

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE  
ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM  
EDIFICAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO  
PARÁ - SANTARÉM**

**ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF USE OF RAINWATER  
FOR NON-POTABLE PURPOSES IN BUILDING OF THE  
FEDERAL UNIVERSITY OF OESTE DO PARÁ – SANTARÉM**

**Isaías Conceição Gonçalves**

Universidade Federal do Pará -  
PPCS - Programa de Pós-  
Graduação em Processos  
Construtivos e Ambiental.  
E-mail:  
goncalvesisaias@hotmail.com

**Claudio José Cavalcante  
Blanco**

Universidade Federal do Pará -  
FAESA - Faculdade de  
Engenharia Sanitária e  
Ambiental Recursos Hídricos.  
E-mail: blanco@ufpa.br

**RESUMO**

Este estudo avalia o potencial de aproveitamento de água de chuva em uma edificação da Universidade do Oeste do Pará (UFOPA). A metodologia seguiu a norma da ABNT/NBR– 15527:2019, com destaque para a seleção e o dimensionamento do reservatório do sistema via método da simulação, buscando a avaliação do tripé de sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica e social. Após simulações para determinação do reservatório do sistema, determinou-se um reservatório com volume de 274 m<sup>3</sup>. Esse valor atenderia a demanda integral de água para usos não potáveis da edificação. Entretanto, a dimensão desse reservatório impede sua implantação devido à falta de espaço às proximidades da edificação. Assim, optou-se pela simulação do reservatório com um volume de 78 m<sup>3</sup>, obtendo-se um custo de R\$ 82.982,59 para a implantação do sistema. Apesar do sistema de abastecimento da Universidade ser realizado por extração própria de poço profundo. Realizou-se a análise para se ter uma confrontação com valor de mercado da Companhia de Saneamento, que para o consumo estipulado totalizou mensalmente uma tarifa de R\$ 2.159,01. Os resultados obtidos indicaram uma possibilidade de suplementação ou redução do consumo de água potável nos banheiros da edificação escolhida por um período de 9 meses e com uma necessidade de suplementar o sistema projetado nos 3 meses de estiagem da região.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de água da chuva, Regulamentação, Viabilidade, Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

This study evaluates the potential for using rainwater in a building at the University of Oeste do Pará (UFOPA). The methodology followed the ABNT/NBR-15527/2019 standard, with emphasis on the selection and sizing of the system's reservoir via the simulation method, seeking to assess the tripod of environmental sustainability, economic and social feasibility. After simulations to determine the system's reservoir, a reservoir with a volume of 274 m<sup>3</sup> was determined. This amount would meet the entire water demand for non-potable uses of the building. However, the size of this reservoir prevents its implementation due to the lack of space in the vicinity of the building. Thus, we opted for the simulation of the reservoir with a volume of 78

m<sup>3</sup>, obtaining a cost of R\$ 82,982.59 for the implementation of the system. Despite the University's supply system being carried out by its own deep well extraction. The analysis was carried out to have a comparison with the Sanitation Company's market value, which for the stipulated consumption totaled a monthly fee of R\$ 2,159.01. The results obtained indicated a possibility of supplementing or reducing the consumption of drinking water in the bathrooms of the chosen building for a period of 9 months and with a need to supplement the projected system in the 3 months of drought in the region.

**Keywords:** Use of rainwater, Regulation, Feasibility, Sustainability

## INTRODUÇÃO

A impermeabilização devido à urbanização, que muitas vezes é desordenada, causa alagamentos, os quais são agravados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos, que obstruem o sistema de drenagem, que geralmente, é insuficiente e deficiente. Lambertucci et al. (2016) comentam sobre o aproveitamento de água de chuva como uma das técnicas sustentáveis que pode contribuir na obtenção de resultados positivos no controle de águas pluviais e prevenção de enchentes com o retardo no tempo de concentração de águas pluviais na drenagem urbana. Magalhães et al. (2009) mostraram que os eventos de chuva são responsáveis pelo aumento de doenças de veiculação hídricas, entre elas a leptospirose, além de Zika, Dengue e Chincungunya com vetores que se desenvolvem onde exista acúmulo de água.

Assim, a gestão adequada dos recursos hídricos via procedimentos como reuso e o aproveitamento de água da chuva é importante para minimizar os desperdícios e atender várias demandas que não exigem potabilidade. Em congresso mundial organizado em 2018 pela International Water Association (IWA, 2018), o tema água foi discutido com assuntos conexos que provocam as crises hídricas, alteram o volume disponível e aceleram a escassez. Entre esses assuntos foram destacados as mudanças climáticas, crescimento populacional, crise global de saneamento e urbanização.

No Brasil, na cidade do Samba, no município do Rio de Janeiro-RJ, existe um sistema de captação de água da chuva com 20.000 m<sup>2</sup> e reservatórios de até 300m<sup>3</sup>, que abastecem os vasos sanitários e torneiras para lavagens de galpões. Os estádios da copa do mundo de 2014 foram projetados e executados com sistema de aproveitamento de água da chuva, por exemplo, Estádio Mineirão, em Belo Horizonte-MG, com um sistema de aproveitamento de água da chuva com reservatório de 6.000 m<sup>3</sup>. Essa água é utilizada para abastecer os vasos sanitários, na limpeza externa e irrigação do gramado. Também a Arena Fonte Nova, na cidade de Salvador-BA, foi construído com um sistema de captação de água da chuva e armazenamento para utilização na irrigação do gramado e sanitários (PEREIRA et al., 2019).

No contexto do presente trabalho, recentemente, Cardoso et al. (2020) analisaram a viabilidade econômica e o dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis de dois prédios da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os autores concluíram que a implementação do sistema é viável do ponto de vista

econômico e ambiental quando aplicado em prédios públicos que consomem água da concessionária, uma vez que a substituição da água potável pela água da chuva em usos não potáveis, como em aparelhos sanitários e limpeza dos prédios, acarretaria consideráveis economias nos gastos públicos. Assim, o estudo pretende analisar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), buscando atender os usos não potáveis de água de um bloco de sala de aulas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

A Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) criada no ano de 2009 é proveniente da fusão do patrimônio do Campus de Interiorização da UFPA (Universidade Federal do Pará) e UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia). A edificação escolhida para este estudo denominada Salas Especiais “Laranjão” encontra-se no Campus Tapajós, sendo a segunda edificação executada no início das atividades da UFOPA, estando localizada no seu campus principal na cidade de Santarém (Figura 1).

Figura 1 - Imagem Satélite de região da cidade de Santarém e em destaque a UFOPA



Fonte: Google Earth (2020)

O projeto do sistema de captação de água da chuva do prédio Laranjão (Figura 2) foi desenhado para atender aos vasos sanitários dos sanitários existentes nos banheiros masculino e feminino do prédio, reduzindo a utilização de água potável para esta finalidade ou seu atendimento integral. A população analisada foi a de alunos que frequentam as aulas, considerando-se a capacidade máxima das salas e a utilização dos vasos sanitários pelos alunos ao longo do dia, totalizando-se mensalmente o volume necessário de atendimento. Nesse caso, edificação possui uma área de captação de água da chuva em telha metálica de 1607 m<sup>2</sup>.

Figura 2 - Prédio “Laranjão” no Campus Tapajós da UFOPA em Santarém-PA



Fonte: Autor (2020)

### **Métodos para dimensionamento de reservatórios**

Os métodos para dimensionamento de reservatórios existentes de acordo com a NBR (ABNT, 2019) são os seguintes, de forma resumida, método de Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês, Australiano. Neste trabalho, foi utilizado o Método de Simulação. Segundo Rupp et al. (2011), o método de simulação baseia-se no percentual de atendimento de consumo em função de um volume de reservatório definido previamente. Neste método a evaporação da água é desprezada. Assim, para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade (Equação 1) a um reservatório finito.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (1)$$

Sendo  $0 < S(t) < V$

Onde  $Q(t)$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;  $S(t)$  é o volume de água do reservatório;  $S(t-1)$  é o volume de água do reservatório no tempo  $(t-1)$ ;  $D(t)$  é o volume do reservatório.

De acordo com ABNT (2019), o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela Equação 2.

$$Q(t) = C \cdot \eta \cdot P(t) \cdot A \quad (2)$$

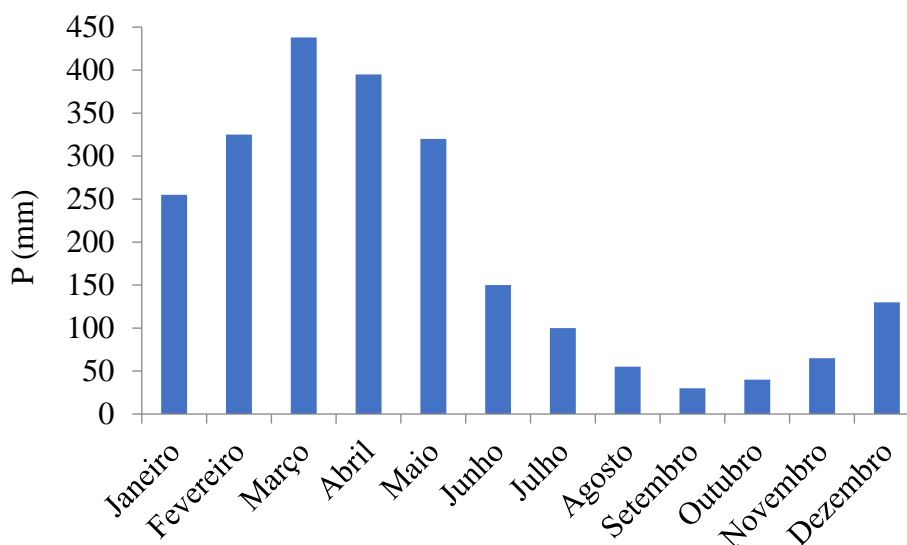
Onde  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial (-);  $P(t)$  é lâmina de chuva no tempo  $t$ ; e  $A$  é área de Captação ( $m^2$ ). e  $\eta$  é o fator de captação (-). O fator de captação é a eficiência do sistema, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Um valor prático quando não se têm dados é adotar:  $C \cdot \eta = 0,80$  (MUNDT et al., 2013). Esse valor foi adotado no presente trabalho.

Na análise abordada, o tempo “ $t$ ” foi medido em meses. Além disso, para este método, duas hipóteses foram consideradas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ” e os dados históricos são representativos para as condições futuras.

### **Dados Pluviométricos**

As séries históricas de chuva da cidade de Santarém entre os anos de 1968 a 2015 oriundos da estação pluviométrica Código: 254000, disponível no Hidroweb do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da ANA (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>). Na Figura 3 é mostrada a distribuição mensal de chuvas de Santarém.

Figura 3 - Pluviograma mensal médio da cidade de Santarém/PA



Fonte: Autor (2020)

Com base na Figura 3, observa-se em Santarém a existência de duas estações uma estação chuvosa que vai de dezembro a maio e uma estação seca, que vai de junho a novembro. Essa sazonalidade reflete-se no funcionamento dos sistemas de aproveitamento de água da chuva da região. Assim, os sistemas funcionam com sobra de água no primeiro semestre e falta no segundo semestre (Da CRUZ e BLANCO, 2017; CARDOSO et al., 2020).

### **Demanda de água para descargas sanitárias**

A Tabela 1 apresenta as variáveis que possibilitam a quantificação do volume de água necessário para atender a demanda mensal das descargas sanitárias do prédio de salas de aula analisado.

Tabela 1 - Demanda da edificação para uso de água da chuva em caixas de descargas sanitárias

<b>Nº de usuários</b>	<b>Nº de acionamentos</b>	<b>Volume (m³)/Acionamento</b>	<b>Nº de dias utilizados</b>	<b>Volume total (m³/mês)</b>
500	2	0,006	22	132

Fonte: Autor (2020)

Nesse caso, foram computados os dias uteis efetivamente de alta concentração de pessoas na edificação. Observando-se também que não foram reduzidas as demandas no

período de férias para se ter uma avaliação mais desfavorável da necessidade de água. Quanto ao número de acionamento foram considerados 2 acionamentos por pessoas devido à característica de rotatividade dos usuários e a existência de sanitários em outras edificações do campus.

### Tabela de tarifas da companhia de saneamento

Na Figura 4 são apresentadas as tarifas por faixa de consumo da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA, 2020), válida a partir de 14/12/2019. Os dados dessa tabela foram usados para determinação do *payback* do investimento.

Figura 4 - Valores de Tarifas da Companhia de Saneamento do Pará

CATEGORIA		FAIXA de CONSUMO	VALOR da ÁGUA	VALOR do ESGOTO
RESIDENCIAL	0-10	2,94	1,76	
	11-20	4,20	2,52	
	21-30	5,63	3,38	
	31-40	6,34	3,80	
	41-50	8,79	5,27	
	> 50	11,42	6,85	
COMERCIAL	0-10	8,79	5,27	
	> 10	10,97	6,58	
INDUSTRIAL	0-10	10,97	6,58	
	> 10	14,04	8,43	
PÚBLICA	0-10	8,79	5,27	
	> 10	10,97	6,58	

Tarifas			Esgoto = 60% água		
Categoria	Sub-categoria	Quantidade	Valor água	Valor esgoto	Água + Esgoto
Residencial	R1	10 m3	R\$ 29,40	R\$ 17,64	R\$ 47,04
	R2	20 m3	R\$ 71,40	R\$ 42,84	R\$ 114,24
	R3	30 m3	R\$ 127,70	R\$ 76,62	R\$ 204,32
	R4	40 m3	R\$ 191,10	R\$ 114,66	R\$ 305,76
Comercial	C1	10 m3	R\$ 87,90	R\$ 52,74	R\$ 140,64
	C2	25 m3	R\$ 252,45	R\$ 151,47	R\$ 403,91
	C3	50 m3	R\$ 526,70	R\$ 316,02	R\$ 842,72
	C4	75 m3	R\$ 800,95	R\$ 480,57	R\$ 1.281,51
Industrial	I1	10 m3	R\$ 109,70	R\$ 65,82	R\$ 175,52
	I2	25 m3	R\$ 320,30	R\$ 192,18	R\$ 512,48
	I3	50 m3	R\$ 671,30	R\$ 402,78	R\$ 1.074,08
	I4	75 m3	R\$ 1.022,30	R\$ 613,38	R\$ 1.635,68
Público	P1	10 m3	R\$ 87,90	R\$ 52,74	R\$ 140,64
	P2	25 m3	R\$ 252,45	R\$ 151,47	R\$ 403,91
	P3	50 m3	R\$ 526,70	R\$ 316,02	R\$ 842,72
	P4	75 m3	R\$ 800,95	R\$ 480,57	R\$ 1.281,51

Fonte: COSANPA (2020)



### **Critérios para análise de viabilidade do sistema**

Os critérios Confiança (Equações 3 e 4), Eficiência (Equação 5) e *Payback* (Equação 7) são ferramentas que permitem avaliar a viabilidade do sistema. A confiança é representada pelo percentual de segurança quanto à adequabilidade do dimensionamento no atendimento da demanda; a Eficiência do Sistema também é proporcional ao aproveitamento máximo de água da chuva disponível; e o *payback* representa o período de retorno do investimento financeiro na construção do sistema de aproveitamento de água da chuva.

$$Rf = (1-Fr).100 \quad (3)$$

$$Fr = Nr / N \quad (4)$$

Onde Rf é a confiança do sistema (%); Fr é a falha; Nr é o número de meses em que o sistema não atendeu a demanda; e N é o número de meses considerado, nesse caso 12 meses (1 ano);

A eficiência do sistema é dada pela Equação 5, considerando-se a relação entre o volume anual de chuva aproveitada pelo sistema e o volume de chuva anual.

$$Ef = (VCA / VC).100 \quad (5)$$

Onde Ef é a eficiência do sistema (%); VCA é o volume anual de chuva aproveitada; e VC é o volume anual de chuva.

Para se estabelecer um critério econômico para o sistema de água de chuva analisado, optou-se pela determinação do *payback* do investimento, o qual define o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado pelo rendimento adquirido. Matematicamente definido pela razão entre o capital investido e o rendimento. Sendo, o capital investido CS; e o rendimento, a economia gerada com o sistema ES (Equação 6).

$$Pb = Cs/Es \quad (6)$$

Onde Pb é o *payback* do investimento (anos); Cs é o Custo do sistema (R\$); e Es é a Economia gerada pelo sistema (R\$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas simulações de volumes de reservatório com 78 m<sup>3</sup> (Tabela 2), 150 m<sup>3</sup> (Tabela 3) e 274 m<sup>3</sup> (Tabela 4), buscando avaliar condições de atendimento parcial e total da demanda de água para fins não potáveis no bloco de aulas analisado da UFOPA.

Tabela 2 - Resultados mensais da aplicação do método de simulação para um reservatório com volume de 78 m<sup>3</sup>

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) =		78							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t) (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	257,3	132	1607	331	78	0	78	121	0
Fevereiro	331,2	132	1607	426	78	78	78	294	0
Março	436,5	132	1607	561	78	78	78	429	0
Abril	397,5	132	1607	511	78	78	78	379	0
Mai	326,8	132	1607	420	78	78	78	288	0
Junho	150,2	132	1607	193	78	78	78	61	0
Julho	101,6	132	1607	131	78	78	77	0	0
Agosto	60,9	132	1607	78	78	77	23	0	0
Setembro	31,2	132	1607	40	78	23	-69	0	69
Outubro	41,1	132	1607	53	78	0	-79	0	79
Novembro	65,5	132	1607	84	78	0	-48	0	48
Dezembro	131,5	132	1607	169	78	0	37	0	0
<b>Total</b>	<b>2331,3</b>	<b>1584</b>		<b>2997</b>				<b>1572</b>	<b>196</b>

Fonte: Autor (2020)

O sistema considerando um reservatório de 78 m<sup>3</sup> pode suprir a edificação por um período de 9 meses (75% do tempo) e um volume de utilização de 1425 m<sup>3</sup>. Na simulação também foi determinado o período de 3 meses (setembro, outubro e novembro), meses de estiagem na região. Nesse período, há necessidade de complementação de um volume de 196 m<sup>3</sup> de fonte externa para atendimento da demanda, o valor extravasado não aproveitado foi de 1572 m<sup>3</sup>, o qual ocorre no primeiro semestre época chuvosa na região.

Tabela 3 - Resultados mensais da aplicação do método de simulação para um reservatório com volume de 150 m<sup>3</sup>

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) =		150							
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	257,3	132	1607	331	150	0	150	49	0
Fevereiro	331,2	132	1607	426	150	150	150	294	0
Março	436,5	132	1607	561	150	150	150	429	0
Abril	397,5	132	1607	511	150	150	150	379	0
Mai	326,8	132	1607	420	150	150	150	288	0
Junho	150,2	132	1607	193	150	150	150	61	0
Julho	101,6	132	1607	131	150	150	149	0	0
Agosto	60,9	132	1607	78	150	149	95	0	0
Setembro	31,2	132	1607	40	150	95	3	0	0
Outubro	41,1	132	1607	53	150	3	-76	0	76
Novembro	65,5	132	1607	84	150	0	-48	0	48
Dezembro	131,5	132	1607	169	150	0	37	0	0
<b>Total</b>	<b>2331,3</b>	<b>1584</b>		<b>2997</b>				<b>1500</b>	<b>124</b>

Fonte: Autor (2020)

Tabela 4 - Resultados mensais da aplicação do método de simulação para um reservatório com volume de 274 m<sup>3</sup>

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) =		274							
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	257,3	132	1607	331	274	0	274	0	0
Fevereiro	331,2	132	1607	426	274	274	274	294	0
Março	436,5	132	1607	561	274	274	274	429	0
Abril	397,5	132	1607	511	274	274	274	379	0
Mai	326,8	132	1607	420	274	274	274	288	0
Junho	150,2	132	1607	193	274	274	274	61	0
Julho	101,6	132	1607	131	274	274	273	0	0
Agosto	60,9	132	1607	78	274	273	219	0	0
Setembro	31,2	132	1607	40	274	219	127	0	0
Outubro	41,1	132	1607	53	274	127	48	0	0
Novembro	65,5	132	1607	84	274	48	0	0	0
Dezembro	131,5	132	1607	169	274	0	37	0	0
<b>Total</b>	<b>2331,3</b>	<b>1584</b>		<b>2997</b>				<b>1451</b>	<b>0</b>

Fonte: Autor (2020)

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados das simulações com volumes de 150m<sup>3</sup> e 274 m<sup>3</sup>, encontrando-se nos dois casos, respectivamente, atendimento de 10 e 12 meses, volumes captados de 1497 m<sup>3</sup> e 1546 m<sup>3</sup>, volumes extravasados de 1500 m<sup>3</sup> e 1451 m<sup>3</sup>, com necessidade de suprimento externo de 124m<sup>3</sup> e 0 m<sup>3</sup>. A análise quanto aos volumes simulados de 150 m<sup>3</sup> indicam que somente o maior é capaz de atender aos 3 meses de estiagem, o que representaria um investimento muito alto. Assim, foi

determinado o custo do sistema com o reservatório de 78 m<sup>3</sup>, tendo seu dimensionamento sido realizado através da escolha de 3 reservatórios de 26 m<sup>3</sup>, perfazendo o volume de 78 m<sup>3</sup>. Escolheu-se cisterna no modo enterrado, determinando-se um reservatório superior de 10 m<sup>3</sup> suspenso em estrutura de concreto armado.

### **Análise financeira e eficiência do sistema**

A Tabela 5 apresenta o somatório dos custos dos insumos para a implantação das cisternas que atendem 75% da demanda estabelecida.

Tabela 5 - Valor do reservatório e seus componentes para o volume de 78 m<sup>3</sup> e configuração de 3 cisternas de 26 m<sup>3</sup>

<b>Insumo</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Filtro PEMD	8.847,21	8.847,21
Cisterna de 26 m <sup>3</sup>	7.049,63	21.148,89
Mão de obra	3.200,00	3.200,00
Caixa d'água superior de 10 m <sup>3</sup>	5.205,18	5.205,18
Escavação de 79 m <sup>3</sup>	8,69	686,51
Reaterro de 15 m <sup>3</sup>	47,18	707,70
Estrutura de 7,5 m <sup>3</sup> de concreto armado	2.487,43	18.655,73
Transporte da Cisterna	4.000,00	4.000,00
40 m de tubulações e conexões	49,94	1.997,26
Conjunto moto-bomba de 2 CV	1.937,26	1.937,26
	<b>Total</b>	66.386,08
	BDI de 25%	16.596,52
	<b>Total Geral</b>	82.982,59

Fonte: Autor (2020)

Na Tabela 6 são apresentados os valores do custo da tarifa mensal de água (Figura 4), que seria paga pela UFOPA à concessionária de água, caso seu sistema de abastecimento não fosse próprio; e *Payback* (Equação 6), confiança do sistema (Equações 3 e 4) e eficiência do sistema (Equação 5).

Tabela 6: Dados da análise de viabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva do prédio “Laranjão” na UFOPA

Variável	Valor
Custo da tarifa mensal (R\$)	2.159,01
Volume de água da chuva aproveitado (m <sup>3</sup> )	1.425
<i>Payback</i> (anos)	3,2
Confiança do sistema (%)	75
Eficiência do sistema (%)	47

Para o cálculo do *payback*, foi dividido o valor do custo total do projeto (Tabela 5) pelo custo da tarifa anual, que é igual ao custo da tarifa mensal (Tabela 6) multiplicado por 12. O valor da confiança do sistema foi determinado com base nos 3 meses de estiagem para os quais o sistema não atendeu a demanda mensal (Tabela 2). Nesse caso, tem-se  $Fr = 3/12 = 0,25$  (Equação 4) e  $Rf = (1-0,25) = 0,25 \times 100 = 75\%$  (Equação 3). Já o valor da eficiência do sistema foi determinado, considerando a economia anual de água (Tabela 6), ou seja, o volume de água anual aproveitada do sistema, dividida pelo volume anual de água, que poderia ser aproveitado pelo sistema (Tabela 2 – coluna 5). Nesse caso, tem-se  $Ef = (1425/2997) \times 100 = 47\%$ .

Após simulações para determinação do reservatório do sistema, determinou-se um reservatório com volume de 274 m<sup>3</sup> (Tabela 4). Esse valor atenderia a demanda integral de água para usos não potáveis da edificação. Entretanto, a dimensão desse reservatório impede sua implantação devido à falta de espaço às proximidades da edificação. Assim, optou-se pela simulação do reservatório com um volume de 78 m<sup>3</sup>, obtendo-se um custo de R\$ 82.982,59 para a implantação do sistema. Apesar do sistema de abastecimento da Universidade ser realizado por extração própria de poço profundo. Realizou-se a análise para ter uma confrontação com valor de mercado da Companhia de Saneamento, que para o consumo estipulado totalizou mensalmente uma tarifa de R\$ 2.159,01. Foram considerados apenas os insumos necessários para a implantação do sistema não se considerando o custo de energia por ser um custo variável, que já é aplicado no sistema atual de água potável. E neste caso, com custo de energia maior, pois a água é bombeada para um reservatório posicionado em cota de altura mais elevada que 10 m. Tomou-se como parâmetro de viabilidade econômica o *payback* simples, sendo igual a 3,2 anos, mostrando a viabilidade econômica do sistema de captação de água. Também,

foram realizadas análises de confiança e eficiência do sistema com valores de, respectivamente, 75% e 47 %.

Quanto à análise dos outros dois parâmetros do tripé da sustentabilidade que são os aspectos social e ambiental, no que tange ao aspecto ambiental a redução de extrações de águas do aquífero permite maior capacidade de recomposição do mesmo, ajudando no aproveitamento nobre da água potável. No aspecto social, verifica-se que o volume aproveitado de água da chuva (Tabela 6) é considerável, podendo resultar em amortecimento de cheias, deixando de gerar danos e perdas devidos à impermeabilização e ineficiente drenagem das bacias hidrográficas urbanas. O amortecimento das chuvas também pode torna-se um aspecto econômico, caso haja implantação dos sistemas em larga escala, reduzindo as operações tapa buracos após os períodos de inverno. Com os sistemas, também, pode-se reduzir os investimentos em limpeza e drenagem urbana, viabilizando investimentos em outras demandas prioritárias. Também, a redução de volume de água escoando nas ruas, reduz os riscos de condução de patógenos causadores de doenças de veiculação hídrica, um exemplo é a leptospirose.

No aspecto de sustentabilidade social que são as atitudes tomadas individualmente e coletivamente de forma organizada com métodos e incentivos que proporcionem melhores qualidade de vida, dignidade, saúde redução de desperdícios etc. Implantações como as discutidas neste trabalho, por uma instituição que tem cunho social, educacional e promotor de estudos é de grande relevância para gerar mudanças de comportamento.

## **CONCLUSÃO**

Assim, observando-se os aspectos econômico, social e ambiental, o sistema de captação de água da chuva do bloco de aulas “Laranjão” da UFOPA em Santarém/PA é viável. Pondera-se, ainda, que tais sistemas já são previstos pela instituição. Ficou demonstrado o potencial da edificação analisada quanto ao volume de captação de água de chuva para atender demandas não potáveis e a possibilidade, dependendo da análise caso a caso, de reaplicação da metodologia utilizada, de forma exclusiva, ou associada a outros sistemas como reuso em edificações recém-construídas ou em construção na instituição. Nesse contexto, o aproveitamento da água da chuva torna-se essencial,

sendo uma redescoberta de prática milenar com características simples e que sofreu, principalmente, recentemente, em nosso país, o engajamento de autoridades na elaboração de leis e normas capazes de fomentar a implantação de sistemas de captação de água da chuva para fins potáveis e não potáveis.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Água de chuva - aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis** - NBR 15527. Rio de Janeiro, 2019.
- CARDOSO, R. N. C.; BLANCO, C. J. C; DUARTE, J. M. (2020). Technical and Financial Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Public Buildings in Amazon, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121054. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1776301>.
- COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará). Tabelas de tarifas de água e esgoto. Disponível em: <http://www.cosanpa.pa.gov.br/>. Acesso em 17 de janeiro de 2020.
- DA CRUZ, W. M.; BLANCO, C. J. C. (2017). Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não Potáveis Residenciais em Rio Branco/AC. **Perspectivas online: exatas e engenharias**, v. 17, p. 12-24. [https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas\\_e\\_engenharia/article/view/1003/858](https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/1003/858).
- IWA (International Water Association). IWA World Water Congress & Exhibition 2018: Tokyo Report. Tokyo, 2018. Disponível em: 2018\_IWA\_WWCE-Tokyo\_Report.pdf (iwa-network.org). Acesso em 09 de junho de 2019.
- LAMBERTUCCI, E. P.; RODRIGUES, C. A.; SUKADA, M. (2016). Soluções em drenagem urbana e controle de enchentes: métodos de gerenciamento e suas tecnologias. In: **16º Congresso Nacional de Iniciação Científica**. CONIC/SEMESP. Disponível em: <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000021742.pdf>. Acesso em 17 de maio de 2021.
- MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. (2009). A ocorrência de chuvas e a incidência de leptospirose em Fortaleza-CE. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 5, n. 9, p. 77-87.
- MUNDT, R.D.; NOGUEIRA, C.U.; NOGUEIRA, H.M.C.M.; FANTINEL, A.L.; CECONI, C.A.; LEAL, L. 2013. Aproveitamento da água da chuva para lavagem de máquinas. In: **2º fórum internacional ecoinovar**. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2013/arquivos/resumos/ECO158.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.
- PEREIRA, G. S.; CAMILOTTO, S.; CONTO, S. M. (2019). Práticas Ambientais nos Estádios de Futebol da Copa do Mundo de 2014. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo - ReAT**, v. 13, n.1, p. 1769-1786. [HTTPS://DOI.ORG/10.15210/REAT.V13I1.14030](https://doi.org/10.15210/REAT.V13I1.14030).

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. (2011). Comparação de métodos para Dimensionamento de Reservatórios de Água Pluvial. **Revista Ambiente Construído**, v. 11, n.4, p. 47-64. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>.