, 2011.

KOUNINA, Anna et al. Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 707- 721, 2013.

LIMA, J. C. A. L. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil, 2012.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

OECD/FAO. Organization for Economic Co-operation and Development - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. Paris: OECD publishing, 148 p, 2015.

RODRIGUES, Herbert Kohl et al. **Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva**. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva**, n. 9, 2007. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2007.

ROSA, Ricardo S. et al. **Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga**. In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. cap. 32, p. 135-180, Recife: UFPE, 2003.

SUDENE, Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, **Resolução nº 115**, de 23 de novembro de 2017, 2017.

SUDENE, Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, **Portaria nº 80**, de 27 de julho de 2021, 2021.

SILVA, Pedro Carlos Gama et al. **Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos**. pp: 18-48. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SILVA, Selma Thaís Bruno da. **Influência das condições de ocupação do solo, da deposição seca e de dispositivos de desvio, sobre a qualidade da água de chuva**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

SILVA, Selma Thaís Bruno da et al. **Análise da influência da deposição seca e da modificação em dispositivo automático sobre a qualidade da água de chuva**. In: **30º Congresso ABES 2019, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. n. 30, 2019, Natal-RN. Anais. Natal: ABES, 2019, p. 1-7.

INSA MCTI. **Aproveitamento de Água de Chuva: Aspectos Tecnológicos e Aplicações**. INSA MCTI, 2020. 1 vídeo (2 hs 18 min e 44 seg). Exibido em 14 de setembro 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Pyft5KSI48k>>. Acesso em: 14 set. 2020.

TWDB. Texas Water Development Board. **Texas Guide to Rainwater Harvesting**. 3rd ed. Austin, Texas: TWDB, 2005.

Tigre. **Manual técnico Tigre: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais**. Tigre S. A. 2010.

ZANELLA, L. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.