

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIZAÇÃO EM UMA ESCOLA EM CRICIÚMA/SC

Michele de Costa da Silva¹
João Paulo Mendes²

Resumo

A escassez da água é um problema global, sendo um desafio para a segurança hídrica da população e o desenvolvimento sustentável, econômico e político. Este artigo busca verificar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação escolar na cidade de Criciúma/SC, visando propor economia financeira e sustentabilidade. Com o levantamento de dados da edificação, pode-se realizar cálculos da área de captação da água da chuva, demanda de água pluvial e assim dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em vasos sanitários. Ao final do dimensionamento do sistema, foi elaborado orçamento dos principais itens do sistema resultando em R\$ 11.086,17 com o tempo de retorno de 1 ano e 2 meses para a edificação passar a economizar financeiramente com o sistema e a partir da instalação já estará beneficiada com aspectos ambientais sustentáveis.

Palavras-Chave: Aproveitamento. Água. Sustentabilidade. Escola.

PROPOSAL FOR IMPLEMENTATION OF A RAINWATER UTILIZATION SYSTEM FOR USE IN A SCHOOL IN CRICIÚMA/SC

Abstract: Water scarcity is a global problem and a challenge for the population's water security and sustainable, economic and political development. This article seeks to verify the feasibility of implementing a rainwater harvesting system in a school building in the city of Criciúma/SC, with a view to proposing financial savings and sustainability. By collecting data on the building, it was possible to calculate the rainwater catchment area, rainwater demand and thus size the rainwater harvesting system for non-potable uses in toilets. At the end of sizing the system, a budget was drawn up for the system's main items, resulting in a cost of R\$11,086.17, with a payback time of 1 year and 2 months for the building to start making financial savings with the system and from the moment it is installed, it will already benefit from sustainable environmental aspects.

Keywords: Utilization. Water. Sustainability. School.

¹ Acadêmica no curso de Engenharia Civil no Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Criciúma. michele.c12@aluno.ifsc.edu.br

² Professor Mestre do curso de Engenharia Civil no Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Criciúma. joao.mendes@ifsc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital insubstituível e além de ser fonte de vida, a água desempenha papel crucial em diversos setores econômicos e culturais. Embora a água seja um recurso renovável, o aumento da população mundial e as constantes agressões ambientais comprometem a quantidade e qualidade da água. Schleifer (2017) afirma que à medida que as populações aumentam, maior a procura de água, o que conseqüentemente contribui para o aumento do consumo hídrico mundial. Ainda, ressalta que a escassez dos recursos hídricos tende a piorar devido ao desmatamento e ao sobrepastoreio, onde os ecossistemas saudáveis protegem contra inundações e regulam o abastecimento de água nos lençóis freáticos.

A falta de água pode promover a degradação dos recursos naturais e estagnar o desenvolvimento de uma região (ANDREASI, 2003). Previsões divulgadas no Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos indicam que com o crescimento do setor industrial e da urbanização, ocasionará a um aumento de demanda hídrica mundial de 30% em 2050 (UNESCO, 2021).

Diante dessa situação, Kuzma *et al.* (2023) destaca a urgência de realizar um gerenciamento hídrico adequado, com planejamentos, ações públicas referentes ao interesse social e implementando soluções baseadas na natureza, como infraestruturas verdes de reaproveitamento de água, tanto para consumo quanto para agricultura ou uso não potáveis. De acordo com Bértolo (2006), os sistemas de captação de água da chuva têm como as principais vantagens: promover a redução do consumo de água potável e dos custos gerados por ela, controlar enchentes, e diminuição significativa do volume de água descarregada no sistema de drenagem pluvial.

Nesse cenário, a implicação é que, mesmo tendo acesso à água, não podemos empregá-la para qualquer finalidade desejada; é essencial adotar um uso racional e consciente. Com as mudanças climáticas e urbanização crescente, surge a seguinte questão: É viável a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação institucional de educação na localidade de Criciúma/SC? Com esse questionamento imposto, o objetivo deste artigo foi avaliar a viabilidade de implantação um sistema de aproveitamento da água da chuva em uma instituição escolar que desempenha um papel fundamental na conscientização e na formação de cidadãos.

Este artigo visa explorar meios de reutilização, conservação e proteção dos recursos naturais do ambiente, direcionados especificamente para usos não potáveis, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais. A escola, como espaço educacional desempenha um papel crucial nessa jornada em direção a um futuro mais sustentável, demonstrando como pequenas mudanças podem ter um impacto positivo duradouro em nossa comunidade e no planeta.

1.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

O planeta é composto por aproximadamente 70% de água, apesar desta vasta porcentagem, a água doce compõe apenas 3% desta totalidade. E desta pequena porcentagem, somente 0,5% estão disponíveis para consumo humano conforme a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023). De acordo com o relatório de 2023 da ONU, aproximadamente 26% da população mundial enfrenta a falta de acesso à água potável.

O Brasil é um país privilegiado em termos de disponibilidade de recursos hídricos, possuindo uma vasta rede de rios, lagos e aquíferos que abastece a população, irriga campos agrícolas, gera energia e desempenha um papel fundamental na biodiversidade. World Resources Institute Brasil (WRI, 2019) mostra que o país tem um baixo estresse hídrico, todavia ao analisar os estados individualmente observa-se que o Distrito Federal se destaca possuindo o maior estresse hídrico do Brasil e em seguida, os estados do Ceará, Paraíba, Rio de Janeiro e Pernambuco.

Um dos fatores referentes a falta de água, se dá também pela localização geográfica da disponibilidade deste recurso, visto que em áreas mais populosas concentram menor parte de recurso hídrico. Tomaz (2010) afirma que o Brasil possui uma quantidade abundante de água, porém, sua distribuição territorial é desigual, pois há regiões com grande disponibilidade de água e baixa densidade populacional, enquanto outras regiões possuem alta concentração populacional e escassez de água. Dados apresentados pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2010) comprovam essa situação existente no Brasil atualmente e estão retratados na Tabela 01.

Tabela 01: Distribuição de água conforme região no Brasil.

Região	Densidade demográfica (Hab/km²)	Concentração de recursos hídricos no país (%)
Norte	4,12	68,50
Nordeste	34,15	3,30
Centro-Oeste	8,75	15,70
Sudeste	86,92	6,00
Sul	48,58	6,50

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2010.

1.2 A IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) destaca que a captação de água de chuva e seu armazenamento em cisternas é uma das alternativas cada vez mais utilizadas para reduzir o número de pessoas sem acesso à água para o consumo humano (UNEP, 2009). Com o objetivo de promover uma maior eficiência no consumo de água tratada, surge a alternativa do aproveitamento da água pluvial, a qual vem sendo adotada por setores que demandam um elevado volume de água não potável, tais como indústrias, escolas, postos de gasolina entre outras edificações que buscam redução de despesas (Giacchini e Filho, 2008).

De acordo com Fendrich (2002), o aproveitamento de águas pluviais tem mostrado uma forma eficiente de prevenção contra enchentes, uma vez que a água captada não é lançada diretamente no sistema de drenagem, reduzindo o escoamento rápido que é a principal causa de inundações e enxurradas. Fatores como escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas a serviços de abastecimento públicos ineficientes têm estimulado a busca por soluções de conservação de água, como o aproveitamento da água da chuva uma alternativa cada vez mais procurada pois tem uma grande eficiência quando se trata de fonte alternativa de água, sobretudo sob os aspectos, econômicos, sociais e ambientais (GONÇALVES, 2006).

Conforme Giacchini (2010), a captação e aproveitamento de água da chuva é

um processo de longa data, tendo sido amplamente utilizado por antigas civilizações como os astecas, maias, incas e outras. Tomaz (2010) relata que alguns dos registros mais antigos do aproveitamento da água de chuva data de 850 a.C., referindo-se as inscrições na Pedra Moabita, no Oriente Médio. Nela, o rei sugere que em cada residência seja feito um reservatório para aproveitamento de água da chuva. O autor também menciona o Palácio de Knossos, na Ilha de Creta, onde, por volta de 2000 a.C., a água da chuva era utilizada na descarga das bacias sanitárias.

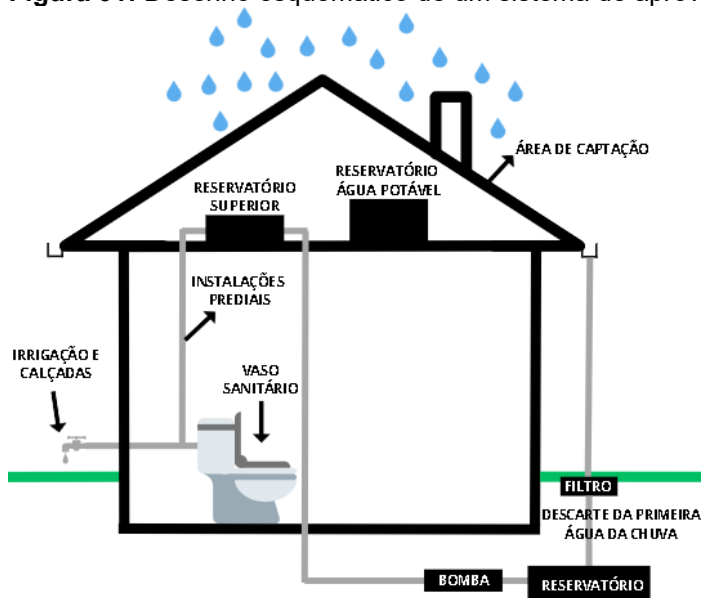
1.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A coleta de água da chuva por meio de estruturas existentes apresenta poucos impactos ambientais negativos quando comparada a outras tecnologias de reaproveitamento de recursos hídricos (UNEP-IETC, 2002). A água da chuva é geralmente limpa e possui uma qualidade aceitável para muitos usos, mesmo sem tratamento, como descarga de bacias sanitárias, irrigação, lavagem de calçadas, entre outros.

Kobiyama (2005) aborda uma série de vantagens e desvantagens associadas ao aproveitamento de água da chuva para diferentes fins. Ao considerarmos o consumo industrial e doméstico como exemplo, a utilização da água da chuva pode proporcionar benefícios como a economia nos gastos mensais, o aumento da renda familiar mensal e a preservação de recursos hídricos, entre outros. Mesmo levando em conta as desvantagens, as vantagens superam significativamente os aspectos negativos.

No Brasil, foi estabelecida Norma Brasileira Regulamentadora 15527/2019 - Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis - Requisitos, que regulamenta o aproveitamento de água da chuva proveniente de coberturas para usos não potáveis. Ainda, a norma define os componentes básicos do sistema de aproveitamento de águas pluviais, sendo eles: reservatório, calhas, condutores verticais e horizontais, bombeamento e as instalações prediais. Para melhor entendimento, a Figura 01 representa o esquema de funcionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 01: Desenho esquemático de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Autores, 2023.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A elaboração deste artigo foi realizada com base no pressuposto do método hipotético-dedutivo, que envolve a formulação de hipóteses fundamentadas em conhecimentos prévios e a dedução de conclusões a partir dessas hipóteses. E aliada a este, foi utilizado o método do procedimento de estudo de caso exploratório que será empregado para uma compreensão mais aprofundada do contexto.

O desenvolvimento do artigo foi dividido em quatro etapas, sendo elas: levantamento de dados (índices pluviométricos, área de cobertura e consumo médio de água); desenvolvimento de um sistema de utilização de água da chuva para fins não potáveis; análise financeira e verificação da viabilidade de implantação.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Para simulação da implantação do sistema de reaproveitamento de águas pluviais, o objeto de estudo foi uma edificação escolar, localizada na cidade de Criciúma/SC conforme registro retirado do Google Earth apresentado na Figura 02. A edificação escolar é constituída por pavimento térreo, que possui área de 525,95 m² e o pavimento subsolo, com área de 485,73 m², perfazendo um total de 1.011,68 m². A instituição de ensino, é contemplada por 47 colaboradores e uma comunidade discente composta por 318 alunos, perfazendo um total de 365 pessoas, possui, além disso, 15 vasos sanitários em sua totalidade.

A Figura 02 sinaliza a locação da edificação escolar, em que é o objeto de estudo.

Figura 02: Localização do objeto de estudo.



Fonte: Autores, 2023.

O terreno do objeto de estudo possui a construção da edificação escolar e também um ginásio de esportes, entretanto o ginásio não foi considerado nos cálculos pois já possui um sistema de aproveitamento de águas pluviais que abastece os sanitários existentes no mesmo. A decisão de optar por esta instituição como cenário se deu em virtude de sua recente expansão. Nesse contexto, a escolha por alternativas mais econômicas e sustentáveis foi o objetivo, alinhando-se com os princípios de desenvolvimento consciente e responsável.

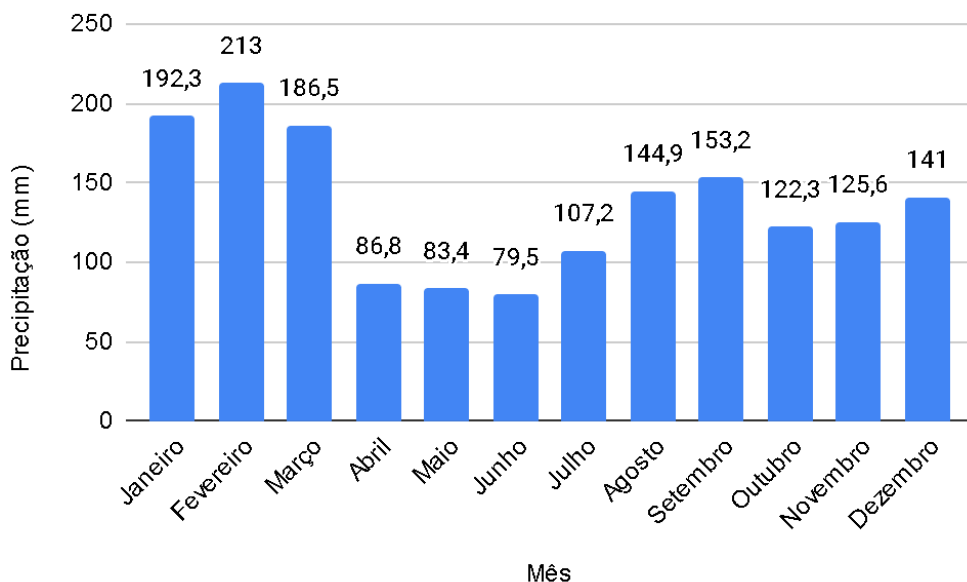
2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

2.3.1 Levantamento dos índices pluviométricos

Os índices pluviométricos referem-se à quantidade de chuva que uma determinada região recebe em um determinado período de tempo, geralmente medidos em milímetros. O histórico de índices pluviométricos possibilita verificar a média de precipitações ao longo de um ano, com isso se faz possível estimar o volume a ser coletada em um reservatório.

Os dados coletados e apresentados neste estudo foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados coletados estão dispostos no Gráfico 01, para tornar a compreensão e a visualização mais fáceis.

Gráfico 01: Precipitação Média em Urussanga – Período de 1961 à 1990.



Fonte: INMET, 1990.

Com o propósito de estimar a intensidade de chuva para o dimensionamento das calhas e condutores de água pluvial, a Norma Brasileira Regulamentadora 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais, recomenda a utilização da intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos. A cidade de Criciúma possui estação pluviométrica, entretanto foi utilizado dados da estação pluviométrica de Urussanga, devido a extensa série histórica desta estação e também à proximidade geográfica das duas cidades. Back (2022), apresenta a intensidade pluviométrica de 132,33 mm/h no município de Urussanga.

2.3.2 Levantamento do consumo mensal de água não potável

Para determinar a demanda de água para fins não potáveis da instituição escolar, foram utilizadas faturas de água que abrangem um período de cinco anos, excluindo os anos de 2020 e 2021 devido à pandemia que teve impacto significativo nas atividades da edificação. Os anos de referência que foram considerados para análise da demanda de água consistiram em 2016, 2017, 2018, 2019 e 2022. Kammers e Guisi (2006) apresentaram que o uso de vasos sanitários em edifícios públicos varia entre 23,0% e 78,8% do gasto total de água, com isso, neste estudo foi adotado a consideração de que 70% do consumo total de água está relacionado ao uso em vasos sanitários. A Tabela 02 demonstra as demandas mensais do uso de vaso sanitário de cada ano considerado, e posteriormente a média mensal utilizada para os dimensionamentos.

Tabela 02: Demanda mensal (m³) de água no período de 5 anos.

Mês	Ano					Média mensal (m ³)
	2022	2019	2018	2017	2016	
Janeiro	12	10	10	97	10	27,8
Fevereiro	11	26	10	82	10	27,8
Março	60	41	32	116	10	51,8
Abril	99	41	88	73	20	64,2
Maio	97	39	37	108	20	60,6
Junho	55	39	36	111	20	52,2
Julho	127	33	45	112	20	67,4
Agosto	40	33	27	73	10	36,6
Setembro	53	48	34	57	24	43,2
Outubro	78	43	29	27	71	49,6
Novembro	41	51	38	29	91	50
Dezembro	47	85	56	26	134	69,6

Fonte: Autores, 2023.

Neste artigo, os pontos atendidos pela água aproveitada da chuva foram os vasos sanitários. Através da análise das médias mensais, foi possível identificar e calcular a média de consumo total da edificação, perfazendo um total de 50,1 m³/mês.

2.3.3 Área de coleta e vazão de projeto

A captação de área da chuva é feita pelos telhados, para um pré-dimensionamento do sistema se faz necessário a determinação da área de coleta e da vazão de projeto do telhado, e é através de dimensões do telhado da edificação que foram calculados esses fatores. A NBR 10844/1989 disponibiliza equações para o cálculo da área de coleta e da vazão de projeto da edificação, as equações estão dispostas abaixo:

Equação 01: Cálculo da área de coleta.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) * b$$

Fonte: NBR 10844,1989.

Onde:

A:Área de coleta (m²).

Equação 02: Cálculo da vazão de projeto do pano de telhado:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Fonte: NBR 10844, 1989.

Onde:

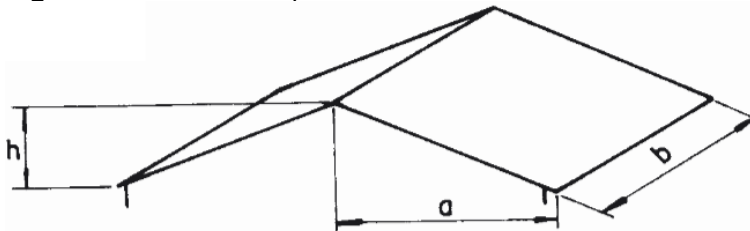
Q: Vazão de projeto (L/min).

C: Coeficiente de escoamento superficial.

I: Intensidade de chuva (mm/h)

Ainda, a NBR 10844/1989 disponibiliza um desenho esquemático, que demonstra os respectivos valores de “a”, “b” e “h” para o cálculo da área de captação do projeto. O modelo de telhado inclinado pode ser observado a seguir na Figura 03.

Figura 03: Desenho esquemático das dimensões de um telhado inclinado.



Fonte: NBR 10844,1989.

Como o telhado é o instrumento utilizado como área de coleta da água da chuva, é importante observar que o revestimento do telhado interfere no sistema, assim deve-se dar preferência para materiais com menor absorção de água, ou seja, telhas com maior coeficiente de escoamento (C). O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de Runoff, é a razão entre a quantidade de água que escoam superficialmente pela quantidade total de água precipitada, está relacionado diretamente com o tipo de material. Nem toda água da chuva que é precipitada é efetivamente coletada, isso ocorre devido á perdas da limpeza do telhado, evaporação, entre outros fatores, assim, o coeficiente serve para justificar as perdas existentes no volume de água da chuva precipitado.

Tomaz (2010) pesquisou coeficientes de escoamento utilizados em diferentes países para dimensionamento de sistemas de águas pluviais e apresentou uma tabela com coeficiente de Runoff médios a serem utilizados conforme o material da superfície do telhado, que podem ser visualizados na Tabela 03.

Tabela 03: Coeficiente de Runoff médios.

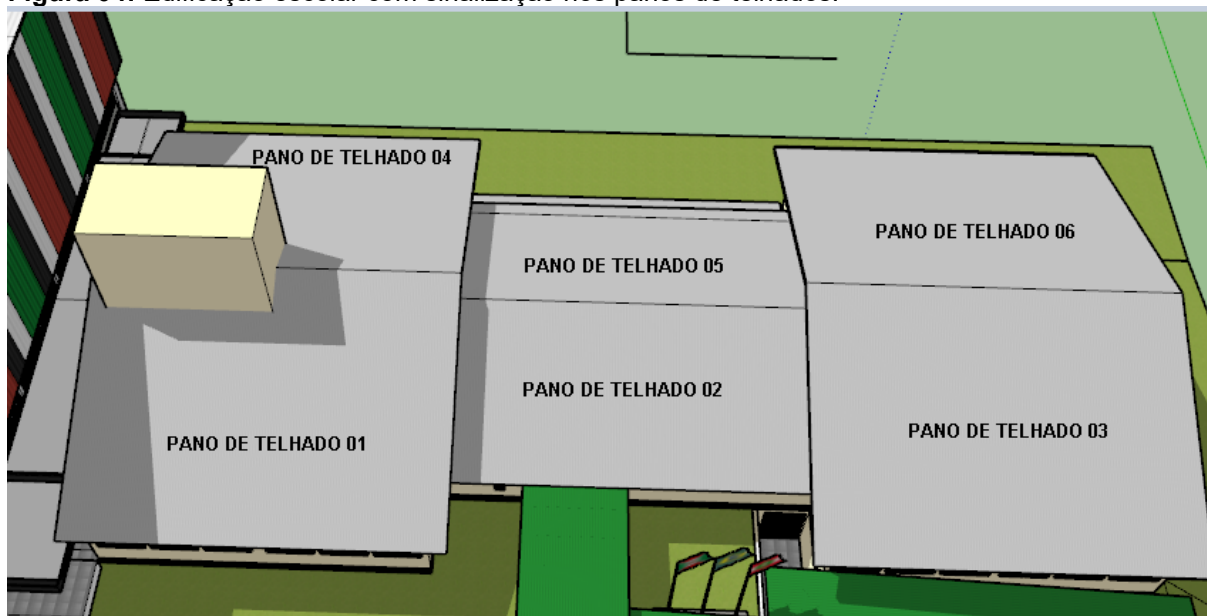
Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010).

No objeto de estudo, o material utilizado na cobertura é telha de fibrocimento, que possui um coeficiente de escoamento entre 0,8 e 0,9. Tomaz (2010) ressalta que o valor mais utilizado no Brasil como coeficiente de escoamento superficial é de $C = 0,80$. O valor do coeficiente representa a porcentagem da perda do volume de água precipitada, neste estudo será utilizado $C = 0,80$, contando com 20% de perda da água total precipitada.

Os valores das incógnitas foram obtidos através do projeto arquitetônico, e após a extração de dados pode-se determinar os valores da área de captação e da vazão do projeto para cada pano de telhado da edificação, conforme mostra a Figura 04.

Figura 04: Edificação escolar com sinalização nos panos de telhados.



Fonte: Autores, 2023.

A área de captação e a vazão de projeto foram calculadas utilizando as equações 01 e 02, e os resultados estão expressos na Tabela 04.

Tabela 04: Área de captação e vazão de projeto.

Descrição	Área de captação (m²)	Vazão de projeto (L/min)
Pano de telhado 1	165,34	291,0
Pano de telhado 2	122,22	272,6
Pano de telhado 3	154,91	215,1
Pano de telhado 4	165,34	291,0
Pano de telhado 5	122,22	272,6
Pano de telhado 6	154,91	215,1

Fonte: Autores, 2023.

Efetuada a soma das áreas de captação perfaz um total de 884,94 m² de área disponível para coleta de água da chuva.

2.3.4 Dimensionamento de calhas

O sistema compreende a coleta da água da chuva pelos telhados que é transportada por meio de calhas coletoras e condutores (verticais e horizontais) até a cisterna. As calhas e coletores de águas pluviais podem ser de material PVC ou material metálico (PROSAB 2006).

A edificação escolar possui calhas já instaladas, com isso, foram coletadas as dimensões das calhas existentes para realizar uma verificação de conformidade com a norma regulamentadora NBR 10884/1989, que recomenda o dimensionamento das calhas feito através da Fórmula de Manning expressa na Equação 03.

Equação 03: Cálculo da vazão de projeto da calha pela Fórmula de Manning.

$$Q = K * \frac{S}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * I^{0,5}$$

Fonte: NBR10844/1989.

Onde:

Q: Vazão de projeto (L/min).

S: Área da seção molhada (m²).

n: coeficiente de rugosidade Manning.

Rh: Raio hidráulico (m).

A NBR 10844/1989 determina tanto o valor mínimo de 0,5% para a declividade da calha (I) quanto o valor da constante K = 60000. Além disso, apresenta valores para o coeficiente de rugosidade normalmente utilizados para confecção de calhas, conforme Tabela 05.

Tabela 05: Coeficiente de rugosidade Manning (n)

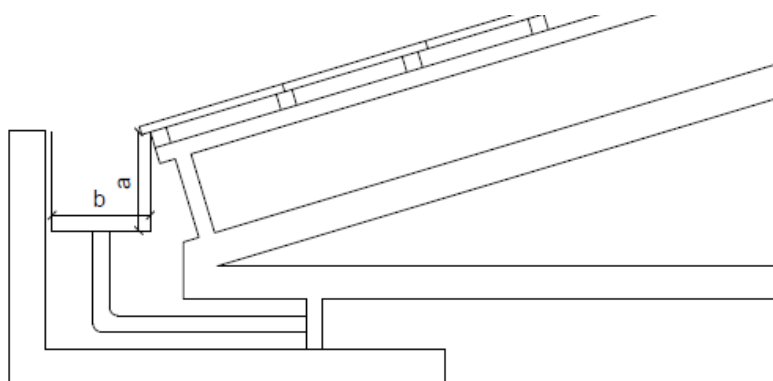
Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10884, 1989.

Para Back (2015), o raio hidráulico é a razão entre a área molhada e o perímetro molhado. Sendo assim, foi calculado respectivamente o perímetro molhado, a área molhada, o raio hidráulico e a vazão de projeto da calha existente.

A área da seção molhada é toda seção perpendicular molhada pela água, sendo o cálculo explicitado na Equação 04 enquanto as incógnitas estão destacadas na Figura 05.

Figura 05: Desenho esquemático das dimensões da calha (sem escala).



Fonte: Autores, 2023.

Equação 04: Cálculo da área da seção molhada.

$$S = a * b$$

Fonte: BACK, 2015.

$$S = 0,1 * 0,15 = 0,015 \text{ m}^2$$

O perímetro molhado trata-se do comprimento da linha de contorno molhada pela água a ser escoada. Para o cálculo do perímetro molhado, utiliza-se a soma de todos os lados da calha a ser dimensionada conforme Equação 05.

Equação 05: Cálculo do perímetro molhado.

$$P = a + b + a$$

Fonte: BACK, 2015.

$$P = 0,1 + 0,15 + 0,1 = 0,35 \text{ m}$$

Após encontrar o perímetro molhado e a área da seção molhada, é possível

calcular o raio hidráulico com a Equação 06.

Equação 06: Cálculo do raio hidráulico.

$$Rh = \frac{S}{P}$$

Fonte: BACK, 2015.

$$Rh = 0,0428m$$

O coeficiente de rugosidade Manning (n) é determinado de acordo com o material utilizado no canal, conforme descrito na Tabela 05. As calhas existentes na edificação são feitas de material metálico, sendo assim foi adotado $n=0,011$. Com todas as incógnitas obtidas, foi possível calcular a vazão de projeto da calha.

$$Q = 708,51 \text{ L/min}$$

Com a vazão de projeto da calha calculada, pode-se realizar uma comparação com a vazão de projeto de cada pano de telhado e com isso verifica-se que não haverá problemas com transbordamentos, visto que a capacidade da calha é 2,43 vezes maior que a vazão do maior pano de telhado.

2.3.5 Condutores verticais

Os condutores verticais são dimensionados levando em consideração a vazão, a altura da lâmina de água e o comprimento da tubulação. Com base no projeto arquitetônico da edificação, os condutores verticais da fachada possuem a lâmina de água de 100 mm. De acordo com os ábacos da NBR 10844/1989 e considerando as grandezas, foi determinado diâmetro de 75 mm para os condutores verticais.

2.3.6 Condutores horizontais

Para dimensionar os condutores horizontais, adotou-se a declividade de 0,5%, a maior vazão calculada foi de 291 L/min e o material de PVC ($n=0,011$). Conforme a Tabela da NBR 10844/1959, adotou-se o diâmetro de 125 mm para os condutores horizontais.

2.3.7 Volume de produção mensal de águas pluviais

O volume de produção de águas pluviais é uma estimativa do quanto de água da chuva será captada na edificação escolar, este cálculo relaciona os índices pluviométricos da região. A estimativa foi realizada utilizando a Equação 07.

Equação 07: Cálculo do volume de produção mensal de águas pluviais.

$$V = P * C * A * \eta$$

Fonte: NBR 15527, 2019.

Onde:

P: Precipitação média (mm);

η : eficiência do sistema de captação, recomenda-se fator de 0,85.

Utilizando a Equação 07 e considerando área de captação de 884,94 m², coeficiente de escoamento de 0,80, foi apresentado os valores mensais do volume de água a ser coletado na edificação na Tabela 06.

Tabela 06: Volume de produção mensal de águas pluviais.

Mês	P (mm)	V(m ³)
Janeiro	190,3	114,51
Fevereiro	211,0	126,97
Março	184,5	111,02
Abril	84,8	51,03
Mai	81,4	48,98
Junho	77,5	46,63
Julho	105,2	63,30
Agosto	142,9	85,99
Setembro	151,2	90,98
Outubro	120,3	72,39
Novembro	123,6	74,37
Dezembro	139,0	83,64

Fonte: Autores, 2023.

2.3.8 Dimensionamento do reservatório de descarte

Com o início da chuva, as gotículas limpam a área de captação, levando detritos e substâncias indesejadas para o reservatório. Para prevenir esse problema, é essencial realizar um descarte inicial para remover tais elementos antes que alcancem o reservatório. A NBR15527/2019 recomenda o descarte de 2mm da precipitação inicial e que seja preferencialmente automático, evitando que o usuário responsável esqueça de fazer o descarte da primeira precipitação.

Para desviar a água pode-se utilizar um dispositivo conhecido como “first flush”, este componente direciona a água inicial para o reservatório de descarte, enquanto apenas a água subsequente, sem poluentes, é encaminhada para o reservatório de armazenamento principal. Silva (2006), ressalta que o dispositivo pode ser manual, operado pelo proprietário do sistema de captação, apenas retirando a conexão do tubo da calha; ou automático, com a construção ou adoção de um aparato de desvio.

Para dimensionar o recipiente de volume fixo de acordo com as recomendações normativas, será realizado descarte de 2 mm da precipitação inicial, logo, o volume do recipiente para suprir a demanda é calculado a seguir:

$$\text{Volume recipiente} = \text{Lâmina de descarte} * \text{Área de captação}$$

$$\text{Volume recipiente} = 2 \text{ mm} * 884,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume recipiente} = 1770 \text{ L}$$

2.3.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O dimensionamento do reservatório é um dos elementos principais para a viabilidade do sistema de aproveitamento de água, este é projetado para armazenar a demanda de água da chuva tanto em dias chuvosos ou secos. PROSAB (2006) menciona que a escolha do local de instalação do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve levar em consideração as condições do terreno e da disponibilidade de área, ainda destaca que o reservatório deve ser dimensionado conforme as demandas não potáveis da edificação, adotando um período de retorno que compreenda o maior número de dias sem chuva na região, garantindo uma reserva de água não potável para utilização nos dias não chuvosos.

A NBR 15527/2019 não especifica os métodos para dimensionar os reservatórios, entretanto Amorim e Pereira (2008) descrevem diversos métodos de dimensionamento de reservatório e Tomaz (2010) compara-os e relata que o método de Rippl é muito utilizado para dimensionamento e apresenta valores maiores para o volume do reservatório. Neste artigo, foi adotado a seleção da abordagem mais amplamente adotada na prática, a qual consiste no Método de Rippl.

2.3.9.1 Método de Rippl

O reservatório foi dimensionado utilizando séries históricas de 5 anos de precipitações mensais. Para dimensionar o reservatório utilizando o método de Rippl, se faz necessário o conhecimento de equações pertinentes, as quais estão devidamente explicitas a seguir.

Equação 08: Volume de água não potável.

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

Fonte: Amorim e Pereira (2008).

Onde:

t: tempo definido (meses do ano);

S: Volume de água não potável;

D: Demanda ou consumo de água não potável;

Q: Volume de água da chuva aproveitável.

Equação 09: Volume de água da chuva aproveitável.

$$Q(t) = C * P(t) * A$$

Fonte: Amorim e Pereira (2008).

Equação 10: Capacidade do reservatório de água pluvial.

$$V = \Sigma S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

Fonte: Amorim e Pereira (2008).

Onde:

V: Volume total do reservatório.

O método Rippl apresentado na Tabela 07, declara a condição de que o método só será validado se o somatório das demandas for menor que o somatório do volume de água aproveitável.

Tabela 07: Dimensionamento do reservatório com Método de Rippl.

Meses	Precipitação (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume de água não potável (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	190,3	27,8	884,95	135	-107,2	0
Fevereiro	211,0	27,8	884,95	149	-121,2	0
Março	184,5	51,8	884,95	131	-79,2	0
Abril	84,8	64,8	884,95	60	4,2	4,2
Maio	81,4	60,6	884,95	58	2,6	6,8
Junho	77,5	52,2	884,95	55	-2,8	4
Julho	105,2	67,4	884,95	74	-6,6	0
Agosto	142,9	36,6	884,95	101	-64,4	0
Setembro	151,2	43,2	884,95	107	-63,8	0
Outubro	120,3	49,6	884,95	85	-35,4	0
Novembro	123,6	50,0	884,95	88	-38,0	0
Dezembro	139,0	69,6	884,95	98	-28,4	0
Total		615,8	884,95	1141		
Volume do reservatório (m³)						6,8

Fonte: Autores, 2023.

Conforme a Tabela 07, o somatório das demandas mensais é menor que o somatório dos volumes de chuva mensais, sendo assim o sistema se valida e resultou em um reservatório de 6.800 litros. Para o estudo em questão, foi adotado um reservatório de 7.000 litros.

2.3.10 Dimensionamento reservatório superior

Com a visita *in loco*, foi observado que o local a ser instalada a caixa d'água superior tem dimensões que compreendem um reservatório de 1000 L, sendo assim foi adotado o reservatório superior com capacidade de 1000 L.

2.3.11 Dimensionamento da bomba

O dimensionamento da bomba de recalque foi realizado conforme indicações prescritas na NBR 12214/1992 - Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água - requisitos, onde foi considerado a altura manométrica, as perdas de cargas existentes na tubulação e o rendimento de 75%, foram definidos valores de 25mm para tubulação de recalque.

A perda de carga do sistema foi calculada utilizando a fórmula prática de Hazen-Willians (BACK, 2015) e a bomba por sua vez foi definida com potência de 2 cv.

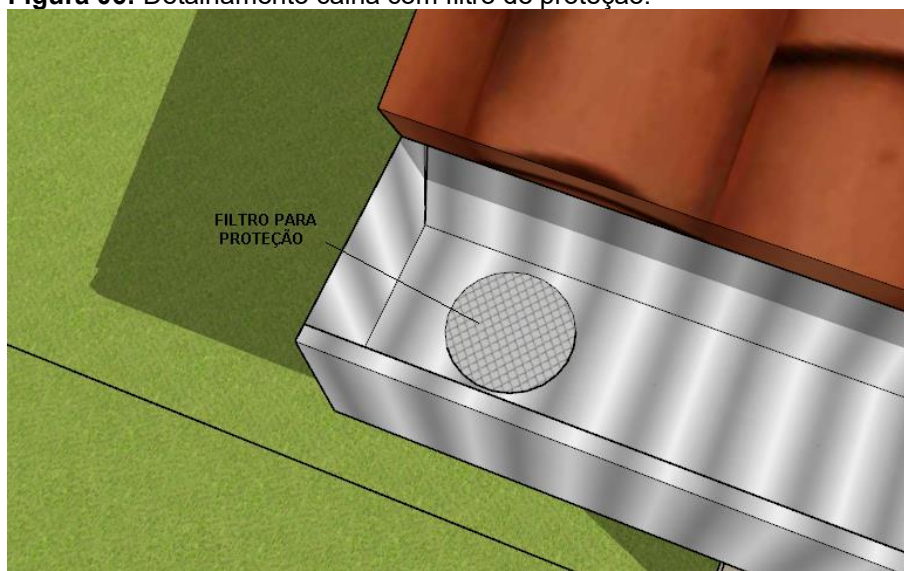
2.3.11 Sistema de aproveitamento de água pluvial.

O sistema de aproveitamento de água pluvial será composto em duas partes. A primeira parte é responsável pelo abastecimento da água pluvial na cisterna,

composta por calhas, condutores de água, conexões, caixa de água para descarte da primeira água e a cisterna. A segunda parte do sistema é composta pelo conjunto da bomba, tubulações, conexões e o reservatório superior de 1000 L, que irá abastecer os pontos de vasos sanitários com água pluvial.

Por meio do telhado, a água da chuva é captada e conduzida pelas calhas e condutores até a cisterna de armazenamento. A calha será contemplada por uma tela de proteção para reter sujeiras mais grossas como galhos, folhas, entre outros detritos indesejados, conforme mostra a Figura 06. Ainda, ressalta-se que deverá ser nomeado um funcionário que fique responsável para fazer a manutenção periódica para a retirada dos detritos que ficarem retidos pela tela de proteção, evitando possíveis entupimentos e transbordamentos das calhas.

Figura 06: Detalhamento calha com filtro de proteção.



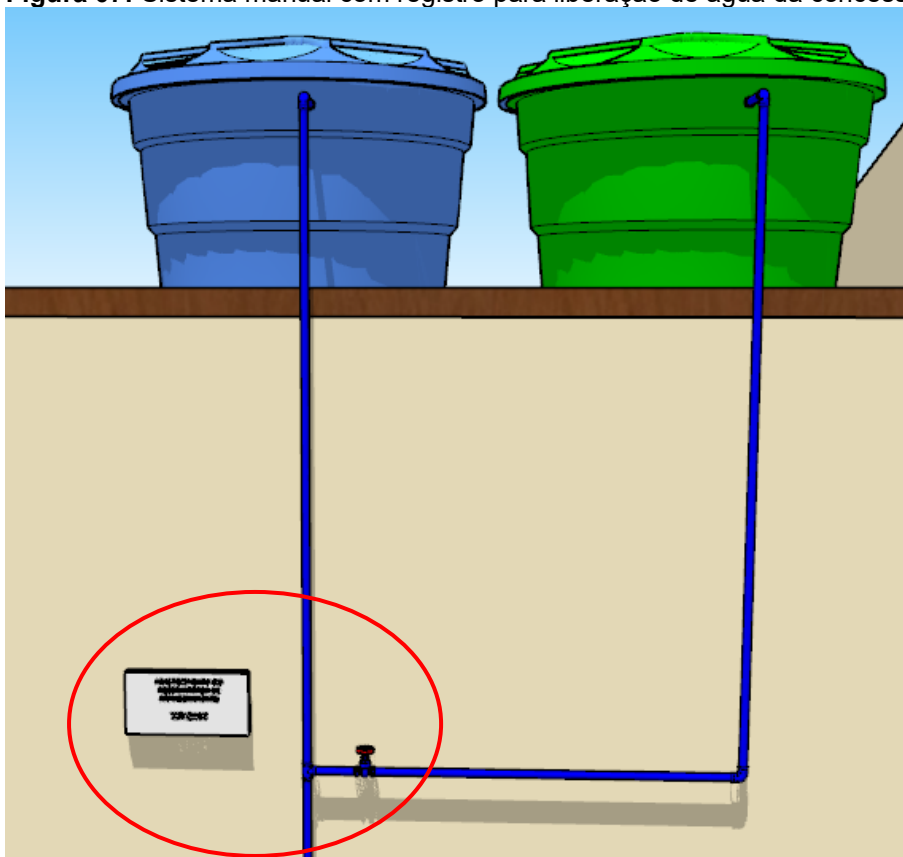
Fonte: Autores, 2023.

A água passará pelo reservatório de descarte para o descarte dos 2 mm iniciais de água da chuva e o restante da água irá para a cisterna de armazenamento. Posterior, a água é bombeada até o reservatório superior de água não potável.

Visando maior entendimento do sistema, a Figura 07 detalha como deve ser executado na edificação. O reservatório na cor azul corresponde ao reservatório de água da concessionária e o reservatório na cor verde corresponde ao reservatório de água pluvial, ambos possuem uma boia automática de nível, que tem como finalidade controlar o fluxo de entrada de água no reservatório, e um dispositivo extravasor, que impede que a água transborde, evento que pode ocorrer por motivos climáticos, como precipitação intensa.

Assim como pode ocorrer precipitações intensas, pode ocorrer períodos de estiagens, onde não haverá água para abastecimento da edificação, prejudicando os pontos abastecidos pela água pluvial. A fim de evitar esta situação indesejada, o sistema apresenta uma ramificação da tubulação de água potável como auxiliar que passa por um registro que pode liberar a passagem da água ou restringir, conforme pode ser visto na Figura 07. Este sistema deve ser utilizado em períodos de estiagem ou quando a demanda da escola for maior que a quantidade de água da chuva armazenada. Por ser um sistema manual, deve-se nomear um funcionário responsável para abrir o registro quando vier faltar a água pluvial para abastecer os vasos sanitários.

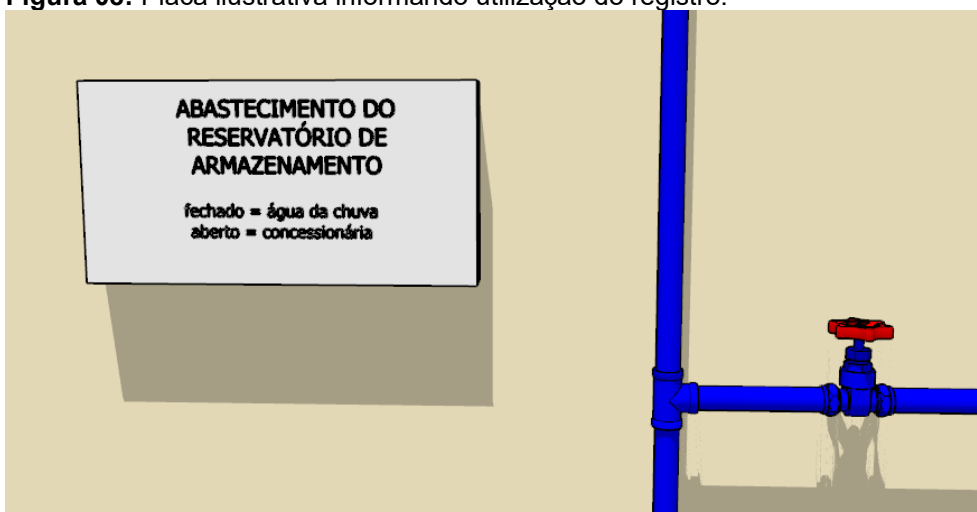
Figura 07: Sistema manual com registro para liberação de água da concessionária.



Fonte: Autores, 2023.

Para maior segurança, recomenda-se que o registro seja instalado em uma altura de 1,8 metros para evitar que crianças ou até mesmo adultos não autorizados interfiram no funcionamento do sistema, e também deve apresentar identificação como uma placa ilustrativa que identifique a utilização do registro conforme Figura 08.

Figura 08: Placa ilustrativa informando utilização do registro.



Fonte: Autores, 2023.

2.3.12 Análise financeira

Para análise da viabilidade de implantação do sistema, foi consultado a tabela de tarifas de fornecimento de água da CASAN, concessionária responsável do município. Conforme indicado na Tabela 08 o valor é cobrado conforme o volume de água consumido.

Tabela 08: Tarifa aplicada para imóveis destinados a atividades do setor público.

Volume (m³)	R\$/m³
De 1 a 10	R\$ 5,49
De 11 a 999999	R\$15,41

Fonte: CASAN, 2023.

Conforme mostrado no item 2.3.2 deste artigo, o consumo de água para fins não potáveis tem a média de 50,1 m³/mês e a média do consumo total da edificação tem uma média de 65,08 m³/mês. Portanto, o volume de 50,1 m³/mês destinado a fins não potáveis utilizando o sistema de aproveitamento pluvial, pode gerar uma economia anual de R\$9.258,33.

Após o dimensionamento do sistema, foi realizada uma análise orçamentaria dos custos dos principais dispositivos para o referido sistema, incluindo materiais e instalação. O orçamento referencial foi realizado através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) de outubro de 2023, com BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 25%, e os valores encontram-se na Tabela 09.

Tabela 09: Orçamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

ORÇAMENTO DO SISTEMA						
MATERIAL	UNID.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL	%	FONTE
CAIXA D'ÁGUA EM POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO 7000 LITROS FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	1	R\$ 4.693,03	R\$ 4.693,03	42,33%	SINAPI
BOMBA SUBMERSÍVEL SCHNEIDER BCS-220 COM 2 CV TRIFÁSICA 380V	UN	1	R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	39,69%	COTAÇÃO
CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 2000 LITROS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	1	R\$ 1.361,08	R\$ 1.361,08	12,28%	SINAPI
CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1	R\$ 523,24	R\$ 523,24	4,72%	SINAPI
TORNEIRA DE BOIA PARA CAIXA D'ÁGUA, ROSCÁVEL, 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2	R\$ 54,41	R\$ 108,82	0,98%	SINAPI
TOTAL				R\$ 11.086,17		

Fonte: Autores, 2023.

O orçamento refere-se apenas aos materiais e mão de obra dos itens de maior valor do sistema (conforme Tabela 09). Materiais e mão de obra para execução dos condutores verticais e horizontais, rede de abastecimento dos vasos sanitários, demolições e construções para as adequações não foram estimadas, e não estão computadas para o tempo de retorno calculado.

Levando isso em consideração, o orçamento do sistema foi estabelecido no valor de R\$ 11.086,17 e comparando com os custos recorrentes da implantação do sistema e da economia proporcionada, estima-se que em 1 anos e 2 meses o valor das despesas do sistema será quitado, passando a gerar retorno financeiro para a

instituição.

Conforme mostrado na Tabela 09, observa-se que a cisterna e a bomba são os materiais com maior valor representativo dentro do sistema, sendo assim, antes de realizar a instalação da bomba deve-se realizar uma análise mais crítica, pois a bomba pode ser submersa ou pode-se instalar em uma casa de máquinas nivelada ao terreno.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi realizado o dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis em uma instituição escolar localizada na cidade de Criciúma/SC, estimando o potencial de economia e retorno financeiro e sustentável. Inicialmente, foi estimada a demanda de água potável que é utilizada em 15 vasos sanitários existentes na edificação, que correspondeu a 70% do consumo total da edificação. Através deste, foi estabelecido este percentual para ser substituído por água pluvial.

Com o dimensionamento do sistema, possibilitou conduzir uma análise orçamentaria verificando a viabilidade da implantação deste sistema na edificação objeto de estudo. O levantamento de custos foi feito apenas para os materiais de maior valor e sua instalação, visto que para quantificar os condutores de água fria e conexões deve-se fazer uma vistoria com medições detalhadas *in loco*. O orçamento referencial foi realizado através do SINAPI, que resultou em um custo total para implantação do sistema de R\$ 11.086,17. Diante do custo total do sistema, a partir da data que for executado na edificação, o período de retorno financeiro será em 1 ano e 2 meses e o período de retorno sustentável será iniciado a partir da instalação do sistema.

Em virtude disso, a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis é economicamente viável, e é fundamentada pelo grande número de sanitários existentes na edificação. Além de promover uma significativa redução no consumo de água potável da edificação, o sistema apresenta benefícios ambientais como: a preservação dos recursos hídricos e redução das enchentes; benefícios socioeducacionais alertando desempenhando um papel fundamental na conscientização dos alunos e servidores e menos riscos de racionamento e falta de água.

Sugere-se como proposta para futuros trabalhos, a complementação deste estudo, fazendo as aferições *in loco*, para levantamento do quantitativo de materiais e mão de obra necessários para implantação total do sistema, chegando assim, a um tempo de retorno mais preciso quanto aos custos intrínsecos no sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água – resultados por estados**. Brasília: ANA/Engecorps/Cobrape, 2010. v. 2.

ANDREASI, W. A. **A Atual Demanda Urbana de Água: uma breve discussão**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água - Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 13. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Aproveitamento de água da chuva de cobertura para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 41. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 18044: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, p. 14. 1989.

BACK, Á.J. **Chuvvas intensas e estimativas da chuva de projeto para o estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2022. 204p.

BACK, Á.J. **Hidráulica e hidrometria aplicada (com o programa Hidrom para cálculo)**. Florianópolis: Epagri, 2015. 398p.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento das águas da chuva em Edificações**. 204 f. Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

FENDRINCH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. Tese - Curso de Pós-graduação em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água da chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 132 f. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais**. In: II ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2008, Ponta Grossa-PR. EETCG, 2008, p.01-08

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **PROSAB - Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil (1981- 2010)** – Direção Predominante do Vento (Pontos cardeais e colaterais). Brasília. 2018.

KAMMERS, P.C.; GHISI, E. Usos Finais de Água Em Edifícios Públicos Localizados em Florianópolis-SC. Ambiente Construído, 2006, v.6.

KOBIYAMA, Masato. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KUZMA et al. **25 Countries, Housing One-quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress**. [S. l.], 16 ago. 2023.

ONU adaptado OMM. SEMANA Mundial da Água enfatiza soluções em meio à crise do clima. 22 ago. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/08/1819357>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ONU. **Consumo vampírico está esgotando a água no mundo, afirma secretário-geral da ONU**. 23 mar. 2023. Disponível em: brasil.un.org/pt-br/224386-consumo-vampirico-esta-esgotando-agua-no-mundo-afirma-secretario-geral-da-onu. Acesso em: 26 jun. 2023.

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso Racional da água em Edificações**. Rio de Janeiro. ABES, 2006.325p.

SCHLEIFER, L. **7 reasons we're facing a global water crisis**. World Resources Institute. Retrieved, Washington DC, 24 de agosto, 2017.

SILVA, C. V. **Qualidade da água da chuva para consumo humano armazenado em cisternas de placa: estudo de caso: Araçuaí, MG**. 2006. 117 f. Dissertação - Curso de mestrado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2006.

SINAPI. **Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. – 9ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2023.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2010. UNEP, United Nations Environment Programme. **Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing**. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 69 p., 2009

UNEP-IETC. RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION. **An environmentally sound approach for sustainable urban water management-an introductory guide for decision-makers**. City Government/ People for Promoting Rainwater Utilization Japan, 2002.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Brasília, 2015.

WRI. **Ranking mostra onde há maior risco de faltar água no Brasil e no mundo**, 6 ago. 2019. Disponível em: www.wribrasil.org.br/noticias/ranking-mostra-onde-ha-maior-risco-de-faltar-agua-no-brasil-e-no-mundo. Acesso em: 20 set. 2023.