

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**MARIA EDUARDA LOPES DE OLIVEIRA**

**SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM OBRAS PÚBLICAS: SISTEMA DE  
CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE**

**FORMIGA - MG**

**2022**

MARIA EDUARDA LOPES DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM OBRAS PÚBLICAS: SISTEMA DE CAPTAÇÃO  
DE ÁGUA PLUVIAL EM UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Tiago de Moraes Faria Novais.  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Kátia Daniela Ribeiro.

FORMIGA - MG


2022

Maria Eduarda Lopes de Oliveira

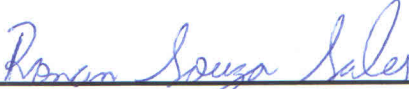
SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM OBRAS PÚBLICAS: SISTEMA DE CAPTAÇÃO  
DE ÁGUA PLUVIAL EM UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Tiago de Moraes Faria Novais  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Katia Daniela Ribeiro  
UNIFOR-MG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ronan Souza Sales  
UNIFOR-MG

Formiga, 22 de junho de 2022.

## RESUMO

A água é um dos bens mais importantes para a manutenção da vida humana, de forma que, cuidar da água significa cuidar do futuro do planeta. Devido à iminente escassez desse recurso, questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm ganhando cada vez mais destaque e importância na atualidade. As técnicas de aproveitamento de águas pluviais são soluções alternativas de abastecimento aplicadas à construção civil que contribuem para o uso racional da água, proporcionando o consumo sustentável e racional dos recursos hídricos. O Estado, como responsável pela gestão da sociedade, tem seu papel como grande influenciador e promovedor de políticas e ações que favoreçam a sustentabilidade hídrica. Dessa forma, fomentar a adoção de sistemas de captação de águas pluviais nas diversas esferas governamentais, como em obras públicas, é extremamente promissor. Este estudo visou demonstrar o potencial de economia de água potável que um sistema de captação de águas pluviais traria com sua implantação em uma Unidade Básica de Saúde, localizada na cidade de Candeias-MG. Para dimensionamento do sistema, foi necessário conhecer as características de precipitação da região, a demanda de água e o projeto arquitetônico da edificação. A precipitação média obtida para a cidade de Candeias foi de 116,76 mm/mês, favorecendo a possibilidade de aproveitamento desse recurso. O sistema dimensionado propõe que a água da chuva seja captada pelos telhados e direcionada pelos condutores para o reservatório inferior de 5.000 litros e, posteriormente, para o reservatório superior de 500 litros. Nessas condições, a água pluvial poderá substituir cerca de 7.200 litros de água potável por mês ao ser destinada apenas para usos não potáveis, como para utilização em bacias sanitárias e limpeza de áreas externas. Em análise, o sistema tornou-se promissor e com grande potencial ambiental e social, de maneira a contribuir com o consumo racional e a preservação dos recursos hídricos e, ainda, servir como modelo para a construção de um novo paradigma de sociedade sustentável.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos; Método Prático Alemão; Dimensionamento hidráulico.

## ABSTRACT

Water is one of the most important goods for the maintenance of human life, so taking care of water means taking care of the future of the planet. Due to the imminent scarcity of this resource, questions about the conservation and preservation of water resources are gaining more and more prominence and importance nowadays. Rainwater harvesting techniques are alternative supply solutions applied to civil construction that contribute to the rational use of water, providing sustainable and rational consumption of water resources. The State, as responsible for the management of society, has its role as a great influencer and promoter of policies and actions that favor water sustainability. Thus, encouraging the adoption of rainwater harvesting systems in the various governmental spheres, such as in public works, is extremely promising. This study aimed to demonstrate the potable water savings potential that a rainwater harvesting system would bring with its implementation in a Basic Health Unit, located in the city of Candeias, state of Minas Gerais, Brazil. To design the system, it was necessary to know the rainfall characteristics of the region, the water demand and the architectural design of the building. The average precipitation obtained for the city of Candeias was 116.76 mm/month, favoring the possibility of using this resource. The dimensioned system proposes that rainwater is captured by the roofs and directed by the conductors to the lower 5,000-liter reservoir and, later, to the upper 500-liter reservoir. Under these conditions, rainwater will be able to replace around 7,200 liters of potable water per month when destined only for non-potable uses, such as for use in sanitary basins and cleaning of external areas. In analysis, the system has become promising and with great environmental and social potential, in order to contribute to the rational consumption and preservation of water resources and serve as a model for the construction of a new paradigm of sustainable society.

**Keywords:** Water resources; German Practical Method; Hydraulic sizing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ujala Baoli, localizado em Mandu, Índia. ....	22
Figura 2 - Cisternas de placa e sistema de coleta de água do telhado. ....	25
Figura 3 – Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial e seus elementos. ....	32
Figura 4 – Áreas de captação de água de chuva: telhado. ....	33
Figura 5 – Áreas de captação de água de chuva: laje. ....	34
Figura 6 – Áreas de captação de água de chuva: telhado e pátio. ....	34
Figura 7 – Localização da UBS Jaci.....	38
Figura 8 – Projeção de corte do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala). ....	40
Figura 9 – Planta de cobertura do projeto arquitetônico (sem escala).....	41
Figura 10 – Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.....	53
Figura 11 – Conta de água da UBS Jaci, setembro de 2021, perfazendo um gasto total de 18 m <sup>3</sup> de água. ....	55
Figura 12 – Filtro de PVC com tela de malha 18 x 16 pol <sup>2</sup> .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação dos resultados da chuva atmosférica com a chuva do telhado de Vitória (ES).....	29
Gráfico 2 – Consumo de água potável e não potável em fins internos e externos no Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos – SP. ....	43
Gráfico 3 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2017. ....	56
Gráfico 4 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2018. ....	56
Gráfico 5 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2019. ....	57
Gráfico 6 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2020. ....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variação da qualidade da água da chuva devido à área de coleta. ....	30
Quadro 2 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações.....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados médios da caracterização da água da chuva atmosférica obtidos entre dezembro de 2004 a maio de 2005. ....	28
Tabela 2 – Valores dos coeficientes de escoamento superficial para diversos tipos de coberturas. ....	44
Tabela 3 – Coeficientes de perda de carga $C_p$ da fórmula de Hazen-Williams. ....	48
Tabela 4 – Coeficientes de rugosidade de Manning em função do material do conduto. ....	52
Tabela 5 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 1. ....	54
Tabela 6 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 2. ....	54
Tabela 7 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 3. ....	54
Tabela 8 – Média mensal de precipitação (mm/mês). ....	58
Tabela 9 – Potencial de volume para captação (L/mês). ....	58
Tabela 10 – Volume do reservatório de acordo com a demanda. ....	59
Tabela 11 – Volume do reservatório de acordo com a precipitação. ....	59
Tabela 12 – Comparativo de bombas hidráulicas a partir do rendimento. ....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivo específico.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	Sustentabilidade em obras públicas.....	14
3.1.1	Sustentabilidade.....	14
3.1.2	Obras públicas e gestão ambiental.....	16
3.1.3	Gestão de recursos hídricos.....	18
3.2	Águas pluviais.....	20
3.2.1	Hidráulica.....	20
3.2.2	Aproveitamento da água de chuva.....	21
3.2.3	Aproveitamento da água de chuva no Brasil.....	24
3.2.4	Legislações sobre aproveitamento de águas pluviais.....	26
3.2.5	Qualidade da água pluvial.....	27
3.2.6	Tratamento da água da chuva e seus usos.....	30
3.2.7	Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais - normativos e critérios de projeto.....	31
3.3	Unidades de saúde sustentáveis quanto a recursos hídricos.....	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.1	Área de estudo e caracterização da UBS Jaci.....	38
4.2	Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais para a UBS Jaci.....	38
4.2.1	Dados pluviométricos.....	38
4.2.2	Área de captação.....	39
4.2.3	Vazão de projeto.....	42
4.2.4	Demanda interna por recurso hídrico.....	42
4.2.5	Demanda interna por recurso hídrico não potável.....	43
4.2.6	Estimativa do volume de água pluvial captada.....	44
4.2.7	Reservatório de água pluvial.....	45
4.2.8	Bombeamento.....	46
4.2.9	Grades e filtros.....	49

4.2.10	Descarte hídrico da primeira chuva e reservatório de autolimpeza.....	50
4.2.11	Calhas e condutores.....	51
4.2.12	Tratamento da água: cloração.....	52
4.3	Análise e interpretação os dados .....	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
5.1	Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais .....	54
5.2	Análise técnico-ambiental .....	61
6	CONSIDERAÇÕES finais .....	63
	REFERÊNCIAS .....	65
	ANEXO A – Planta baixa UBS Jaci.....	74
	ANEXO B – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre).....	75
	APÊNDICE A – Simulação do projeto do sistema de captação de águas pluviais na UBS Jaci em projeção de corte.....	76
	APÊNDICE B – Planta de locação UBS Jaci com sistema de captação de águas pluviais.....	77
	APÊNDICE C – Detalhes do sistema de captação de águas pluviais da UBS Jaci a partir da planta de locação. ....	78
	APÊNDICE D – Tabela com todos os parâmetros obtidos e calculados para dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais da UBS Jaci. ....	79

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso finito e sua disponibilidade é um dos fatores limitantes mais importantes da atual geração. Todo o ser que vive tem necessidade de utilizar a água para sobreviver. Ela se torna importante em todas as suas formas e etapas do ciclo natural, cada qual essencial para sua funcionalidade e para o equilíbrio da vida, e sua escassez colocaria em risco toda a vitalidade do planeta.

A crise da água é, antes de tudo, uma crise de gestão desse recurso natural, mais do que a escassez ou contaminação. A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 1988, prescreve à organização do Estado a responsabilidade de zelar e cuidar do meio-ambiente para assegurar que todos os cidadãos usufruam dos recursos naturais que são fundamentais à vida (BRASIL, 1988), de maneira que deva ser capaz de solucionar desafios, desenvolver ações, políticas e alternativas visando garantir à sociedade a segurança, demanda, conservação, equidade, eficiência e consumo sustentável dos recursos, em especial, os hídricos.

Dessa forma, neste estudo, demonstra-se que a iniciativa do Estado de fomentar a adoção de programas de conservação de água e de sistemas de abastecimento alternativos em edifícios públicos, como sistemas de captação de águas pluviais, pode ser extremamente promissor e encorajador para minimizar a problemática da água, além de impactar socialmente na promoção da sustentabilidade nas esferas diversas da sociedade.

Um sistema de captação de águas pluviais devidamente implantado permite uma otimização no consumo da água e, conseqüentemente, redução na quantidade de efluentes gerados, permitindo que a água precipitada seja aproveitada e não desperdiçada, considerando sempre os diferentes níveis de potabilidades e aplicabilidades. Adicionalmente, além da economia de água potável, o aproveitamento da água da chuva nas edificações permite reduzir as despesas com tarifas das concessionárias de água e contribui para a diminuição do pico de inundações e enchentes.

Foi escolhida uma Unidade Básica de Saúde como objeto de estudo devido à sua importância e seu fácil acesso pela população. A implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais nesse tipo de serviço apresenta diversos benefícios, como: a possibilidade do aumento do número de usuários atendidos com a mesma oferta de água; preservação dos recursos hídricos disponíveis; aproveitamento da água precipitada que, de certa forma, é abundante na região de estudo; a diminuição do volume de águas residuárias; além do impacto social e conscientização da população que frequenta o estabelecimento.

Assim sendo, verifica-se a relevância em se estudar e analisar a importância da água, sua conservação, programas e políticas públicas de conservação e os benefícios que um sistema de aproveitamento de águas pluviais traz às obras e edificações públicas, como as UBS (Unidades Básicas de Saúde), em atividades que permitam a substituição de água potável por água pluvial, sendo consideradas as características específicas de cada local e atividade.

Neste trabalho, portanto, apresenta-se o dimensionamento de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, seus principais componentes e devidas características, a partir de dados pluviométricos, de consumo de água e de projeto estrutural da UBS em estudo.

Este estudo, futuramente, poderá ser utilizado como base para a elaboração e implementação de projetos de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva nas Unidades Básicas de Saúde da cidade de Candeias, Minas Gerais, em especial na UBS Jaci, para qual o estudo foi desenvolvido, beneficiando não só a atual população, mas também as futuras gerações.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Dimensionar um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis para utilização em uma Unidade Básica de Saúde.

### **2.2 Objetivo específico**

- Dimensionar um sistema de captação de águas pluviais para a UBS Jaci e determinar seus principais componentes;
- Estimar o consumo de água potável na UBS e a precipitação média da região;
- Simular a instalação do sistema de captação de água pluvial na projeção de corte e planta da edificação;
- Realizar a análise técnico-ambiental do sistema.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Sustentabilidade em obras públicas**

O Estado é detentor e responsável por grande parte das maiores obras de infraestrutura da sociedade, sejam elas dos mais diversos setores, que atendem os mais diversos tipos de públicos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consomem recursos naturais, gerando consideráveis impactos ao meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022). Assim, é notória a necessidade de políticas e ações que promovam a sustentabilidade nas construções estatais, de forma a promover uma gestão consciente do consumo de recursos naturais e minimizar impactos ambientais.

#### **3.1.1 Sustentabilidade**

Em 1987, a ex-primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, que havia atuado como presidente de uma comissão da Organização das Nações Unidas (ONU) usou o termo “desenvolvimento sustentável” pela primeira vez de maneira notória. Segundo ela, desenvolvimento sustentável seria o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem prejudicar a capacidade das futuras gerações suprirem suas necessidades (MELO, 2006).

Ainda nesse contexto, o Coordenador Geral do Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA) define o termo de outra forma: “O objetivo do desenvolvimento sustentável é ser ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo” (ARAÚJO, 2007, p. 13).

De acordo com essas definições, nota-se que um importante aspecto da sustentabilidade é manter os recursos naturais preservados para usufruto da nossa geração e das próximas, tratando os recursos como algo finito, que necessita de planejamento e limites para sua exploração e uso, sem interromper o desenvolvimento econômico mundial e de maneira ética e justa para todos.

Deve-se pensar em sustentabilidade como um conceito também em aberto, que está em constante evolução e planejamento. Trata-se de algo constituído em esferas multidimensionais: social, ambiental, econômica e de bem-estar, onde todas estão interligadas e fundamentadas em

diretrizes constitucionais, as quais possuem como responsável principal a Administração Pública (FANTINATTI; FERRÃO; ZUFFO, 2016).

No Brasil, a sustentabilidade se tornou responsabilidade efetiva do Poder Público pela Constituição da República de 1988, que determinou a este o papel de assegurar a conservação dos recursos naturais e sua manutenção, e à sociedade em geral o dever de preservar e defender a exploração responsável e consciente. É o que dispõe o Artigo 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Para Fantinatti, Ferrão e Zuffo (2016), a construção de cidades ou ambientes sustentáveis demanda a compreensão da sociedade como um todo, principalmente em aspectos sociais e ambientais, observando a correlação e dependência entre os mesmos, para que só assim, se possa, através de ética e técnica, desenvolver um plano para promover a sustentabilidade e a diminuição da crescente degradação ambiental.

Em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento aprovou um documento notoriamente importante, denominado Agenda 21, que visa estabelecer um compromisso com a mudança do padrão de desenvolvimento global para o próximo século. Todos os países signatários assumiram o desafio de mudar o modelo atual de civilização de seus países para outro em que predomine o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade, de maneira a incorporar, em suas políticas, metas e atitudes que os possibilitem caminhar para o desenvolvimento sustentável (BEZERRA; RIBEIRO, 1999).

A Agenda 21 não deixa dúvidas de que os governos têm a maior prerrogativa e responsabilidade de conduzir a sociedade para um novo paradigma de desenvolvimento sustentável, que vise principalmente os indicadores de desenvolvimento humano e satisfação e não apenas os índices atuais de economia, como o PIB (Produto Interno Bruto) (MEHRA; JORGENSEN, 1997).

Para a construção da Agenda 21 Brasileira, o então presidente da república, Fernando Henrique Cardoso, demonstrou grande determinação em redefinir o modelo de desenvolvimento do Brasil, que passaria a ser fundamentado pelos conceitos de sustentabilidade social e ambiental, levando em consideração as potencialidades e vulnerabilidades do país. Dessa forma, foi adotada a seleção de áreas temáticas que representassem a problemática socioambiental e a proposição de instrumentos que induzissem ao desenvolvimento sustentável (BEZERRA; RIBEIRO, 1999). Dentre as temáticas escolhidas como centrais, têm-se a Gestão dos Recursos Naturais e as Cidades Sustentáveis, sendo que o



desenvolvimento de medidas aplicadas a essa temática envolve uma gestão ambiental eficiente dentro das obras públicas.

### **3.1.2 Obras públicas e gestão ambiental**

Em 2010, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) emitiu a Instrução Normativa nº 1 de 19 de janeiro, que dispõe sobre critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal (BRASIL, 2010). Nesta Instrução Normativa, foi inserido o conceito de Compras Públicas Sustentáveis (CPS), cuja definição apresenta-se a seguir:

Compras públicas sustentáveis podem ser definidas como uma solução para integrar considerações ambientais e sociais em todos os estágios do processo de compra e contratação do poder público com o objetivo de reduzir impactos à saúde humana, ao meio ambiente e aos direitos humanos (BIDERMAN et. al, 2008, p. 21).

A Instrução Normativa nº 1/2010 veio representar uma mudança de paradigmas e, principalmente, uma inovação sobre os conceitos de licitações de obras públicas e incentivo à contratação e construção de obras sustentáveis. Ela busca o menor custo de implantação e a redução dos impactos ambientais, de maneira a reduzir indiretamente os custos com manutenção e operação das obras públicas, a fim de incentivar a adoção de métodos de menor consumo de energia ou utilização de “energias limpas”, conservação da água e abastecimentos alternativos, gerenciamento de resíduos sólidos e sustentabilidade nos materiais e processos utilizados (RODRIGUEZ, 2011).

A Gestão Pública Sustentável trata do conjunto de medidas tomadas pela Administração Pública a fim de promover e garantir a sustentabilidade (BOYD; MARTIN, 2022). A adoção dessas diretrizes impõe uma nova forma de gestão ao Estado, que, para Ferreira (2012), é importante que a Administração Pública reconheça o impacto das suas atividades, a partir da constatação que os órgãos públicos também são consumidores e produtores de bens, e que isso afeta a integridade do meio ambiente, de maneira que se deve adotar, então, diversas medidas de gestão para a diminuição de impactos socioambientais.

Para o Tribunal de Contas da União (TCU), a definição da gestão ambiental seria a tarefa de administrar o uso produtivo dos recursos ambientais de maneira que não sejam reduzidas a qualidade ambiental e a produtividade de recursos renováveis, de forma que seja obrigação do Governo Federal a garantia de que esses recursos sejam efetivamente preservados, amenizando

ou compensando qualquer dano decorrente de ações que comprometam a integridade ambiental (MAGALHÃES, 2012).

Baseado nessa visão, o Governo Federal, a partir do Ministério do Meio Ambiente (MMA), criou em 2001 a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), que consiste em um programa baseado na sustentabilidade e fundamentado nos seguintes eixos: uso racional dos recursos naturais e bens públicos; gestão adequada dos resíduos gerados; qualidade de vida no ambiente de trabalho; compras públicas sustentáveis; construções sustentáveis e sensibilização e capacitação dos servidores (A3P, 2022c).

Uma das oportunidades mais relevantes para a adoção da sustentabilidade na gestão pública, através dos eixos constituintes da A3P, é o setor da construção civil e licitações. É sabido que o Governo investe bilhões de reais todos os anos no setor da construção, pois há cada vez mais a necessidade de novas infraestruturas para atender as necessidades do desenvolvimento econômico e da sociedade em geral. Logo, as atividades construtivas potencializam não só importantes efeitos econômicos e sociais, mas também ambientais. Estes estão associados à ocupação do solo e impermeabilização de grandes áreas, ao consumo de recursos (água e energia), à produção em larga escala de resíduos e efluentes, bem como à alteração de ecossistemas e emissão de gases a atmosfera (PINHEIRO, 2006).

O conceito das Construções Sustentáveis surgiu em 1980 e denomina um conjunto de métodos, medidas e atitudes sustentáveis adotadas em todas as etapas dos processos de construção de uma edificação. Uma obra sustentável leva em consideração desde o projeto na sua pré-construção até o tempo de vida útil e a sustentabilidade da sua manutenção (A3P, 2022b).

Na Administração Pública, atualmente, são poucas as construções projetadas de maneira sustentável (LIMA *et al.*, 2021). Porém, a grande vantagem é que essas medidas de sustentabilidade podem ser adotadas em edificações já prontas, adaptando-as de acordo com a ideia de projeto, enfatizando o aproveitamento dos recursos naturais, como: a utilização de energia solar e o aproveitamento da água de chuva. A instalação dessas medidas gera uma grande economia de recursos naturais, que permite contribuir não somente com o meio ambiente, mas também na redução das despesas para manutenção e funcionamento das edificações para o setor público (A3P, 2022b).

Os governos municipais, por exemplo, possuem grande potencial para a promoção das construções sustentáveis. As prefeituras possuem poder de atuação para induzir e fomentar práticas sustentáveis através das legislações municipais e código de obras, incentivos tributários

e convênios com concessionárias de água e energia (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022).

Ainda nesse contexto, vale ressaltar o impacto positivo de licitações públicas sustentáveis, também chamadas de ecoaquisições. Nalini (2011) ressalta que o Estado Brasileiro é o maior contratante de obras, serviços e bens. O volume dos empreendimentos estatais impulsiona a economia e o desenvolvimento do país. É obrigação do Estado licitar, dessa forma, a expectativa é que o poder de compra do mesmo funcione como indutor e favoreça a aplicação de medidas sustentáveis no mercado, principalmente na construção civil.

Por essa e outras razões, as licitações sustentáveis fazem parte dos eixos da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), por se tratar de uma grande oportunidade e instrumento para promoção da sustentabilidade na sociedade, através da gestão ambiental pública, de forma a cumprir o encargo constitucional de promover a sustentabilidade dado ao Estado.

### **3.1.3 Gestão de recursos hídricos**

O conjunto das atividades humanas, acompanhado do crescimento demográfico mundial e suas demandas, vem cada vez mais exigindo uma atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades, de forma que, vem-se demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Ainda segundo os autores supracitados, o Brasil pode ser considerado um país com grande disponibilidade hídrica. No seu território localizam-se as mais extensas bacias hidrográficas do planeta. No entanto, a distribuição da água é dada de maneira desigual e heterogênea na sua extensão territorial, sendo que grande parte desse recurso está concentrado em áreas pouco habitadas, ao passo que em grandes centros urbanos e de elevadas densidades populacionais, a disponibilidade é menor e mais restrita, o que resulta em grandes problemas de abastecimento, que são fatores limitantes para o próprio processo de desenvolvimento das cidades.

A qualidade da água acaba sendo também um ponto muito importante sobre sua disponibilidade. A grande poluição desse recurso, decorrente da urbanização, impede que essas águas sejam consumidas, mesmo em localidades em que elas se apresentam em abundância. A água encontrada hoje em fontes acessíveis para consumo encontra-se, em sua maioria, contaminada por nutrientes e algas em excesso, esgotos urbanos e industriais, resíduos sólidos (urbanos, industriais, de construção civil) e produtos químicos (MAY, 2004). A contaminação

se dá principalmente pela destinação incorreta de efluentes, como os esgotos, pelo descarte errôneo de lixo e materiais contaminados.

Dessa forma, o problema central se concentra no desafio de enfrentar a relação entre demanda e oferta de água, não só no Brasil como no mundo todo. Para resolver essa questão, torna-se necessário o estabelecimento de políticas adequadas e implementação de sistemas de gestão efetivos acerca desse recurso hídrico. Diversos são os mecanismos, instrumentos e tecnologias a serem empregados com essa finalidade, porém, todos estes carecem de estudos e investigações que auxiliem o seu melhor emprego, de acordo com as necessidades de cada local, para que produzam resultados sanitários, ambientais e econômicos satisfatórios (MANCUSO; SANTOS, 2003).

O conceito de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) tem se desenvolvido em diversos países desde os anos 1980, em razão das variáveis que implicam na disponibilidade, qualidade da água e seus usos. Alguns dos princípios que fomentam essa gestão são (TELLES; GÓIS, 2013):

- Água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente;
- Desenvolvimento e gestão da água devem ser baseados em uma abordagem participativa que envolve usuários, planejadores e políticos em todos os níveis;
- A água tem um valor econômico em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Nesse contexto, o Brasil, através da Constituição Federal de 1988, da Lei das Águas nº 9.433/1997, da Lei nº 9.984/2000, entre outros instrumentos legais, também adota os princípios da gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos (TELLES; GÓIS, 2013).

A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Esta lei trata a água como um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e de valor econômico e sua gestão deverá ser descentralizada, com participação do poder público, usuários e das comunidades, visando sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Telles e Góis (2013) citam como objetivos da PNRH: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Ainda existem os Planos de Recursos Hídricos, que são planos diretores que possuem o objetivo de fundamentar e orientar a implementação da PNRH e gerenciar os recursos hídricos. Estes planos são de longo prazo com visão de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos (LOUCKS; VAN BEEK, 2017).

### **3.2 Águas pluviais**

Água pluvial pode ser considerada como toda água proveniente de precipitações. Esta, por muito tempo, foi considerada como parte do esgoto sanitário e descartada sem qualquer utilização. A partir das décadas, com o crescimento da população e, conseqüentemente, o crescimento da demanda de recurso hídrico, a água da chuva foi se tornando uma interessante alternativa para amortecer problemas relacionados ao abastecimento e drenagem urbana (CAMPOS, 2004).

#### **3.2.1 Hidráulica**

Os seres humanos, desde os primórdios, por necessidades vitalícias, sempre tiveram contato direto com a água, o que possibilitou crescentes demandas principalmente com a evolução da espécie. Segundo Gribbin (2014), há mais de 5 mil anos atrás foi realizado, no Egito, o primeiro caso de irrigação em grande escala e, a partir deste, ao longo dos milênios, principalmente na região do Mediterrâneo e no Oriente Médio, surgiram cada vez mais construções como as de aquedutos, represas, canais e sistemas de esgotos.

A ciência contribuiu notoriamente para o desenvolvimento de projetos relacionados à água. Os estudos a respeito da física e matemática, como os princípios de Arquimedes em 250 a.C e estudos de Euler, possibilitaram uma compreensão ainda mais otimizada da hidráulica e suas aplicações (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Ainda segundo Azevedo Netto e Fernández (2015), a palavra “hidráulica” se resume ao estudo do comportamento da água e suas maneiras de condução. Fluidos em repouso ou em movimento possuem diversas variáveis físicas e de comportamento que devem sempre ser consideradas e calculadas antes da realização de um projeto.

A engenharia, na hidráulica, tem seu papel na junção de funcionalidade e demanda, em que a necessidade da utilização dos recursos hídricos se une à construção de estruturas e projetos que atendam a tudo que é demandado por estes, desde a captação, condução, armazenamento e abastecimento de água em uma sociedade (GRIBBIN, 2014).

Ainda segundo Gribbin (2014), há um confronto entre a água e as construções humanas, onde estas podem muitas das vezes serem prejudicadas por este recurso. Um exemplo disso seria o problema da chuva e seu escoamento em centros urbanos. Muitos são os danos causados por enchentes e alagamentos que advêm de excessos de chuva e ineficientes estruturas de drenagem nas cidades.

O estudo da hidráulica possibilita justamente que possam ser relacionados e otimizados os aspectos de necessidade de recursos hídricos com os problemas também ocasionados por estes, levando em consideração fatores ambientais de conservação e preservação. O estudo das interdependências destes, permite que tais discrepâncias sejam minimizadas e que possam caminhar juntas, de maneira que a necessidade do recurso e sua utilização e impacto não afete negativamente a sociedade (REBOUÇAS, 2004).

A água de chuva, quando precipitada, cai no solo e escoar por gravidade seguindo um declínio até ser infiltrada no solo ou alcançar mananciais e rios que a deságuam no mar. Trata-se de um ciclo normal e corriqueiro até que a água cause um dano em seu percurso, seja uma erosão na natureza ou um alagamento em centros urbanos (GRIBBIN, 2014). A problemática dos projetos hidráulicos vem do intuito de funcionalidade e de resolução de qualquer dano causado pela água, de modo que, através de uma gestão de águas pluviais, pode-se abrandar esse problema e também otimizá-lo. Sistemas de drenagem, de captação e de aproveitamento de águas pluviais são as principais alternativas para essa questão e vêm cada vez mais ganhando espaço na sociedade, contribuindo para resolução de problemas ambientais e de infraestrutura.

### **3.2.2 Aproveitamento da água de chuva**

O aproveitamento das águas da chuva para consumo humano não é algo recente.

Feitos de alvenaria, entulho ou tijolos, datados de 200-400 d.C, construídos pelas civilizações do Vale do Indo, os *stepwells*, também conhecidos como baolis (FIG. 1), são uma das mais antigas estruturas de captação de água de chuva já vistas por historiadores no mundo. Trata-se de construções subterrâneas escalonadas, com centenas e milhares de degraus que envolvem um poço que se tornava uma enorme cisterna de água em épocas de chuva, de forma que era capaz de abastecer as civilizações em períodos de seca (AZMI, 2021).

Esteticamente, os baolis são obras incríveis da arquitetura, porém, sua maior importância ainda se concentra na engenharia. Segundo o *Stepwell Atlas*, são cerca de 3.000 baolis mapeados atualmente na Índia, um local de clima de monções e de grandes períodos de estiagem, que atualmente se encontra em uma enorme crise hídrica. Os baolis estão sendo

reativados e ganhando altos investimentos para terem sua funcionalidade garantida, ou seja, a capacidade de abastecer locais em períodos críticos com água não potável (AZMI, 2021).

Figura 1 - Ujala Baoli, localizado em Mandu, Índia.



Fonte: Azmi, 2021.

Os baolis são, nada mais, do que a engenharia aplicada à necessidade da espécie humana. Para resolver o problema das secas extremas, as antigas civilizações enxergaram que poderiam aproveitar de um recurso simples, que era disponibilizado durante algumas épocas do ano, de forma natural, intermitente e em abundância: as chuvas. Além de armazenada, a água pluvial ainda servia como fonte de abastecimento dos aquíferos subterrâneos e, em muitos locais, era canalizada para utilização na irrigação (LAUTMAN, 2019).

O aproveitamento da água de chuva é, notoriamente, umas das tecnologias de captação de água mais antigas do mundo e que, ainda sim, é cada vez mais utilizada nos dias atuais (AMOS; RAHMAN; GATHENYA, 2016; PRADHAN; SAHOO, 2019). Todavia, os métodos de captação vêm progressivamente sendo mais eficazes e inovadores em relação aos antigos, sendo objetos de estudo de potencial e também soluções para minimizar problemas ambientais.

Os problemas relacionados à conservação de água, como a escassez, a perda de qualidade dos mananciais devido à poluição, associados a serviços ineficientes de abastecimento público, para Gonçalves (2006), são os principais fatores que levam a sociedade a buscar por soluções alternativas de uso e exploração da água. Dessa forma, a captação da água

da chuva possibilita o aproveitamento de um recurso que é fornecido de maneira natural sem que haja degradação do meio ambiente e exploração deste.

Alguns autores (HELMREICH; HORN, 2009; KIM; HAN; LEE, 2012) ressaltam a importância dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais para o meio ambiente, devido principalmente à redução da demanda de exploração de águas superficiais e subterrâneas, de maneira que possibilita uma diminuição na utilização de energia, infraestrutura e investimentos acerca disso.

Ainda, ambientalmente, os sistemas de captação de água de chuva possuem potencial na manutenção da drenagem urbana (ARAUJO *et al.*, 2021). A adoção destes, de maneira coletiva, possibilitaria que grande parte das águas precipitadas fossem captadas e armazenadas para uso e não diretamente escoadas, diminuindo a ocorrência de problemas como erosões, alagamentos, danificação de pavimentos devido ao escoamento, entre outros (BOTELHO, 2011).

Países desenvolvidos estão investindo progressivamente em programas e pesquisas acerca de águas pluviais. A adoção dos sistemas de captação vem ganhando espaço no mundo todo, seja com a intenção de controle de cheias e inundações ou para abrandar problemas de abastecimento. Em cidades do Japão e Alemanha, os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva estão sendo adotados em grande escala, como em estádios, indústrias e em localidades e edifícios públicos, que possuem grandes áreas de captação e, conseqüentemente, grande potencial econômico (GONÇALVES, 2006).

As águas precipitadas possuem aplicabilidade para fins não potáveis, inicialmente. São amplamente usadas em bacias sanitárias, limpezas de áreas externas e internas, irrigação e em atividades que não necessitam de água tratada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2007).

Os altos índices de economia de água interferem diretamente na economia de gastos com tarifas de concessionárias de abastecimento. Segundo Heyworth, Maynard e Cunliffe, (1998), em estudos realizados na Austrália, o aproveitamento de água da chuva proporciona uma economia de consumo de água de cerca de até 60% na agricultura e 45% em residências.

Muitos países adotam métodos de incentivos financeiros para a construção de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, como é o caso de Hamburgo, na Alemanha (TOMAZ, 2003). Esses incentivos possibilitam ao poder público e à administração a diminuição de adversidades relacionadas ao abastecimento, como a dificuldade de levar água a locais de difícil acesso, problemas com as concessionárias e controle de picos de cheia durante períodos chuvosos.



### 3.2.3 Aproveitamento da água de chuva no Brasil

Considera-se que o conhecimento a respeito do aproveitamento de águas pluviais tenha chegado ao Brasil juntamente com a colonização pelos portugueses, visto a proximidade de Portugal com a península Ibérica e as viagens pela rota do Norte da África, devido às condições climáticas de extremo calor e baixas pluviometrias (GONÇALVES, 2006).

Todavia, o conhecimento a respeito de métodos de aproveitamento de água, principalmente a precipitada, não foi muito difundida ao longo dos anos no Brasil. Diferente de outros países e culturas, o aproveitamento da água da chuva não acompanhou efetivamente o desenvolvimento do país e acabou não sendo uma fonte de abastecimento muito utilizada, mesmo que muito vantajosa (NUNES, 2015).

Para Gonçalves (2006), a explicação para a não utilização dessas tecnologias de aproveitamento talvez se deva pela abundância de água encontrada no país, por se tratar de localidades com altos índices pluviométricos, como na Amazônia, em que o volume de chuvas pode variar entre 3.000 mm/ano, além da grande disponibilidade hídrica subterrânea e superficial.

Entretanto, sabe-se que a distribuição de água no território brasileiro é dada de maneira desigual. Apesar de localidades com alta pluviometria, existem locais de extrema seca. Tomaz (2003) identificou, ao fazer um recorte no território brasileiro, que em locais onde predominam o ecossistema da Mata Atlântica, a média de precipitação varia entre 2.000 mm/ano a 2.500 mm/ano e, na região central do país, esse índice chega a 1.300 mm/ano. Já no sertão nordestino, as médias chegam a variar entre 250 mm/ano a 600 mm/ano.

As secas nordestinas no semiárido ocorrem devido às irregularidades das chuvas e aos altos índices de evaporação, devido às altas temperaturas do local (REBOUÇAS, 2004). O problema hidrológico não é que chove pouco, mas sim que evapora muito (REBOUÇAS, 1997).

Diante das mudanças climáticas, da degradação do meio ambiente e poluição das águas, das alterações no ciclo hidrológico, fatores estes cada vez mais acentuados nas últimas décadas, a preocupação com a disponibilidade da água vem ganhando espaço no país. A prática do aproveitamento de águas pluviais vem sendo uma das principais alternativas para amenizar os problemas da falta da água (SLATER, 2019).

A utilização da água de chuva para abastecimento só passou a fazer parte de programas governamentais ao final do século passado. Em 1975, foi criado o Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semiárido (CPTASA), que tinha como objetivo o aproveitamento dos recursos, entre eles, a coleta da água de chuva e a construção de cisternas para armazenamento e posterior consumo da água pela população (GONÇALVES, 2006).

Diversas iniciativas governamentais e de organizações não-governamentais (ONG's) têm multiplicado o número de cisternas no Nordeste do Brasil. O sistema proposto para o semiárido é simples e normalmente só consiste em aproveitar a água captada pelos telhados e armazená-la em cisternas. A FIG. 2 mostra cisternas de placa típicas e executadas *in loco* por toda parte do semiárido brasileiro (CIRILO, 2008).

Figura 2 - Cisternas de placa e sistema de coleta de água do telhado.



Fonte: Cirilo, 2008, p. 71.

De acordo com estudos realizados por Silva, Brito e Rocha (1988), uma cisterna com capacidade de armazenamento de água de  $16 \text{ m}^3$  é suficiente para atender as necessidades básicas de uma família com até 5 pessoas durante 8 meses, considerando esse período sem nenhuma incidência de chuva. Cabe ressaltar também, a aplicação dessa água armazenada para cultivo de hortaliças, mudas de frutas e para criação de pequenos animais, o que ainda possibilita amenizar o problema da falta de alimento nessas regiões (BRITO; MOURA; GAMA, 2007).

Em 2003, foi iniciado no Brasil, pelo governo federal, o Programa de 1 Milhão de Cisternas (P1MC) para o semiárido, com o objetivo de construir 1 milhão de placas para armazenamento de água de chuva em cisternas (NOBREGA, 2010). O programa contou com o financiamento de órgãos governamentais como o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), destinando, em 2004, investimentos da ordem de R\$ 45,8 milhões (GONÇALVES, 2006).

Ainda para Rebouças (2004), o problema de abastecimento no Brasil não é apenas devido à falta de água em certas localidades, mas também ao quadro de pobreza que atinge grande parte da população, principalmente no Nordeste, a qual não possui condições de pagar pelos serviços das concessionárias de abastecimento. Dessa forma, é notório mais um grande aspecto positivo dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais financiados pelas organizações governamentais e ONG's, onde se garante, a essas populações de baixa renda e que vivem em áreas de difícil acesso, a disponibilidade hídrica digna para sobrevivência.

### **3.2.4 Legislações sobre aproveitamento de águas pluviais**

No Brasil, em 1997, foi promulgada a Lei 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conhecida também como Lei das Águas, que fornece instrumentos que possibilitam a melhoria da gestão sistemática de recursos hídricos e, de maneira específica, busca incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento das águas pluviais (BRASIL, 1997).

No plano federal, tramitaram alguns Projetos de Lei a respeito do aproveitamento de águas pluviais, como exemplo, os Projetos de Lei nº 411/2007 e nº 432/2011, que propuseram a elaboração e implantação de mecanismos de estímulo para a adoção de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de água de chuva e de medidas para reutilização dessas águas servidas em edificações (SENADO FEDERAL, 2022).

De maneira dispersa, algumas políticas de aproveitamento de água de chuva são adotadas em esferas estaduais e municipais (DRUMMOND *et al.*, 2022). Pacheco *et al.* (2017) avaliaram o cenário estadual e municipal brasileiro e apontaram que há uma grande variedade de leis e regulamentações espalhadas por todo o território nacional, porém, essa dispersão dificulta a classificação e avaliação do grau em que o Brasil se encontra em relação à adoção de medidas sustentáveis quanto ao aproveitamento de recursos hídricos precipitados. Essa dispersão torna-se aceitável pelo fato de o Brasil ser um país com extenso território, constituindo localidades onde há maiores concentrações de água e outras, extrema seca, sendo assim, diferentes ofertas e demandas (GUTIÉRREZ *et al.*, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH (2019), dos 26 estados brasileiros, 17 já apresentam legislações a respeito do aproveitamento de água de chuva. Dentre os que ainda não estabeleceram essas políticas, estão: Alagoas, Amazonas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe.

Alguns municípios se destacam pelas leis municipais referentes ao assunto. A cidade de Curitiba, no Paraná, possui a Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003 que criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações (PURA), que cita a captação, armazenamento e utilização de água pluvial como fonte alternativa para usos não potáveis, além de promover projetos sustentáveis em novas edificações e a utilização de aparelhos economizadores e hidrômetros individuais (HAGEMANN, 2009).

Hagemann (2009) ainda cita a cidade de Porto Alegre, que possui uma lei para captação e aproveitamento de águas pluviais, possuindo o mesmo princípio de Curitiba, que é a utilização dessa água para fins que não requeiram tratamento. Assim, as águas captadas são utilizadas em localidades públicas, como em praças, chafarizes, lagos artificiais e jardins.

Vale ressaltar que, no Piauí e em São Paulo, a Lei Ordinária nº 6.280/2012 e a Lei nº 12.526/2007 de cada um dos estados, respectivamente, possuem grande interesse não só do aproveitamento alternativo da água, mas da redução do escoamento superficial. Utilizam e apostam no método para contenção de enchentes, onde os sistemas de captação auxiliam na drenagem da água, além de possibilitar a diminuição da velocidade do escoamento superficial, sendo obrigatório o sistema de captação para edificações com áreas impermeabilizadas superiores a 500 m<sup>2</sup>.

Num contexto mais recente, a Lei nº 13.501 (BRASIL, 2017) estabelece o aproveitamento das águas pluviais como um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, promulgada pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) como forma de incentivo à captação, conservação e aproveitamento de água da chuva. E o Projeto de Lei (PL) do Senado nº 324 de 2015, ainda em tramitação, é uma tentativa de obrigar a incluir nas novas construções residenciais, comerciais, industriais, públicas ou privadas, a captação e aproveitamento de água pluvial e o seu reuso não potável.

Apesar da existência de legislação e normas regulamentadoras sobre o uso e aproveitamento das águas pluviais no Brasil, não há estudos que as consolidem para que possam ser aplicadas em determinadas regiões do país e atender às necessidades do público em geral (DRUMMOND *et al.*, 2022).

### **3.2.5 Qualidade da água pluvial**

O aproveitamento da água de chuva está contido na Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 15527 (ABNT, 2019), que conceitua água pluvial como toda água que resulta de precipitações e que é coletada por telhados, coberturas, onde não haja circulação de pessoas,

veículos e animais. Esta norma ainda caracteriza essa água como água não potável, ou seja, que não atende à Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A água da chuva para aproveitamento direto é utilizada para fins não potáveis, como a NBR 15527/2019 exemplifica: sistemas de resfriamento à água, descargas de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação paisagística.

Para Gonçalves (2006), existem inúmeros fatores que influenciam a qualidade da água pluvial. Dentre estes, o autor destaca a localização geográfica (áreas urbanas, rurais ou oceânicas), a presença de vegetação, condições meteorológicas (regime de ventos e caracterização das precipitações), estação do ano e, principalmente, a qualidade do ar na localidade em questão.

Em localidades de extrema poluição atmosférica, a chuva torna-se também poluída por seu contato direto com as substâncias poluentes presentes no ar, fazendo com que traga consigo os contaminantes e afete suas características naturais. Como exemplo disso, tem-se o fenômeno das chuvas ácidas (KHAN; SARWAR, 2014).

A chuva pode ser considerada ácida quando seu pH se encontra menor que 5,0 (TEIXEIRA *et al.*, 2008). As substâncias contidas nas chuvas dependem, principalmente, da sua localidade e dos fatores apresentados anteriormente.

A TAB. 1 exemplifica alguns resultados das caracterizações das chuvas atmosféricas nas cidades de Florianópolis (SC) e de Vitória (ES).

Tabela 1 – Resultados médios da caracterização da água da chuva atmosférica obtidos entre dezembro de 2004 a maio de 2005.

<b>Parâmetros</b>	<b>Chuva atmosférica em Florianópolis/SC</b>	<b>Chuva atmosférica em Vitória/ES</b>
Alcalinidade total (mg/L)	4,5±3,1	1,8±1,9
Acidez (mg/L)	2,7 ± 4,0	3,7 ± 1,2
Cloretos (mg/L)	0,6±1,3	4,1±5,1
pH	5,8 ± 1,1	6,1 ± 0,9

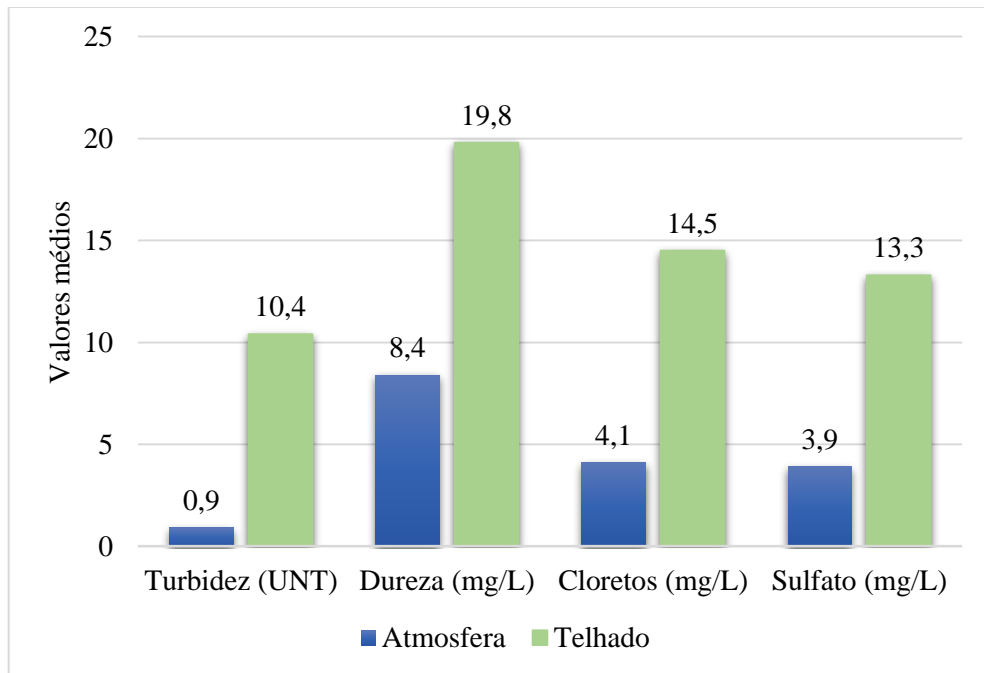
Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006).

A chuva, após passar pela atmosfera, atinge as superfícies por gravidade, o que as tornam outro importante fator relacionado à qualidade da água (ZDEB *et al.*, 2020). De acordo com Rebello (2004), as superfícies de captação possuem diversos elementos que alteram as características da água, tais como: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos

em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros, que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos. Dessa forma, nota-se a importância do descarte hídrico da água coletada nos primeiros instantes da chuva.

Numa pesquisa realizada pelo Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) na cidade de Vitória (ES), citada por Gonçalves (2006), foram obtidos dados de alterações no pH e alcalinidade das águas pluviais após passarem pelas superfícies de captação, no caso, os telhados (GRÁF. 1). May (2004) também afirma ter detectado o mesmo comportamento em relação ao pH de chuvas em São Paulo.

Gráfico 1 – Comparação dos resultados da chuva atmosférica com a chuva do telhado de Vitória (ES).



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006).

A água precipitada, após a captação pelos telhados, segue nos condutos até os reservatórios. A qualidade da água também pode ser afetada pelas condições em que está armazenada. Para Lopes (2012), em um primeiro momento, a tendência da água é ter sua qualidade melhorada no reservatório, pois, para chegar até este, foi filtrada e passou pelo descarte da primeira chuva, que é considerada a mais poluída. Ademais, a água armazenada dentro do reservatório passa pelo processo de sedimentação, onde toda matéria orgânica e substância de densidade mais elevada se acumula no fundo do reservatório.

Deve-se ressaltar também que a qualidade da água no reservatório está diretamente ligada à manutenção adequada deste, de maneira que os filtros sejam vistoriados frequentemente para garantir seu funcionamento correto, à limpeza adequada do fundo do reservatório para retirada dos materiais decompostos, e, ainda, à garantia de que o reservatório esteja adequadamente fechado e sem entrada de luz, para que não haja a possibilidade de entrada de insetos (HAGEMANN, 2009).

### 3.2.6 Tratamento da água da chuva e seus usos

Segundo Sautchuk *et al.* (2005), considerando os usos não potáveis mais comuns em edificações, são utilizados sistemas de tratamento compostos de ações de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com radiação ultravioleta. A obtenção de níveis de qualidade mais elevados, para utilização potável da água, requer a utilização de sistemas mais complexos, que eventualmente demandam mais investimento e rigorosidade.

O QUADRO 1 mostra a variação da qualidade da água de acordo com o local onde é feita sua coleta.

Quadro 1 – Variação da qualidade da água da chuva devido à área de coleta.

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Observações
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas e animais)	Se a água for purificada pode ser consumida
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas e animais)	Usos não potáveis
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para usos não potáveis, necessita de tratamento
D	Estradas	Mesmo para usos não potáveis, necessita de tratamento

Fonte: *Group Raindrops* (1995)<sup>1</sup> *apud* Gonçalves (2006).

Para o *Group Raindrops* (1995) *apud* Gonçalves (2006), deve-se levar em consideração alguns requisitos de qualidade para as suas possíveis aplicações, de acordo com a necessidade de tratamento de cada um de seus usos, como mostrado no QUADRO 2.

<sup>1</sup> GROUP RAINDROPS. **Rainwater and you: 100 ways to use rainwater**. Group Raindrops, Tóquio, 1995.

Quadro 2 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações.

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: *Group Raindrops* (1995) *apud* Gonçalves (2006).

Em um estudo feito pelo PROSAB em Vitória-ES, mais especificamente na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sobre a eliminação da primeira chuva, foi demonstrado que este é um tratamento simplificado e efetivo. O estudo foi realizado em três etapas distintas de caracterização, onde foram verificadas mudanças e melhoria na qualidade da água após o tratamento simplificado. Foi observado que, ao aumentar o volume de descarte da primeira chuva, melhora-se notoriamente a qualidade da chuva direcionada ao reservatório (GONÇALVES, 2006).

Santos (2002) cita os filtros de areia como uma alternativa para os reservatórios de autolimpeza, pois contribuem para a remoção de cor e turbidez da água. A filtração com carvão ativado é ainda mais eficiente e utilizada quando a finalidade é o uso potável.

A desinfecção, ainda, é um importante processo de tratamento para a remoção dos microrganismos presentes, sejam eles provenientes da atmosfera, da área de captação ou até mesmo dos reservatórios. De acordo com o *Group Raindrops* (2002), se a água da chuva não tiver finalidade potável, como para suprir necessidades humanas (beber, cozinhar, tomar banho), não há a necessidade de desinfecção. Por ser um tratamento mais complexo, este requer uma permanente manutenção ao usuário, o que elevaria os custos do sistema.

### 3.2.7 Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais - normativos e critérios de projeto

Para que os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais sejam efetivos e eficientes, é necessário que estes sejam bem elaborados e executados, seguindo as normas e os critérios necessários de projetos.

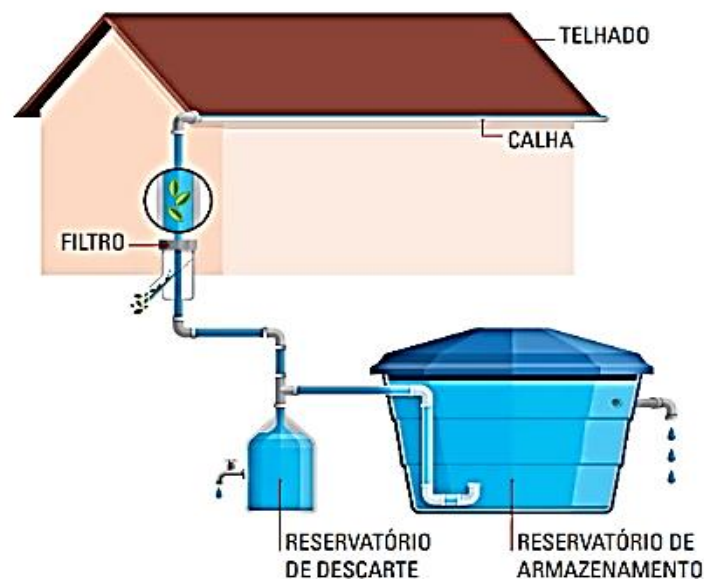


As normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas que se relacionam com o tema são:

- NBR 10844/89 que tem como título “Instalações prediais de águas pluviais” e fixa as exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia (ABNT, 1989);
- NBR 15527/19, que traz como título “Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos”, fornecendo os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis (ABNT, 2019);
- NBR 5626/20 intitulada “Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção” e dispõe sobre as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria e de água quente (ABNT, 2020).

Para a coleta da água da chuva, são necessários diversos elementos que constituem o sistema: calhas, condutores, dispositivos de descarte da primeira chuva e a cisterna de armazenamento (PERIUS *et al.*, 2021). A FIG. 3 exemplifica o esquema dos elementos do sistema: telhado, calha, filtro, reservatório de descarte e reservatório de armazenamento.

Figura 3 – Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial e seus elementos.



Fonte: Zanella, 2015.

De acordo Sautchuk *et al.* (2005), o projeto de sistemas de coleta, tratamento e usos de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Segundo Hugues (2019), independente do grau de complexidade do sistema de aproveitamento de águas pluviais, sendo de grande, médio ou pequeno porte, ele deve ser composto, no mínimo, sempre por:

- Área de captação/telhado;
- Tubulações para condução da água;
- Telas ou filtros para a remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos;
- Reservatório de armazenamento/cisterna.

A área de captação varia entre telhados, superfície do solo ou qualquer área impermeabilizada que possua algum elemento de drenagem, conforme apresentado nas FIG. 4, 5 e 6. A técnica mais utilizada e mais simples é a coleta das águas através dos telhados e, quase sempre, produz uma água de melhor qualidade (GONÇALVES, 2006).

Figura 4 – Áreas de captação de água de chuva: telhado.



Fonte: Waterfall (2002)<sup>2</sup> apud May (2004), p. 59.

<sup>2</sup> WATERFALL, Patrícia H. **Harvesting Rainwater for landscape use**. Tucson, University of the Arizona Cooperative, 2002.

Figura 5 – Áreas de captação de água de chuva: laje.



Fonte: Waterfall (2002) *apud* May (2004), p. 60.

Figura 6 – Áreas de captação de água de chuva: telhado e pátio.



Fonte: Waterfall (2002) *apud* May (2004), p. 60.

Os reservatórios são os elementos mais caros e que ocupam o maior espaço no sistema de captação de águas pluviais. Estes podem ser constituídos dos mais diversos materiais, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço e polietileno e possuir diversas formas. Os reservatórios podem estar apoiados no solo, enterrados, semienterrados ou elevados. A escolha do local de sua instalação, modelo e material deve levar em consideração as condições do terreno, disponibilidade da área e de investimento (GONÇALVES, 2006).

A primeira versão da NBR 15527 (ABNT, 2007) informava, em um de seus anexos, seis possíveis métodos para dimensionamento de reservatórios. O dimensionamento a partir destes métodos era sugestivo e não normativo. Os métodos da antiga norma seguiam a premissa de que o volume dos reservatórios fosse adotado para abastecimento da demanda integral de água, fazendo com que estes se tornassem inviáveis, na maioria dos casos. O dimensionamento do reservatório, a partir da nova revisão da norma NBR 15527 (ABNT, 2019), passou a ser livre e

leva em consideração que os sistemas de captação de águas pluviais sejam utilizados como forma complementar de abastecimento e projetado de acordo com as necessidades da edificação, considerando-se ainda fatores econômicos, ambientais e técnicos (ZANELLA; ALVES, 2020).

### **3.3 Unidades de saúde sustentáveis quanto a recursos hídricos**

As alternativas de promoção da sustentabilidade vêm ganhando cada vez mais espaço no mundo e tornando notória sua importância. As práticas sustentáveis garantem o uso responsável de recursos e asseguram o não desperdício, promovendo a consciência ambiental e o desenvolvimento da sociedade (FANTINATTI; FERRÃO; ZUFFO, 2016).

Entre as diversas áreas da sociedade plausíveis para adotar medidas sustentáveis, pode-se citar o setor da saúde. De maneira mais específica, centros hospitalares, Unidades Básicas de Saúde - UBS, clínicas e laboratórios, os quais possuem grande impacto social e ambiental (TRINDADE; BUONO; COSTANZI, 2020). Edificações públicas, principalmente as regidas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), possuem impactos sociais ainda maiores, sendo de acesso universal e muito demandadas.

Serviços de saúde proporcionam assistência para as pessoas de uma comunidade e podem ser caracterizados por uma ligação inerente à responsabilidade social e às dimensões da sustentabilidade (KINNEY, 2010).

A água é um recurso imprescindível no funcionamento dos serviços de saúde, sendo utilizada nos serviços de higiene, uso de sanitários, lavanderia, limpeza, em áreas específicas, como esterilização de materiais, procedimentos médicos e odontológicos (DURANTE; STIZ; MOREIRA, 2017).

Os sanitários são os maiores detentores de consumo hídrico, já que são de uso geral da população fixa, como os funcionários da unidade, e ainda, da população flutuante, como pacientes e acompanhantes (*ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS*, 2021). Em geral, os sanitários são a parte de uma edificação onde a água é mais utilizada, tratando-se de um espaço onde todos os equipamentos dependem de água (bacias sanitárias, lavatórios e chuveiros) (DURANTE; MOREIRA; STIZ, 2017).

As unidades de saúde possuem elevado custo financeiro mensal para manter suas atividades, principalmente em grandes hospitais (MIRANDA *et al.*, 2021). Em busca de uma gestão ambientalmente sustentável, além de impactar socialmente e financeiramente, e ainda

visando maiores autossuficiências das edificações, a reutilização da água da chuva é uma alternativa válida e promissora a ser adotada pelas unidades de saúde.

Os sistemas de captação de água de chuva podem ser das mais diversas formas e complexidades, podendo variar desde a adoção de mini cisternas, para pequenas utilizações e sem tratamento específico, até grandes sistemas, com grandes reservatórios, para abastecimento e substituição parcial da água consumida advinda das concessionárias e com tratamentos de qualidade de água mais rigorosos (ZANELLA, 2015).

Segundo a A3P (2022a), em 2016, na cidade de São Paulo, foi dado início a um projeto de implantação de sistemas de captação de água de chuva em 30 Unidades Básicas de Saúde. Inicialmente, 10 unidades de saúde foram contempladas com a adoção do sistema, que objetivou contribuir com a economia de água potável nos equipamentos públicos e promover na população local o conhecimento de técnicas simples que garantem a sustentabilidade no consumo da água.

Os resultados obtidos pelo projeto, ainda segundo a A3P (2022a), foram:

- Realização de oficinas em 10 unidades de saúde, com o intuito de promover o conhecimento a respeito do assunto e à implantação do sistema;
- Interesse dos usuários das UBS's sobre o sistema, com procura frequente dos agentes de promoção ambiental para esclarecimento de dúvidas e orientações;
- Adoção da comunidade ao sistema, sendo identificadas sete réplicas deste no território, em escolas, comércio e domicílios;
- Utilização da capacidade total dos reservatórios em períodos favoráveis, principalmente pela equipe de limpeza, para fins não potáveis.

As Unidades Básicas de Saúde Jardim Maracá e Jardim Coimbra, localizadas em São Paulo (SP), por exemplo, possuem o sistema de captação de água de chuva para usos não potáveis. As oficinas promovidas por estas, trazem informações a respeito da importância da preservação dos recursos hídricos, além de explicar sobre as diretrizes e normas a respeito dos sistemas de captação de água pluvial, seu funcionamento, tratamento, limpeza e seus usos, e, ainda, como confeccionar o sistema utilizando materiais simples e de baixo custo, como a implantação de mini cisternas com tubos de PVC e tonel (CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS “DR JOÃO AMORIM” - CEJAM, 2019).

Em São José dos Campos (SP), o Ambulatório Médico de Especialidades (AME) vem contribuindo também para a redução do consumo de água na sua unidade. Em 2015, foi adotado um sistema de captação de chuva que possui capacidade de armazenamento de até 7.500 litros

de água, em três cisternas de capacidade de 2.500 litros cada uma. Toda água captada é utilizada para fins não potáveis, como limpeza das áreas externas, rega de jardins e gramados. Em 2017, o AME reduziu cerca de 16% do consumo de água potável devido ao sistema de captação de água pluvial (INSTITUTO SÓCRATES GUANAES – ISG, 2018).

Sabe-se que, quanto maior e mais elaborado o sistema de captação, maior será a redução do consumo de água e mais amplas serão as áreas a serem aplicadas por estes (GONÇALVES, 2006). Um sistema que permite a utilização da água captada para uso em bacias sanitárias e, após tratamento, a utilização em diversos fins, possibilita que haja ainda uma economia de 40% da demanda de recursos hídricos (TOMAZ, 2003).

Com o intuito de disseminar boas práticas e bons exemplos, esses sistemas de captação de águas pluviais em unidades de saúde colaboram para a conscientização da população sobre a importância do consumo responsável e a conservação dos recursos naturais (CEJAM, 2015). O grande impacto social das unidades aliado à educação ambiental são grandes alternativas para buscar a sustentabilidade na sociedade. Ademais, é notória também a economia nos custos de manutenção dos edifícios de saúde, que neste caso, são mantidos por verbas públicas.

Em todas as esferas do governo, a saúde pública se destaca como um dos setores que mais consomem recursos financeiros para seu funcionamento, e, assim, também sua manutenção. Buscar a eficiência dos serviços de saúde, é, portanto, colaborar também para a otimização dos gastos com o setor, principalmente em tempos de crise econômica e hídrica (MIRANDA *et al.*, 2021).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo e caracterização da UBS Jaci

A Unidade Básica de Saúde em estudo está localizada no município de Candeias – MG, na Rua Coronel João Afonso, nº 99, bairro Ponte, a 930 metros de altitude. O terreno possui 629,20 m<sup>2</sup>, com uma área edificada de 356,85 m<sup>2</sup> (FIG. 7). A UBS atende cerca de 2716 pacientes (CANDEIAS, 2009) e conta com serviços de saúde de atenção primária, como atendimentos ambulatoriais, médicos, fisioterápicos, odontológicos, nutrição, vacinação etc.

Figura 7 – Localização da UBS Jaci.



Fonte: Google Earth, 2019.

Encontra-se, no ANEXO A, a planta baixa do projeto arquitetônico da UBS Jaci, utilizada como instrumento de coleta de dados do estudo.

### 4.2 Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais para a UBS Jaci

#### 4.2.1 Dados pluviométricos

Todo e qualquer sistema de aproveitamento de águas pluviais é diretamente influenciado e dependente das características das precipitações. O conhecimento da intensidade (razão entre

a lâmina da precipitação e o intervalo de tempo em que ocorre a precipitação), duração e frequência (número médio de anos no qual a precipitação será igualada ou superada) das chuvas locais é essencial para o dimensionamento de calhas, condutores verticais e reservatórios (HOFMAN; PAALMAN, 2014).

Para o cálculo da intensidade máxima média da precipitação local, utilizou-se a equação de Intensidade, Duração e Frequência – IDF, dada pela Equação 1.

$$I = \frac{K.T^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Em que:

I: intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

T: tempo de retorno (anos);

t: tempo de duração da chuva (min); e

K, a, b, c: parâmetros de ajuste determinados para cada local.

Os parâmetros locais de ajuste são determinados a partir de análises estatísticas e probabilísticas de séries históricas de precipitações de cada região. Para obtenção destes, foi utilizado o *software* Pluvio 2.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 2006), que, para a cidade de Candeias-MG, são: K = 3627,415; a = 0,171; b = 29,519; e c = 1,011.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), o tempo de retorno é estabelecido de acordo com a área drenada, sendo T = 5 anos para telhados e terraços, enquanto o tempo de duração da precipitação deverá sempre ser fixado em 5 minutos.

#### 4.2.2 Área de captação

Um dos componentes mais importantes em um sistema de aproveitamento de águas pluviais consiste na área de captação, que é a responsável por coletar toda água proveniente da precipitação. Essas áreas são geralmente sistemas de macro e microdrenagem e, mais comumente, telhados de casas ou indústrias, onde estes possuem diversas características consideradas em seus devidos projetos, como o tipo de cobertura, sejam elas de cerâmica, fibrocimento, concreto, zinco, entre outros. Outro importante ponto a ser analisado é a inclinação de cada telhado, que depende diretamente do tipo de material de que é composto, o que implica no escoamento e na absorção das águas pluviais (TOMAZ, 2003).



A área de captação da edificação em estudo pode ser vista nas FIG. 8 e 9, sendo composta por um telhado embutido com telhas cerâmicas, inclinação de 30% e platibanda de 1,76 m.

A área de contribuição ou área de captação foi determinada conforme NBR 10844 (ABNT, 1989), utilizando-se a equação de superfície inclinada (Equação 2), a partir das dimensões demonstradas na FIG. 8 e na planta da edificação em ANEXO A.

$$A = \left(a + \frac{H}{2}\right) \cdot b \quad (2)$$

Em que:

A: Área de contribuição (m<sup>2</sup>);

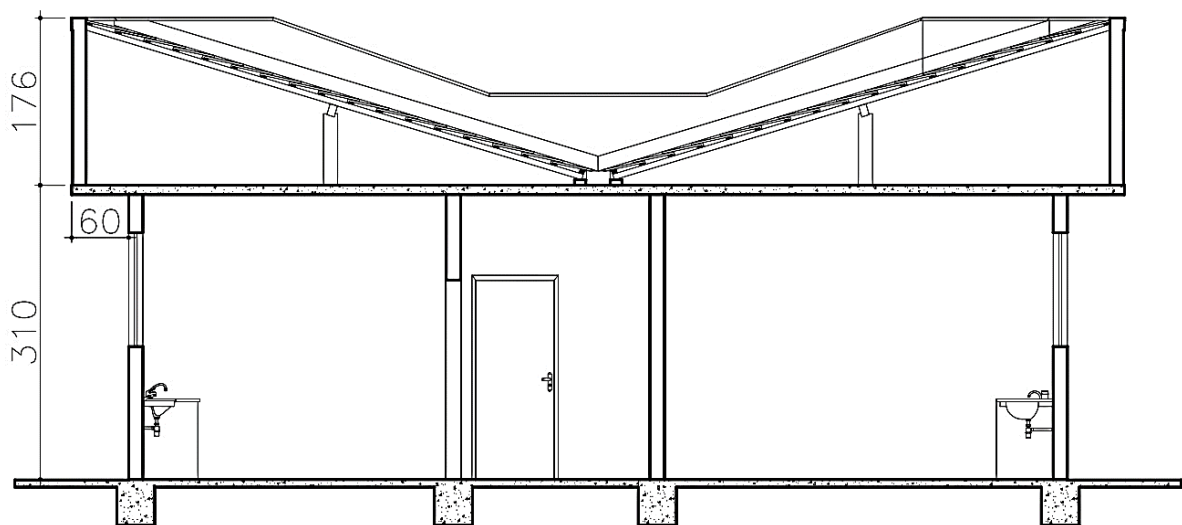
a: Comprimento transversal de uma das águas do telhado (m);

H: Altura do centro do telhado (m);

b: Comprimento longitudinal do telhado (m).

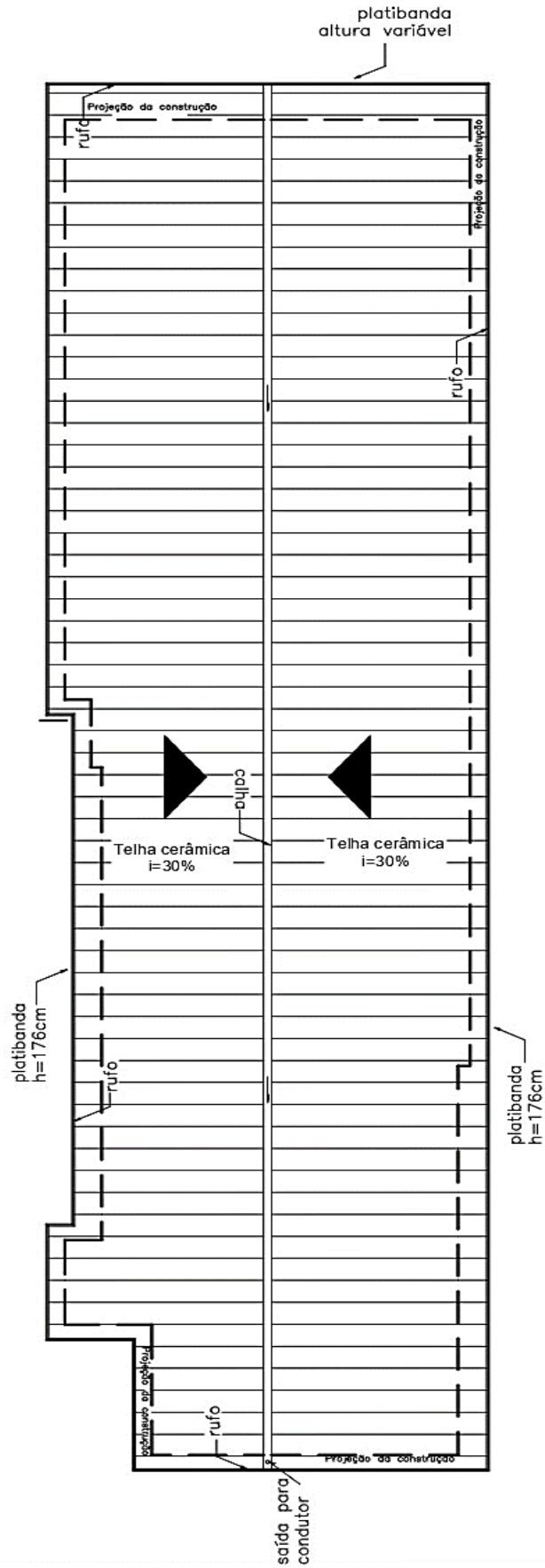
Foram obtidos os valores: a = 5,55 m; H = 1,76 m; b = 40,36 m.

Figura 8 – Projeção de corte do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).



Fonte: Candeias, 2009.

Figura 9 – Planta de cobertura do projeto arquitetônico (sem escala).



Fonte: Candeias, 2009.

### 4.2.3 Vazão de projeto

Conforme descrito na NBR 10844 (ABNT, 1989), a vazão de projeto foi calculada pela Equação 3.

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad (3)$$

Em que:

Q: Vazão de projeto (L/min);

I: intensidade pluviométrica (mm/h); e

A: área de contribuição (m<sup>2</sup>).

### 4.2.4 Demanda interna por recurso hídrico

Para o cálculo da demanda de água na UBS, foram levantados dados de consumo no período de 06/09/2021 a 01/10/2021

Também foi solicitada à Prefeitura Municipal de Candeias a cópia da conta de água emitida pela concessionária de abastecimento da cidade para o mês de setembro de 2021.

Uma vez que os gastos diários e semanais não são fixos, foi calculada a média aritmética simples entre os dados levantados para a UBS (Equação 4), que representou a média diária do consumo interno de água na unidade.

$$C_{diário} = \frac{C_{mensal}}{d_{úteis}} \quad (4)$$

Em que:

$C_{diário}$ : Consumo de água diário (L/dia);

$C_{mensal}$ : Consumo de água mensal (L/mês); e

$d_{úteis}$ : Número de dias úteis no mês analisado (dias).

Adotou-se no presente estudo, para fins de cálculo do consumo diário, o número de dias úteis no mês como sendo igual a 22 dias.

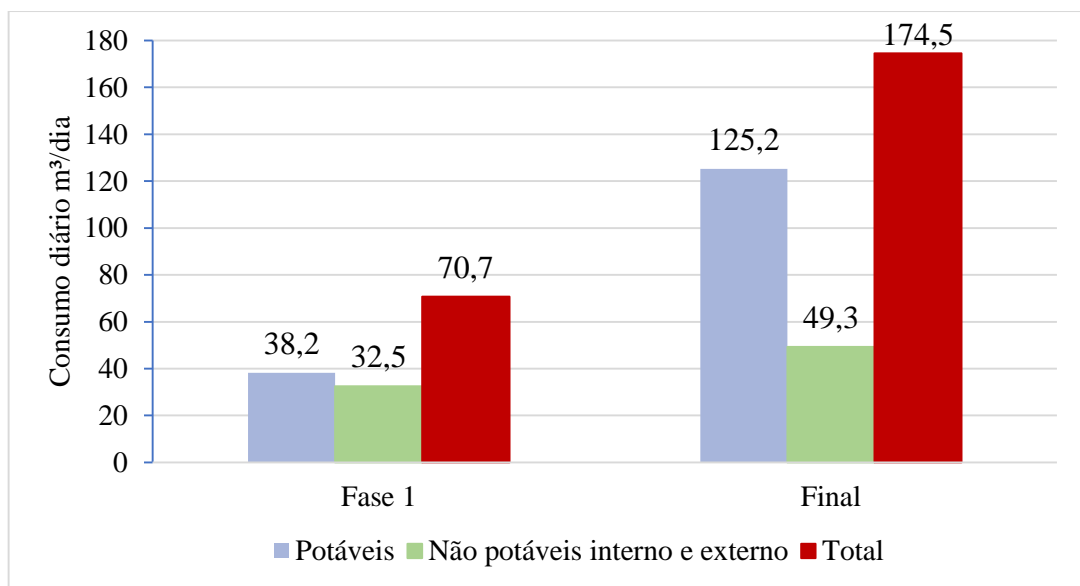
#### 4.2.5 Demanda interna por recurso hídrico não potável

A UBS Jaci atende cerca de 50 pacientes por dia, de maneira presencial, e conta com cerca de 15 funcionários, em que todos usufruem da sua estrutura. As bacias sanitárias são as detentoras do maior gasto de água na unidade, juntamente com a água utilizada para limpeza.

Em edifícios públicos, englobando escolas, universidades, hospitais, terminais rodoviários, UBS's, entre outros, o consumo de água por bacias sanitárias varia entre 35% e 50% do consumo total (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Gaitán e Teixeira (2020) levantaram dados sobre o consumo de água em um Hospital Universitário na cidade de São Carlos, em São Paulo, encontrando os valores demonstrados no GRÁF. 2, cujo consumos não potáveis variaram de 28% a 46% do consumo total.

Gráfico 2 – Consumo de água potável e não potável em fins internos e externos no Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos – SP.



Fonte: Adaptado de Gaitán e Teixeira, 2020.

Levando-se em consideração os trabalhos de Sautchuk *et al.* (2005) e Gaitán e Teixeira (2020), foi feita uma estimativa da demanda de recurso hídrico não potável que será substituída por água pluvial na UBS em estudo, adotando-se um percentual de 40% de demanda não potável, representada pelos consumos das bacias sanitárias, água utilizada para limpeza externa e limpeza do chão.

A Equação 5 demonstra o valor da demanda de água não potável na UBS.

$$V_{np} = V_t \cdot 0,4 \quad (5)$$

Em que:

$V_{np}$  : Volume de água não potável mensal consumido (m<sup>3</sup>/mês); e

$V_t$  : Volume de água total mensal consumido (m<sup>3</sup>/mês).

#### 4.2.6 Estimativa do volume de água pluvial captada

O volume de água captada pelo sistema foi obtido pela Equação 6.

$$V_{ac} = A \cdot P \cdot C \quad (6)$$

Em que:

$V_{ac}$ : Volume anual, mensal ou diário de água pluvial a ser captada (L);

A: Área de captação (m<sup>2</sup>);

P: Precipitação anual, mensal ou diária na região (mm); e

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

O coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente C ou coeficiente de *runoff*, é um adimensional resultante da relação entre o volume de água precipitado em uma superfície e o volume que escoou sobre a mesma. No valor do coeficiente de escoamento superficial estão incluídas as perdas que podem ocorrer devido à infiltração e evaporação (HAGEMANN, 2009). A TAB. 2 apresenta alguns coeficientes de escoamento superficial encontrados na literatura para diversos materiais.

Tabela 2 – Valores dos coeficientes de escoamento superficial para diversos tipos de coberturas.

(continua)

Material da cobertura	Coeficiente de escoamento	Fonte*
Cerâmico	0,8 – 0,9	Holfkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
	0,56	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Cimento	0,62 – 0,69	UNEP (2004)
Metálico	0,8 – 0,85	UNEP (2004)
	0,52	Khan (2001) apud Tomaz (2003)

(conclusão)

Corrugado de Metal	0,7 – 0,9	Holfkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
	0,85	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Aço galvanizado	> 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Vidro	0,6 – 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Plástico	0,94	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Asbesto	0,8 – 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
	0,2	Thomas e Martinson (2007)

\*Fontes bibliográficas citadas em Gonçalves (2006).

Fonte: Gonçalves, 2006.

A edificação estudada possui área de captação constituída de telhas cerâmicas, assim, o valor adotado para o coeficiente de escoamento superficial foi  $C = 0,8$ , onde se consideram 20% de perdas e contribui-se para um maior aproveitamento das águas pluviais.

#### 4.2.7 Reservatório de água pluvial

O reservatório de armazenamento é um dos principais componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o qual deve ser dimensionado seguindo fielmente as normas técnicas e levando em consideração a demanda de água pluvial, a área de captação, a precipitação pluviométrica e os custos de implantação.

Para estimar o volume ideal do reservatório para o sistema, foi utilizado o Método Prático Alemão, apresentado na antiga versão da NBR 15527 (ABNT, 2007). Neste método, o volume do reservatório de água pluvial é igual ao menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável (Equação 7).

$$V_{adot.} = \text{mín. (V; D). } 0,06 \quad (7)$$

Em que:

$V_{adot.}$ : Volume do reservatório (L);

V: Volume de água pluvial anual (L); e

D: Demanda anual de água não potável (L).

Dessa forma, para obter o volume de água pluvial anual, foi consultada a plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para levantamento da série histórica de precipitação do município. Para o estudo, utilizaram-se as informações hidrológicas relativas aos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, que permitiram determinar as precipitações médias anuais e relacioná-las à área de captação para determinação do volume médio de água pluvial anual.

Para o valor da demanda anual, multiplicou-se o consumo de água não potável mensal da unidade pelos 12 meses do ano.

O menor valor obtido pela Equação 7 foi adotado como a capacidade do reservatório inferior. Optou-se por deixá-lo parcialmente aterrado no solo, no canto superior esquerdo do terreno, como representando no APÊNDICE B. Neste caso, há a necessidade de bombeamento de água para o reservatório superior.

Para a determinação do volume do reservatório superior, foi considerado todo o volume de água utilizada para fins não potáveis diário, ou seja, para bacias sanitárias e para limpeza em geral. Assim, o volume deste deve ser maior ou igual à demanda não potável diária da UBS. Sua localização será sobre a laje, na cobertura da edificação.

#### 4.2.8 Bombeamento

Devido à instalação de dois reservatórios (inferior e superior) para o abastecimento de águas pluviais na UBS, houve a necessidade da utilização de uma bomba hidráulica para elevação da água captada para abastecimento das bacias sanitárias e para serviços de limpeza em geral.

Para encontrar o diâmetro necessário para as tubulações de recalque e sucção, foi utilizada a Fórmula de Forchheimer (Equação 8), para operações intermitentes.

$$D_r = 0,587 \cdot T^{0,25} \cdot \sqrt{Q} \quad (8)$$

Em que:

$D_r$ : Diâmetro da tubulação de recalque (m);

$T$ : Jornada de trabalho diária (horas); e

$Q$ : Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s).

Após encontrado o diâmetro da tubulação de recalque, este foi comparado com os valores de tubulações comerciais, sendo adotado o valor mais próximo. Para a tubulação de sucção, foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao de recalque, conforme recomendado por Azevedo Netto (1998).

Para garantir que os diâmetros atendessem às normas e à demanda do sistema, foi feito o cálculo das velocidades de escoamento para os valores de diâmetro comercial adotados para as tubulações de sucção e recalque, utilizando-se a Equação 9.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (9)$$

Em que:

$V$ : Velocidade de escoamento (m/s);

$Q$ : Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s); e

$A$ : Área da seção circular do tubo (m).

Em seguida, procedeu-se à determinação das perdas de carga contínuas no sistema, sendo utilizada a Equação de Hazen-Williams (Equação 10).

$$H_f = \frac{10,64}{C_p^{1,85}} \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \cdot L \quad (10)$$

Em que:

$H_f$ : Perda de carga contínua (m);

$C_p$ : Coeficiente de perda de carga (adimensional);

$Q$ : Vazão (m<sup>3</sup>/s);

$D$ : Diâmetro da tubulação (m); e

$L$ : Comprimento da tubulação (m).

O coeficiente de perda de carga da equação de Hazen-Williams foi obtido através da TAB. 3, onde foi adotado que as tubulações são constituídas de material PVC (policloreto de vinila), ou seja, de material plástico, logo,  $C_p = 140$ .



Tabela 3 – Coeficientes de perda de carga  $C_p$  da fórmula de Hazen-Williams.

<b>Material</b>	<b><math>C_p</math></b>
Aço corrugado (chapa ondulada)	60
Aço galvanizado	125
Aço rebitado novo	110
Aço rebitado em uso	85
Aço soldado novo	130
Aço soldado em uso	90
Aço soldado com revestimento especial	130
Chumbo	130
Cimento amianto	140
Cobre	130
Concreto com acabamento comum	120
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido de 15 a 20 anos de uso	100
Ferro fundido usado	90
Ferro fundido revestido de cimento	130
Latão	130
Manilha cerâmica vidrada	110
Plástico	140
Tijolos bem executados	100
Vidro	140

Fonte: Adaptado de Azevedo Netto, 1998.

Os comprimentos das tubulações foram obtidos de acordo com as dimensões do projeto simulado na projeção de corte da edificação, contido no APÊNDICE A.

Para as perdas de carga localizadas, foi utilizado o método do comprimento equivalente, a partir da Tabela A.3 “Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso” (ANEXO B), da antiga NBR 5626 (ABNT, 1998), levando em conta o material PVC utilizado, os respectivos diâmetros dos tubos e as peças utilizadas ao longo da tubulação.

Por fim, para a perda de carga total do sistema, somaram-se as perdas de carga contínuas e localizadas obtidas em ambas tubulações, sucção e recalque.

O cálculo da altura manométrica do sistema elevatório foi feito pela Equação 11.

$$H_{man} = \Delta g + Ht_{sistema} \quad (11)$$

Em que:

$H_{man}$ : Altura manométrica (m.c.a.);

$\Delta g$ : Desnível geométrico (m); e

$Ht_{sistema}$ : Perda de carga total do sistema (m);

O desnível geométrico é a altura total exigida pelo sistema, desde a válvula de pé da tubulação de sucção até o ponto de maior elevação do fluido. Para determinação de tal valor, foi consultado o projeto de simulação do sistema na projeção de corte da edificação (APÊNDICE A).

Através dos valores da altura manométrica e da vazão de projeto, foram consultados catálogos de bombas hidráulicas, onde duas foram selecionadas. A partir disso e, consultando as características de cada uma das bombas, foram realizados cálculos de rendimento, a partir da Equação 12, para assim, selecionar a bomba que melhor atenderia aos critérios e necessidades do projeto.

$$n = \frac{H_{man} \cdot Q}{270 \cdot Pot} \quad (12)$$

Em que:

$n$ : Rendimento;

$H_{man}$ : Altura manométrica (m.c.a.);

$Q$ : Vazão (m<sup>3</sup>/s); e

$Pot$ : Potência (cv).

#### 4.2.9 Grades e filtros

Devido a períodos de estiagens, as áreas de captação de águas pluviais, neste caso, os telhados, são submetidos a intempéries e condições naturais climáticas, e isto faz com que se acumulem folhas, impurezas, insetos, poeira e até mesmo poluentes de tráfegos e indústrias. A primeira parte das chuvas tendem a lavar a área de captação e carregar consigo todos os materiais ali encontrados (GONÇALVES, 2006).

Assim, um dos grandes problemas nos sistemas de captação de águas pluviais é o acúmulo desses materiais grosseiros nos telhados. Quando estes não são retidos, podem danificar ou obstruir o sistema de captação e prejudicar a qualidade da água (HAGEMANN, 2009).

Ainda segundo Hagemann (2009), filtros e materiais como telas de nylon e aço podem ser usados para retenção e descarte dos resíduos grosseiros. A NBR 15527/2019 recomenda que estes dispositivos sejam inspecionados semanalmente e limpos a cada 3 meses, para assim garantirem a efetividade da sua funcionalidade.

Dessa forma, optou-se por adotar um filtro simples com tela em nylon para a separação dos materiais grosseiros.

#### **4.2.10 Descarte hídrico da primeira chuva e reservatório de autolimpeza**

Segundo Cipriano (2004), a primeira parcela das chuvas captadas são geralmente as mais poluídas, podendo variar o grau de poluição devido ao tempo de estiagem e aos grandes centros urbanos onde se encontram mais agentes poluentes.

Para Zanella (2015), é recomendável que, em áreas de alta poluição, como em grandes centros urbanos, seja descartado os primeiros 2 mm de chuva, ao passo que nas demais localidades com poluição moderada, o volume recomendado para descarte é de 1 mm.

O descarte da primeira parcela de chuva se faz necessário mesmo com a utilização de filtros. O valor admissível adotado para descarte neste estudo foi de 1 mm, por se tratar de um município pouco populoso e de baixa poluição atmosférica. Dessa forma, o volume de descarte obedece à Equação 13.

$$V_{desc} = \frac{(A \cdot D_c)}{1000} \quad (13)$$

Em que:

$V_{desc}$  : Volume hídrico a descartar (m<sup>3</sup>);

A: Área da cobertura (m<sup>2</sup>); e

$D_c$ : Descarte de chuva por metro quadrado de cobertura (mm).

O reservatório de descarte ou autolimpeza é um dispositivo que se destina à retenção temporária e posterior descarte da água coletada em um primeiro momento de precipitação (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Para a determinação da capacidade do reservatório de autolimpeza, utilizou-se o volume hídrico descartado obtido pela Equação 13 e adotou-se a caixa d'água de capacidade mais próxima a este. Adotou-se uma boia de diâmetro equivalente ao da tubulação de alimentação do reservatório para desempenhar o papel de controlar a capacidade do reservatório de descarte. May (2004) explica que, após a água da primeira chuva abastecer o reservatório, a boia flutuará e fechará a entrada de água no mesmo, fazendo com que a chuva posterior siga o caminho do reservatório principal. Cessada a chuva, o reservatório deverá ser esvaziado através da abertura do registro de limpeza localizado ao fundo, para voltar às suas condições de funcionamento.

#### 4.2.11 Calhas e condutores

As calhas e os condutores são os principais responsáveis pela alimentação do sistema de captação de águas pluviais. Eles possuem a função de levar a água da superfície de captação até o dispositivo de descarte da primeira chuva e aos demais elementos sucessivamente.

Por se tratar de um telhado embutido com duas águas, a calha se localiza no centro e suas dimensões foram determinadas a partir da aplicação da Equação de Manning-Strickler (Equação 14).

$$Q = 60.000 \frac{1}{n} \cdot A_s \cdot Rh^{2/3} \cdot I_c^{1/2} \quad (14)$$

Em que:

$Q$ : Vazão média de escoamento da água (L/min);

$n$ : Coeficiente de rugosidade de Manning;

$A_s$ : Área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

$Rh$ : Raio hidráulico (m); e

$I_c$ : Declividade da calha (m/m).

O coeficiente de rugosidade de Manning depende do material do condutor. Optou-se por executar a calha em aço galvanizado e os condutores em PVC, onde, ambos materiais possuem o coeficiente  $n = 0,011$ , conforme TAB. 4.

Tabela 4 – Coeficientes de rugosidade de Manning em função do material do conduto.

<b>Material</b>	<b>n</b>
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	0,014

Fonte: ABNT, 1989.

A declividade dos condutores foi determinada de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), que prescreve que a declividade deverá, sempre que possível, ser maior do que 0,5% e ser uniforme ao longo do comprimento do conduto. Assim, foi utilizado no projeto o valor de 1% de inclinação.

O raio hidráulico foi determinado pela divisão entre a área e o perímetro da seção transversal das calhas de simulação.

As dimensões da calha foram obtidas por tentativas. A escolha final das mesmas foi feita a partir das dimensões que mais atenderam à vazão de projeto.

Para a determinação do diâmetro dos condutores verticais, foi utilizado o ábaco de calha com saída em aresta viva contido na NBR 10844 (ABNT, 1989) específico para este fim (FIG. 10), considerando-se a vazão de projeto (L/min), altura da lâmina de água na calha (m) e o comprimento do condutor vertical (m).

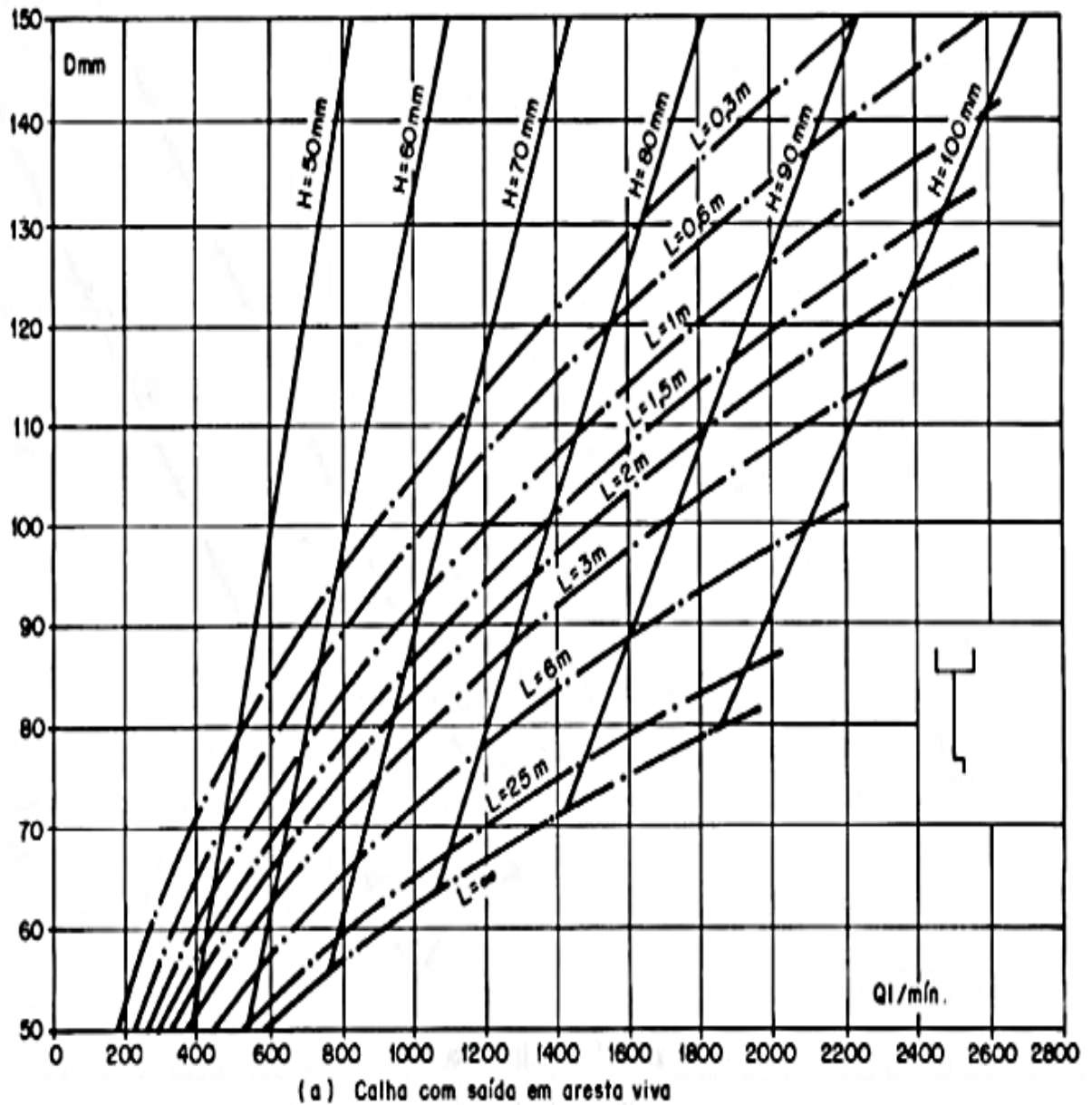
O comprimento dos condutores verticais foi determinado de acordo com as dimensões da planta de cobertura da edificação (FIG. 9).

#### **4.2.12 Tratamento da água: cloração**

Em uma pesquisa realizada por May (2004), foram encontrados elevados teores de coliformes fecais em águas pluviais captadas. Dessa forma, para Tomaz (2010), é altamente recomendável que se faça um tratamento para uso dessa água, como a desinfecção com cloro, de uma maneira bastante simples, usando dosador automático de cloro, principalmente quando a água de chuva for usada em descargas em bacias sanitárias.

Para tal, foi adotado no projeto um dosador de pastilhas de cloro. As pastilhas de cloro quando expostas à passagem da água se dissolvem e liberam o cloro (TOMAZ, 2010).

Figura 10 – Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: ABNT, 1989.

### 4.3 Análise e interpretação os dados

Finalizado o dimensionamento, o projeto foi descrito no capítulo de resultados e discussão e teve sua viabilidade analisada sob os aspectos técnicos e ambientais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais

A Unidade Básica de Saúde escolhida como objeto de estudo desse trabalho localiza-se na cidade de Candeias - MG, cuja intensidade máxima média de precipitação obtida foi igual a 133,08 mm/h. Para a área de captação ou área de contribuição, foi encontrado o valor de 519 m<sup>2</sup>, fazendo com que a vazão de projeto seja de 1.151,14 L/min.

As TAB. 5, 6 e 7 apresentam os dados levantados na UBS para quantificação da demanda de água.

Tabela 5 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 1.

<b>Dados do Hidrômetro UBS Jaci (manhã e tarde) dl<sup>3</sup> – Semana 1 (06/09 a 10/09/21)</b>					
<b>7:00</b>	005130	005190	005247	005270	05318
<b>16:00</b>	005189	005246	005269	005316	05376
<b>Consumo total semanal</b>	2.460 litros				

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 6 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 2.

<b>Dados do Hidrômetro UBS Jaci (manhã e tarde) dl<sup>3</sup> – Semana 2 (13/09 a 17/09/21)</b>					
<b>7:00</b>	05770	05880	06257	06484	06701
<b>16:00</b>	05877	06130	06360	06586	06838
<b>Consumo total semanal</b>	10.680 litros				

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 7 – Dados levantados do hidrômetro UBS Jaci, semana 3.

<b>Dados do Hidrômetro UBS Jaci (manhã e tarde) dl<sup>3</sup> – Semana 3 (27/09 a 01/10/21)</b>					
<b>7:00</b>	09128	09235	09270	09319	09355
<b>16:00</b>	09234	09268	09316	09350	09394
<b>Consumo total semanal</b>	2.660 litros				

Fonte: A autora, 2021.

Já a FIG. 11 ilustra a conta de água para a UBS Jaci relativa ao mês de setembro do ano de 2021.

Figura 11 – Conta de água da UBS Jaci, setembro de 2021, perfazendo um gasto total de 18 m<sup>3</sup> de água.

00014281813 PREF M CANDEIAS UBS		R CORONEL JOAO AFONSO 99 PONTE		CANDEIAS	
				0	0
				18	0
				0	2
A	01 Y21G0846414	18	5	23	0 0
	02/08/2021	UNSL	756	311200052013505120	RAPE 121460513591
04/08/2021	1	TARIFA FIXA AGUA	1	ECON.PUBLICA	- R\$ 21,08000
04/08/2021	1	AGUA TRATADA	1	ECON.PUBLICA	18,00 m3
04/08/2021	1	TARIFA FIXA AGUA	1	ECON.PUBLICA	- R\$ 1,52000
04/08/2021	1	AGUA TRATADA	1	ECON.PUBLICA	18,00 m3
04/08/2021	395	ATRASO PAGTO	MES 06/2021	FAT: 00121331964235	
04/08/2021	396	JUROS DE MORA			
					21,08
					98,17
					1,52
					6,69
					2,54
					0,20
					130,20

Fonte: Candeias, 2021.

Segundo os dados coletados pelo hidrômetro, o valor da demanda de água média diária da unidade é de aproximadamente 1053,3 L/dia, considerando os 15 dias analisados. Por outro lado, pela média feita entre o valor da conta de água e os dias úteis de funcionamento do estabelecimento, obteve-se 818 L/dia. A diferença entre os valores pode ser explicada porque ambos foram obtidos através de médias aritméticas, visto que a demanda não é fixa e sempre depende de diversas variáveis, como por exemplo, o número de usuários atendidos em cada semana.

O consumo diário a partir da leitura de hidrômetro, se multiplicado pelos 22 dias úteis, resulta em um consumo mensal que ultrapassa o valor de 18 m<sup>3</sup> que verdadeiramente foi consumido no mês de setembro de 2021. Dessa forma, utilizou-se o consumo médio a partir da conta de água, sendo adotado o valor de 818 L/dia como consumo de água diário na unidade, sendo que destes, 327 L/dia serão utilizados para fins não potáveis, uma vez que foi considerado um potencial para utilização de águas pluviais representando 40% do consumo diário.

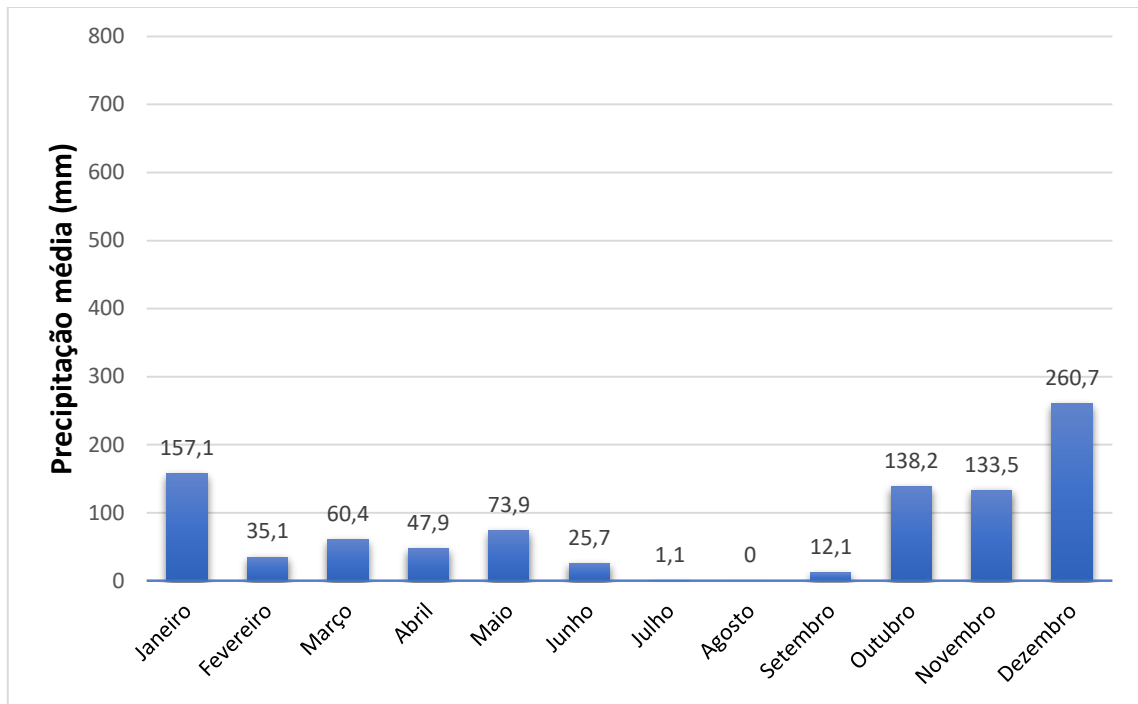
Para quantificar o volume de água captada pelo telhado da UBS, realizou-se a análise da série de dados da plataforma HidroWeb para os anos de 2017 a 2020. Os GRÁF. 3 a 6 apresentam o índice pluviométrico mensal obtido para o município de Candeias-MG.

Pode-se observar, de maneira notória, a diferença entre os regimes pluviométricos nos anos expostos, ressaltando anos que apresentam pouca intensidade de chuva, mas constância em seus regimes, enquanto outros, como 2020, que demonstram maiores intensidades em determinados meses e estiagem em outros.

Pelos dados expostos nos gráficos apresentados, a média geral de precipitação para a cidade de Candeias é de 116,76 mm/mês (TAB. 8). O mês de julho se destaca em todos os anos como o mês de maior seca.

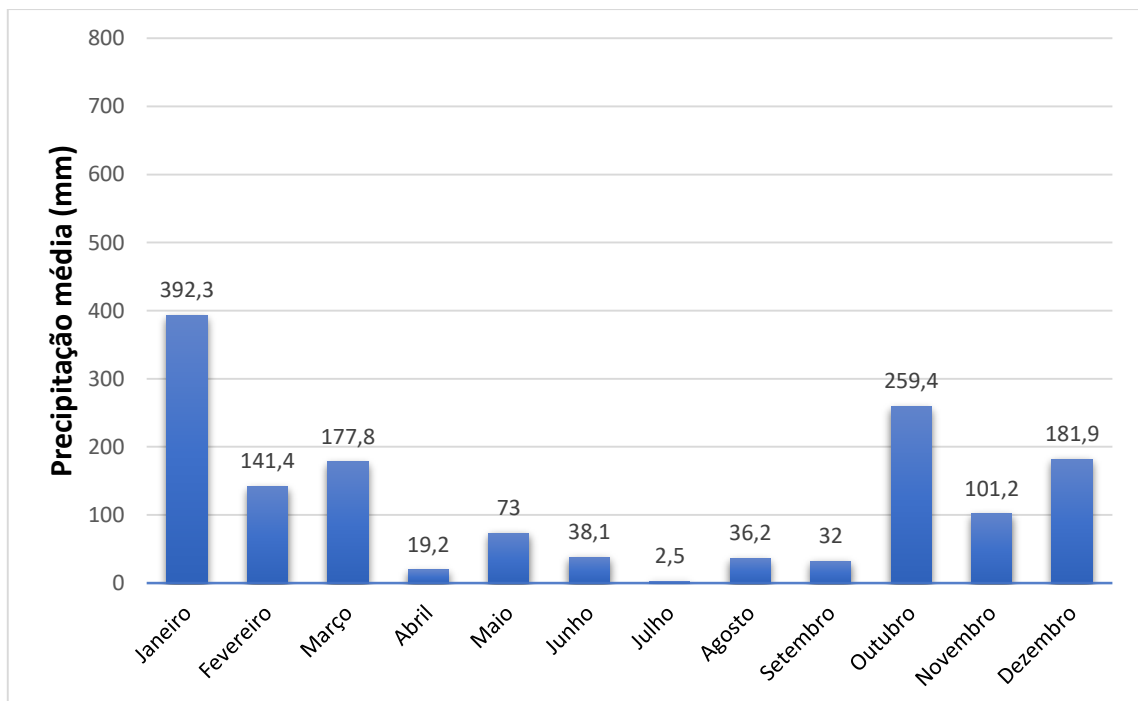


Gráfico 3 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2017.



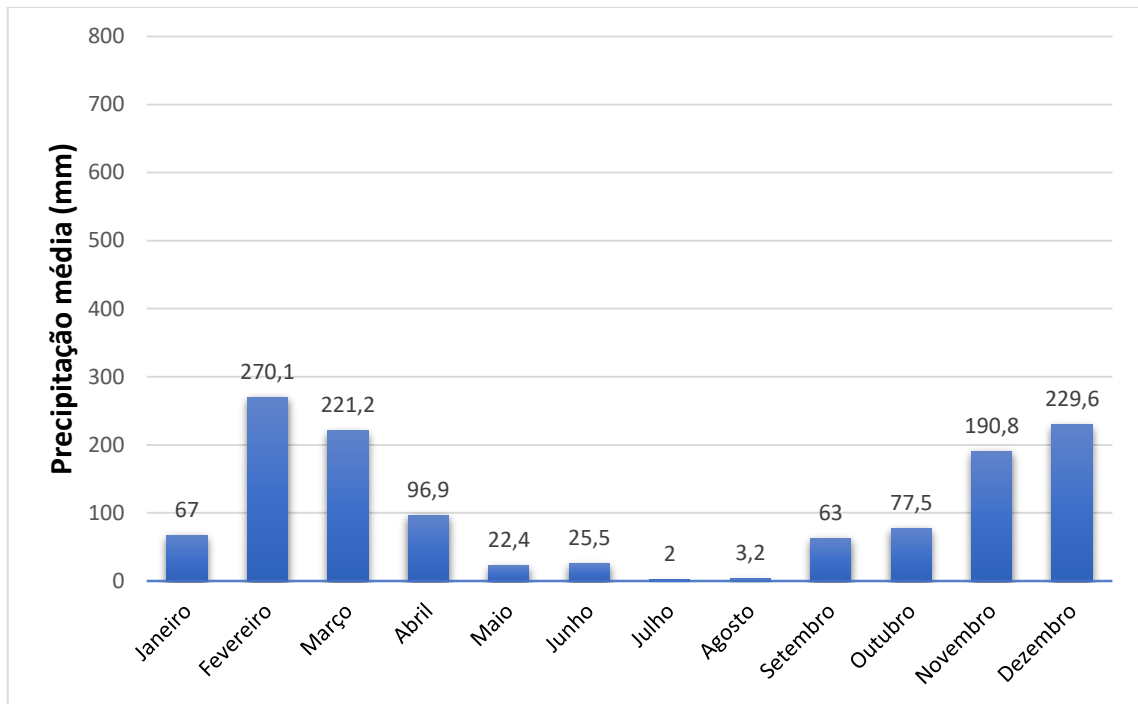
Fonte: HidroWeb, 2021.

Gráfico 4 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2018.



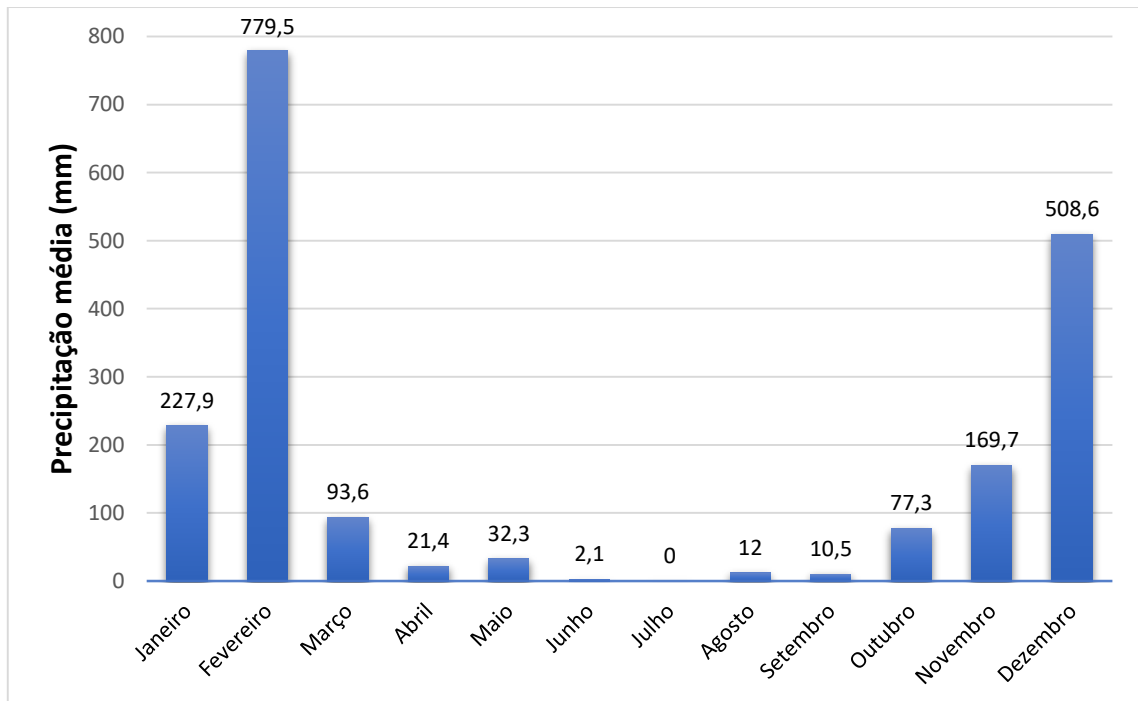
Fonte: HidroWeb, 2021.

Gráfico 5 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2019.



Fonte: HidroWeb, 2021.

Gráfico 6 - Precipitação média no município de Candeias – MG em 2020.



Fonte: HidroWeb, 2021.

Tabela 8 – Média mensal de precipitação (mm/mês).

<b>Ano</b>	<b>Média mensal de precipitação (mm/mês)</b>
2017	78,8
2018	121,25
2019	105,76
2020	161,24
<b>Média anual</b>	<b>116,76</b>

Fonte: A autora, 2021.

O potencial do volume de água captada pode ser demonstrado pela TAB. 9, que apresenta a média mensal de precipitação entre 2017 e 2020 e os volumes que poderiam ser aproveitados pelo sistema de captação de chuva.

Tabela 9 – Potencial de volume para captação (L/mês).

<b>Ano</b>	<b>Média mensal de precipitação (mm/mês)</b>	<b>Potencial de volume médio para captação (l/mês)</b>
2017	78,8	32.719,7
2018	121,25	50.345,9
2019	105,76	43.914,1
2020	161,24	66.950,72
<b>Média total</b>	<b>116,76</b>	<b>48.482,6</b>

Fonte: A autora, 2021.

Para o dimensionamento do reservatório inferior, utilizou-se o volume obtido através do Método Prático Alemão (Equação 7). Este método foi adotado neste projeto por resultar em reservatórios com volumes menores do que os demais métodos, variando este de acordo com a demanda de água da edificação, para que não possua reservatórios superdimensionados e para que a água da chuva não fique armazenada por longos períodos de tempo (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor de volume para o reservatório, considerando 6% da demanda ou da precipitação anual, como demonstrado nas TAB. 10 e 11.

Para encontrar a demanda de água foi considerado apenas os dias de funcionamento da UBS, ou seja, apenas os dias úteis do ano.

Tabela 10 – Volume do reservatório de acordo com a demanda.

<b>Demanda anual de água não potável (L/ano)</b>	<b>Demanda anual de água não potável (L/ano). 6%</b>
86.400	5.184
<b>Volume ideal do reservatório</b>	5.184 litros

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 11 – Volume do reservatório de acordo com a precipitação.

<b>Precipitação anual aproveitável (L/ano)</b>	<b>Precipitação anual aproveitável (L/m<sup>2</sup>). 6%</b>
727.222,8	43.633,4
<b>Volume ideal do reservatório</b>	43.633,4 litros

Fonte: A autora, 2022.

Assim, considerando o menor volume entre os valores apresentados nas TAB. 10 e 11, o volume ideal do reservatório seria de 5.184 litros. Porém, considerando as dimensões comerciais de caixas d'água, adotou-se o reservatório inferior como sendo de 5.000 litros, sendo necessária uma caixa d'água deste mesmo volume para armazenamento. Já para o reservatório superior, adotou-se o volume necessário para suprir a demanda de água não potável diária da unidade (327 L/dia), optando pela dimensão comercial de caixa d'água mais próxima a este volume, assim sendo, uma caixa d'água de 500 litros.

As tubulações de recalque e sucção adotadas possuem diâmetros de 15 mm e 20 mm, respectivamente. As velocidades de escoamento da água dentro dos condutores estão apresentadas no APÊNDICE D e atendem satisfatoriamente as necessidades do projeto, pois possuem velocidades menores que 3 m/s, como recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 2020).

Os comprimentos das tubulações de recalque e sucção obtidos foram de 3,1 m e 4,58 m, respectivamente, a partir das dimensões da simulação do projeto em corte da edificação. As perdas de carga contínuas e localizadas totalizaram o valor de 1,63 m para sucção e 0,77 m para recalque, considerando uma curva de 90° para a tubulação de recalque e três curvas de 90° para a tubulação de sucção. O desnível geométrico obtido foi de 5,03 m. Já a altura manométrica, a partir dos cálculos, gerou um valor de 7,43 m.

Para alimentar o reservatório superior, foram pré-selecionadas duas bombas hidráulicas, a partir dos dados de vazão e altura manométrica. A TAB. 12 apresenta o comparativo entre as bombas a partir dos resultados do cálculo de rendimento.

Tabela 12 – Comparativo de bombas hidráulicas a partir do rendimento.

<b>Bomba</b>	<b>Rendimento (%)</b>
Schneider BPR – 9, 60 Hz, 1/6 cv	20
Dancor CAM - 2 In-Line 60 Hz 1/10 cv	27

Fonte: A autora, 2022.

Dessa forma, foi escolhida a bomba Dancor CAM-2 In-Line por seu melhor rendimento. Adotou-se o tempo de funcionamento da bomba como sendo igual a 30 minutos diários, por conseguir atender à necessidade do projeto e para evitar um gasto excessivo de energia elétrica.

Para o dispositivo de remoção de materiais grosseiros, foi selecionado um filtro simples, feito de PVC e tela de malha 18 x 16 pol<sup>2</sup> (aproximadamente 1,2 mm de diâmetro) (FIG. 12). Este, será instalado na tubulação de descida para o reservatório de descarte.

Figura 12 – Filtro de PVC com tela de malha 18 x 16 pol<sup>2</sup>.



Fonte: Sempre Sustentável, 2022.

O volume de descarte da primeira chuva foi adotado como de 1 litro a cada m<sup>2</sup> de área de captação, totalizando aproximadamente 519 litros por chuva. Para o reservatório de autolimpeza, adotou-se a caixa d'água de volume comercial mais próximo ao que é necessário, assim, uma caixa d'água de 500 litros, considerando que há perda de água na passagem pelo filtro.

As calhas e condutores foram dimensionados de acordo com a vazão de projeto, para que toda água da chuva seja escoada de maneira satisfatória. Para a calha central, que será responsável por captar a água dos telhados e apresenta-se como um dos elementos mais

importantes do sistema, foram adotadas as dimensões de 20 x 10 cm e inclinação de 1%, sendo um elemento retangular feito de aço galvanizado.

Com a utilização dos ábacos, foi definido que os condutores verticais terão 80 mm de diâmetro, sendo todos de PVC.

Para o tratamento da água captada, foi adotado um dosador com pastilhas de cloro da marca ClorAqua. A dosagem da cloração será administrada a partir de testes simples de medição de concentração de cloro na água.

Encontram-se nos APÊNDICES A, B e C a representação da simulação do projeto e seus devidos componentes em corte e planta, e ainda, no APÊNDICE D todos os parâmetros obtidos e calculados do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais da Unidade Básica de Saúde Jaci.

## **5.2 Análise técnico-ambiental**

A preservação dos recursos hídricos, hoje, vem sendo um dos assuntos de maior preocupação mundial. A busca por soluções e métodos que possam auxiliar na economia de água vêm sendo cada dia mais estudadas e colocadas em práticas, como sendo uma das principais responsáveis para a garantia de vida futura no planeta (TUNDISI, 2008).

O uso consciente de recursos pode ser caracterizado como o uso programado, da utilização apenas do que for necessário e da preocupação de não poluir ou degradar (REBOUÇAS, 2004).

O consumo cada dia mais progressista da água é consequência, principalmente, do crescimento populacional e da necessidade cada vez maior de saneamento básico. Todo recurso hídrico utilizado é proveniente de algum lugar, onde, na maioria das vezes é advindo de mananciais, inclusive na cidade da UBS em estudo. O problema da alta demanda implica na capacidade desses mananciais de sustentá-la, principalmente em períodos de seca. Dessa forma, a captação de água pluvial torna-se uma das principais soluções para abastecimento e drenagem urbana, por se tratar de uma fonte de água que não se esgota e que é quase sempre desperdiçada.

Neste estudo, a água captada será submetida a tratamento químico básico apenas com cloração simples, o que impossibilita a sua utilização para usos potáveis.

Um sistema de captação de águas pluviais é uma estrutura que deve ser dimensionada a fim de atender às necessidades de abastecimento e de conservação das águas precipitadas. Neste estudo, as dimensões dos reservatórios e dos elementos constituintes do sistema atenderam

satisfatoriamente às necessidades da UBS e, ainda, a todas as normas técnicas que regulamentam os sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais.

Financeiramente, de acordo com o consumo mensal de água não potável da UBS, que é relativamente baixo, e conforme a tarifa de cobrança da concessionária de água, torna-se, a curto prazo, mais econômica a utilização de água fornecida pela concessionária, porém, o sistema caracteriza-se como um investimento que trará retorno financeiro a longo prazo.

Este tipo de sistema seria ainda mais interessante se implantado em edificações públicas em construção e que demandam maiores quantidades de água. O custo de implantação de sistemas em obras já prontas é, conseqüentemente, mais alto do que em obras que serão iniciadas. Em novas obras e construções, torna-se interessante a concepção desse sistema na fase de projeto, para assim, se conseguir otimizar os espaços do terreno para locação dos reservatórios, a instalação das tubulações de maneira não aparente e ainda, evitar danos estruturais com as adaptações requeridas.

Contudo, vale ressaltar que o projeto de captação de águas pluviais na Unidade Básica de Saúde Jaci é promissor e ainda possui grande potencial ambiental. Este sistema possibilitaria uma relevante drenagem de água pluvial, que abasteceria a unidade por longos períodos de tempo, diminuindo o consumo de água fornecida pela concessionária e fazendo com que milhares de litros de água não sejam desperdiçados, poupando os mananciais da cidade de serem ainda mais explorados.

Este estudo também se caracteriza como uma importante iniciativa de ordem pública para incentivo de novos padrões de consumo e práticas sustentáveis, começando por suas próprias construções, de maneira a encorajar novos projetos e engajamento populacional.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais idealizado para a UBS Jaci foi dimensionado levando em consideração as características específicas da edificação, das precipitações no município de Candeias - MG e da demanda de água do estabelecimento e seus fins de utilização. Alinhando-se os parâmetros de cálculo às normas técnicas, obteve-se um sistema de captação de águas pluviais adequado e que atende às necessidades e condições da unidade.

Para os reservatórios inferior e superior foram especificados os volumes de 5.000 litros e 500 litros, respectivamente, sendo optado por utilizar caixas d'água de polietileno.

Para a captação da água nos telhados, especificou-se uma calha central de aço galvanizado com 20 cm x 10 cm e, para condução, especificaram-se condutores circulares de PVC com 80 mm para tubulação vertical.

O consumo mensal não potável de água na unidade é de aproximadamente 7.200 litros, cujo volume apresenta potencial para substituição de água potável por água pluvial em fins não potáveis.

A precipitação na cidade de Candeias - MG contribui favoravelmente para a adoção desse tipo de sistema, perfazendo em média 116,76 mm/mês, de maneira que, em épocas de chuva, o reservatório atinge seu maior volume e permite abastecer a unidade por diversos dias em atividades que não exijam potabilidade da água, como em bacias sanitárias e limpeza geral, fazendo com que centenas de litros de água sejam economizados. Ademais, permite uma melhor drenagem da água que escoar superficialmente, contribuindo para a diminuição de alagamentos.

O potencial ambiental da adoção de um sistema de captação de águas pluviais mostra-se como excelente alternativa para a promoção da sustentabilidade na construção civil e para preservação dos recursos hídricos. Trata-se de um instrumento que pode ser implantado em qualquer setor da sociedade, sendo economicamente mais viável em setores com altas demandas de água. A substituição da utilização de água potável por águas pluviais permite que a exploração de mananciais seja reduzida, garantindo o uso racional e consciente da água e diminuindo assim, a exploração intensa do meio ambiente.

Grande parte das infraestruturas da sociedade pertencem e são de responsabilidade do Estado, de forma que promover iniciativas e políticas de conservação de água nesse tipo de setor impacta diretamente a economia, diminuindo gastos com manutenção dos edifícios, além da diminuição do volume de efluentes gerados e, ainda, estimula a conscientização da população



sobre a importância do cuidado com a água e desenvolve um modelo de gestão consciente, sustentável e mais humanizado para a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- AGENDA AMBIENTAL DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (A3P). Boas Práticas. **Captação de água de chuva em unidades de saúde**. Disponível em: <https://a3p.eco.br/produto/captacao-agua-chuva-unidades-saude/>. Acesso em: 10 abr. 2022a.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Construções sustentáveis**. Disponível em <http://a3p.mma.gov.br/construcoes-sustentaveis/>. Acesso em: 05 mar. 2022b.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Eixos Temáticos da A3P**. Disponível em: <http://a3p.mma.gov.br/eixos-tematicos/>. Acesso em: 05 mar. 2022c.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Brasil. **HidroWeb: Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 02 out. 2021.
- AMORIM, Simar Vieira de.; PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído - Revista on-line da ANTAC**. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- AMOS, C.C., RAHMAN, A., GATHENYA, J.M. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. **Water**, Basel, v. 8, n. 4, p. 1-14, jan./abr. 2016.
- ARAÚJO, Márcio Augusto. **Construindo o Futuro**. Jornal O Globo, Revista Morar Bem Especial (suplemento), Ano I, n. 3, 2007.
- ARAUJO, M. C. *et al.* The role of rainwater harvesting in urban stormwater runoff in the semiarid region of Brazil. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 4, p. 248-256, 2021. DOI: 10.1080/1573062X.2021.1877743
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS – ABRH. **Incentivos legais ao aproveitamento de água de chuva no Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 23. Foz do Iguaçu, PR: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. *et al.* Manual da Hidráulica. 8 ed. São Paulo: Blucher, 1998. 669p.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. FERNÁNDEZ, Miguel Fernández y. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

AZMI, Feza Tabassum. **The ancient stepwells helping to curb India's water crisis**. BBC Future. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/future/article/20211012-the-ancient-stepwells-helping-to-curb-indias-water-crisis>. Acesso em: 13 de fev. 2022.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima (coord.); RIBEIRO, Luiz Alberto de Leers Costa (coord.). **Infra-estrutura e integração regional**: subsídios à elaboração da Agenda 21 Brasileira. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais; Consorcio Sodontécnica/Crescente Fértil, 1999.

BIDERMAN, Rachel. MACEDO, Laura Silva Valente de. MONZONI, Mário. MAZON, Rubens. **Guia de compras públicas sustentáveis**: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. São Paulo: FGV EASP, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.984**, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm). Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.501**, de 30 de outubro de 2017. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm). Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº 1, de 19 de janeiro de 2010**. Contratações públicas sustentáveis. Disponível em: <http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei do Senado nº 411**, de 2007. Institui mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais e de reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/81885>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei do Senado nº 432**, de 2011. Altera a Lei nº 11.445/2007 para dispor que o titular dos serviços públicos de saneamento básico disciplinará a implantação obrigatória de sistemas de captação e retenção de águas pluviais em cada lote urbano, para reduzir sua velocidade de escoamento para as bacias hidrográficas urbanas, controlar a ocorrência de inundação e contribuir para a redução do consumo da água potável tratada [...]. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/101321>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei do Senado nº 324**, de 2015. Institui obrigatoriedade para as novas construções, residenciais, comerciais, e industriais, público ou privado, a inclusão no projeto técnico da obra, item referente a captação de água da chuva e seu reuso não potável e dá outras providências. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121525>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; MOURA, Magna Soelma Beserra de; GAMA, Gislene Feitosa Brito. **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina-PE: Embrapa, Semi-Árido, 2007.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BOYD, N. M.; MARTIN, E. C. **Sustainable public management**. New York: Routledge, 2022. *E-book*. DOI: 10.4324/9781003202479.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei Municipal nº 10.785**, de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação de Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2010/00086319.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004. Dissertação. (Pós-graduação em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CANDEIAS. Prefeitura Municipal. Setor de arrecadação. **Conta de água UBS Jaci, setembro, 2021**. Candeias: Prefeitura Municipal de Candeias, 2021.

CANDEIAS. Prefeitura Municipal. Secretaria de Obras. **Projeto UBS Jaci**. Candeias: Prefeitura Municipal de Candeias, 2009.

CEJAM. Notícias. **Sistema de captação de água de chuva da UBS Jd. Maraca torna-se exemplo para outras unidades**. 2019. Disponível em: <https://cejam.org.br/noticias/ubs-jardim-coimbra-promove-oficina-de-sistema-de-captacao-de-agua-de-chuva>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CEJAM. Radar CEJAM. **UBS Jardim Coimbra promove oficina de sistema de captação de água de chuva**. 2015. Disponível em: <https://cejam.org.br/noticias/ubs-jardim-coimbra-promove-oficina-de-sistema-de-captacao-de-agua-de-chuva>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CIPRIANO, Rodrigo Felipe Pfau. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 61-81, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/zNL8z9Hjypk98f3KKVmXdzg/?lang=pt>. Acesso em: 26 fev. 2022.

DRUMMOND, A. S.; ALMEIDA, J. C.; DOMINGOS, R. R.; NUNES, D. M.; SOALHEIRO, L.; CUNHA, P. M.; OBRACZKA, M.; OHNUMA JR., A. A. Analysis of requirements for scientific articles and Brazilian legislation on rainwater harvesting systems. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 44, p. e18, 2022. DOI: 10.5902/2179460X68836.

DURANTE, Luciane Cleonice; STIZ, Wesley de Oliveira; MOREIRA, José Vinnicius Ranieri. Plano de gestão de recursos hídricos em unidades de saúde. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. Tupã, v. 05, n. 35, p. 110-121, dez. 2017.

FANTINATTI, Pedro; FERRÃO, André; ZUFFO, Antonio. **Indicadores de Sustentabilidade em Engenharia: Como Desenvolver o Brasil**. 1. ed. Recife: Elsevier, 2016.

FERREIRA, Maria Augusta Soares de Oliveira. Apontamentos sobre a gestão socioambiental na Administração Pública Brasileira. In: BLIACHERIS, Marcos Weiss; FERREIRA, Maria Augusta Soares de Oliveira (coord.). **Sustentabilidade na Administração Pública**. Belo Horizonte: Fórum, 2012. p. 21-43. ISBN 978-85-7700-565-9.

GAITÁN, María Camila Perdomo. TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. **Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água**: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). Eng. Sanit. Ambient, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 133-144, 2020. DOI: 10.1590/S1413-41522020189032. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/yWXvmHBgcyWxXJY4NkYStgc/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

GONÇALVES, Ricardo Franci (coord.). **Uso Racional da Água em Edificações: Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GOOGLE EARTH. Website. **Candeias, MG**. 2019. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Candeias,+Minas+Gerais,+Brasil/@-20.76087632,-45.27544034,927.97340032a,320.08501127d,35y,-1.51072192h,5.87447545t,0r/data=CigiJgokCYZVCpW-hDRAEYVVCpW-hDTAGdqHWw23KVHAIclK3-6VWmXA>. Acesso em: 27 set. 2021.

GRIBBIN, John E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Curitiba: Editora Organic Trading, 2002.

GUTIÉRREZ, A. P. A. *et al.* Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.12.001>

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

HELMREICH, Brigitte; HORN, Harald. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**, v. 248, p. 118- 124, nov. 2009.

HEYWORTH, J. S.; MAYNARD, E.J.; CUNLIFFE, D. Who consumes what: potable water consumption in South Australia. **Water**, v.1, n. 25, p. 9-13, 1998.

HOFMAN, J. A. M. H.; PAALMAN, M. **Rainwater harvesting, a sustainable solution for urban climate adaptation?** Nieuwegein - The Netherlands: KWR Watercycle Research Institute, 2014. Available at: <https://edepot.wur.nl/345625>. Access on 21st May 2022.

HUGUES, R. T. La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. **riha**, La Habana, v. 40, n. 2, p. 125-139, 2019. Disponible em [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000200125&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125&lng=es&nrm=iso). Accedido en 21 mayo 2022.

INSTITUTO SÓCRATES GUANAES - ISG. Noticias. **AME de SJC economizou 16% do consumo de água potável em 2017**. 2018. Disponível em: <https://isgsaude.org.br/amesjc/noticias/ame-de-sjc-economizou-16-do-consumo-de-agua-potavel-em-2017/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

KHAN, M. N.; SARWAR, A. Chemical composition of wet precipitation of air pollutants: a case study in Karachi, Pakistan. **Atmósfera**, Ciudad de México, v. 27, n. 1, p. 35-46, 2014. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-62362014000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362014000100004&lng=es&nrm=iso). Accedido en 20 mayo 2022.

KIM, Hyoungjun, HAN, Mooyoung, LEE, Ju Young. The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall–runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system. **Science of the Total Environment**, v.424, p. 213–218, mai. 2012.

KINNEY, Laura M.. Socially responsible hospitals focus on sustainability. **Trustee**. v. 63 n. 4, p. 36. 2010.

LAUTMAN, Victoria. **Stepwell**. Britannica. 2019. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/stepwell>. Access on 13th Feb. 2022.

LIMA, S. F. de S. *et al.* Sustainable construction management practices in a Brazilian medium-sized city. **Ambiente Construído [online]**. 2021, v. 21, n. 4, p. 329-342. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400572>. Access on 20th May 2022.

LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. Uberlândia: UFU, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Disponível em: <http://clyde.dr.ufu.br/bitstream/123456789/14171/1/d>. Acesso em: 09 jun. 2022

LOUCKS, D. P.; VAN BEEK, E. **Water resources planning and management: an overview**. In: LOUCKS, D. P.; VAN BEEK, E. *Water resource systems planning and management: an introduction to methods, models, and applications*. Springer Cham, 2017, p. 1-49. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1>

MAGALHÃES, Fernando Antonio Dorna. **Auditoria ambiental: o Tribunal de Contas da União e a fiscalização da Gestão Ambiental Federal**. 2012.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso da água**. 1.ed. São Paulo: Manole, 2003.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEHRA M.; JORGENSEN A.M. **Towards sustainable development for local authorities: approaches, experiences and sources**. Amsterdam: European Environment Agency, 1997. Available at: [https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-191-EN-C/part\\_i.pdf](https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-191-EN-C/part_i.pdf). Access on 20th May 2022.

MELO, Mauro Martini de. **Capitalismo versus Sustentabilidade: o desafio de uma nova ética ambiental**. 1. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914/2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 24 fev. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades Sustentáveis. **Construção Sustentável**. 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso: 27 mai. 2022.

MIRANDA, M. dos S.; SILVA, D. X. da; DURAES, J. S.; OLIVEIRA, L. G. M. Gastos em saúde: uma análise do cumprimento do percentual mínimo constitucional pelos municípios da Microrregião do Alto Rio Pardo no período de 2013 a 2018. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4891>. Acesso em: 9 jun. 2022.

NALINI, José Renato. A sustentabilidade nas licitações. In: SANTOS, Murillo Giordan. BARKI, Teresa Villac Pinheiro (coord.). **Licitações e contratações sustentáveis**. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 11-14. ISBN 978-85-7700-417-1.

NÓBREGA, Rodolfo Luiz Bezerra. **Aspectos políticos-institucionais do aproveitamento da água de chuva em áreas rurais do semiárido brasileiro**. 2010. Dissertação. (Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

NUNES, C. Aproveitamento de água da chuva: para uso não potável. **SustentArqui**, 2015. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva-para-uso-nao-potavel/>. Acesso em: 09 jun. 2022.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS. **Agua, saneamento e higiene em establecimientos de atención de salud de siete países de América Latina**. Washington, D.C., 2021. Disponible en: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55708/9789275324653\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55708/9789275324653_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Accedido en 21 mayo 2022.

PACHECO, Paulo R. da Costa *et al.* “A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil”. **Journal of Cleaner Production**, v.141, p. 290-294, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.097>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261631438X>. Access on 28th Feb. 2022.

PERIUS, C. F. *et al.* Influence of rainfall and design criteria on performance of rainwater harvesting systems placed in different Brazilian climatological conditions. **RBRH [online]**. v. 26, e33. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120210067>.

PIAUI. **Lei Ordinária nº 6.280**, de 05 de novembro de 2012. Cria o Programa de Captação de Água de Chuva. Disponível em: <http://legislacao.pi.gov.br/legislacao/default/detalhe/14928>. Acesso em: 28 fev. 2022.

PINHEIRO, Manuel Duarte. **Ambiente e construção sustentável**. 1. ed. Portugal: Instituto do ambiente. Amadora, 2006.

PRADHAN, R.; SAHOO, J. **Smart rainwater management: new technologies and innovation**. In: BOBEK, V. (ed.). Smart Urban Development. London: IntechOpen. 2019. *E-book*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.86336>.

REBELLO, Guilherme Augusto de Oliveira. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados – USP**, São Paulo, v.11, n. 29, p. 127-154, 1997.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RODRIGUEZ, Carme Josefa Miguelez. Obras públicas sustentáveis: desafios e perspectivas. **Revista Obras Civis**, v. 3, n. 3, p. 64-73, 2011.



SANTOS, Daniel Costa dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.2, n.4, p.7-18, 2002. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3429>. Acesso em: 26 mar. 2022.

SÃO PAULO. **Lei nº 12.526**, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 28 fev. 2022.

SAUTCHUK, C. *et al.* **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA, FIESP e SindusCon-SP, 2005. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/municipioverdeazul/2011/11/ManualConservacaoReusoAguaEdificacoes.pdf>. Acesso em 20 mai. 2022.

SENADO FEDERAL. **Atividade Legislativa: Pesquisa de Matérias**. 2022. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias>. Acesso em 20 mai. 2022.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. Projeto experimental do filtro de água de chuva de baixo custo, modelo auto-limpante. 2022. **Manual de construção e instalação**. Disponível em: <https://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtro-de-agua-de-chuva.htm>. Acesso em: 25 mai. 2022.

SILVA, Aderaldo de Souza; BRITO, Luiza Teixeira de Lima; ROCHA, Hugo Monteiro. **Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano**. Petrolina-PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988.

SLATER, D. Water scarcity in brazil: a case study. **Expeditions With Mcup (Digital Journal)**. 2019. DOI: <https://doi.org/10.36304/ExpwMCUP.2019.02>.

TEIXEIRA, E. C. *et al.* Study of wet precipitation and its chemical composition in South of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências [online]**. v. 80, n. 2 p. 381-395, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652008000200016>.

TELLES, Dirceu D'Alkmin (coord.); GÓIS, Josué Souza de (col.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2010.

TRINDADE, Matheus. BUONO, Livia Nunes. COSTANZI, Ricardo Nagamine. Uso de água em lavanderia de Hospital Universitário de Londrina: Estudo de caso. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 921-934, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020921-934>. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/8741](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8741). Acesso em: 10 mar. 2022.

TUNDISI, José Galizia. Dossiê Água. **Estudos avançados**. São Carlos, v. 22, n. 63, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Plúvio 2.1 – Chuvas intensas para o Brasil**. Viçosa-MG: Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos, 2006.

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

ZANELLA, Luciano; ALVES, Wolney Castilho. Evolução normativa brasileira sobre sistemas prediais para aproveitamento de água de chuva. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

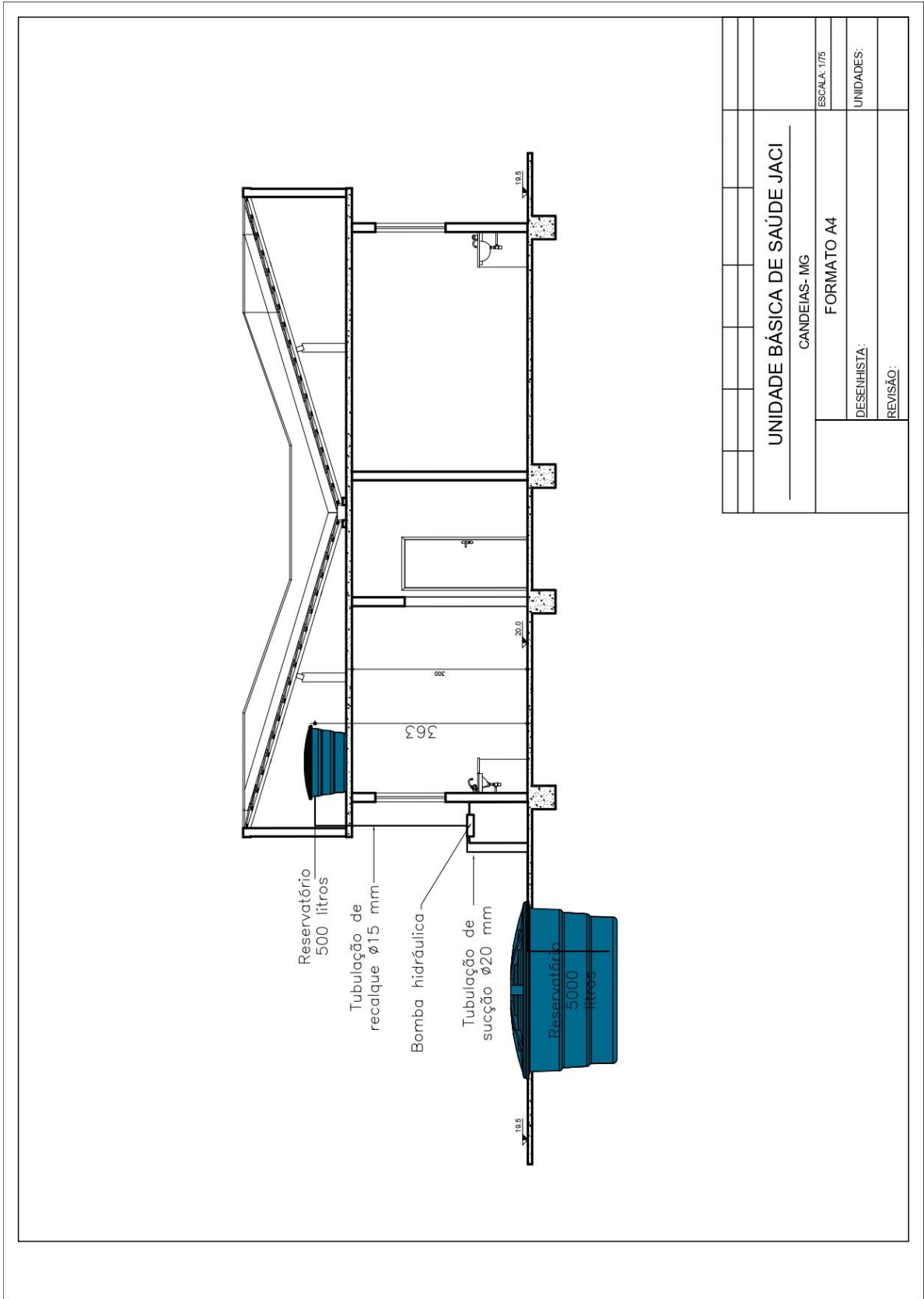
ZDEB, M. *et al.* The quality of rainwater collected from roofs and the possibility of its economic use. **Resources**. v. 9, n. 12, 2020. DOI: 10.3390/resources9020012.



**ANEXO B – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso  
(tubo de plástico, cobre ou liga de cobre)**

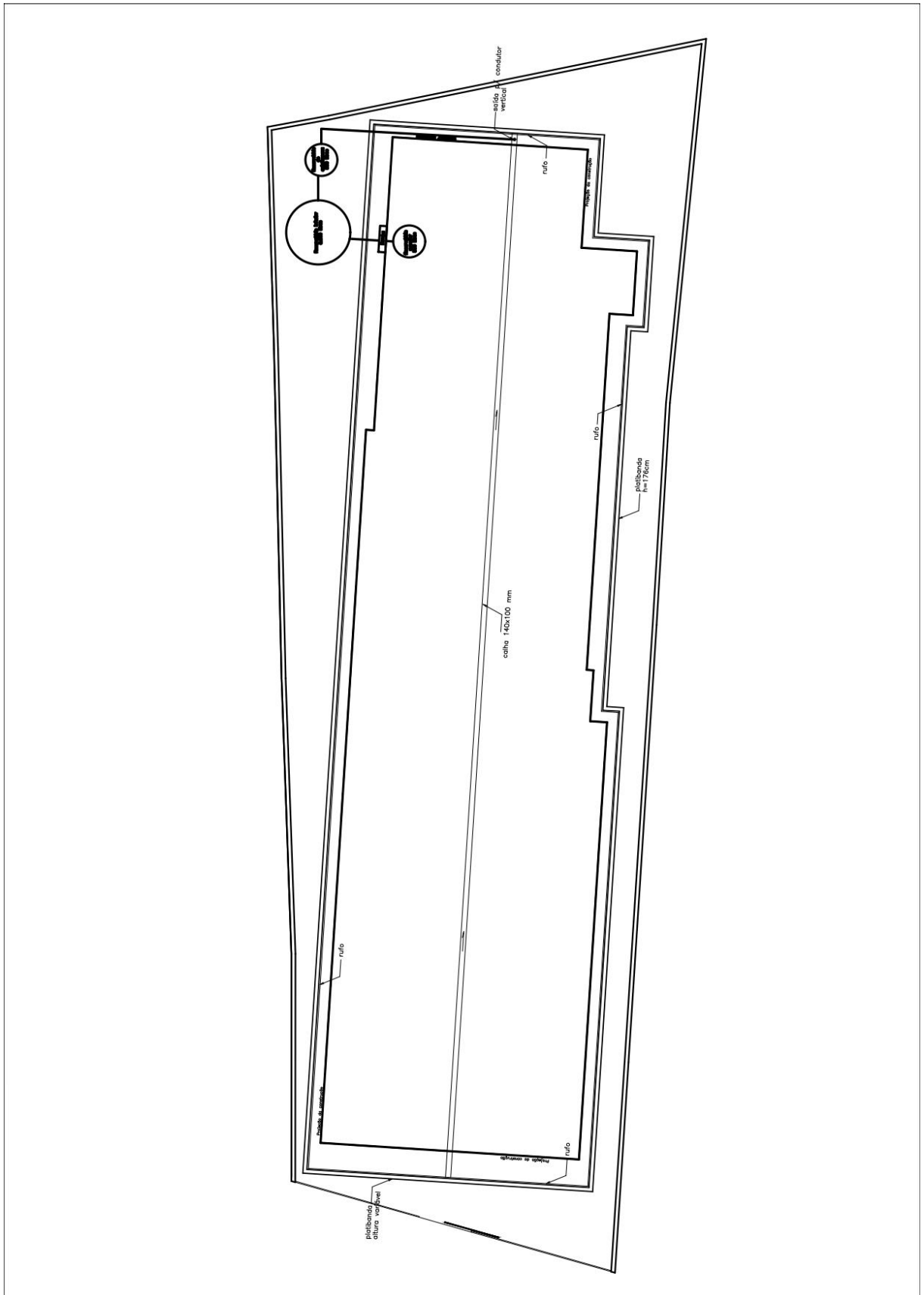
Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão						
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral	
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	

**APÊNDICE A – Simulação do projeto do sistema de captação de águas pluviais na UBS Jaci em projeção de corte.**



UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE JACI		ESCALA: 1/75
CANDEIAS- MG		UNIDADES:
FORMATO A4		REVISÃO:
DESENHISTA:		

APÊNDICE B – Planta de locação UBS Jaci com sistema de captação de águas pluviais.





**APÊNDICE D – Tabela com todos os parâmetros obtidos e calculados para dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais da UBS Jaci.**

<b>Parâmetros obtidos e calculados</b>	<b>Valores</b>
I (Intensidade média de precipitação)	133,08 mm/h
Área de captação	519,03 m <sup>2</sup>
Vazão de projeto	1.151,21 L/min
Demanda interna por recurso hídrico (a partir da conta de água)	818 L/dia
Demanda interna por recurso hídrico (a partir dos valores do hidrômetro)	797 L/dia
Demanda interna por recurso hídrico não potável	327,3 L/dia 7.200 L/mês
Média mensal de precipitação	116,76 mm/mês
Volume requerido para o reservatório inferior	5.184 L
Volume real adotado para o reservatório inferior	5.000 L
Volume adotado para o reservatório superior	500 L
Diâmetro da tubulação de recalque	15 mm
Diâmetro da tubulação de sucção	20 mm
Velocidade de escoamento na tubulação de recalque	1,10 m/s
Velocidade de escoamento na tubulação de sucção	0,62 m/s
Perda de carga total na tubulação de recalque	0,78 m
Perda de carga total na tubulação de sucção	1,63 m
Comprimento da tubulação de recalque	3,1 m
Comprimento da tubulação de sucção	4,58 m
Desnível geométrico	5,03 m
Altura manométrica	7,43 m
Tempo de funcionamento da bomba	30 min/dia
Volume da primeira chuva descartado	519,03 L
Dimensões da calha central	20x10 cm



(conclusão)	
<b>Parâmetros obtidos e calculados</b>	<b>Valores</b>
Inclinação da calha	1%
Diâmetros dos condutores verticais	80 mm
Comprimento dos condutores verticais	3,10 m