



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**LUANIA SILVA SANTOS CORDATO**

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS EM BLOCO DE AULA DA UFPG - CAMPUS POMBAL**

**POMBAL  
2022**

**LUANIA SILVA SANTOS CORDATO**

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS EM BLOCO DE AULA DA UFCG - CAMPUS POMBAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

**POMBAL  
2022**

C794d Cordato, Luania Silva Santos.

Dimensionamento de sistema de aproveitamento de águas pluviais em bloco de água da UFCG – Campus Pombal / Luania Silva Santos Cordato. – Pombal, 2022.

73 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro.”.

Referências.

1. Águas pluviais - Captação. 2. Água - Fontes alternativas. 3. Método de Rippl. 4. Sustentabilidade. I. Ribeiro. Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 628.116.2 (043)

**LUANIA SILVA SANTOS CORDATO**

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS EM BLOCO DE AULA DA UFCG - CAMPUS POMBAL**

Trabalho de Conclusão de Curso da discente Luania Silva Santos Cordato APROVADO em 29/03/2022, pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro  
(Orientador – UFCG)



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Aline Costa Ferreira  
(Membro Interno – UFCG)



MsC. Sara Alves de Carvalho Araújo Guimarães  
(Membro Externo – UnB)

## **Agradecimentos**

A Deus, por ser o meu guia e minha força.

Aos meus pais Luzineide e Cristino e meu irmão Emanuel, as pessoas que mais amo no mundo, que sempre estão comigo, vocês são minha referência e eu não chegaria até aqui sem vocês.

A todos os meus familiares por todo amor e incentivo.

A minha orientadora Rosinete Santos, pela dedicação, disponibilidade, por todos os ensinamentos e contribuição na minha formação.

A Prof<sup>a</sup> Aline Ferreira e a pesquisadora Sara Guimarães por aceitar o convite para participar da avaliação do trabalho e pelas valiosas contribuições.

Aos meus amigos, minha trajetória com a presença de vocês tornou ela mais especial. Agradeço especialmente Valéria, Danielle, Gilanildo, Hiponyra, Rodrigo, Arilson e Tainá.

A subprefeitura, funcionários da Universidade Federal de Campina Grande e Natália Silva por disponibilizarem materiais e informações que ajudaram meu trabalho.

A todos da Universidade Federal de Campina Grande, por contribuírem para minha formação, agregando conhecimento e experiência.

CORDATO, Luania Silva Santos. Dimensionamento de sistema de aproveitamento de águas pluviais em bloco de aula da UFCG - Campus Pombal. 2022. 73p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2022.

## RESUMO

A água é essencial para os seres vivos e para o meio ambiente, mas ao longo dos anos a demanda hídrica é cada vez maior, por ser um recurso natural esgotável surge a necessidade do uso racional da água e de encontrar fontes alternativas para preservar o meio ambiente e, o aproveitamento de água pluvial é uma solução viável. Instituições de ensino tem grande potencial para a implantação de captação de águas pluviais, por ter uma grande área de captação, e economicamente reduzir os custos com água potável. O trabalho teve por finalidade propor um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no bloco de aulas “Margarida Pereira da Silva (Bloco 3)” na Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal. Foi feita uma verificação dos componentes de captação já existentes na edificação e a partir destes foram dimensionados novos componentes. Através do levantamento dos dados pluviométricos de Pombal e da demanda de água não potável no Bloco 3 foi feita uma estimativa do volume de acumulação utilizando o Método de Rippl e o Método de Azevedo Neto. Devido a carência de chuvas em alguns meses na região, o dimensionamento do reservatório de acumulação pelos dois métodos apresentou volumes altos, dessa forma para ser tecnicamente viável a implantação da proposta considerou-se que o sistema irá suprir a demanda de 25% de água não potável do bloco, foi adotado para o reservatório inferior o volume de 20 m<sup>3</sup> e para o superior de 1 m<sup>3</sup>. Com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais atendendo 25% da demanda de água não potável do Bloco 3 pode ser economizado R\$ 1000 reais nas contas de água da UFCG. Através deste estudo foi possível constatar o potencial de captação de águas pluviais no Bloco 3 e que é viável a implantação do sistema, sendo uma alternativa para a preservação dos recursos hídricos e para a redução dos custos de água em campus universitário.

**Palavras-chave:** Método de Rippl, Fontes alternativas, Sustentabilidade

CORDATO, Luania Silva Santos. Dimensioning of rainwater harvesting system in classroom block of UFCG - Pombal Campus. 2022. 73p. Course Completion Work (Graduation in Civil Engineering) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. 2022.

## ABSTRACT

Water is essential for living beings and for the environment, but over the years the demand for water is increasing, and since it is an exhaustible natural resource, the need for rational use of water and finding alternative sources to preserve the environment arises, and rainwater harvesting is a viable solution. Educational institutions have great potential for the implementation of rainwater harvesting, because they have a large catchment area, and economically reduce the cost of drinking water. The purpose of this study was to propose a system for rainwater harvesting for non-potable purposes in the "Margarida Pereira da Silva (Block 3)" classroom at the Federal University of Campina Grande, Pombal Campus. It was made a verification of the components of capture already existent in the building and from these new components were dimensioned. Through a survey of the rainfall data of Pombal and the demand for non-potable water in Block 3 an estimate of the accumulation volume was made using the Rippl Method and the Azevedo Neto Method. Due to the lack of rainfall in some months in the region, the sizing of the accumulation reservoir by the two methods showed high volumes, thus to be technically feasible the implementation of the proposal was considered that the system will meet the demand of 25% of the block's non-potable water, it was adopted for the lower reservoir the volume of 20 m<sup>3</sup> and for the upper one 1 m<sup>3</sup>. With the implementation of a rainwater harvesting system to meet 25% of the non-potable water demand of Block 3, it will be possible to save up to R\$ 1000 reais in the UFCG's water bills. Through this study it was possible to verify the potential of rainwater harvesting in Block 3 and that it is feasible to implement the system, as an alternative for the preservation of water resources and reduction of water costs in a university campus.

**Keywords:** Rippl Method, Alternative Sources, Sustainability

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cisterna em Masada .....	18
Figura 2 – Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	21
Figura 3 - Tipos de Calhas .....	24
Figura 4 - Calha com grade.....	24
Figura 5 - Modelo de filtro de materiais grosseiros .....	25
Figura 6 - Posição das Calhas, Condutores Verticais e Horizontais .....	25
Figura 7 - Esquema de um sistema de descarte inicial .....	26
Figura 8 - Reservatório de água da chuva .....	27
Figura 9 – Mapa da localização da área de estudo.....	32
Figura 10 - Localização do Bloco 3 no campus da UFCG.....	32
Figura 11 - Calha do Bloco 3.....	33
Figura 12 - Condutor horizontal do Bloco 3.....	34
Figura 13 - Planta de cobertura do Bloco 3.....	35
Figura 14 - Áreas de contribuição do telhado do Bloco 3.....	36
Figura 15 - Calhas e suas áreas de contribuição .....	38
Figura 16 - Medidas das calhas do Bloco 3.....	39
Figura 17 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.....	40
Figura 18 - Área de captação do Bloco 3 .....	47
Figura 19 - Áreas de contribuição do Bloco 3.....	48
Figura 20 - Telhado do Bloco 3.....	50
Figura 21 - Divisão das calhas do Bloco 3.....	51
Figura 22 - Ralo Abacaxi.....	53
Figura 23 - Condutores Verticais do Bloco 3 .....	53
Figura 24 - Áreas de contribuição e calhas de cada condutor vertical .....	54
Figura 25 - Trechos de condutores horizontais .....	55
Figura 26 - Condutores horizontais do Bloco 3.....	56
Figura 27 - Reservatório Inferior de águas pluviais .....	60
Figura 28 - Reservatório Superior de águas pluviais .....	61
Figura 29 - Reservatório para o descarte das primeiras águas de chuva .....	61
Figura 30 -Esquema dos reservatórios do sistema de aproveitamento de água pluvial. .....	62
Figura 31 - Esquema longitudinal dos reservatórios .....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para usos não potáveis .....	20
Tabela 2 - Peso para diferentes usuários.....	21
Tabela 3 - Coeficientes de Runoff em função do tipo de material da cobertura .....	23
Tabela 4 - Frequência de manutenção .....	28
Tabela 5 - Áreas de contribuição e calhas que conduzem cada condutor vertical .....	40
Tabela 6 – Contribuintes dos condutores horizontais.....	42
Tabela 7 - Capacidade de condutores horizontais (vazões em l/min.).....	43
Tabela 8 - Previsão de consumo dos pontos de uso não potável.....	43
Tabela 9 - Tarifas nas faixas de consumo para edificações públicas.....	46
Tabela 10 - Dimensões de cada área de contribuição do telhado .....	49
Tabela 11 - Vazão de projeto e Vazão suportada das calhas .....	52
Tabela 12 - Vazão de projeto dos condutores verticais .....	54
Tabela 13 - Dimensionamento dos condutores horizontais .....	57
Tabela 14 - Demanda de água não potável mensal .....	57
Tabela 15 - Método de Rippl .....	58
Tabela 16 - Método Azevedo Neto .....	59
Tabela 17 - Método de Rippl com 25 % da demanda de água não potável.....	59
Tabela 18 - Demanda de água não potável diário .....	60
Tabela 19 - Desconto na conta de água mensal e anual.....	63

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Média de chuva mensal de Pombal .....	50
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

AP1MC - Associação Programa Um Milhão de Cisternas

C - Coeficiente de Runoff

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar

D – Diâmetro Interno

H - Altura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

L – Comprimento

NBR – Norma Brasileira

ONU - Organização das Nações Unidas

PB - Paraíba

PE – População Equivalente

PVC – Tubulação de Policloreto de Vinila

RU – Restaurante Universitário

SAAP - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SAVEH - Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica

UFBA - Universidade Federal da Bahia

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso

UNEP – United Nations Environment Programme

## Sumário

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2.0 OBJETIVOS</b> .....	16
<b>3.0 JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>4.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>4.1 HISTÓRICO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA</b> .....	18
<b>4.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA</b> 19	
<b>4.3 DEMANDA HÍDRICA</b> .....	20
<b>4.4 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS</b> 21	
4.4.1 ÁREA DE COLETA.....	22
4.4.2 CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS .....	23
4.4.3. DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA .....	25
4.4.4 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL.....	26
4.4.4.1 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS .....	28
<b>4.5 ESTUDOS DE CASO</b> .....	29
<b>5.0 METODOLOGIA</b> .....	31
<b>5.1 DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	31
5.1.1 ÁREA DE ESTUDO.....	31
5.1.2 ELEMENTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA DO BLOCO 3 .....	33
<b>5.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS</b> .....	35
5.2.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	35
5.2.2 ESTUDO DAS SÉRIES HISTÓRICAS .....	37
5.2.3 VAZÃO DE PROJETO .....	37
5.2.4 CALHAS .....	38
5.2.5 CONDUTORES VERTICAIS .....	39
5.2.6 CONDUTORES HORIZONTAIS.....	41
5.2.7 PREVISÃO DE CONSUMO – DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL .....	43
5.2.8 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	44
<b>5.3 BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS</b> .....	46

<b>6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2 ESTUDO DAS SÉRIES HISTÓRICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>6.3 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA .....</b>	<b>51</b>
<b>6.4 VERIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS CALHAS .....</b>	<b>51</b>
<b>6.5 VERIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES DOS CONDUTORES VERTICAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>6.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>6.7 PREVISÃO DE CONSUMO – DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL .....</b>	<b>57</b>
<b>6.8 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO .....</b>	<b>58</b>
<b>6.9 BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>7.0 CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>8.0 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS: .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE A – Esquema do aproveitamento de água pluvial do Bloco 3.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO A – Série histórica de chuvas em Pombal entre 1994 e 2021. ....</b>	<b>73</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais elementos de renovação da vida, não só para os seres vivos, mas também para o meio ambiente. A proporção de água em relação ao planeta Terra é aparentemente abundante, pois segundo o Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica (SAVEH) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), cerca de 70% da superfície da terra é composta por água, sendo 97,5% água salgada (imprópria para consumo) e apenas 2,5% de água doce. Dos 2,5% da água doce, cerca de 69% está em geleiras, 30% em aquíferos subterrâneos, sendo assim, apenas 1% da água doce é localizada na superfície (rios, lagos, mangues) (SAVEH, 2016; ANA, 2021).

A desproporção no atendimento à demanda de água é evidenciada por 2(dois) fatores, podendo ser citado a distribuição espacial por países, em que cerca de 60% de toda água doce do planeta está concentrada em apenas 10 países. E ainda, por fatores econômicos, de recursos para a distribuição de água, muitos países principalmente os menos desenvolvidos, possuindo ou não abundância de água, sofrem com a desigualdade, a má distribuição e a não disponibilidade de água de forma adequada. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) cerca de 10% das pessoas no mundo não têm acesso ao consumo diário mínimo de água necessário, enfrentando problemas de escassez (SAVEH, 2016).

O Brasil está em uma situação favorável relacionado à disponibilidade de água doce mundialmente, segundo a ONU sua reserva hídrica é de cerca de 12% do planeta. Contudo, conforme citado anteriormente, até mesmo países com abundância hídrica, sofrem problemas de desigualdade e de distribuição, sendo o Brasil um desses países. Por sua grande extensão territorial, tem diversas regiões fisicamente e popularmente distintas, enquanto a região Norte possui cerca de 72% da água doce e abriga aproximadamente 7% da população do país; a região Nordeste dispõe de apenas 3% dessa água para cerca de 28% da população (SUASSUNA, 2019).

Outro fator importante em relação aos recursos hídricos está no fato da demanda de água ser cada vez mais crescente, pois além do acelerado crescimento populacional que requer maior demanda para suprir as necessidades diárias, as atividades que tem a água como insumo principal, também vem crescendo, como indústrias e agricultura, além do problema de desperdício de água.

Todo esse cenário da realidade da água no mundo e no Brasil mostra a importância não somente da sua disponibilidade, bem como da necessidade de uma gestão quali-quantitativa. A

partir dessa realidade surge a necessidade de encontrar soluções através de fontes alternativas para suprir o problema da falta de água.

Segundo Queiroz e Farias (2013) com a crise do abastecimento de água surge a necessidade de buscar outros meios ou fontes que possam atender a demanda populacional crescente e contribuir para o uso eficiente da água de forma consciente.

O aproveitamento de águas pluviais para atendimento da demanda de água não potável se apresenta como uma solução viável de gestão dos recursos hídricos. Segundo Hespanhol (2002), a “substituição de fontes” é uma boa alternativa para satisfazer a demanda de água menos restritiva (não potável), liberando as águas de melhor qualidade para meios de consumo que realmente necessite de água potável.

Analisando o enorme consumo de água na Universidade Federal de Campina Grande, e pensando na economia de gastos nas contas de água, buscou-se avaliar e apresentar alternativa para o uso de água, através de sistema de aproveitamento de águas pluviais em um dos blocos do Campus Pombal da UFCG.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **Geral**

Apresentar proposta de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para o Bloco de salas de aulas 3 (Margarida Pereira da Silva), no Campus da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Pombal – PB, para fins não potáveis.

### **Específicos**

- Fazer a caracterização da área de estudo;
- Analisar o sistema de captação atual;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Apontar os benefícios e a economia do consumo de água com a implantação do sistema.



### **3.0 JUSTIFICATIVA**

Geralmente, instituições de ensino público como universidades tem muitos frequentadores ativos da instituição: discentes, docentes, funcionários administrativos, além de visitantes e convidados, resultando no alto consumo de água potável.

O uso de sistema de captação e aproveitamento de água pluvial proporciona uma redução do consumo de água potável, podendo ser adotado para suprir as demandas de uso da água que são menos nobres, tais como: descargas sanitárias, lavagem de piso, irrigação e outros.

O bloco de salas de aulas “Margarida Pereira da Silva” tem grande potencial para a implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais, pois apresenta uma grande área de captação. Ademais, a área de estudo localiza-se na região semiárida que sofre os efeitos adversos da seca e registra problemas relacionados à escassez hídrica com frequência. Assim, o sistema de aproveitamento de água pluvial pode ser usado como reforço do sistema de abastecimento público de água, para suprir o atendimento às demandas da instituição sobretudo em momentos de dificuldade hídrica.

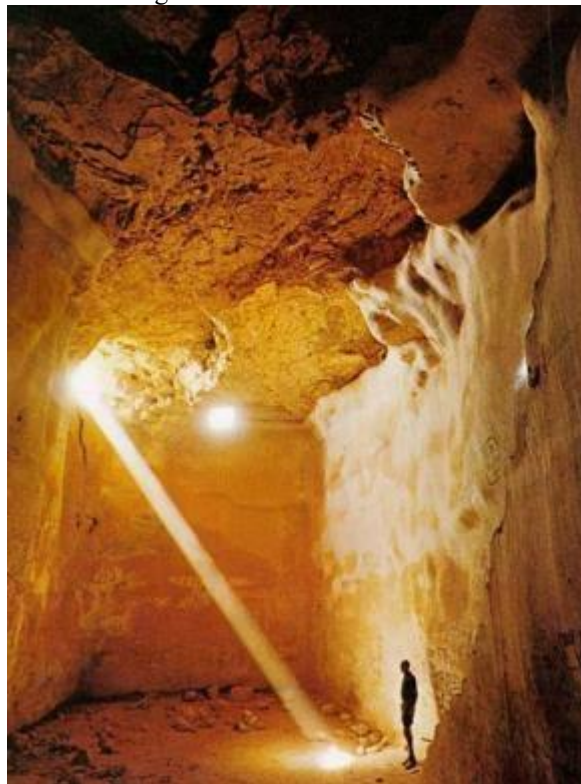
## 4.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 HISTÓRICO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Inúmeras civilizações já realizavam a prática do aproveitamento de águas pluviais, como: Oriente Médio, Europa, América Latina, já existiam relatos de dispositivos de coleta e armazenamento da água da chuva (SALES, 2019).

Em uma das inscrições mais antigas do mundo a Pedra Moabita, localizada no Oriente Médio a leste do mar Morto, o rei Mesha dos Moabita sugeria que fosse construído em todas as casas um reservatório para aproveitamento da água de chuva. Ou seja, já naquela época se percebia a necessidade de reservar água da chuva para garantir esse recurso para gerações futuras. Já na Fortaleza de Massada em Israel tem cavernas escavadas na rocha, com capacidade de armazenamento de 40 milhões de litros, que possuíam interligação através de canalizações e aquedutos (TOMAZ, 2010).

Figura 1 - Cisterna em Masada.



Fonte: Tomaz (2010).

No Brasil, um exemplo de sistema de aproveitamento de água de chuva antigo é a ilha de Fernando de Noronha que tem uma placa coletora de água da chuva de concreto no morro

do Pico, construída com o apoio da base americana entre 1957 e 1965. “Esses reservatórios foram importantes nos períodos abundantes de chuva, como alternativa para economizar o principal manancial: o açude Xaréu” (ANDRADE et al., 2007, p.14).

Segundo Queiroz e Farias (2013, p.2):

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro. O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais ou AP1MC (Associação Programa Um Milhão de Cisternas), cujo o objetivo é fornecer cisternas para armazenamento da água da chuva a 1.000.000 de famílias rurais do semiárido brasileiro, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população. Até o momento já foram construídas 12.400 cisternas de 16.000 litros cada uma. As águas das cisternas rurais são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos, inclusive para cozinhar e para beber (QUEIROZ; FARIAS 2013, p.2).

## 4.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

No Brasil em 2017 foi criada a lei nº 13.501 que altera a lei nº 9.433 de 1997, da política nacional de recursos hídricos, incluindo o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Incentivando e promovendo a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, Lei nº 9.433, 1997; BRASIL, Lei nº 13.501, 2017).

No estado da Paraíba através da lei nº 9.130 de 2010, foi criado o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas, com o objetivo de induzir à conservação e uso racional da água utilizando fontes alternativas para captação e reaproveitamento de água em edificações residenciais, comerciais e também nas edificações públicas estaduais (PARAÍBA, Lei nº 9.130, 2010).

Em 2013 surgiu a lei nº 10.033, que “Institui a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento da Água da Chuva no Estado da Paraíba, e dá outras providências” (PARAÍBA, Lei nº 10.033, 2013).

Captação e armazenamento da água da chuva - procedimentos e formas para que as águas pluviais, que caem sobre os telhados, pátios e outras superfícies construídas impermeáveis sejam canalizadas e guardadas em reservatórios, cisternas e caixas d'água, de modo intencional e planejado, evitando seu escoamento superficial para outros locais ou redes de coleta pluvial (PARAÍBA, Lei nº10.033, 2013).

Em 1989, foi publicada pela ABNT a NBR 10.844, denominada “Instalações prediais de águas pluviais”, que “fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais. Visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia” (NBR 10.844, 1989, p.1).

Em 2007, surgiu a NBR 15.527 atualizada em 2019, intitulada “Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, essa norma especifica: “Os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis” (NBR 15.527, 2019, p.1).

### 4.3 DEMANDA HÍDRICA

“A demanda de água é um fator importante que interfere no sistema de aproveitamento de água de chuva, dado sua influência direta no dimensionamento do volume do reservatório” (PEREIRA; ANDRADE, 2013, p. 3).

A demanda de água pluvial deve ser para o uso não potável como afirma a NBR 15.527 (2019, p.1), que define que o aproveitamento de água pluvial: “Se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de veículos e pisos e uso ornamental”. Na Tabela 1 estão os parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para usos não potáveis.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Escherichia coli	< 200/100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: NBR 15527 (2019).

Geralmente edificações universitárias tem população flutuante, cada estudante possui horário de permanência na universidade diferente do outro, por isso Nakagawa (2009) na pesquisa do consumo de água em prédios universitários da Universidade Federal da Bahia – UFBA, define como população consumidora equivalente (PE) o usuário integral que passa 8 horas por dia, durante 5 dias por semana na Universidade, com essa padronização foi possível classificar a população existente atribuindo peso relativo para diferentes tipos de usuários (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso para diferentes usuários.

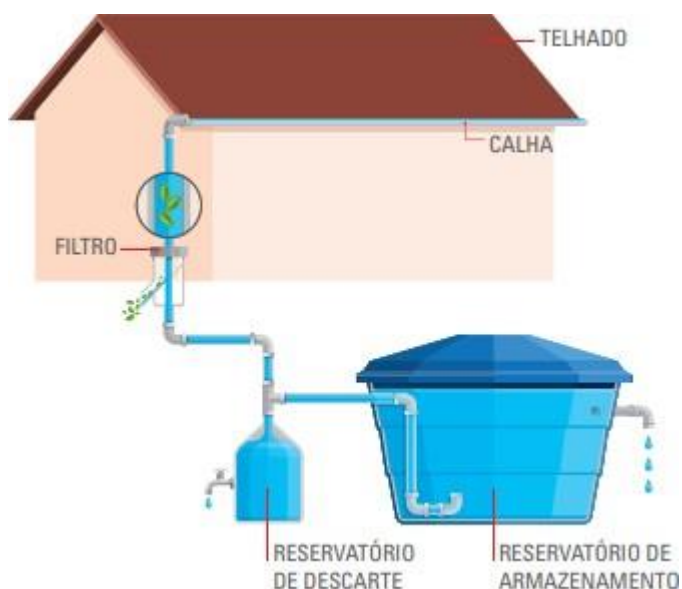
<b>Tipo de usuário</b>	<b>Peso</b>
Estudantes de graduação	0,75
Estudantes pós-graduação	0,28
Professores 20 h	0,5
Técnicos Administrativos 40 h	1
Terceirizados	1
Estágio/ Pesquisas	0,5

Fonte: Adaptado de Nakagawa (2009).

#### 4.4 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A maioria dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais tem como destino o uso da água para fins não potáveis, dessa forma dispensa gastos excessivos com tratamentos, e dispensa o uso de água potável em atividades que podem usar águas não potáveis. Os componentes que fazem parte do SAAP (Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais), são: “as áreas de captação, calhas e condutores, dispositivos de descarte das primeiras águas, separador de materiais grosseiros, armazenamento, sistema de recalque e sistema de distribuição” (SALES, 2019, p.26).

Figura 2 – Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: IPT (Ilustração adaptada por MINAS GERAIS, 2016, p. 11).

Os componentes que formam o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações:

#### 4.4.1 ÁREA DE COLETA

De acordo com May (2004, p. 59), área de coleta é:

A quantidade de água da chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação atmosférica do local e do coeficiente de Runoff. A área utilizada para coleta de água de chuva normalmente é telhado ou a laje de edificações. Dependendo do uso final da água coletada e do tratamento a ser aplicado a coleta de água de chuva pode ser feita através de superfícies impermeabilizados localizados ao nível do chão tais como pátio, calçada, estacionamentos etc (MAY, 2004, p.59).

De acordo com Hagemann (2009) a captação de água pluvial realizada nos telhados é a que melhor ajuda no processo, pois a água atinge o reservatório de armazenamento devido à gravidade facilitando assim o projeto.

Ao escolher o tipo de material que compõe o telhado que fará a captação da água pluvial, deve-se optar por um que possui menos rugosidades e o coeficiente de Runoff seja adotado com critério, pois dele vai depender a estimativa do volume do reservatório e o potencial de economia de água potável (RIBEIRO; MARINOSKI, 2020).

O tipo de revestimento interfere no sistema de aproveitamento de água de chuva, devendo-se dar preferência, quando for o caso, para os de menor absorção de água, ou seja, as telhas que tenham um coeficiente de escoamento (C) maior, para minimizar as perdas, uma vez que nem toda água precipitada é coletada. Este escoamento superficial resultante, também conhecido como “coeficiente de Runoff”, é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada. Esta ‘perda’ de água de chuva a ser considerada é devida à limpeza do telhado, à perda por evaporação, às perdas na auto-limpeza, entre outras causas (GONÇALVES et al., 2006, p.96).

Diversos autores da literatura nacional e internacional sugerem valores de coeficiente de Runoff de acordo com o tipo de material da superfície de cobertura, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de Runoff em função do tipo de material da cobertura.

<b>Material da cobertura</b>	<b>Coeficiente de runoff</b>	<b>Fonte:</b>
<b>Telhados verdes</b>	0,27	Khan (2001)
	0,2	Thomas e Martinson (2007)
<b>Cerâmico</b>	0,56	Khan (2001)
	0,75 - 0,95	Pruski et al., (2004)
	0,80 - 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
<b>Metálico</b>	0,81 - 0,84	Liaw and Tsai (2004)
	0,80 - 0,85	UNEP (2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 - 0,95	Wilken (1978)
<b>Cimento</b>	0,62 - 0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw and Tsai (2004)
<b>Alumínio</b>	0,7	Ward et al. (2010)
<b>Plástico</b>	0,94	Khan (2001)
<b>Concreto asfáltico</b>	0,9	Lancaster (2006)
<b>Aço galvanizado</b>	> 0,90	Thomas e Martinson (2007)

Fonte: RIBEIRO: MARINOSKI, 2020.

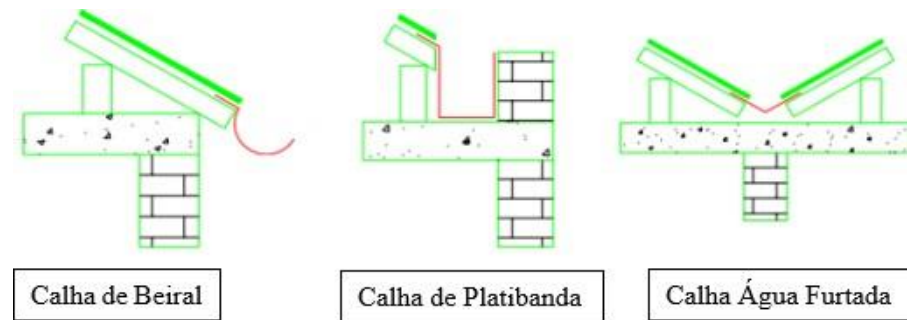
#### 4.4.2 CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS

A principal função das calhas e condutores é o de acolher a água pluvial que foi direcionada pelo telhado e conduzi-lo até o reservatório de armazenamento. “As calhas são elementos colocados ao longo do beiral do telhado com a função de receber águas pluviais e encaminhá-las aos condutores verticais” (CORRÊA, 2017, P.10).

Segundo a NBR 10844 (1989, p.3), as calhas podem ser de: “chapas de aço galvanizado, (NBR 7005, NBR 6663), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria”. Os materiais mais usados são poli cloreto de vinila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte” (HAGEMANN, 2009).

“As calhas apresentam geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular” (LUCAS, 2016, p.12). A Figura 3 Figura 1 ilustra na ordem da esquerda para direita a calha em beiral, a calha em platibanda e a calha instalada no encontro das águas do telhado (água-furtada).

Figura 3 - Tipos de Calhas.



Fonte: Adaptado de Ghisi, E.; Gugel (2005).

Segundo a NBR 15527 (2019) no caminho da passagem da água da chuva no sistema de captação deve ter dispositivos de pré-tratamento para manter a água com qualidade até a chegada no reservatório. Entre os dispositivos de pré-tratamento está o uso de grades e/ou telas, que removem os materiais sólidos indesejáveis, como é o caso de folhas, insetos e detritos. Geralmente esses dispositivos de grades são encontrados nas calhas.

Figura 4 - Calha com grade.

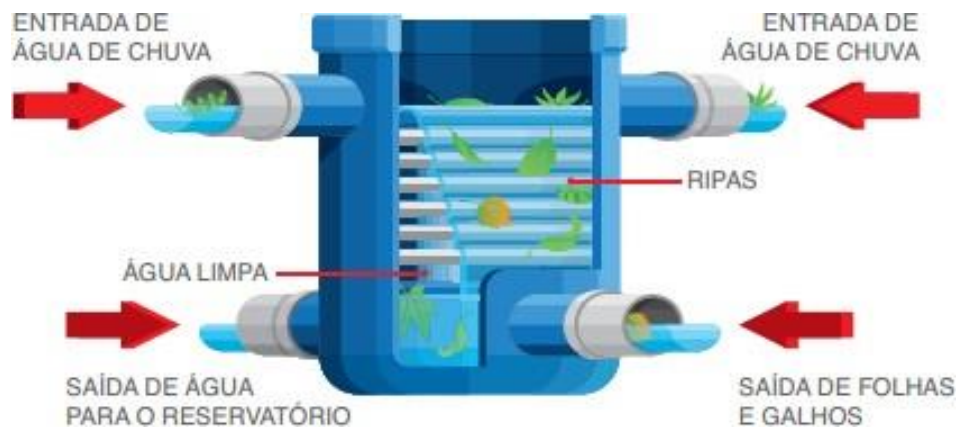


Fonte: MINAS GERAIS, 2016.

Outra opção para remover materiais grosseiros como folhas, galhos é o uso de filtros autolimpantes que descarta a água da chuva com sólidos mais grosseiros, enquanto o restante da água segue em direção ao reservatório de armazenamento. Deve ser instalado no trecho de condução da água coletada pelas calhas para o reservatório de armazenamento (MINAS GERAIS, 2016).



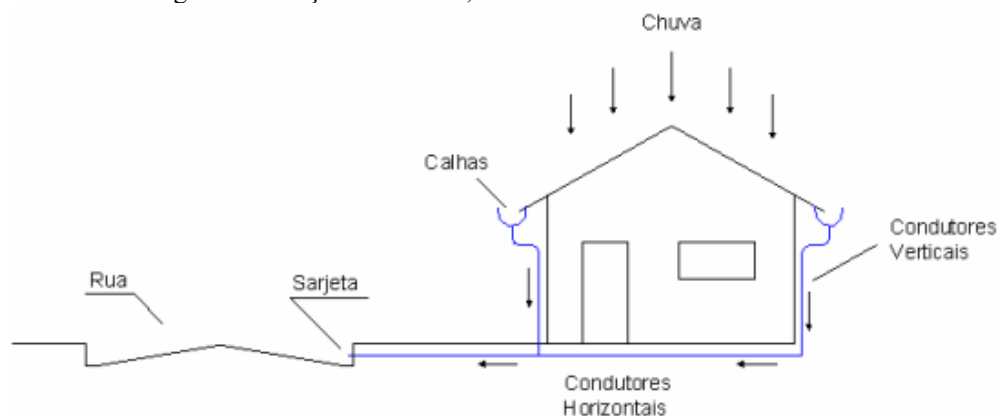
Figura 5 - Modelo de filtro de materiais grosseiros.



Fonte: 3P Technik (Ilustração adaptado por MINAS GERAIS, 2016).

Os condutores verticais conduzem a água até a parte inferior do edifício. Já os condutores horizontais, conduzem a água até locais permitidos pelos dispositivos legais. Os condutores verticais devem ser projetados em apenas uma prumada, caso possível, e se tiver que desviar, usar curvas de 90° de raio longo ou de 45°. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm. Já o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para o escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo (NBR 10844, 1989).

Figura 6 - Posição das Calhas, Condutores Verticais e Horizontais.



Fonte: Bressan (2006).

#### 4.4.3. DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA

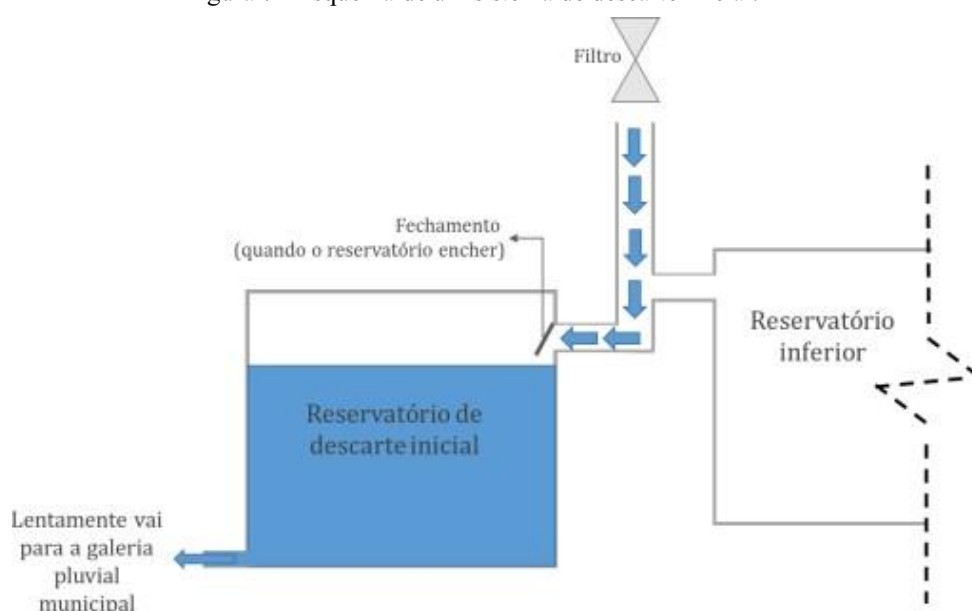
Entre os dispositivos de pré-tratamento citado na NBR 15527 (2019) está também o de descarte das primeiras águas que descem no sistema de aproveitamento. Pois, “após escorrer pela superfície de captação, a água da chuva sofre perda de qualidade, pois acumula sujeira,

como poeira de diversas origens, fezes de animais e matéria orgânica originária de folhas e detritos de árvores” (ANDRADE et al., 2010, p.45).

O número de dias de estiagem influencia nas características da água pluvial. Quanto maior o número de dias sem chuva, mais impurezas vão se acumulando no telhado e a qualidade da água tende a diminuir (RIBEIRO: MARINOSKI, 2020).

O descarte da primeira água de chuva promove a limpeza da superfície de captação e desvia essa água de pior qualidade do reservatório de armazenamento. A utilização de reservatórios de descartes com limpeza automática é o procedimento mais simples para descartar o volume da primeira chuva (MINAS GERAIS, 2016).

Figura 7 - Esquema de um sistema de descarte inicial.



Fonte: Rainmap (2017).

#### 4.4.4 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

Os reservatórios servem para armazenar a água pluvial recolhida, podem ser do tipo apoiado, enterrado ou elevado, e deve ser localizado, preferencialmente, o mais próximo possível do ponto de consumo (CORRÊA, 2017).

Se o reservatório for elevado não é necessário a utilização de bombeamento da água para o abastecimento da edificação, precisa de uma estrutura para sustentação. Já nos reservatórios sobre ou sob o chão essa estrutura de sustentação não é necessária, mas nesse caso o abastecimento exige bombeamento ou acesso facilitado à água (MANO, 2004).

Os materiais mais usados para a construção do reservatório são: concreto, madeira, fibra de vidro, aço inoxidável e polietileno. A finalidade do uso da água, a durabilidade, a segurança e o baixo custo são critérios para a escolha do tipo de reservatório (MARINOSKI, 2007).

Figura 8 - Reservatório de água da chuva.



Fonte: Palhares (2016).

Sautchuk et al. (2005), estabelece alguns cuidados necessários que se deve ter com os reservatórios para garantir a manutenção da qualidade da água armazenada, como: Evitar a entrada de luz do sol no reservatório (para minimizar a proliferação de algas e microrganismos), manter a tampa de inspeção sempre fechada, colocar grade/tela na extremidade de saída do tubo extravasor (para evitar a entrada de animais pequenos) e limpeza anual do reservatório.

De acordo com a NBR 15527 (2019) deve ser feita a inspeção e manutenção periódica de todos os componentes do sistema, conforme a Tabela 4:

Tabela 4 - Frequência de manutenção.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas a	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário

<sup>a</sup> Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.

Fonte: NBR 15527 (2019).

#### 4.4.4.1 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

O reservatório é o componente mais caro do sistema de aproveitamento de água da chuva, por isso seu dimensionamento requer atenção para não tornar inviável a implantação do sistema (MAY, 2004).

De acordo com Corrêa (2017), é importante na escolha do tipo de reservatório levar em conta o seu tamanho e local, pois essa escolha trará economia para o projeto, gerando menos despesas no sistema de aproveitamento da água de chuva.

Com o conhecimento da área de coleta, precipitação média da região e a demanda mensal, pode-se calcular o volume mínimo do reservatório de água da chuva (MAY, 2004).

A NBR 15527 (2019) diz que o reservatório tem que ser seguro e deve conter: extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção e ventilação.

Os métodos mais conhecidos para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva, são:

##### **Método de Rippl:**

É geralmente o mais usado no sistema de aproveitamento de água pluvial. Apresenta o valor extremo do volume do reservatório, por isso é importante esse método por ser a referência máxima do volume (TOMAZ, 2010).

**Método Prático Alemão:**

“Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor de volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual em mm de precipitação aproveitável (SILVA, 2017, p. 24).

**Método Prático Inglês:**

“Metodologia que utiliza série histórica anual, considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletado no telhado, e despreza a variável de demanda da água, sendo o volume obtido independente deste” (KLEIN, 2019, P.35).

**Método Azevedo Neto:**

“Utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionando com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Neste método empírico, é desconsiderada a influência da demanda, considerando apenas o volume captado e o período de estiagem (mensal)” (SILVA, 2017, p. 24).

**Método da simulação:**

“Os registros de precipitação (mensais ou diários) são utilizados para simular o comportamento do volume de água no reservatório, sem contabilizar a evaporação da água” (KLEIN, 2019, P.35).

#### 4.5 ESTUDOS DE CASO

Instituições que pertencem ao setor público como por exemplo, edifícios de escolas e universidades, geralmente contabilizam maiores consumos e desperdícios de água, por isso é muito importante o incentivo à conservação de água nessas edificações (FASOLA et al., 2011).

Muitos projetos de implantação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais vêm sendo aplicados em universidades públicas, como o caso da Universidade Federal de Lavras (UFLA) que tem como parte do plano ambiental do campus o aproveitamento da água da chuva através captação de água dos pavilhões de aulas e do RU, que são direcionadas para abastecer lagoas artificiais (bacias de contenção), promovendo um maior abastecimento do lençol freático e das áreas de recarga. Também são feitas coletas de águas pluviais em cisternas para fins de irrigação dos jardins do campus (MINAS GERAIS, 2013).

O prédio da faculdade de Economia da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) na cidade de Cuiabá também possui sistema de aproveitamento de águas pluviais, o prédio com área de cobertura de 821,36 m<sup>2</sup> capta a água das telhas de Cimento Amianto, conduz por calhas metálicas e por condutores de PVC até os reservatórios de armazenamento de 20 m<sup>3</sup>, as águas captadas são aproveitadas nas bacias sanitárias (NUNES, 2016).

Na UFCG de Pombal, local objeto deste estudo, foi realizado por Ramos (2021) um estudo sobre aproveitamento de água pluvial para jardinagem do CCTA. Aproveitando que duas áreas funcionavam como reservatório natural de água no período chuvoso, foi realizada a construção de um mini açude com capacidade de 283 m<sup>3</sup> e a construção de uma de barragem em um riacho próximo da usina piloto da universidade com capacidade de 102 m<sup>3</sup>.

Foi realizado também um sistema de captação de águas pluviais do telhado do bloco de administração em reservatórios de polietileno, e adaptação dos canos conectando as águas captadas dos telhados da central de laboratório I e do RU - Restaurante Universitário para cisternas já existentes (RAMOS, 2021).

## 5.0 METODOLOGIA

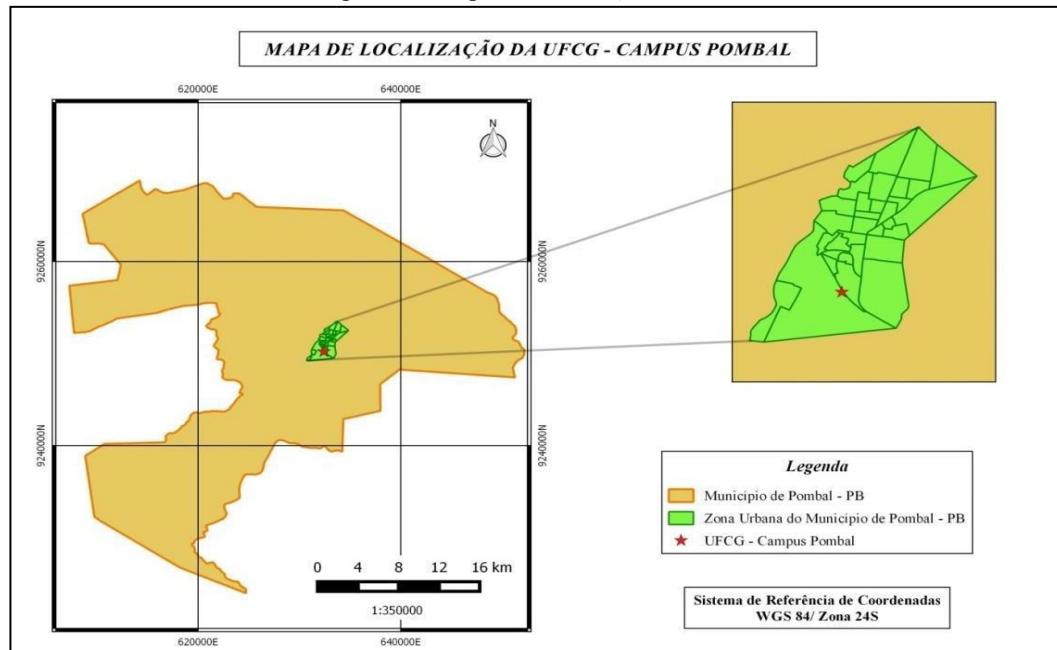
Para o desenvolvimento da pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema abordado, visando um maior embasamento teórico em seguida, buscou-se dados secundários (informações) relevantes à pesquisa junto à subprefeitura do *Campus* do CCTA da UFCG, e por fim, foi apresentada metodologia para a verificação das instalações de captação de água de chuva, o dimensionamento dos reservatórios superior e inferior e os benefícios econômicos da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. As principais normas usadas como embasamento para realização deste trabalho foram: a NBR 15527 (2019): Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e a NBR 10844 (1989): Instalações prediais de águas pluviais.

### 5.1 DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 5.1.1 ÁREA DE ESTUDO

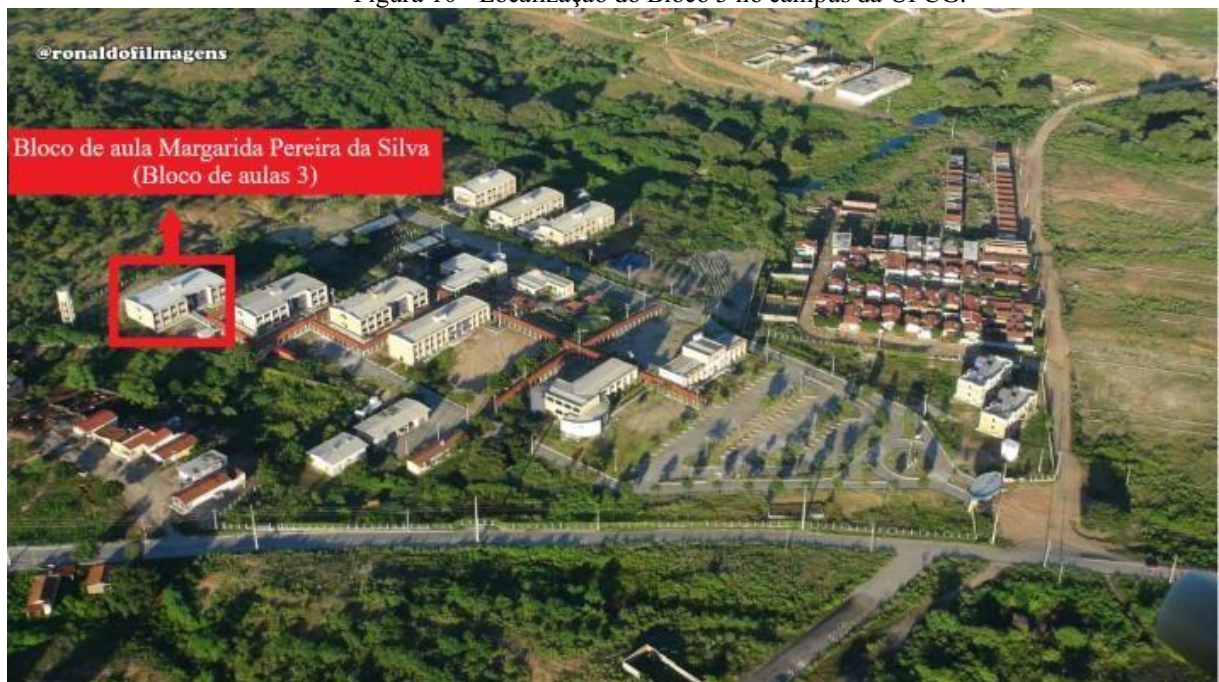
O objeto deste estudo foi o Bloco de sala de aulas 3 (Margarida Pereira da Silva) do *Campus* do CCTA/UFCG localizado na cidade de Pombal (Figura 9) situada na região oeste do estado da Paraíba e na Mesorregião do Sertão Paraibano, distante 370 km da capital João Pessoa. O Bloco 3 (Figura 10) recebe diariamente estudantes de graduação dos cursos de: Agronomia, Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos e Engenharia Civil além dos servidores terceirizados (um porteiro, e uma servente da limpeza). É uma edificação de 2 pavimentos: 1 térreo e 1 pavimento superior com uma área de cobertura total de cerca 650 m<sup>2</sup>. O estudo foi feito apenas para um bloco, porém poderá ser estendido para os demais, após as devidas adaptações, uma vez que os mesmos apresentam características diferentes.

Figura 9 – Mapa da localização da área de estudo.



Fonte: Freitas et al. (2016).

Figura 10 - Localização do Bloco 3 no campus da UFCG.



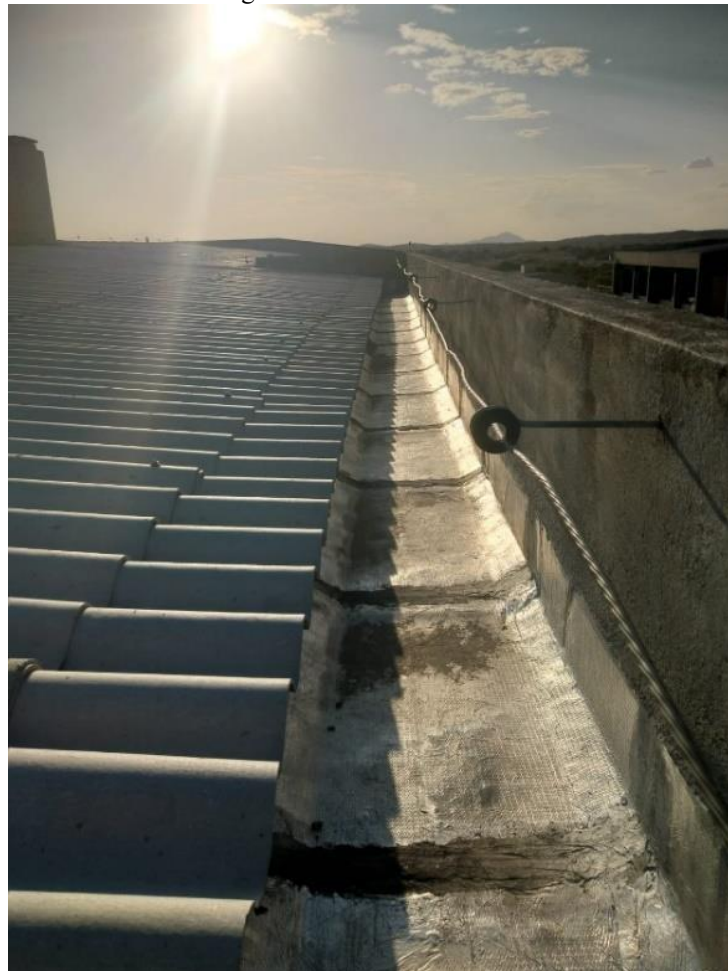
Fonte: Imagem cedida por Ronaldo filmagens (2017).



### 5.1.2 ELEMENTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA DO BLOCO 3

O Bloco 3 possui alguns elementos do sistema de captação de água pluvial como: calha, condutor vertical (localizada dentro da estrutura) e horizontal, mas as águas são descartadas. Não existem condutores horizontais que conduzam a água para um reservatório nem para um sistema de galeria de águas pluviais. Assim, faz-se necessário um estudo sobre as dimensões das unidades existentes, tendo em vista avaliar se o atual sistema necessita que seja realizada alguma adaptação. Alguns dos elementos de captação existentes no Bloco 3 podem ser observados nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Calha do Bloco 3.



Fonte: Autora (2021).

Figura 12 - Condutor horizontal do Bloco 3.



Fonte: Autora (2021).

Foi feito o levantamento de dados para obter os parâmetros necessários para a verificação das dimensões das calhas, dos condutores e elaboração de um sistema de aproveitamento das águas pluviais no bloco. Para tanto, foram feitas visitas ao Campus para conhecer as áreas de captação, onde realizou-se registro fotográfico, entrevista com responsáveis da subprefeitura do campus e com funcionários para obter a demanda de água e plantas baixa. Também, foram feitas pesquisas bibliográficas e consultas às normas da ABNT que regem o sistema de captação de águas pluviais. Os parâmetros estão descritos nos tópicos a seguir:

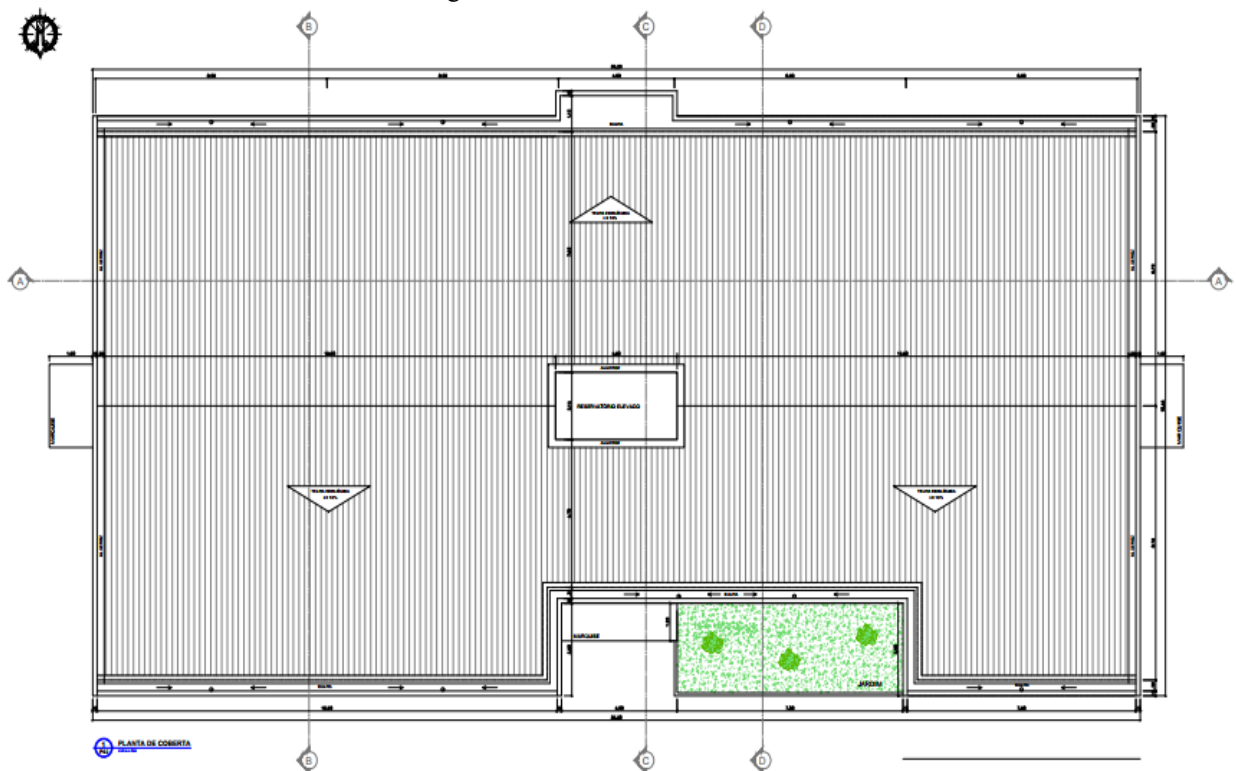
## 5.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS

### 5.2.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

#### a) Área de captação

Segundo a NBR 15.527 (2019, p.2), a área de captação é a “área projetada na horizontal à da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada”, expressa em  $m^2$ , sendo importante para o dimensionamento do reservatório. Para determinar a área foi usado o comando de calcular a área do AUTOCAD no telhado da planta de cobertura do Bloco 3, adquirida por meio da subprefeitura do campus que forneceu alguns projetos em arquivo DWG (Figura 13).

Figura 13 - Planta de cobertura do Bloco 3.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).

#### b) Área de contribuição

“No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura” (NBR 10.844, 1989, p.3). Depende do formato do telhado escolhido,

no caso se trata de cobertas com superfícies com inclinação de 10%, de material fibrocimento. É importante para os cálculos de verificação/dimensionamento das calhas, condutores verticais e condutores horizontais.

A norma NBR 10.844 (1989) indica para superfícies inclinadas que a área de contribuição seja calculada através da Equação 1:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: A - Área de contribuição, em m<sup>2</sup>;

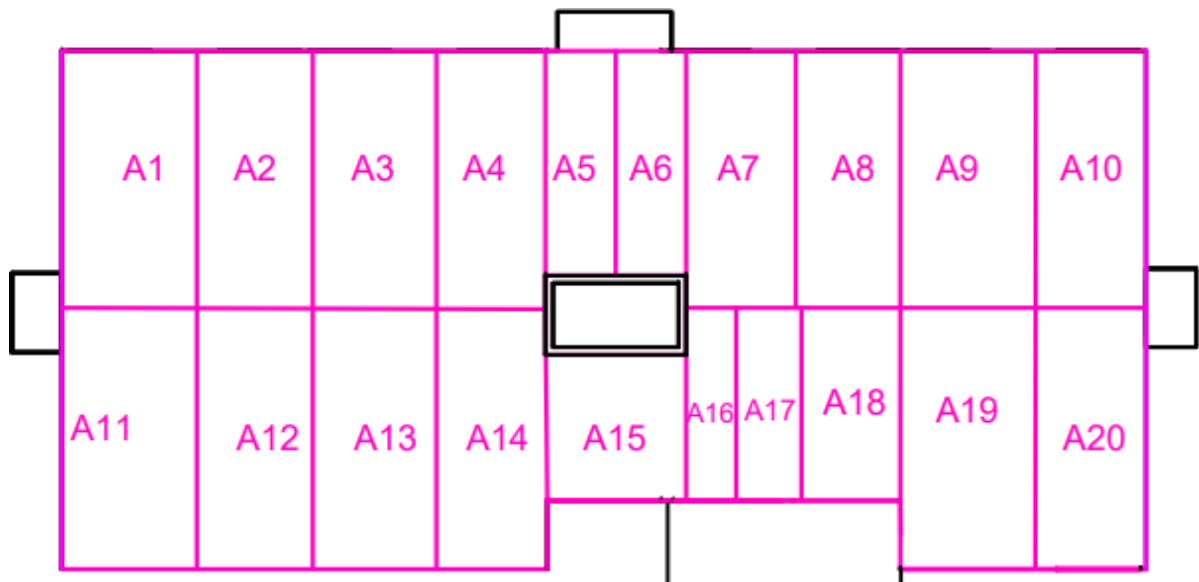
a - Largura da água (plano do telhado), em m;

h - Altura do telhado, em m;

b - Comprimento do telhado, em m.

Para calcular a área total de contribuição foram feitas várias divisões no telhado da planta da Figura 13, dividindo de acordo com a mudança de direção e inclinação da calha, sendo no total 20 divisões, que foram somadas para encontrar a área total. A Figura 14 mostra a projeção horizontal das divisões.

Figura 14 - Áreas de contribuição do telhado do Bloco 3.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).

### 5.2.2 ESTUDO DAS SÉRIES HISTÓRICAS

Os dados de precipitação média mensal para a cidade de Pombal-PB foram obtidos no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), foram coletados os dados da série histórica de precipitação mensal entre os anos de 1994 e 2021, que podem ser observados no Anexo A. Foi calculado a média mensal e usado no dimensionamento do reservatório.

### 5.2.3 VAZÃO DE PROJETO

De acordo com a NBR 10.844 (1989, p.3) a vazão de projeto é a “vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas”. Esta vazão foi calculada através da Equação 2.

$$Q = \frac{i \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: Q - Vazão de projeto, em l/min;

i - Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A - Área de contribuição, em m<sup>2</sup>.

Para calcular a vazão de projeto, é necessário conhecer a intensidade de chuva que pode ser obtida através das equações IDF de chuvas intensas de determinado local que relacionam três parâmetros das chuvas intensas: a intensidade (mm/h ou mm/min), a duração (min) e a frequência ou tempo de retorno, em anos (SALES, 2019).

Para o cálculo da intensidade de chuva foi utilizada a metodologia de Dantas Filho et al. (2018), obtida através das curvas IDF da série histórica de chuvas de Pombal (Equação 3).

$$i = \frac{719,449 Tr^{0,1604}}{(t+10)^{0,7418}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: i - Intensidade pluviométrica, em mm/h;

Tr - Tempo de retorno (anos);

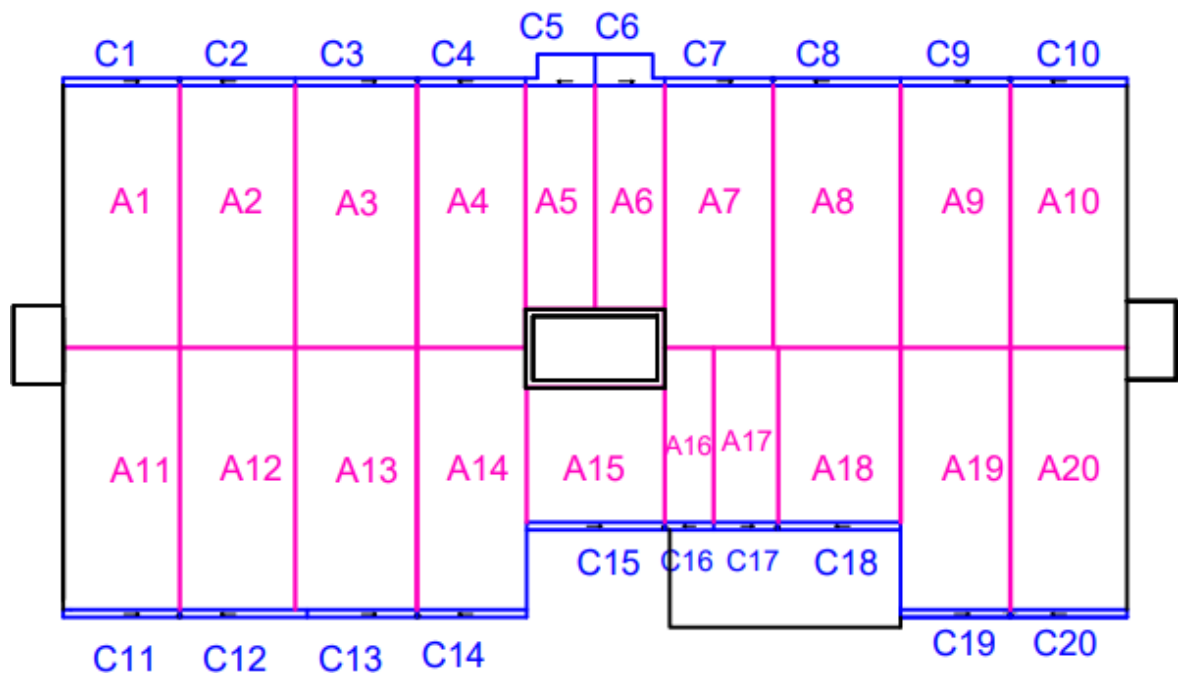
t - Duração da precipitação (min).

Adotou-se o tempo de retorno de 25 anos, e a duração de precipitação de 5 minutos, de acordo com a NBR 10844 (1989, p.3).

### 5.2.4 CALHAS

Como a divisão do telhado para achar a área de contribuição total foi feita de acordo com a mudança de direção e inclinação das calhas, estas foram divididas da mesma forma. Sendo assim, a área de contribuição 1 (A1) vai ser a mesma que contribui com a calha 1 (C1), área de contribuição 2 (A2) contribuinte da calha 2 (C2) e assim, sucessivamente (Figura 15). Em seguida, a vazão de projeto que cada calha recebe foi calculada usando a Equação 2.

Figura 15 - Calhas e suas áreas de contribuição.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).

A vazão suportada por cada calha foi calculada usando a equação de Manning-Strickler. Como a calha do Bloco 3 é do tipo platibanda a inclinação deve ser de 0,5% (NBR 10.844, 1989, p.3). A fórmula de Manning-Strickler é representada na Equação 4.

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{Rh^2} \cdot \sqrt{i}}{n} \quad (\text{Equação 4})$$

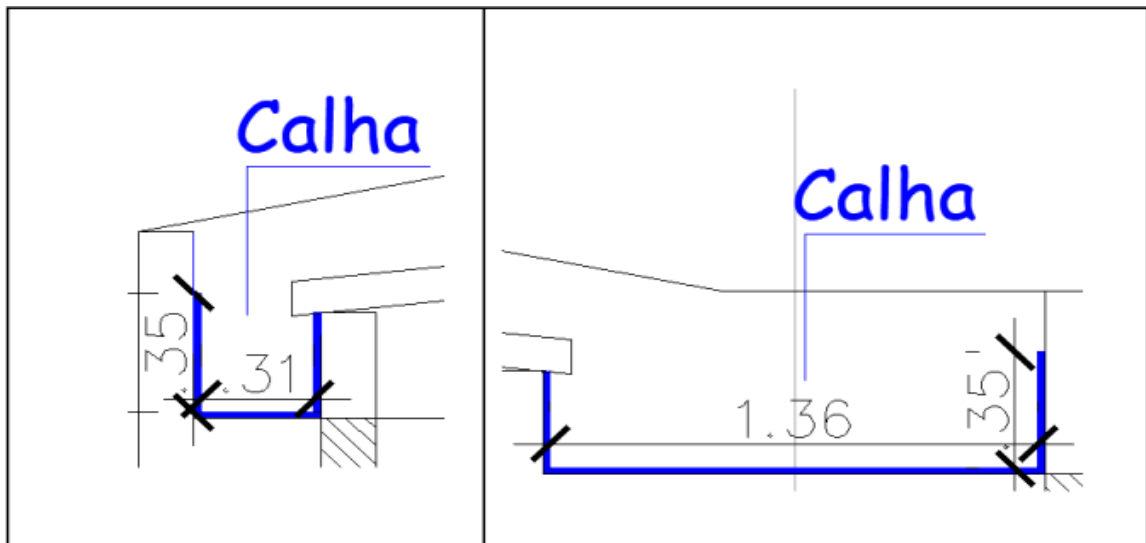
- Em que: Q - Vazão de projeto, em L/min;  
 S - Área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;  
 n - Coeficiente de rugosidade;  
 R - Raio hidráulico, em m;  
 P - Perímetro molhado, em m;

i - Declividade da calha, em m/m;

$K = 60.000$ .

As dimensões das calhas para o cálculo da vazão suportada foram obtidas nas plantas fornecidas pela subprefeitura. Como as calhas são de alvenaria revestidas com manta asfáltica aluminizada, o coeficiente de rugosidade “n” foi de 0,012, conforme estabelecido na norma NBR 10.844 (1989, p. 6). A vazão suportada deve ser maior que a vazão de projeto.

Figura 16 - Medidas das calhas do Bloco 3.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).

### 5.2.5 CONDUTORES VERTICAIS

Na planta de cobertura disponibilizada pela subprefeitura (Figura 13) constam os condutores verticais já posicionados, porém fez-se uma divisão das áreas de contribuição e das calhas que desaguam em cada condutor para calcular a vazão de projeto necessária para o dimensionamento. Foram somadas as áreas de contribuição dos trechos das calhas que são direcionados para o mesmo condutor (Tabela 5).

Tabela 5 - Áreas de contribuição e calhas que conduzem cada condutor vertical.

Área de contribuição	Calha	Condutor Vertical
A1 + A2	C1 + C2	CV1
A3 + A4 + A5	C3 + C4 + C5	CV2
A6 + A7 + A8	C6 + C7 + C8	CV3
A9 + A10	C9 + C10	CV4
A11 + A12	C11 + C12	CV5
A13 + A14	C13 + C14	CV6
A15 + A16	C15 + C16	CV7
A17 + A18	C17 + C18	CV8
A19 + A20	C19 + C20	CV9

Fonte: Autora (2022).

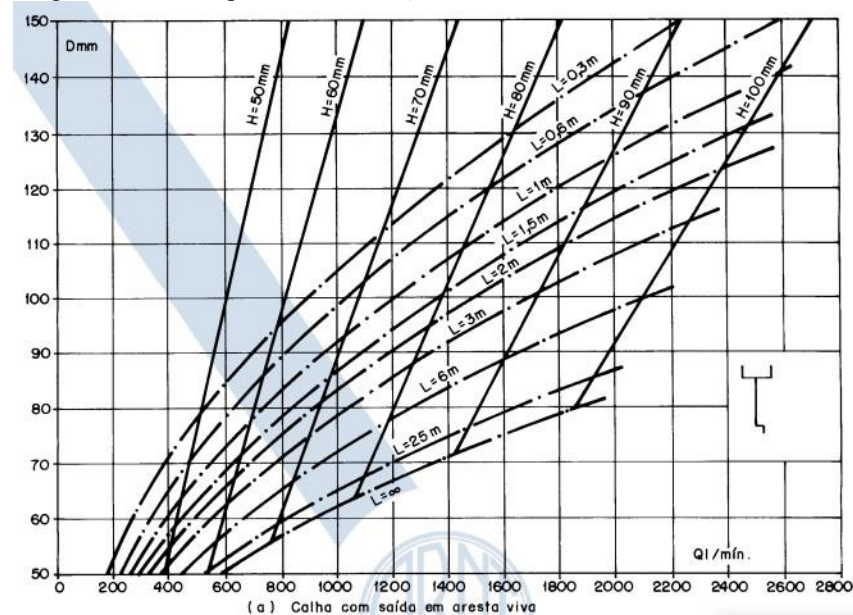
Para a verificação dos condutores verticais são utilizados ábacos de calha com saída em aresta viva ou funil de saída, para obter o diâmetro interno ‘D’ do condutor (Figura 17). O ábaco foi de calha com saída em aresta viva. Os dados necessários para obter o diâmetro interno ‘D’ serão:

Q - Vazão de projeto, em L/min;

H - Altura da lâmina de água na calha, em mm;

L - Comprimento do condutor vertical, em m.

Figura 17 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: NBR 10.844 (1989).

Com os dados foi levantado no ábaco uma linha vertical na Vazão de projeto (Q) que sobe até interceptar as curvas de H e L correspondentes, e assim foi transportado a interseção



mais alta até o eixo D (diâmetro interno). Adota-se um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco.

#### 5.2.6 CONDUTORES HORIZONTAIS

Os atuais condutores horizontais são tubulações que transportam água dos condutores verticais para o terreno, por isso foi feito um novo dimensionamento e traçado, para conduzir as águas pluviais até o reservatório.

Os condutores verticais contribuem com os condutores horizontais, assim os horizontais recebem a vazão de projeto dos tubos verticais. A divisão dos trechos se deu a cada conexão do condutor horizontal, com verticais e com outros condutores horizontais que apresentam mudança de direção.

Tabela 6 – Contribuintes dos condutores horizontais.

Área de contribuição	Calha	Condutor Vertical	Condutor Horizontal
A1 + A2	C1 + C2	CV1	<b>CH 1</b>
A1 + A2 + A3 + A4 + A5	C1 + C2 + C3 + C4 + C5	CV1 + CV2	<b>CH 2</b>
A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8	C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8	CV1 + CV2 + CV3	<b>CH 3</b>
A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9 + A10	C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10	CV1 + CV2 + CV3 + CV4	<b>CH 4</b>
A11 + A12	C11 + A12	CV5	<b>CH 5</b>
A11 + A12 + A13 + A14	C11 + C12 + C13 + C14	CV5 + CV6	<b>CH 6</b>
A15 + A16	C15 + C16	CV7	<b>CH 7</b>
A11 + A12 + A13 + A14 + A15 + A16	C11 + C12 + C13 + C14 + C15 + C16	CV5 + CV6 + CV7	<b>CH 8</b>
A17 + A18	C17 + C18	CV8	<b>CH 9</b>
A11 + A12 + A13 + A14 + A15 + A16 + A17 + A18	C11 + C12 + C13 + C14 + C15 + C16 + C17 + C18	CV5 + CV6 + CV7 + CV8	<b>CH 10</b>
A11 + A12 + A13 + A14 + A15 + A16 + A17 + A18 + A19 + A20	C11 + C12 + C13 + C14 + C15 + C16 + C17 + C18 + C19 + C20	CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	<b>CH 11</b>
A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9 + A10	C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10	CV1 + CV2 + CV3 + CV4	<b>CH 12</b>
A11 + A12 + A13 + A14 + A15 + A16 + A17 + A18 + A19 + A20	C11 + C12 + C13 + C14 + C15 + C16 + C17 + C18 + C19 + C20	CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	<b>CH 13</b>
A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9 + A10 + A11 + A12 + A13 + A14 + A15 + A16 + A17 + A18 + A19 + A20	C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10 + C11 + C12 + C13 + C14 + C15 + C16 + C17 + C18 + C19 + C20	CV1 + CV2 + CV3 + CV4 + CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	<b>CH 14</b>

Fonte: Autora (2022).

O dimensionamento do diâmetro interno dos condutores horizontais de seção circular, de acordo com a capacidade de vazão de projeto foi obtido de acordo com a Tabela 7. Por ser um material de PVC foi usado o coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$ .

Tabela 7 - Capacidade de condutores horizontais (vazões em l/min.)

Diâmetro Interno (D) (mm)	n=0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	7590	7590	10800

Fonte: NBR 10.844 (1989).

### 5.2.7 PREVISÃO DE CONSUMO – DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

A previsão de consumo/demanda de uso de água não potável (Tabela 8) é necessária para dimensionamento do reservatório de águas pluviais. Para o cálculo da demanda foi utilizada a metodologia da previsão de consumo dos pontos de uso não potável de Tomaz (2010).

Tabela 8 - Previsão de consumo dos pontos de uso não potável.

Ponto de consumo	Taxa	Frequência
Limpeza de pátios internos	2 L/m <sup>2</sup>	1 vez/semana
Rega de Jardim	2 L/m <sup>2</sup>	2 vezes/semana
Descarga em vasos sanitários	Até 9 L/descarga/pessoa	2 vezes/dia

Fonte: Adaptado de Tomaz (2010).

Para o cálculo da demanda de água relativa à limpeza do bloco foi considerada a área do hall de entrada, circulação e escadas dos dois pavimentos do prédio. Já a demanda para rega de jardim foi considerada área do canteiro que fica localizado na frente do bloco.

De acordo com Silva et al. (2013) os vasos sanitários da UFCG são de baixo consumo, consumindo 6 litros de água por descarga, sendo adotado neste estudo 6 litros/descarga/pessoa.

É preciso saber a quantidade de pessoas que frequentam a edificação para completar os dados de demanda de descarga do vaso sanitário. Para Nakagawa (2009), os usuários em campus universitário apresentam consumos diferentes. Com isso, é atribuído pesos diferentes para diferentes usuários, por exemplo: funcionários terceirizados tem peso equivalente 1, já

alunos tem peso equivalente 0,75 (levando em consideração a taxa mínima de frequência de 75%, para obter aprovação em disciplinas).

Neste trabalho foi usado os resultados do trabalho de Evaristo (2021) que usou o método da população equivalente de Nakagawa (2009) para achar a frequência média diária de alunos que frequentam o bloco. Assim, a partir do horário das aulas dos alunos de Engenharia Civil, Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental e Agronomia que assistem aula a cada 2 horas, foi calculada a população equivalente a 8 horas/dia usando a unidade de consumo: o fator pessoa x hora.

“Considera-se, por exemplo, que dois alunos permanecendo duas horas – fator aluno x hora = 4 – tem o mesmo efeito sobre o consumo que 4 alunos permanecendo 1 hora, ou 1 aluno permanecendo 4 horas” (NAKAGAWA, 2009, p.44). Daí, para calcular a população equivalente de alunos, Evaristo (2021) transformou a quantidade de alunos que fica de 2 em 2 horas, em população equivalente a 8 horas diárias. Em seguida, multiplicou pelo fator de frequência 0,75 e obteve uma população equivalente de 140 de alunos.

Segundo informação da subprefeitura, no período de aulas presenciais ficam dois servidores terceirizados responsáveis pela manutenção do Bloco 3. Como o fator de peso equivalente para terceirizados é igual a 1, a população equivalente de funcionários é igual a 2. Somando com o total de 140 alunos; totalizou 142 pessoas por dia. Os professores não foram considerados nos dados de descarga do vaso sanitário, por frequentarem por mais tempo o bloco de sala dos professores, que não foi considerado no estudo. E mesmo usando os vasos sanitários do Bloco 3, a contribuição não será expressiva por ser usado de forma esporádica e não apresentar contribuição significativa no resultado final.

#### 5.2.8 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Como os métodos de Rippl e Azevedo Neto levam em consideração o fator de irregularidade das chuvas, pensado pra atender durante períodos de estiagem, foi calculado o volume ideal para o reservatório inferior. Sendo o material do telhado do Bloco 3 de fibrocimento, o coeficiente de escoamento ou coeficiente de Runoff usado nos cálculos de dimensionamento foi de 0,8.

**a) Método de Rippl:**

Para o método do Rippl são utilizadas as Equações 5, 6 e 7 (NBR 15.527, 2007).

$$Q_{(t)} = P_{(t)} . A . C \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: Q(t) - Volume de chuva captada no tempo t (litros);

P(t) - Precipitação no tempo t (mm);

A - Área de captação (m<sup>2</sup>);

C - Coeficiente de escoamento superficial.

$$S_{(t)} = D_t - Q_t \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: S(t) - Volume de água no reservatório no tempo t (litros);

Q(t) - Volume de chuva captada no tempo t (litros);

D(t) - Demanda ou consumo no tempo t (litros).

$$V = \Sigma S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: V - Volume do reservatório (litros).

**b) Método Azevedo Neto:**

O método Azevedo Neto é calculado através da Equação 8 (NBR 15.527, 2007).

$$V = 0,042 . P . A . T \quad (\text{Equação 8})$$

Em que: V - Volume do reservatório (litros);

P - Precipitação média anual (mm);

A - Área de captação (m<sup>2</sup>);

T - Número de meses de pouca chuva ou seca.

Foi também dimensionado o reservatório superior para atender a demanda diária de água não potável, com os dados de dois dias de consumo de água não potável, considerando o dia

em que tem o uso dos vasos sanitários, limpeza dos corredores e irrigação do jardim. Foi considerado mais um dia, caso aconteça algum imprevisto no abastecimento.

Foi também dimensionado um reservatório que serve para descartar as primeiras águas da chuva, que geralmente vem com sujeiras acumuladas do período de estiagem, adequado para a região de estudo.

O volume de descarte inicial é calculado pela Equação 9 (GERALDI 2018).

$$D = 0,002 \cdot A \quad (\text{Equação 9})$$

Em que: D - Volume de descarte inicial, em m<sup>3</sup>;

A - Área de captação (m<sup>2</sup>).

### 5.3 BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento de água pluvial do bloco 3 traz muitas vantagens, como: evitar a alagamentos, mais utilidade para os elementos de captação de água pluvial destinando a água captada para o uso mais adequado, mas a maior vantagem está na redução na conta de água mensal. Para calcular a economia na conta de água mensal foi usado como base as tarifas nas faixas de consumo para edificações públicas da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), vigente desde janeiro de 2022.

Tabela 9 - Tarifas nas faixas de consumo para edificações públicas.	
Tarifa Mínima – até 10 m <sup>3</sup>	89,22
Acima de 10m <sup>3</sup> (por m <sup>3</sup> )	14,97

Fonte: Adaptado da CAGEPA (2022).

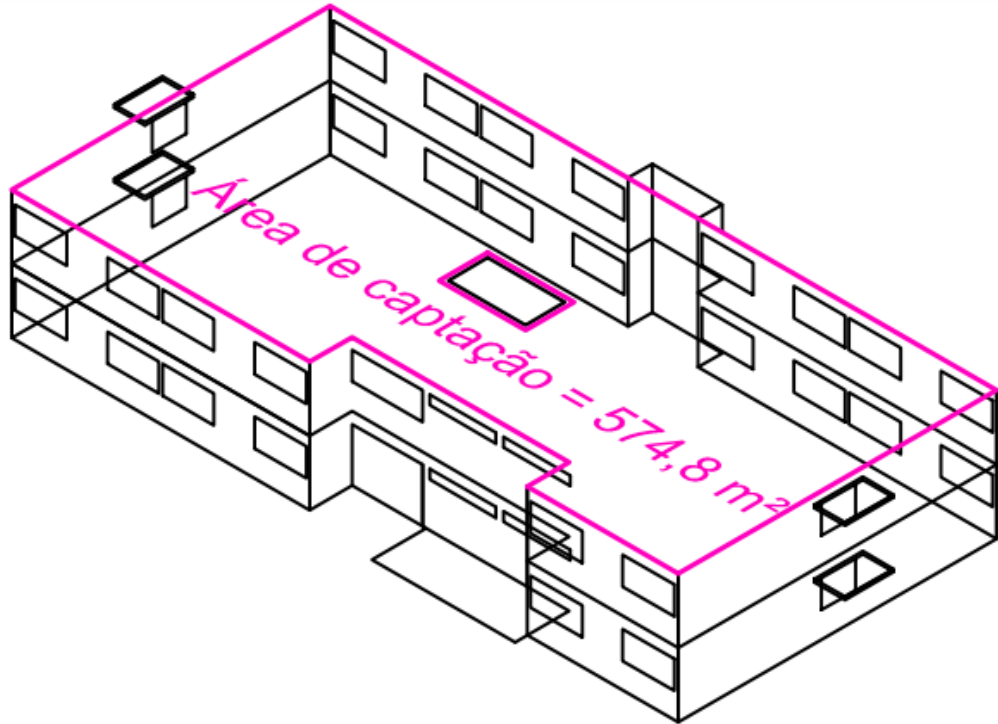
## 6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

#### a) Área de captação

Por ser a projeção horizontal do telhado, a área de captação do telhado do bloco de aulas 3 é igual a 574,8 m<sup>2</sup>. Descontando na planta de cobertura a projeção horizontal da área do jardim e a área do reservatório de água potável que fica centralizado no telhado, a área de captação foi determinada.

Figura 18 - Área de captação do Bloco 3.

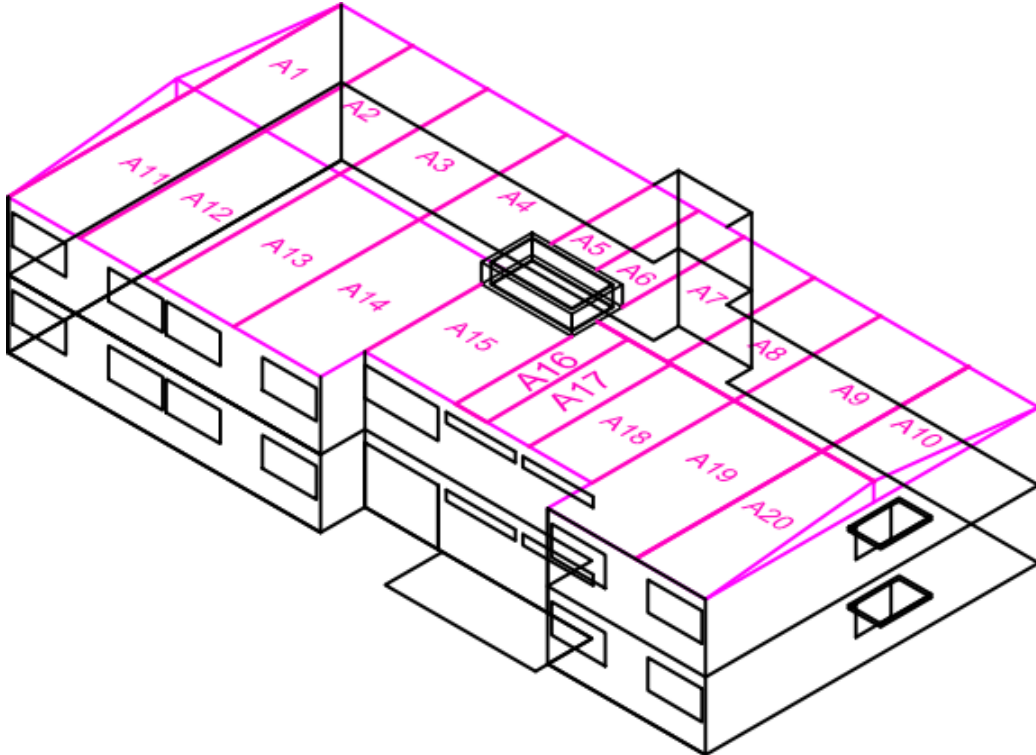


Fonte: Autora (2022).

**b) Área de contribuição**

O telhado foi dividido em 20 partes de acordo com a mudança de direção e inclinação da calha.

Figura 19 - Áreas de contribuição do Bloco 3.



Fonte: Autora (2022).



Na Tabela 10 tem-se cada divisão do telhado com as dimensões utilizadas para o cálculo das áreas de contribuição e cada área calculada. No final está o somatório das áreas de contribuição do telhado.

Tabela 10 - Dimensões de cada área de contribuição do telhado.

<b>Nome dos Telhados</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
A 1	3,70	8,82	0,95	34,37
A 2	3,88	8,82	0,95	36,08
A 3	4,11	8,82	0,95	38,24
A 4	3,65	8,82	0,95	33,92
A 5	2,36	7,50	0,95	18,78
A 6	2,35	7,50	0,95	18,70
A 7	3,66	8,82	0,95	33,98
A 8	4,30	8,82	0,95	39,95
A 9	3,71	8,82	0,95	34,47
A 10	3,69	8,82	0,95	34,31
A 11	3,70	8,82	0,95	34,37
A 12	3,88	8,82	0,95	36,03
A 13	4,12	8,82	0,95	38,29
A 14	3,71	8,82	0,95	34,44
A 15	4,65	4,55	0,95	23,34
A 16	1,65	5,87	0,95	10,50
A 17	2,19	5,87	0,95	13,87
A 18	4,11	5,87	0,95	26,10
A 19	3,70	8,82	0,95	34,39
A 20	3,70	8,82	0,95	34,39
			<b>Soma:</b>	<b>608,54</b>

Fonte: Autora (2022).

Tanto a área de captação (574,8 m<sup>2</sup>) como a área de contribuição (608,54 m<sup>2</sup>) do Bloco 3 são áreas grandes, com grande potencial de captação de água pluvial.

Conforme mostrado na Figura 20, o telhado não possui danificações ou sujeiras, não sendo necessárias modificações.

Figura 20 - Telhado do Bloco 3.

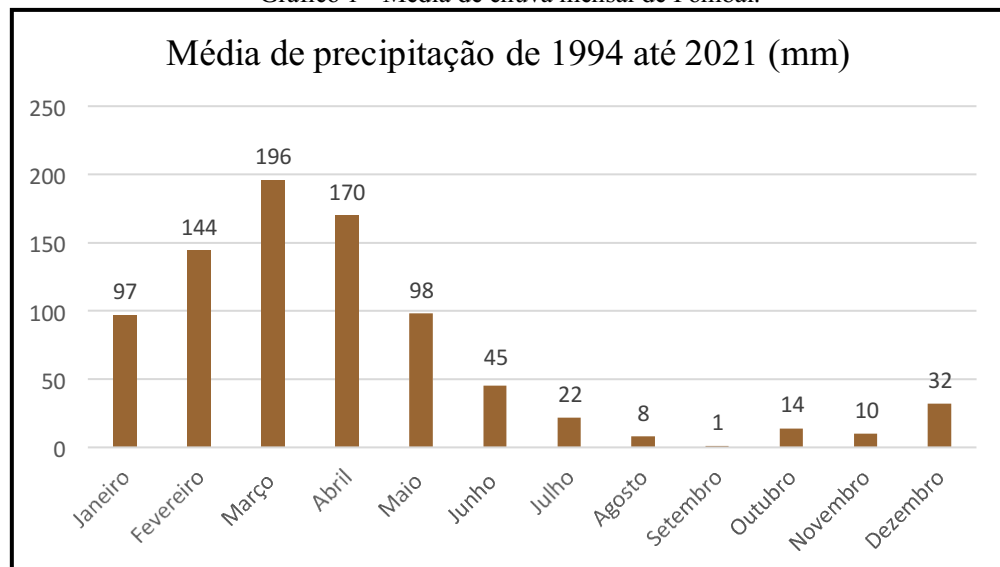


Fonte: Autora (2022).

## 6. 2 ESTUDO DAS SÉRIES HISTÓRICAS

Com os dados mensais de precipitação de Pombal que foram obtidos na AESA, entre os anos de 1994 e 2021 foi calculada a média de chuva mensal, representado no Gráfico 1. Esses valores foram usados como base para o dimensionamento do reservatório.

Gráfico 1 - Média de chuva mensal de Pombal.



Fonte: Autora (2022).

Analisando o Gráfico 1, o município de Pombal-PB apresenta chuvas irregulares durante o ano. Os meses mais chuvosos vão de janeiro até maio, em junho o índice pluviométrico apresenta uma redução considerável e, o período menos chuvoso ocorre entre agosto e novembro.

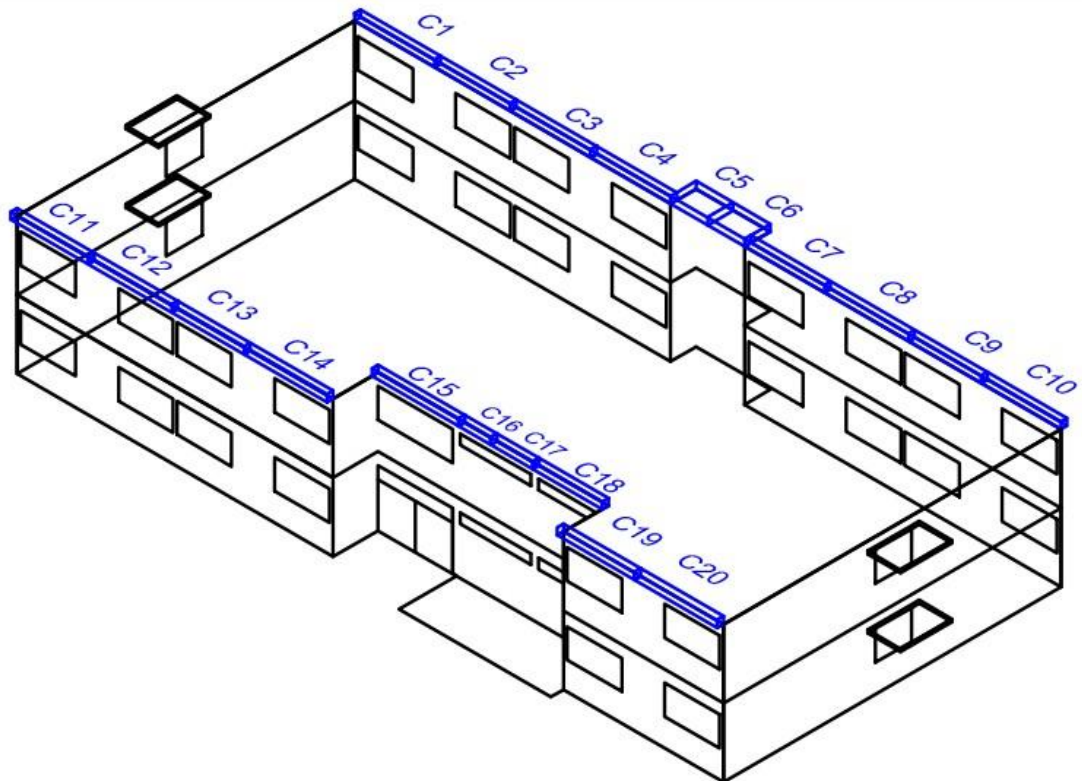
### 6.3 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

A intensidade pluviométrica de Pombal calculada foi de 161,73 mm/h. Esse valor, junto com as áreas de contribuição, foi usado para calcular as vazões de projeto das calhas e condutores (verticais e horizontais).

### 6.4 VERIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS CALHAS

As calhas foram divididas de acordo com a mudança de direção e inclinação (Figura 21).

Figura 21 - Divisão das calhas do Bloco 3.



Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 11 apresenta-se cada divisão das calhas com cada área de contribuição, com os valores da vazão de projeto que cada calha deve receber e a vazão suportada por cada calha,

que foi encontrada pela fórmula de Manning-Strickler (usando as dimensões da calha já existente, foi considerado a altura molhada de 100 mm, sendo 28,5% da altura da calha).

Tabela 11 - Vazão de projeto e Vazão suportada das calhas.

Área de contribuição	Calhas	Área (m <sup>2</sup> )	Vazão de projeto (L/min)	Vazão Suportada (L/min)
A 1	Calha 1	34,37	92,66	1694,38
A 2	Calha 2	36,08	97,27	1694,38
A 3	Calha 3	38,24	103,07	1694,38
A 4	Calha 4	33,92	91,45	1694,38
A 5	Calha 5	18,78	50,63	9453,74
A 6	Calha 6	18,70	50,41	9453,74
A 7	Calha 7	33,98	91,61	1694,38
A 8	Calha 8	39,95	107,70	1694,38
A 9	Calha 9	34,47	92,93	1694,38
A 10	Calha 10	34,31	92,47	1694,38
A 11	Calha 11	34,37	92,66	1694,38
A 12	Calha 12	36,03	97,13	1694,38
A 13	Calha 13	38,29	103,21	1694,38
A 14	Calha 14	34,44	92,84	1694,38
A 15	Calha 15	23,34	62,91	1694,38
A 16	Calha 16	10,50	28,30	1694,38
A 17	Calha 17	13,87	37,38	1694,38
A 18	Calha 18	26,10	70,36	1694,38
A 19	Calha 19	34,39	92,70	1694,38
A 20	Calha 20	34,39	92,70	1694,38

Fonte: Autora (2022).

De acordo com os cálculos de vazões, a vazão suportada está além da vazão de projeto. Neste caso, não há a necessidade de alteração das calhas e sim, a adição de grades ou ralos abacaxis nas saídas das calhas, bloqueando a entrada de sujeiras grossas, evitando desta maneira obstrução do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Figura 22 - Ralo Abacaxi.

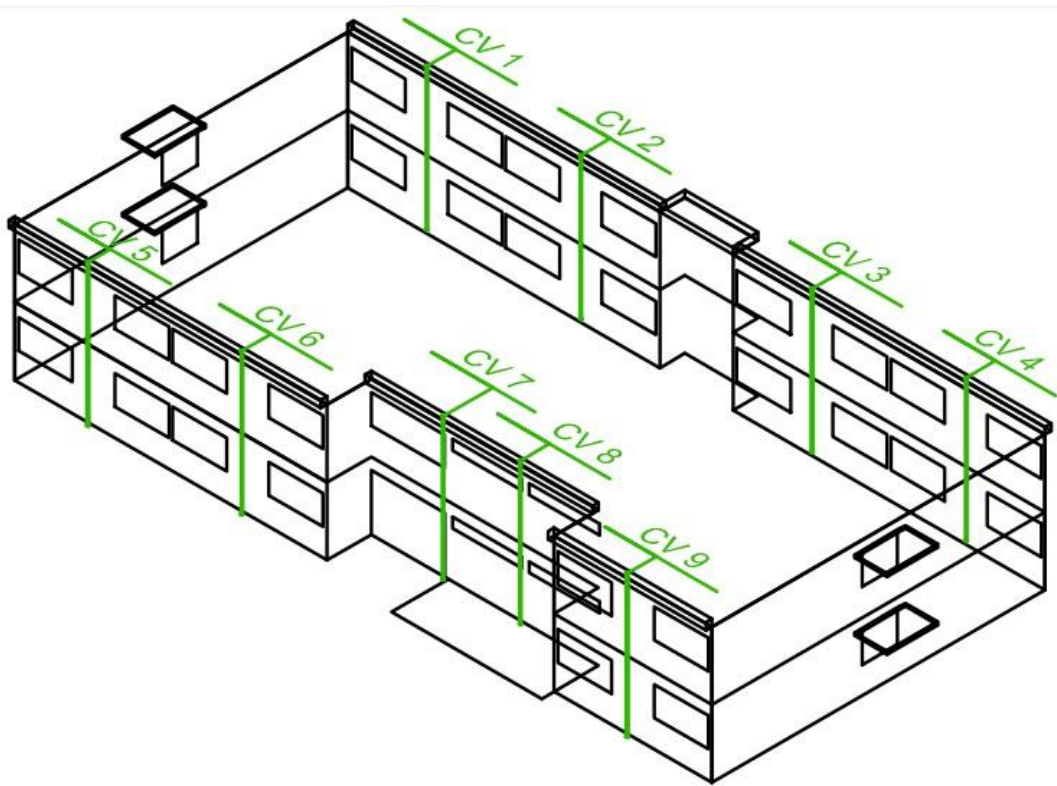


Fonte: Americanas (2022).

## 6. 5 VERIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES DOS CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais do Bloco 3 ficam localizados dentro da estrutura, os mesmos podem ser observados na Figura 23.

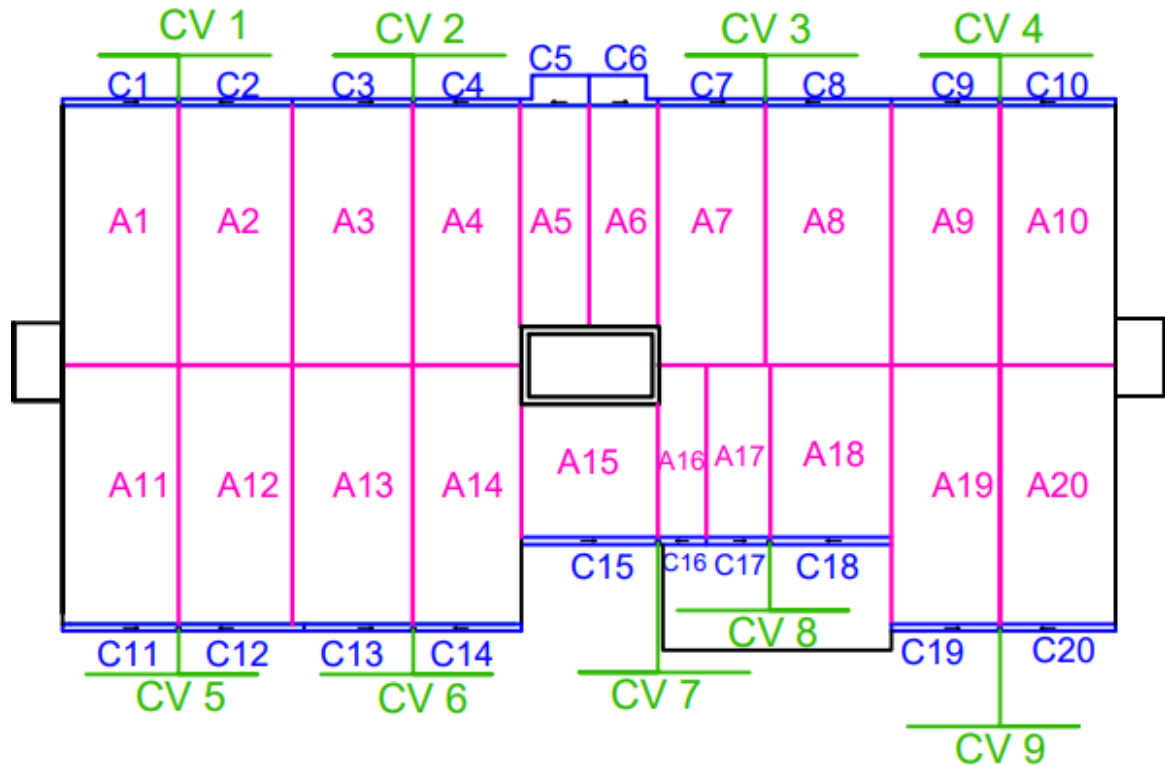
Figura 23 - Condutores Verticais do Bloco 3.



Fonte: Autora (2022).

As áreas de contribuição de cada condutor vertical é a soma das áreas de contribuição das calhas que desaguam em cada condutor. Na Figura 24 está a projeção horizontal das divisões, áreas contribuintes e calhas que contribuem com cada condutor vertical.

Figura 24 - Áreas de contribuição e calhas de cada condutor vertical.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).

Na Tabela 12 é mostrado cada condutor vertical, o valor das suas áreas de contribuição e as vazões de projeto calculadas para cada condutor.

Tabela 12 - Vazão de projeto dos condutores verticais.

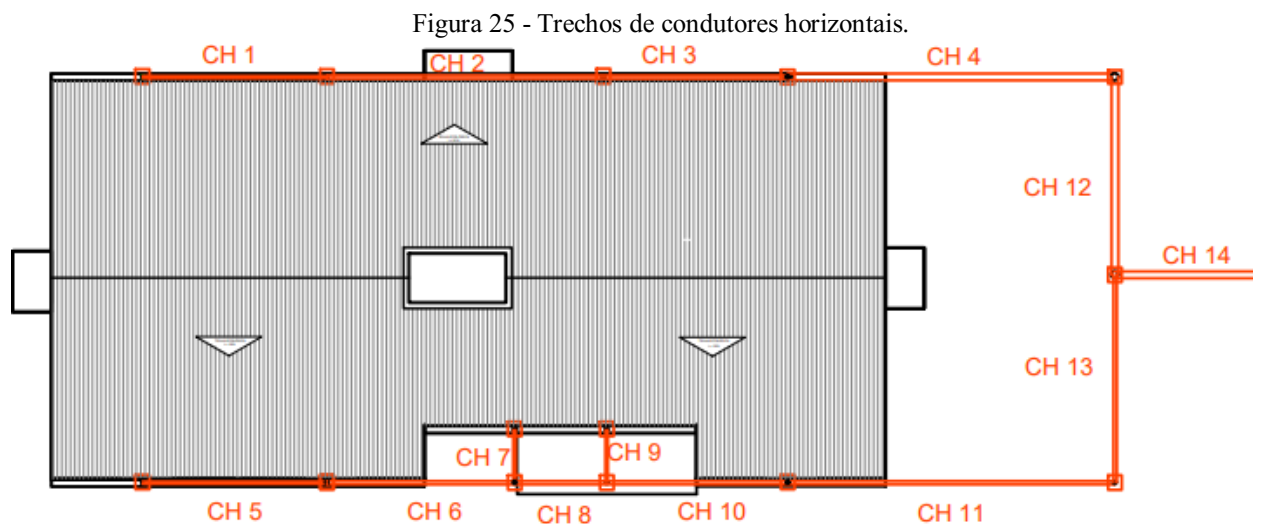
Condutores Verticais	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Vazão de projeto (L/min)
CV 1	70,46	189,93
CV 2	90,95	245,15
CV 3	92,64	249,71
CV 4	68,78	185,40
CV 5	70,41	189,79
CV 6	72,73	196,05
CV 7	33,84	91,22
CV 8	39,97	107,74
CV 9	68,78	185,40

Fonte: Autora (2022).

Com os valores das vazões de projeto de cada condutor vertical, foi feita a verificação do diâmetro do condutor fazendo a interseção da vazão mais alta (do condutor CV 2 = 249,71) entre as linhas L (7 m) e H (100 mm) do ábaco do item 5.2.5. O diâmetro do condutor vertical do Bloco 3 é de 100 mm, a verificação no ábaco deu valor próximo de 100 mm, não havendo a necessidade de alteração dos condutores verticais.

## 6. 6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

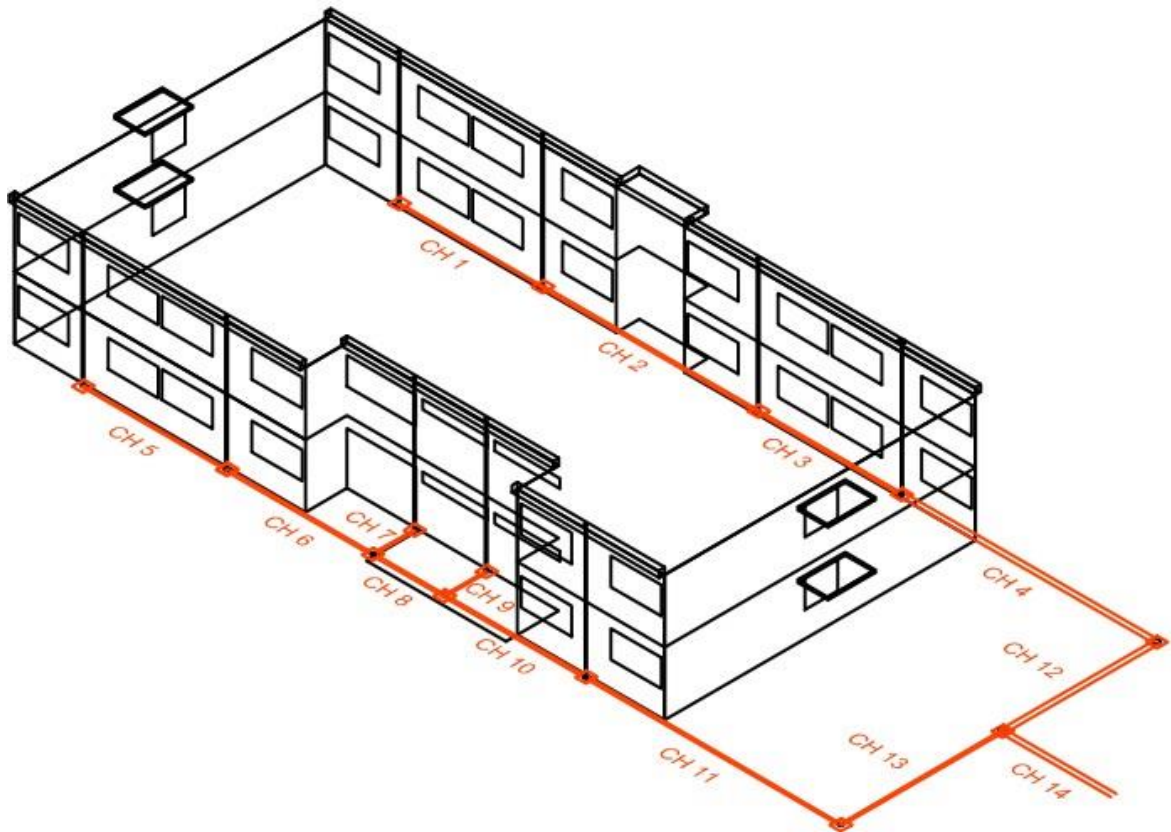
Os condutores horizontais foram redimensionados para conduzir as águas captadas até o reservatório, eles recebem as águas dos condutores verticais, ou seja, a vazão de projeto dos tubos verticais. Os trechos foram divididos a cada conexão do condutor horizontal com condutores verticais e com outros condutores horizontais, que fazem mudança de direção, representada nas figuras 25 e 26.



Fonte: Adaptado da subprefeitura do CCTA (2021).



Figura 26 - Condutores horizontais do Bloco 3.



Fonte: Autora (2022).

Os quadrados nas Figuras 25 e 26 são caixas de inspeção, a proposta é que seja colocado a cada 20 metros em locais de mudança de direção, mudança de declividade, algumas já existem e podem ser aproveitadas.

Os trechos CH 4 e CH 11 ficaram longos, porque de acordo com a planta fornecida pela subprefeitura deverá ser construído um calçamento para circulação de pessoas nesta área, assim esses trechos foram prolongados para o reservatório inferior não ocupar área de pedestre.

A ligação dos trechos de condutor horizontal com condutores verticais resulta no somatório das vazões de projeto dos mesmos. Na Tabela 13 estão os condutores horizontais, os condutores verticais contribuintes de cada trecho e seus valores de vazão de projeto, com os diâmetros e inclinações que atendem a capacidade máxima de vazão dos condutores.



Tabela 13 - Dimensionamento dos condutores horizontais.

Condutores Horizontais	Condutores verticais que desagua	Vazão de projeto (L/min)	D (mm)	Declividade (%)
CH 1	CV1	189,93	100	1%
CH 2	CV 1 + CV 2	435,08	150	1%
CH 3	CV 1 + CV2 + CV 3	684,79	150	1%
CH 4	CV 1 + CV2 + CV 3 + CV 4	870,19	300	0,50%
CH 5	CV5	189,79	100	1%
CH 6	CV5 + CV6	385,83	150	1%
CH 7	CV7	91,22	100	1%
CH 8	CV5 + CV6 + CV7	477,05	150	1%
CH 9	CV 8	107,74	100	1%
CH 10	CV5 + CV6 + CV7 + CV8	584,79	150	1%
CH 11	CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	770,19	150	1%
CH 12	CV 1 + CV2 + CV 3 + CV 4	870,19	300	0,50%
CH 13	CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	770,19	150	1%
CH 14	CV 1 + CV2 + CV 3 + CV 4 + CV5 + CV6 + CV7 + CV8 + CV9	1640,39	300	0,50%

Fonte: Autora (2022).

## 6. 7 PREVISÃO DE CONSUMO – DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

O pátio interno (Hall de entrada, a área de circulação e escadas dos dois andares do prédio) tem a área total de 121,2 m<sup>2</sup>. Já a área da rega de jardim (canteiro na frente do Bloco 3) tem uma área de 22 m<sup>2</sup>.

Para a demanda de descarga de vaso sanitário foi contabilizado o fator de frequência diário de pessoas que frequentam o Bloco 3, de 142 pessoas multiplicados pela média de descargas por dia (2 vezes) e pela quantidade de litros por descarga adotada de 6 litros. A previsão de consumo mensal para fins não potáveis está na Tabela 14.

Tabela 14 - Demanda de água não potável mensal.

Ponto de consumo	Consumo mensal (L)
Limpeza de pátios internos	1939,2
Rega de Jardim	889,2
Descarga em vasos sanitários	33600
<b>Total (Litros):</b>	<b>36428,4</b>
<b>total (m<sup>3</sup>):</b>	<b>36,4284</b>

Fonte: Autora (2022).

## 6. 8 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

O dimensionamento do reservatório inferior foi realizado pelos métodos de Rippl e de Azevedo Neto.

Para o dimensionamento pelo método de Rippl foram usados os dados de chuvas mensais, área de captação do Bloco 3 e demanda de água não potável (Tabela 15).

Tabela 15 - Método de Rippl.

Mês	Chuva média (m)	A (m <sup>2</sup> )	C (Runoff)	D (m <sup>3</sup> )	Q (t)	S (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
<b>Janeiro</b>	0,10	574,80	0,80	36,43	44,60	-8,18	
<b>Fevereiro</b>	0,14	574,80	0,80	36,43	66,22	-29,79	
<b>Março</b>	0,20	574,80	0,80	36,43	90,13	-53,70	
<b>Abril</b>	0,17	574,80	0,80	36,43	78,17	-41,74	
<b>Mai</b>	0,10	574,80	0,80	36,43	45,06	-8,64	
<b>Junho</b>	0,05	574,80	0,80	36,43	20,69	15,74	15,74
<b>Julho</b>	0,02	574,80	0,80	36,43	10,12	26,31	42,05
<b>Agosto</b>	0,01	574,80	0,80	36,43	3,68	32,75	74,80
<b>Setembro</b>	0,00	574,80	0,80	36,43	0,46	35,97	110,77
<b>Outubro</b>	0,01	574,80	0,80	36,43	6,44	29,99	140,76
<b>Novembro</b>	0,01	574,80	0,80	36,43	4,60	31,83	172,59
<b>Dezembro</b>	0,03	574,80	0,80	36,43	14,71	21,71	<b>194,30</b>

Fonte: Autora (2022).

Analisando a tabela pelo Método de Rippl, considerando o reservatório cheio no início, nota-se que o reservatório está cheio entre os meses de janeiro e maio, os valores negativo na coluna “S(m<sup>3</sup>)” desses meses são valores referentes ao valor de água pluvial que está escoando pelo extravasor, já os valores positivos significam que o nível de água do reservatório está baixando porque capta menos água do que a quantidade de demanda, começa partir do mês de junho e vai acumulando o abaixamento até o fim do ano. Sendo assim, é necessário um reservatório para armazenar aproximadamente 194 m<sup>3</sup> para que seja possível usar o reservatório de água pluvial durante todo ano suprimindo a demanda, mesmo nos meses de seca.

Para o método Azevedo Neto foram usados a média de chuvas no ano, área de captação do Bloco 3 e a quantidade de meses com pouca chuva, os meses com precipitação 0 em maior parte dos anos de 1994 e 2021, que vai de junho até dezembro, foram os meses considerados com pouca chuva (Tabela 16).

Tabela 16 - Método Azevedo Neto.

<b>Chuva média anual (mm)</b>	837
<b>Área captada (m<sup>2</sup>)</b>	574,8028
Meses com pouca chuva	4
Volume anual (L)	80826,47
<b>Volume anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>80,82647</b>

Fonte: Autora (2022).

Os valores do dimensionamento do reservatório inferior pelos métodos de Rippl e Azevedo Neto são bem altos, os dois métodos levam em consideração o período de irregularidade de chuvas (seca), por isso os valores dos reservatórios são bem altos. Analisando o método de Rippl, maior parte dos meses o volume captado está abaixo da demanda mensal, com isso aumenta o valor de água que deve ser acumulada no reservatório pra suprir a demanda durante todo o ano. Já pelo método do Azevedo Neto, leva em consideração os meses com pouca chuva, quanto maior o número de meses maior fica o valor do dimensionamento do reservatório por esse método.

Tecnicamente torna-se inviável a construção de um reservatório de 194 m<sup>3</sup> ou de 80 m<sup>3</sup>, em virtude da necessidade de uma grande área de construção para o caso de um reservatório apoiado sobre o terreno. Soma-se a isso, que a cidade de Pombal está localizada no semiárido nordestino com regime de chuva irregular em que alguns anos apresentam índices pluviométricos abaixo do previsto e assim, em meses considerados chuvosos tem chuva insuficiente. Por isso, foi levado em consideração a utilização da água da chuva como fonte complementar, suprimindo 25% da demanda mensal de água não potável no método de Rippl. Logo, para o atendimento da demanda de 9 m<sup>3</sup> o valor encontrado para o reservatório foi de 20,83m<sup>3</sup>.

Tabela 17 - Método de Rippl com 25 % da demanda de água não potável.

Mês	Chuva média (m)	A (m <sup>2</sup> )	C (Runoff)	D (m <sup>3</sup> )	Q (t)	S (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
<b>Janeiro</b>	0,10	574,80	0,80	9,00	44,60	-35,60	0,00
<b>Fevereiro</b>	0,14	574,80	0,80	9,00	66,22	-57,22	0,00
<b>Março</b>	0,20	574,80	0,80	9,00	90,13	-81,13	0,00
<b>Abril</b>	0,17	574,80	0,80	9,00	78,17	-69,17	0,00
<b>Mai</b>	0,10	574,80	0,80	9,00	45,06	-36,06	0,00
<b>Junho</b>	0,05	574,80	0,80	9,00	20,69	-11,69	0,00
<b>Julho</b>	0,02	574,80	0,80	9,00	10,12	-1,12	0,00
<b>Agosto</b>	0,01	574,80	0,80	9,00	3,68	5,32	5,32
<b>Setembro</b>	0,00	574,80	0,80	9,00	0,46	8,54	13,86
<b>Outubro</b>	0,01	574,80	0,80	9,00	6,44	2,56	16,42
<b>Novembro</b>	0,01	574,80	0,80	9,00	4,60	4,40	<b>20,83</b>
<b>Dezembro</b>	0,03	574,80	0,80	9,00	14,71	-5,71	15,11

Fonte: Autora (2022).

Para facilitar a instalação, foi considerado o volume de 20 m<sup>3</sup> e o modelo proposto para o sistema de aproveitamento de água pluvial é o tanque de polietileno de 20.000 litros (Figura 27) adequado para o reservatório inferior do tipo enterrado.

Figura 27 - Reservatório Inferior de águas pluviais.



Fonte: FORTLEV (2022).

Para o dimensionamento do reservatório superior, a demanda diária de água não potável, considerando no mesmo dia o uso para descarga dos vasos sanitários, limpeza dos corredores e irrigação do jardim está na Tabela 18.

Tabela 18 - Demanda de água não potável diário.

<b>Ponto de consumo</b>	<b>Consumo 2 dias (L)</b>
Limpeza de pisos internos	484,8
Rega de Jardim	88,92
Descarga em vasos sanitários	3360
<b>Total (Litros):</b>	<b>3933,72</b>
<b>total (m<sup>3</sup>):</b>	<b>3,93372</b>

Fonte: Autora (2022).

Como o sistema de aproveitamento de água pluvial irá atender 25% da demanda de água não potável, o reservatório superior irá atender também o mesmo valor, sendo assim

dimensionado um reservatório superior de 1m<sup>3</sup> (1000 L). O modelo proposto é a caixa d'água de polietileno (Figura 28) para suprir a demanda diária de água não potável do prédio.

Figura 28 - Reservatório Superior de águas pluviais.



Fonte: FORTLEV (2022).

O valor encontrado para o reservatório de descarte da primeira chuva foi de 1 m<sup>3</sup>, o modelo proposto é o tanque de polietileno de 1000 L (Figura 29) já que o reservatório de descarte vai ficar enterrado esse tipo de reservatório é adequado.

Figura 29 - Reservatório para o descarte das primeiras águas de chuva.

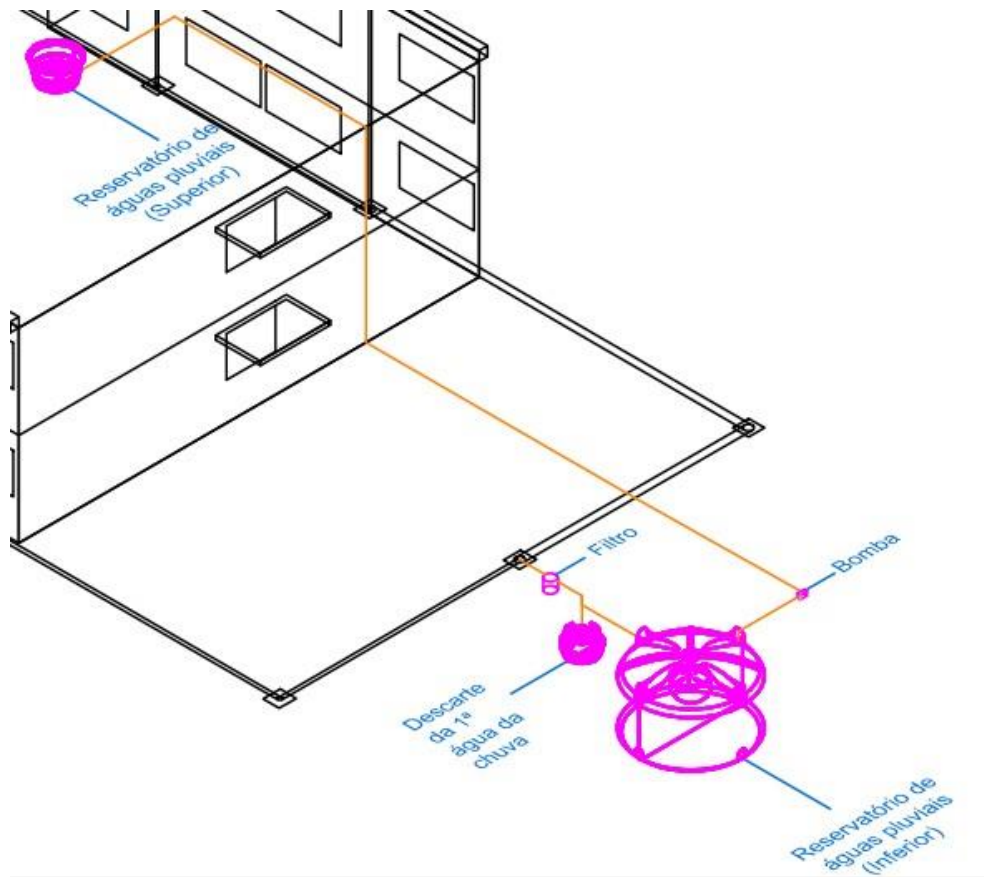


Fonte: FORTLEV (2022).

Antes da entrada das águas de chuva dentro dos reservatórios é ideal o uso de filtros autolimpantes que evita a entrada de sólidos mais grosseiros dentro dos reservatórios. O filtro pode ser instalado no último trecho dos condutores horizontais, antes do reservatório de descarte

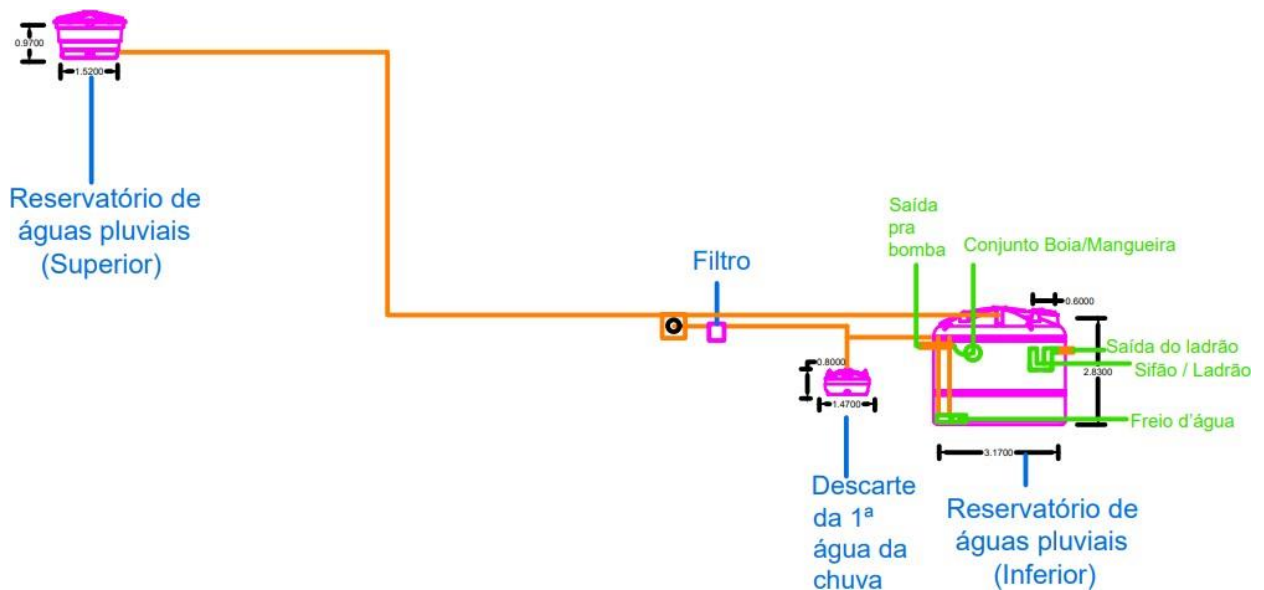
da primeira chuva. Nas Figuras 30 e 31 tem-se o esquema, em duas vistas diferentes, dos reservatórios que compõe o sistema de aproveitamento de água pluvial proposto.

Figura 30 -Esquema dos reservatórios do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Autora (2022).

Figura 31 - Esquema longitudinal dos reservatórios.



Fonte: Autora (2022).

O Freio d'água é usado para reduzir a velocidade da entrada da água no reservatório, impedindo a agitação dos sedimentos depositados por decantação no fundo do reservatório. O Sifão-ladrão extravasa o excesso de água no reservatório e impede a entrada de gases, insetos e animais. Já o conjunto boia/mangueira favorece a captação da água mais limpa, a boia mantém a mangueira na superfície para que água seja captada na superfície sem sedimentos (MINAS GERAIS, 2016).

## 6. 9 BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A previsão do uso do reservatório é contribuir com 9 m<sup>3</sup> dos 36 m<sup>3</sup> de água não potável do bloco 3, juntamente com o sistema de abastecimento de água fornecido pela CAGEPA. Foi calculada a economia na conta de água descontando a demanda de água não potável de 9 m<sup>3</sup>, usando como base as tarifas nas faixas de consumo para edificações públicas da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).

Desconto mensal:	<b>89,22</b>	<b>Reais</b>
Desconto anual:	<b>1070,64</b>	<b>Reais</b>

Fonte: Autora (2022).

Cerca de 1000 reais podem ser economizados por ano com o aproveitamento da água da chuva para abastecer 25% do consumo de água não potável.

## 7. 0 CONCLUSÕES

Através deste estudo foi possível constatar o potencial de captação de águas pluviais e que é viável a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em bloco da UFCG/Campus Pombal. Este tipo de sistema é uma alternativa viável para a preservação dos recursos hídricos e para a redução dos custos de água em campus universitário, por ser um edifício público os valores economizados na conta de água podem ser revertidos em benefícios para os frequentadores da UFCG.

No que tange as instalações pluviais existentes, constatou-se a necessidade de implantação de novos condutores horizontais, para encaminhar as águas captadas até o reservatório. O telhado e calhas apresentam bom estado, não sendo preciso intervenções, somente a instalação de grades nas saídas das calhas para os condutores verticais, prevenindo a entrada de detritos grossos no sistema. Não foi possível fazer análise dos condutores verticais para ter conhecimento da necessidade de reparos ou não, pois essas instalações estão embutidas nas paredes.

No dimensionamento do reservatório inferior pelo Método de Rippl, obteve-se um reservatório de 194 m<sup>3</sup>, e pelo método Azevedo Neto um volume de 80 m<sup>3</sup>, que resulta num alto volume de acumulação e a construção de um reservatório com grandes dimensões tornando-se inviável a adoção da proposta. Como a construção de reservatório de grande porte para acumulação de água de chuva em regiões de baixos índices pluviométricos, como a região de Pombal, torna-se tecnicamente inexecutável; o sistema de aproveitamento de água pluvial foi dimensionado para atender 25% da demanda de água não potável do bloco em estudo.

Para tanto, foi obtido o volume de 20 m<sup>3</sup> para o reservatório inferior e de 1 m<sup>3</sup> para o reservatório superior. Para o reservatório de descarte das primeiras chuvas foi determinado um volume de 1 m<sup>3</sup>, além dele foi proposto um filtro instalado nos condutores horizontais finais antes da chegada nos reservatórios para filtrar as sujeiras mais grossas que passam nos elementos de captação, evitando a sua entrada dentro do reservatório.

Com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais no Bloco 3 para atender 25% da demanda de água não potável pode ser economizado por ano nas contas de água cerca de 1000 reais.



## **8.0 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES**

Durante a pesquisa não foi possível obter dados mais precisos relativos ao consumo de água do prédio, pois a leitura obtida no hidrômetro que foi instalado no final de 2021 não representa os valores reais de consumo que são efetivamente registrados, tendo em vista que as aulas presenciais estavam suspensas devido à pandemia do Coronavírus 19. Assim, sugere-se para trabalhos futuros que esses dados sejam levantados e realizado uma nova análise acerca da demanda do bloco, durante as aulas presenciais e desta forma identificar a porcentagem de água que pode ser usada para o uso não potável no prédio.

Tendo em vista que a água de chuva não apresenta padrões de potabilidade e que pode conter poluentes e organismos patogênicos prejudiciais à saúde, faz-se necessário um estudo acerca da qualidade dessas águas, visando evitar problemas de saúde aos usuários.

Sugere-se ainda, para trabalhos futuros que seja feito o dimensionamento do sistema de recalque contido nesta proposta. E ainda, que este estudo seja estendido para os outros blocos do campus, podendo inclusive o uso da água captada ser adotado para atendimento da irrigação das culturas das estufas bem como no projeto de jardinagem do campus.

## REFERÊNCIAS:

- AESA. METEOROLOGIA – CHUVAS. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/> >. Acesso em: 18 ago. 21.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Água no mundo**. Disponível em:< <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo> >. Acesso em: 25 out. 2021.
- AMERICANAS. **Ralo Grelha Abacaxi Ferro Fundido 100mm**. Disponível em: < <https://www.americanas.com.br/produto/23554837#&gid=1&pid=1> >. Acesso em: 18 MAR. 2022.
- ANDRADE, Liza Maria Souza de; DIAS, Marcos Borges; GABRIEL, Viridiana Gomes. Análise dos impactos da ocupação urbana na gestão ecológica do ciclo da água na ilha de Fernando de Noronha. In: SEMINÁRIO DE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES: ÁGUAS URBANAS II, 2., 2007. Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UEL, 2007. Disponível em:< [http://www.uel.br/cce/geo/didatico/omar/pesquisa\\_geografia\\_fisica/FernandodeMoranha.pdf](http://www.uel.br/cce/geo/didatico/omar/pesquisa_geografia_fisica/FernandodeMoranha.pdf) >. Acesso em: 12 dez. 2021
- ANDRADE, Márcio; MARINOSKI, Ana Kelly; BECKER, Hugo Rohden. **Sistemas de aproveitamento de água da chuva**. Casa eficiente: uso racional de água., Florianópolis, v.3, 2010. Disponível em:< [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_III\\_WEB.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_III_WEB.pdf) >. Acesso: 21 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: < <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf> >. Acesso em: 14 set. 2021.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: < <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf> >. Acesso em: 12 set. 2021.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.
- BRASIL. Lei Federal n.º 9433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 08 de janeiro de 1997. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) >. Acesso em: 11 dez. 2021
- \_\_\_\_\_. Lei Federal ° 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 30 de outubro de 2017. 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: 11 dez. 2021.
- BRESSAN, Cláudia Priscila. **Levantamento de técnicas para o dimensionamento de condutores verticais em instalações prediais de águas pluviais**. 2006. 39 p. TCC

(Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco – USF, Itatiba SP, 2006. Disponível em: < <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1006.pdf> > Acesso em: 16 de dez. 2021.

CAGEPA. Estrutura Tarifária / Tabela Serviços. Disponível em: < <https://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Estrutura-Tarif%C3%A1ria-ARPB.pdf> >. Acesso em: 02 fev. 22.

CORRÊA, Gabriela Romagnoli. **Viabilidade técnica na utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva em um edifício residencial em Maringá-PR**. 2017.24p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Civil. Maringá-PR: UNICESUMAR - Centro Universitário de Maringá, 2017. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/305/1/Gabriela%20Romagnoli%20Correa.pdf>> Acesso em: 25 de jul. 2021.

DANTAS FILHO, Manoel Domiciano; MAIA, Yago Wiglife de Araújo; CARVALHO, Herculys Guimarães; LIRA, Yanneson Marlon de Araújo. Obtenção dos parâmetros hidrológicos da bacia do loteamento santo amaro ii, no município de Pombal-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 11., 2020. Vitória. **Anais eletrônicos...** Vitória: IBEAS, 2020. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VIII-011.pdf> >. Acesso em: 21 dez. 2021.

EVARISTO, Beatriz de Oliveira. **Análise de viabilidade de um sistema de esgotamento sanitário para a UFCG campus pombal**. 2020. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2020. Disponível em: < <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/19520> >. Acesso em: 20 dez. 2021.

FASOLA, Gabriel Balparda; GHISI, Enedir; MARINOSKI, Ana Kelly; BORINELLI, Jaffer Bressan. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, out. 2011. Disponível em: < <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/22715/14575> >. Acesso em: 22 dez. 2021.

FORTLEV. **Caixa d'Água de Polietileno 1.000L**. Disponível em: < <https://www.fortlev.com.br/produtos/reservatorios/caixa-dagua-de-polietileno-1000/> >. Acesso em: 18 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. **Tanque de Polietileno 1.000L**. Disponível em: < <https://www.fortlev.com.br/produtos/reservatorios/tanque-de-polietileno-1000/> >. Acesso em: 18 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. **Tanque de Polietileno 20.000L**. Disponível em: < <https://www.fortlev.com.br/produtos/reservatorios/tanque-de-polietileno-20000/> >. Acesso em: 18 mar. 2022.

FREITAS, Graziela Pinto de Freitas; RIBEIRO, Rosinete Batista dos Santos; SILVA, Kardelan Arteiro da; CAVALCANTE; Ingrid Lélis Ricarte. **Sistema de tratamento de efluentes para o campus da Universidade Federal de Campina Grande na cidade de Pombal**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. V. 11, Nº 2, p. 08-12, 2016. Disponível em: < <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4525/3873> >. Acesso em: 12 mar. 2022.

GERALDI, Mateus Soares. **First Flush: a importância do descarte das primeiras chuvas**. Florianópolis: RainMap, 2018. Disponível em: < <https://rainmap.com.br/a-importancia-do-descarte-das-primeiras-chuvas/> >. Acesso: 13 de fev .2022.

GHISI, Eneidir; GUGEL, Eloir Carlos. **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/217358-Instalacoes-prediais-de-aguas-pluviais.html> >. Acesso em: 15 set. 2021.

GONÇALVES, Ricardo Franci; NOUR, Edson Aparecido Abdul; PHILIPPI, Luiz Sergio; ALVES, Wolney Castilho; JORDÃO, Eduardo Pacheco; BAZZARELLA, Bianca Barcellos; ANNECCHINI, Karla Ponzovaccari; ZANELLA, Luciano; ROCHA, Adilson Lourenço; SEZERINO, Pablo Heleno; PETERS, Madelon Rebelo; ROSTON, Denis Miguel. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas: PROSAB 4**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 352 p. Disponível em: < [http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso\\_agua\\_-\\_final.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf) >. Acesso: 5 jun. 2021.

HAGEMANN, Sabrina Elikier. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Santa Maria**. 2009. 141p. Dissertação (Mestrado - Área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2009. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7715/HAGEMANN,%20SABRINA%20ELIKIER.pdf> >. Acesso 12 jun, 2021.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água na agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, 4 out. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Brasília, 2021. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/pombal.html> >. Acesso em: 28 dez. 2021.

KLEIN, Silvana. **Estudo projetual para o aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar no município de Joinville-SC**. 2019. 114p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville-SC. 2019. Disponível em : < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197438> > 09 ago. 2021.

LUCAS, Felipe Vitoriano. **Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em indústria de alimentos**. 2016. 148p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade de Brasília. Brasília-DF. 2016. Disponível em: < [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16648/1/2016\\_FelipeVitorianoLucas\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16648/1/2016_FelipeVitorianoLucas_tcc.pdf) >. Acesso em: 15 nov. 2021.

MANO, Rafael Simões. **Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade técnica e benefícios do sistema**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8742/000586430.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 10 set. 2021.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino: estudo de caso em Florianópolis –SC.** 2007. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007. Disponível em:< [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Ana\\_Kelly\\_Marinoski.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf) >. Acesso: 09 jun. 2021.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINAS GERAIS. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Eco Universidade: Plano Ambiental para uma universidade socioambientalmente correta. Minas Gerais Universidade Federal de Lavras. Pró-Reitoria de Planejamento e Gestão. **Relato de experiência.** 13p. Lavras-MG: ENAP. 2013. Disponível em: < <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/281> >. Acesso em: 02 jan. 2022.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Aproveitamento de água pluvial: conceitos e informações gerais. 2016. 42 p. Disponível em: < [https://www7.fiemg.com.br/Cms\\_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/SDI/2016/RecursosHidricos/SS-0115-15-CARTILHA-AGUA-DA-CHUVA-INTRANET.pdf](https://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/SDI/2016/RecursosHidricos/SS-0115-15-CARTILHA-AGUA-DA-CHUVA-INTRANET.pdf) >. Acesso em: 18 dez. 2021.

NAKAGAWA, Alessandra Keiko. Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA. UFBA, 2009. 207p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo).

NUNES, Juliana Gervasio. **Análise da concepção e comportamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em operação na UFMT, Campus Cuiabá.** 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2016. Disponível em< [https://ri.ufmt.br/bitstream/1/2669/1/DISS\\_2016\\_Juliana%20Gervasio%20Nunes.pdf](https://ri.ufmt.br/bitstream/1/2669/1/DISS_2016_Juliana%20Gervasio%20Nunes.pdf) >. Acesso 18 Jan, 2022.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016. Disponível em:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1050541/1/documentos122.pdf> >. Acesso em: 15 dez. 2021.

PARAÍBA. Lei Estadual n.º 9.433, de 27 de maio de 2010. **Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências.** João Pessoa, PB, 27 de maio de 2010. Disponível em: < <https://transparencia.pb.gov.br/conselhos-estaduais/conselho-estadual-de-recursos-hidricos/legislacao/lei-no-9-433-97-lei-das-aguas-pnrh.pdf/@@download/file/Lei%20N%C2%BA%209.433-97%20-%20Lei%20das%20%C3%81guas%20-%20PNRH.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 10.033, de 03 de julho de 2013. **Institui a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento da Água da Chuva no Estado da Paraíba, e dá outras providências.** João Pessoa, PB, 03 de julho de 2013. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=310531> >. Acesso em: 20 fev. 2022.

PEREIRA, Quemel Leal; ANDRADE, Paulo Romero Guimarães Serrano de. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis na universidade federal do recôncavo da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 20., 2013. Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Disponível em:< [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/43f3640fbabef7b3a74a2f4c8aa80740\\_b84a269c517bf424691f5d0233aca9ba.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/43f3640fbabef7b3a74a2f4c8aa80740_b84a269c517bf424691f5d0233aca9ba.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2022.

PINTO, Gustavo Rodrigues. **PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS MATRICIAIS (IMAGENS) COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULÁVEIS (VANT).** 2017. 105 fls. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

QUEIROZ, Manoel Moisés Ferreira de; FARIAS, Camilo Alison Simões de. **Potencial de aproveitamento de águas fluviais não potáveis no campus da UFCG em Pombal-PB.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró-RN, v.8, n.1, p-294-279, jan-mar, 2013. Disponível em:< <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2168/1666> >. Acesso em: 31 jul.2021.

RAINMAP. Análise de viabilidade para implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no Centro Tecnológico – CTC/UFSC. **Relatório Técnico.** Florianópolis, SC: UFSC, 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176033/ProjetoCTC-AnaliseViabilidade-F-20170522-DRIVE.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 02 jan. 2022.

RAMOS, Messias Rodrigues. **Gestão Pública Sustentável: Aproveitamento das águas pluviais na UFCG campus de Pombal.** 34 fls. 2021. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Pombal 2021.

RIBEIRO, Ana Kelly Marionoski; MARINOSKI, Deivis Luís: **Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistema de aproveitamento de água pluvial residenciais.** Mix Sustentável, Florianópolis, v.6, n.2, p. 53-66, maio. 2020. Disponível:< <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4080/3095> >. Acesso: 4 jul.21.

SALES, Hian Melo. **Proposta de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no semi árido cearense: estudo de caso na Universidade Federal do Ceará em Crateús.** 2019. 93p.Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Ceará. Crateús. 2019. Disponível em: < [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48922/1/2019\\_tcc\\_hmsales.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48922/1/2019_tcc_hmsales.pdf)>. Acesso em: 4 de jun 2021.



SAUTCHUK, Carla; FARINA, Humberto; HESPANHOL, Ivanildo; OLIVEIRA, Lúcia Helena de; COSTI, Luiz Olímpio; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; GONÇALVES, Orestes Marraccini; MAY, Simone; BONI, Solange da Silva Nunes; SCHMIDT, William.

**Conservação e reuso da água em edificações.** São Paulo: ANA; SindusCon; FIESP, 2006. 152p. Disponível em:<

<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2006/ConservacaoEReusoDaAguaEdificacoes.pdf>> Acesso: 23 ago.2021.

SILVA, José Ronildo. Estimativa do potencial de captação de águas pluviais no Campus da UFCG em Pombal – PB. 2017. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2017. Disponível em:<

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18080/3/JOS%C3%89%20RONILDO%20DA%20SILVA%20-%20TCC%20-%20BACHARELADO%20EM%20ENGENHARIA%20AMBIENTAL%202017.pdf> >.

Acesso em: 20 set. 2021.

SILVA, Kátia Barbosa da; OLIVEIRA Raissa Borges; ISMAEL, Luara Lourenço; ARRUDA, Valmir Cristiano Marques de. **Desperdício de água nas instalações prediais do Campus Universitário da UFCG em Pombal-PB: Medidas para conservação, aproveitamento e reuso.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró-RN, v.8, n.3, p-221-228, jul-set, 2013. Disponível em:<

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2466/1914> > Acesso em: 12 jan.2022.

SISTEMA DE AUTOAVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA (SAVEH). **A disponibilidade de água no mundo e no Brasil.** 2016. Disponível em: <

<https://saveh.ambev.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil> >.

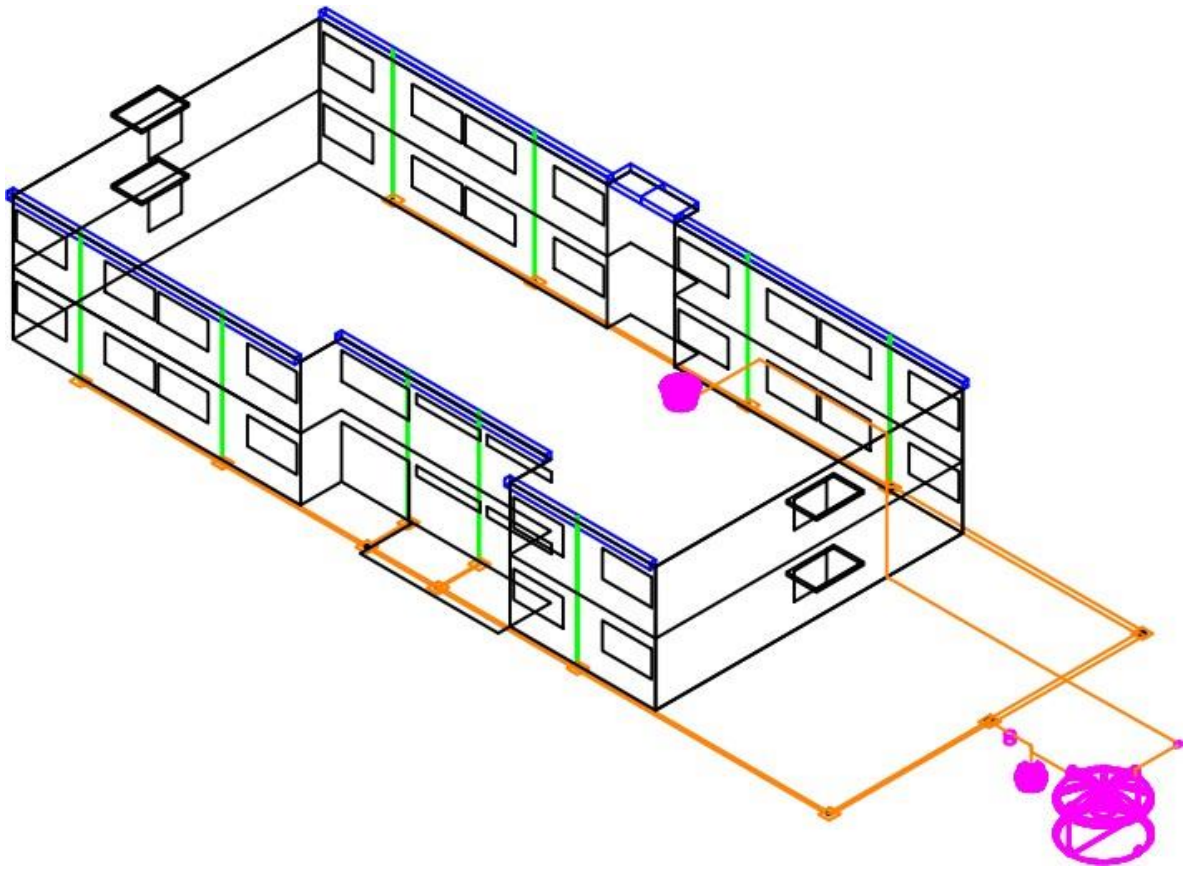
Acesso em: 16 Dez. 2020

SUASSUNA, JOÃO. **Água**, artigo de João Suassuna. 2019. Disponível em: <

<https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/10628-agua-artigo-de-joao-suassuna>>. Acesso em: 22 de ago. de 2021.

Subprefeitura do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. UFCG. Pombal – PB, 2021.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html>>. Acesso em: 09 de jun. 2021.

**APÊNDICE A – Esquema do aproveitamento de água pluvial do Bloco 3**

Fonte: Autora (2022).



## ANEXO A – Série histórica de chuvas em Pombal entre 1994 e 2021.

<b>Ano/Mês</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>1994</b>	130,4	155,2	93,2	148	159	183	43	0	0	0	0	30
<b>1995</b>	17,6	62,4	291,2	234,6	253	31,2	61,2	0	0	6	28,4	0
<b>1996</b>	87,9	126,6	153,2	360,8	96	14,4	13,6	7	0	0	11	7
<b>1997</b>	120,4	66,2	154,4	133	133,2	0	23,2	8	0	0	8,5	47,5
<b>1998</b>	172,7	67,2	143,5	33	24	0	22	5,5	0	0	0	0
<b>1999</b>	29,6	6,2	324,2	21,9	132,3	8,4	1,5	0	0	13	42,5	115,3
<b>2000</b>	45,2	137,5	204,6	244,1	53,4	46	67,2	47,4	7,1	0	11,2	65,4
<b>2001</b>	4,8	4	230,6	68	8	40,9	10,8	0	0	18,2	0	10,6
<b>2002</b>	299,9	173,6	174,1	200,3	151,4	31	6	0	4	0	0	0
<b>2003</b>	97,4	227,2	266,2	124,1	63,7	8,5	14,8	0	0	0	14	10,4
<b>2004</b>	575,4	437,9	209,8	52,6	28,6	157,6	21,2	5	0	0	0	12
<b>2005</b>	20,3	69,6	205,8	56,8	140,3	50,7	0	0	0	0	0	94,3
<b>2006</b>	2,3	373,8	215,7	213,5	127,5	21,9	7,8	9,1	0	5,3	0	0
<b>2007</b>	2,1	379,7	58,3	210,3	132,3	21	22,5	0	0	0	0	0
<b>2008</b>	87	78,7	474,4	333,7	151	29,6	31,7	5	0	0	0	11,7
<b>2009</b>	92,3	200,4	159,4	397,1	218,3	91,3	28,6	102	0	0	0	36,5
<b>2010</b>	117,2	141	98	288,4	5	63,9	0	0	0	230	0	74,7
<b>2011</b>	172,2	224	20,5	197,8	219,4	36,5	21,8	0	0	55,5	11,6	0
<b>2012</b>	47,6	62,4	51,7	83,7	5,3	17,2	11	0	0	0	0	0
<b>2013</b>	56,2	15	132,3	105,9	25,8	60,5	51,8	9,2	0	5,9	14,7	62,4
<b>2014</b>	0	50,5	284,7	99,9	142,1	31,7	9,5	0	8,4	9,6	77	0
<b>2015</b>	0	102,7	228,6	86	57,5	173	28,3	0	0	0	0	0
<b>2016</b>	111,1	78,4	230,6	71,1	6,4	17,5	0	0	0	0	0	12,9
<b>2017</b>	77,1	83,1	205,5	114,4	12,7	39,7	53,9	0	0	0	3,7	26,8
<b>2018</b>	59,4	256	101,9	188,4	42,4	8,2	0	0	0	2,6	3,5	68,2
<b>2019</b>	143,6	77,5	273	104,2	36,4	2,7	20,4	0	0	0	0	1,8
<b>2020</b>	119,3	173,7	262,7	305,1	246,9	72,2	5,4	0	0	0	21,7	40,1
<b>2021</b>	12,2	174,3	215,8	283,3	67,6	0	18,4	0	0	19,1	4,7	146,4

Fonte: Adaptado da AESA (2021).