



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



BRUNO CAMERA FEITOSA DE OLIVEIRA

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ACADEMIA NA CIDADE DE
ARACAJU - SE

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2022

BRUNO CAMERA FEITOSA DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ACADEMIA NA CIDADE DE
ARACAJU - SE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Conceição de Gois Santos Michelan

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



Ata de defesa

Bruno Camera Feitosa de Oliveira

Aproveitamento de águas pluviais em academia na cidade de Aracaju-SE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 01 de abril de 2022

Banca examinadora

	Nota
Orientador(a): Profa. Dra. Denise Conceição de Gois Santos Michelan (UFS)	<u>8,5</u>
Examinador(a): Eng. Lúcio Vinícius Aragão Santos (UFS)	<u>8,5</u>
Examinador(a): Profa. Dra. Luciana Coêlho Mendonça (UFS)	<u>8,5</u>

Média Final: 8,5

Declaro que este Trabalho de Conclusão do Curso foi apresentado por videoconferência, com anuência dos membros da banca, seguindo a Portaria nº 001/2020/CCET, de 17 de março de 2020.


Profa. Dra. Denise Conceição de Gois Santos Michelan (UFS)
Orientador(a)

OLIVEIRA, B. C. F. **Aproveitamento de águas pluviais em academia na cidade de Aracaju - SE.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Civil, 73p, São Cristóvão, 2022.

RESUMO

A crescente demanda por recursos naturais essenciais à vida humana e a visão de que estes são finitos, instigam a busca pelo desenvolvimento sustentável. A água é um dos bens mais amplamente utilizados e sua escassez impossibilita a vida da população. Nesse contexto, o aproveitamento de águas pluviais se torna uma valiosa fonte alternativa de abastecimento. A fim de analisar a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, o presente trabalho apresenta estudo realizado em academia, na cidade de Aracaju em Sergipe. Foi realizado dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água de chuva pelos métodos de Rippl, Azevedo Netto, Prático Alemão e Prático Inglês, sendo adotado o volume calculado pelo método de Azevedo Netto. A proposta foi de captação de chuva no telhado da academia com volume de 320.040 L e aproveitamento nas descargas dos vasos sanitários da própria academia e para limpeza dos banheiros. Por fim, foi realizado dimensionamento do sistema e análise econômica levando em consideração os custos de implantação de R\$ 8.989,64 e a economia anual gerada nos gastos com abastecimento de água de RS 12.610,32. Apesar do investimento inicial significativo, foi constatada a viabilidade do sistema após período de 9 meses.

Palavras-chave: dimensionamento de reservatório; análise econômica; sustentabilidade.

OLIVEIRA, B. C. F. **Aproveitamento de águas pluviais em academia na cidade de Aracaju - SE.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Civil, 73p, São Cristóvão, 2022.

ABSTRACT

The growing demand for natural resources essential to human life and the view that these are finite, instigate the search for sustainable development. Water is one of the most widely used goods and its scarcity makes life impossible for the population. In this context, the use of rainwater becomes a rich alternative source of supply. In order to analyze the implementation of a rainwater harvesting system, the present work presents a study carried out in an academy, in the city of Aracaju in Sergipe. The sizing of the reservoir for the use of rainwater was carried out using the methods of Rippl, Azevedo Netto German Practical and Practical English, using the volume calculated by the Azevedo Netto method. The proposal was to capture rain on the gym's roof with a volume of 320,040 L and use it to flush the gym's own toilets and to clean the bathrooms. Finally, the sizing of the system and economic analysis were carried out, taking into account the implementation costs of R\$ 8,989.64 and the annual savings generated in the expenses with water supply of R\$ 12,610.32. Despite the significant initial investment, the system became viable after a period of 9 months.

Keywords: reservoir sizing; economic analysis; sustainability.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
CPRM	Companhia de Pesquisa Recursos Minerais Serviço Geológico do Brasil
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe
FIESP	Federação de Indústrias do Estado de São Paulo
IBC	Índice Benefício/Custo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ORSE	Orçamento de Obras de Sergipe
PCD	Pessoa com Deficiência
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PVC	Policloreto de Vinila
SCAP	Sistema de Captação de Águas Pluviais
SindusCon-SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
TMA	Taxa Mínima Atrativa
UFS	Universidade Federal de Sergipe
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Filtro de areia veneziano.	4
Figura 2- Estádio Tokyo Dome.	5
Figura 3 – Esquema de um SCAP para reservatório.	11
Figura 4 – Área de coleta em telhado.	13
Figura 5 – Área de coleta em laje.	13
Figura 6 – Área de coleta em telhado e pátio.	13
Figura 7 – Área de contribuição para telhados inclinados segundo a NBR 10844.	14
Figura 8 – Telhado com subdivisões em áreas menores.	14
Figura 9 – Ábaco para dimensionamento de calha com saída em aresta viva.	17
Figura 10 – Ábaco para dimensionamento de calha com funil de saída.	17
Figura 11 – Funcionamento do sistema <i>First Flush</i>	19
Figura 12 – Dispositivo de grade localizado sobre a calha.	20
Figura 13 – Filtro para retenção de materiais grosseiros.	21
Figura 14 – Sistema de retenção de partículas sólidas.	21
Figura 15 – Cisterna de concreto para reaproveitamento da água da chuva.	23
Figura 16 – Cisterna de metal galvanizado para reaproveitamento da água da chuva.	23
Figura 17 – Localização da Academia R Performance.	28
Figura 18 – Entorno da Academia R Performance.	29
Figura 19 – Fachada da Academia R Performance.	30
Figura 20 – Telha termoacústica (sanduiche) na Academia R Performance.	30
Figura 21 – Vista da cobertura da academia R Performance.	31
Figura 22 – Planta baixa adaptada dos banheiros da Academia R Performance.	32
Figura 23 – Localização da em relação à Academia R Performance.	33
Figura 24 – Medidas dos banheiros (dimensões em metro).	36
Figura 25 – Planta da cobertura adaptada da academia (dimensões em metro).	37
Figura 26 – Seção transversal da cobertura da academia - Corte AA (dimensões em metro).	38
Figura 27 – Áreas de contribuição da cobertura da academia.	39
Figura 28 – Intensidade pluviométrica para chuva de 5 minutos.	41
Figura 29 – Dimensões do reservatório.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variação da qualidade da chuva devido ao sistema coletado.	9
Quadro 2 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.	9
Quadro 3 – Coeficiente de rugosidade (n).	16
Quadro 4 – Consumo de água não potável.	34
Quadro 5 – Coeficientes de <i>runoff</i> médio.	40
Quadro 6 – Comparação entre os métodos de dimensionamento do reservatório.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidades de calhas semicirculares com $n=0,011$ (vazões em L/min).	16
Tabela 2 – Capacidades de condutor horizontal de seção circular com $n=0,011$ (L/min).	18
Tabela 3 – Dados pluviométricos de Aracaju (jan 2011 – dez 2020).	43
Tabela 4 – Precipitações totais e médias anuais (2011 - 2020).	44
Tabela 5 – Precipitações médias por mês e período de estiagem (jan 2011 – dez 2020).	44
Tabela 6 – Volume captável de água pluvial.	45
Tabela 7 – Demanda mensal e anual das descargas.	46
Tabela 8 – Demanda mensal e anual das limpezas.	47
Tabela 9 – Demanda de água não potável na academia.	48
Tabela 10 – Diâmetros dos condutores horizontais.	49
Tabela 11 - Custos do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial.	53
Tabela 12 – Retorno do capital investido (<i>payback</i>).	54

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo Geral.....	3
2.2	Objetivos Específicos	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Aproveitamento de água pluvial.....	4
3.1.1	Breve Histórico	4
3.1.2	Normas e legislação brasileira	6
3.1.3	Qualidade da água pluvial.....	8
3.1.4	Tipos de uso	10
3.2	Sistema de captação de águas pluviais.....	10
3.2.1	Área de captação	12
3.2.2	Calhas e condutores	15
3.2.3	Dispositivo de descarte de escoamento inicial.....	19
3.2.4	Dispositivo de descarte de sólidos	20
3.2.5	Volume captável	22
3.2.6	Reservatórios	22
3.2.7	Instalações elevatórias	24
3.3	Métodos de dimensionamento de reservatório.....	24
3.3.1	Método de Rippl	25
3.3.2	Método de Azevedo Netto	25
3.3.3	Método Prático Alemão	26
3.3.4	Método Prático Inglês	26

3.4	Viabilidade Econômica.....	26
3.4.1	Custo Benefício (IBC)	27
3.4.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	27
3.4.3	Tempo de retorno (Payback).....	27
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1	Objeto de Estudo.....	28
4.2	Levantamento de Dados	33
4.2.1	Dados pluviométricos	33
4.2.2	Consumo de água não potável	34
4.2.3	Área de captação	36
4.2.4	Volume captável	40
4.3	Dimensionamento das tubulações.....	40
4.4	Dimensionamento de reservatórios	41
4.5	Análise da viabilidade econômica.....	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1	Levantamento de dados.....	42
5.1.1	Dados hidrológicos da região	42
5.1.2	Área de captação e volume captável.....	45
5.1.3	Previsão de consumo de água não potável.....	46
5.2	Dimensionamento.....	49
5.2.1	Tubulações	49
5.2.2	Reservatório	50
5.3	Análise econômica.....	53
6.	CONCLUSÃO.....	55

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o planeta, pois nela surgiram as primeiras formas de vida, e a partir dessas, originaram-se as formas terrestres, que somente conseguiram sobreviver na medida em que puderam desenvolver mecanismos fisiológicos que lhe permitissem retirar a água do meio e retê-la em seu próprio organismo. A evolução dos seres vivos sempre foi dependente da água.

Dentre a dependência da água pelo ser humano, o planeta já enfrenta uma crise de abastecimento de água, apesar disto não significar que o líquido esteja diminuindo. A água que circula por mares, rios e lagos, que está guardada nos depósitos subterrâneos e nas calotas polares, como gelo, ou que circula em forma de umidade pela atmosfera, tem volume quase constante, que demora milhões de anos para ser alterado. Essa quantidade quase não se altera devido a água estar em eterno processo de reciclagem natural: evapora, desaba como chuva, escorre para o fundo da terra e retorna para a superfície, de onde volta a evaporar, no chamado ciclo da água. Por isso, a água é um recurso renovável (PEREIRA, 2019).

Porém apesar do ciclo da água ser permanente, o que mais acaba prejudicando a população é a má distribuição desse recurso tão necessário para todos. De acordo com o censo de 1990 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 80% da precipitação atingiu área ocupada por apenas 5% da população, ou seja, a maior parte da água não está disponível para consumo (REBOUÇAS, 1997).

Apenas 3% de todos os recursos hídricos existentes no planeta são de água doce própria para consumo. Para dificultar ainda mais a situação, desse total de água doce existente, a maior parte encontra-se nas geleiras e no lençol freático. Por sorte, o Brasil possui a maior reserva mundial de água potável, com cerca de 12% do montante total, o que não necessariamente livra o país de sofrer com a falta desse importante recurso natural (RODOLFO, 2019)

A ausência do recurso natural em algumas localidades no Brasil é inerente à localização geográfica. A distribuição da água no Brasil é naturalmente desigual, de modo que justamente as áreas menos povoadas do país é que concentram a maior parte dos recursos hídricos.

O crescimento demográfico acelerado e consequentemente, a urbanização sem planejamento adequado são fatores preponderantes para a escassez de água no planeta. O aumento da demanda intensificou a industrialização e a agricultura, setores com significativo

consumo de água. Atrelado a isso, surgiu uma questão muito preocupante: o uso indiscriminado, o desperdício e a degradação de recurso hídrico pela população, que, a princípio, tinha a visão da água como um recurso inesgotável (PEREIRA, 2019).

A degradação do recurso hídrico torna-se ainda mais problemática quando se fala do polígono das secas que corresponde a 1.348 municípios inseridos na área de 1.108.434.82 km² dispostos nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Esse termo designa uma região concentrada no Nordeste e em parte do Sudeste que sofre com a falta de água ou sua baixa oferta por longos períodos. É caracterizado, no geral, pelo baixo regime de chuvas e pela aridez do solo. Desse modo, predominam-se as altas temperaturas, baixa umidade e pouca nebulosidade (RODOLFO, 2019).

O clima dessa região é predominantemente semiárido, e a vegetação é a Caatinga. A importância da criação do Polígono das Secas está atrelada ao papel do Estado em criar políticas públicas de desenvolvimento econômico e social para a região, mediante o cenário natural de seca enfrentado pela população local.

Segundo a revista *Veja* (1999, apud BRAGA, 2008), outros fatores que contribuem para a problemática da escassez de água são: alta incidência solar que evapora 90% da precipitação, baixo índice de infiltração da água em lençóis subterrâneos devido ao solo rochoso presente em parte do território nordestino e curta duração da chuva.

Devido aos fatores citados anteriormente, a distribuição do recurso hídrico é sem dúvida, um assunto indispensável para a população. Com isso, torna-se uma maneira alternativa, o aproveitamento das águas pluviais para suprir as demandas hídricas.

Por fim, além de trazer para a população um menor custo na tarifa de água que é paga, o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, como por exemplo, descarga de bacias sanitárias, lavagem de pátios, lavagem de veículos, entre outros, acaba minimizando o consumo da água potável, além de contribuir para uma certa redução de ocorrências de enchentes e alagamentos, visto que essa água seria reaproveitada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O trabalho em questão tem como objetivo, analisar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, utilizando como estudo de caso uma academia localizada na cidade de Aracaju, Sergipe.

2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar o volume do reservatório de armazenamento de água pluvial através dos seguintes métodos: Rippl, Azevedo Netto, Prático Alemão, Prático Inglês e comparar os resultados obtidos;
- Projetar um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma academia localizada na cidade de Aracaju no estado de Sergipe;
- Verificar a viabilidade econômica do projeto através de métodos como custo-benefício, Valor presente líquido (VPL) e *payback*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

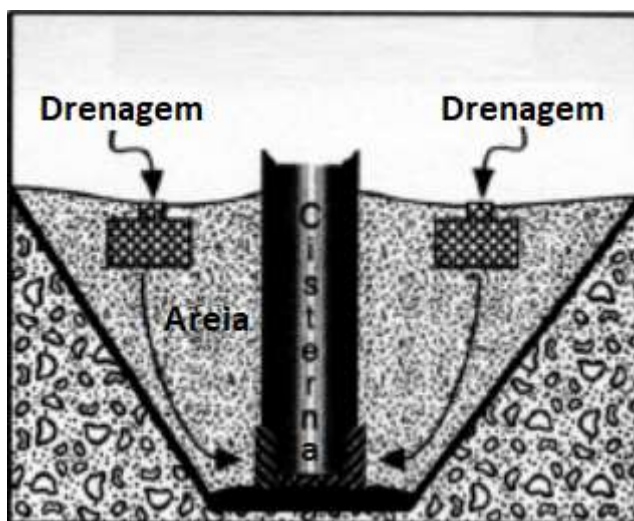
3.1 Aproveitamento de água pluvial

3.1.1 Breve Histórico

O aproveitamento da água pluvial para consumo potável em residências, já vem sendo utilizado há muitos anos em países desenvolvidos como Estados Unidos, Alemanha, Japão e Austrália. Segundo estudo desenvolvido por países de primeiro mundo, indicam que diante desse aproveitamento pode haver economia da água de cerca de 30%, dependendo é claro, de alguns fatores como, por exemplo, o índice de precipitação da chuva e a área do telhado para captação da mesma (LIMA, 2011).

Ao longo do tempo, foram desenvolvidas tecnologias para aprimorar o sistema de aproveitamento da água pluvial. Devido ao aspecto visual ruim da água, foi elaborado um filtro de areia, utilizado para realizar a filtração, no qual encontra-se exposto no esquema da Figura 1. Na Itália, no século VI, o dispositivo foi disseminado pelos venezianos para o mundo mediterrâneo (TOMAZ, 2009a).

Figura 1 – Filtro de areia veneziano.



Fonte: Adaptado de Tomaz (2009a).

Posteriormente, em 1880, foi comprovado pelo cientista Robert Koch (1843-1910) através de testes que, a água potável da Alemanha apresentava bactérias causadoras de doenças intestinais com alta taxa de morbidade e mortalidade. Então, em 1892, foi observado que o filtro de areia atuava também na remoção de bactérias (TOMAZ, 2009b).

Devido a esses riscos e com o desenvolvimento de tecnologias, países de primeiro mundo começaram a desenvolver técnicas mais eficazes e seguras para o aproveitamento da água da chuva, tendo em vista que este recurso seria uma fonte muito valiosa para o menor gasto de água potável (TOMAZ, 2009b).

Na Alemanha, existe um incentivo para o uso dessa prática com o intuito de preservar as águas subterrâneas, devido a esse ser o recurso destinado ao abastecimento público. Nesse país, a captação de água é feita através do telhado, armazenada em reservatórios de concreto e direcionado a descargas de banheiros, lavagem de roupas, entre outros fins (LIMA, 2011).

Já em Tóquio, no Japão, essa coleta é muito utilizada, devido às cisternas de abastecimento se situarem em um local distante da capital japonesa. Nessa região, as chuvas são muito valorizadas, logo são implementadas diversas técnicas de captação, como por exemplo, no estádio Tokyo Dome, onde sua cobertura é uma lona gigante que foi desenvolvida através de um material resistente, na qual pode ser inflada e servir como forma de captação pluvial (EcuRed, 2002). Na Figura 2 se pode visualizar a cobertura de lona do estádio.

Figura 2- Estádio Tokyo Dome.



Fonte: EcuRed (2002)

No Brasil, o exército norte-americano foi o responsável pela primeira prática do aproveitamento da água da chuva no país, na ilha Fernando de Noronha no ano de 1943 (PETER, 2006 apud HAGEMANN, 2010). Além do mais, em cidades como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água pluvial tornou-se obrigatória por alguns empreendimentos, visando a economia da água potável.

De acordo com os dados supracitados da pesquisa em questão, o aproveitamento da água pluvial é um recurso que já vem sendo utilizado há muito tempo, porém com uma frequência um pouco menor do que deveria, contudo a cada dia que se passa esse recurso está sendo mais utilizado, e por conseguinte adotado por concessionárias para abastecimento hídrico potável (BRAGA, 2008).

Diante de tais fatos, a escassez hídrica foi a principal problemática no Brasil, na qual fez com que essa técnica de reaproveitamento fosse adotada por diversas instituições governamentais e não governamentais, levando à busca por alternativas de fonte de abastecimento e desenvolvimento sustentável para as regiões que sofrem da escassez de água.

3.1.2 Normas e legislação brasileira

No Brasil, o aproveitamento de água de chuva é normatizado pela Norma Técnica Brasileira NBR 15527 “Água de chuva - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis – Requisitos”, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007), cuja revisão foi publicada em abril de 2019, embasam a aplicação dos conceitos de conservação e substituição de fontes de água em edificações.

A norma abrange termos e definições, descrição da concepção e constituintes do sistema, requisitos de qualidade e manutenção. Além disso, apresenta métodos de dimensionamento do reservatório (ABNT, 2007).

Já a norma NBR 16783 (ABNT, 2019) cita como principais fontes alternativas de água não potável: água da chuva, água de rebaixamento de lençol, águas cinzas (claras ou escuras), água negra e esgoto sanitário. A utilização de águas cinzas (claras ou escuras), água negra ou esgoto sanitário é considerada como prática de reuso, porém o uso da água da chuva como fonte alternativa, citada pelo NBR 16783, conta com uma norma específica dedicada a esse tema, como foi visto anteriormente na NBR 15527 (ABNT, 2007).

Os principais usos previstos segundo a norma para as águas provenientes de fontes alternativas não potáveis são: descarga de bacias sanitárias e mictórios; lavagem de pisos, logradouros, pátios, garagens, lavagem de veículos, irrigação para fins paisagísticos, uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos), sistemas de resfriamento a água e arrefecimento de telhados (ABNT, 2007).

No estado do Rio de Janeiro, a Assembleia Legislativa do Estado decretou a lei Nº 9164 (RIO DE JANEIRO, 2020) no qual no Art. 1º diz que as edificações unifamiliares, a serem projetadas e construídas em perímetro urbano, que tenham coberturas e telhados superiores a 100 m², deverão ser dotadas de reservatórios de acumulação de águas pluviais para fins não potáveis e de reservatório de retardo, destinado ao acúmulo de águas pluviais, como preservação ambiental da água proveniente das chuvas, e posterior descarga na rede pública de drenagem das mesma. Em outros estados brasileiros, essa pratica vem sendo lei.

No estado de São Paulo, no dia 17 de agosto de 2021 foi aprovada a Lei 356 (SÃO PAULO, 2015), onde obriga inclusão de sistema de captação de água de chuva nos projetos arquitetônicos pertencentes ao Poder executivo do Estado de São Paulo. No caso de prédios já existente a instalação da desse sistema seria realizado no momento da reforma, com a intenção de sustentar e preservar o meio ambiente.

Já no município de João Pessoa, na Paraíba, foi sancionado no dia 15 de setembro de 2011 a lei 12.166, objetivando a instalação de reservatórios para captação e utilização de água pluvial para uso não potável em mercados municipais, subprefeituras, condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, indústrias e comerciais (PARAÍBA, 2011).

No contexto do semiárido brasileiro, é válido citar o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) desenvolvido pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) desde o início dos anos 2000. O programa propôs a construção de cisternas para armazenamento de água de chuva, captada pelo telhado e direcionada através de calhas, para uso de fins potáveis. O objetivo foi instalar para cada casa da zona rural uma cisterna de cimento com capacidade de 16.000 litros, suficiente para abastecer uma família de 6 pessoas, inclusive em período de estiagem de até 8 meses (ASA, 2019).

Existe um programa chamado Programa de Conservação de Água (PCA), onde é voltado para estudos em edificações já existentes. No manual de Conservação e Reuso da Água em edificações existentes, criado pela parceria entre Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), explica que em uma residência o consumo maior da água está no uso do chuveiro, aproximadamente 55%.

Diante disso, fica nítido a importância do aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis.

3.1.3 *Qualidade da água pluvial*

Para utilizar a água da chuva como fonte não potável, é necessário que haja uma certa atenção e cuidado pois, além da água não ser um elemento puro, utilizar as superfícies como forma de captação da mesma, acaba diminuindo ainda mais a sua qualidade, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, na qual é utilizada como autolimpeza (PROSAB, 2006).

Segundo Thomaz (2009b), a qualidade da água da chuva varia com o grau de poluição do ar, como também, com a limpeza de captação. Se uma casa é cercada por árvores, por exemplo, é necessário que haja uma tela ou algo semelhante que impeça que as folhas da mesma entrem na tubulação ou na calha coletora.

Em regiões localizadas nas proximidades dos oceanos, há probabilidade maior de haver sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva, pois a qualidade do ar possui grande influência sobre a qualidade da água e os principais causadores de interferir nessa qualidade são os fatores naturais e ações antrópicas. Em regiões com grandes áreas não pavimentadas estarão presentes, partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro, além de componentes de origem biológica, como nitrogênio, fósforo e enxofre (PHILIPPI, 2006).

Ao realizar a captação da água no momento antecedente ao contato da chuva com o solo e as impurezas presentes no meio ambiente, a qualidade da mesma pode ser superior à de águas superficiais e subterrâneas, nas quais são usualmente tratadas e destinadas ao abastecimento humano. Portanto as águas pluviais são uma fonte considerável de qualidade razoável (PEREIRA, 2019).

Por outro lado, em uma análise sobre a qualidade da água da chuva para consumo não potável na cidade de São Paulo, foram realizados estudos sobre a composição física, química e bacteriológica da própria, objetivando compreender qual o tipo de tratamento seria o ideal a ser utilizado naquela região. Telhados de edifícios e reservatórios de acumulação foram as fontes de captação, no entanto a que apresentou melhor qualidade na água da chuva foi a do reservatório. Além disso, recomenda-se que na captação através de telhados, sejam descartados os primeiros 15 minutos de chuva para limpeza (MAY, 2004).

Em contrapartida, o escoamento e a condução da água da chuva através de calhas em um sistema adequado presente na cobertura de edificações, pode resultar na conservação da qualidade do líquido em questão. Para tanto, o sistema deve possuir um dispositivo de descarte

de escoamento inicial, no qual garante a limpeza do telhado antes da água ser armazenada. Pereira (2019) destaca os melhores tipos de telhado do ponto de vista bacteriológico, por ordem: metálico, plástico e telha cerâmica.

Por fim, a qualidade da chuva também varia de acordo com a área coletada. No Quadro 1, é possível visualizar o grau de purificação das regiões nas quais foram utilizadas como fonte de captação, a água da chuva.

Quadro 1 – Variação da qualidade da chuva devido ao sistema coletado.

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhado (locais não frequentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
B	Telhado (locais frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002).

Segundo a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), a qualidade da água da chuva deve ser definida pelo projetista de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.1.4 Tipos de uso

A coleta de água da chuva pode ser utilizada de várias formas, a depender do seu nível de qualidade, sendo assim, a água de melhor qualidade é capaz de ser utilizada para fins mais nobres. Logo, é necessário que haja o emprego correto no uso água, pois desta forma, a água de melhor qualidade nunca será utilizada em recursos nos quais a água de pior qualidade lhe serve.

Segundo Jaques (2005), o destino final da água pluvial está relacionado à área através da qual o líquido foi coletado e conduzido para o sistema de aproveitamento.

De modo geral, a água da chuva coletada em áreas urbanas é destinada a usos não potáveis, como por exemplo:

- Descargas em bacias sanitárias;
- Irrigação de gramados e plantas ornamentais;
- Lavagem de veículos;
- Limpeza de calçadas e ruas;
- Limpeza de pátios;
- Espelhos d'água;
- Usos industriais.

Por fim, é possível utilizar a água de chuva coletada para fins nobres, desde que a mesma passe por um processo de tratamento refinado. No entanto, é necessário que haja um estudo no qual busque compreender se isto será viável ou não, financeiramente.

3.2 Sistema de captação de águas pluviais

O sistema de captação de águas pluviais (SCAP) apresenta mecanismos simples, onde a água da chuva precipita sobre o telhado e corre em direção à calha. Em seguida através de tubulações, o líquido é direcionado ao reservatório, no qual fica armazenado. Após isso, a água é filtrada e passa para a caixa d'água, de onde será distribuída ao uso de descarga de banheiro, e ainda pode ser usada para lavar o carro ou piso, para limpeza e para regar plantas e outras formas de uso não potável, como ilustra a Figura 3 (ARAGÃO, 2003).

Figura 3 – Esquema de um SCAP para reservatório.



Fonte: Aragão (2012).

O sistema tradicional, que é bastante utilizado no Brasil, é composto por área de captação, calhas e condutores e sistema de distribuição que engloba reservatórios e instalações elevatórias, se necessário. Antes de ser destinada ao reservatório, a água deve passar por um mecanismo de limpeza. Deste modo, deve haver dispositivo de descarte do escoamento inicial e de descarte de sólidos (PEREIRA, 2019).

O Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, apresenta uma metodologia básica para o projeto de sistema de coleta, tratamento e utilização de água de chuva, descrito a seguir (HAGEMANN, 2009):

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta (m^2);

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

3.2.1 Área de captação

As áreas de captação da água pluvial são geralmente telhados ou áreas impermeáveis, porém é mais comum que a captação seja realizada através dos telhados, por apresentar melhor qualidade, visto que a superfície do solo geralmente pode apresentar algum contato com pedestres ou veículos (HAGEMANN, 2009).

Além disso, a captação por telhados também possibilita que na maioria dos casos a água atinja o reservatório de armazenamento por gravidade, o que acaba facilitando bastante o projeto.

Com isso, é necessário que haja um estudo para descobrir a área do telhado, na qual servirá de coleta da água da chuva. Para alcançar o resultado do cálculo em questão, é necessário que seja feita multiplicação entre a largura e o comprimento da edificação em projeção horizontal, como mostra a Figura 4.

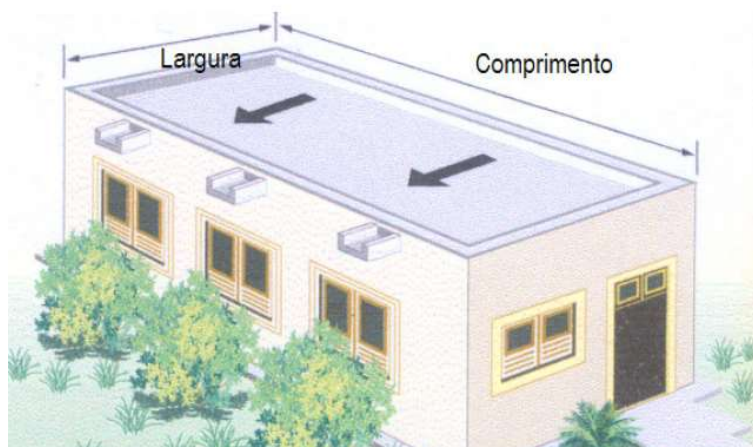
Figura 4 – Área de coleta em telhado.



Fonte: May (2004).

Existem diversos tipos e formas de telhados, contudo o cálculo para a obtenção desta área permanece o mesmo. Nas Figuras 5 e 6, são apresentadas a área de coleta em laje e a área de coleta em telhado e pátio, respectivamente.

Figura 5 – Área de coleta em laje.



Fonte: May (2004).

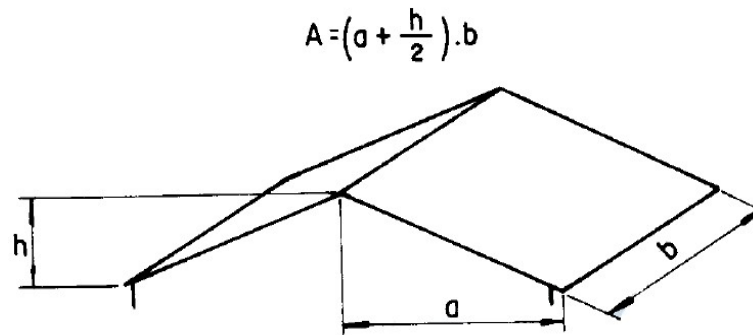
Figura 6 – Área de coleta em telhado e pátio.



Fonte: May (2004).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), o cálculo de telhados inclinados que contribuem para a captação de águas pluviais, é realizado de acordo com a Figura 7.

Figura 7 – Área de contribuição para telhados inclinados segundo a NBR 10844.



Fonte: 10844 (ABNT, 1989).

Por sua vez, é necessário que coberturas horizontais de laje sejam projetadas para que não haja empoçamento durante tempestades. Para evitar que isso aconteça, essas superfícies precisam ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento da água da chuva (ABNT, 1989).

Por fim, é recomendado que a drenagem seja feita por mais de uma saída para que haja uma certeza de que haverá o escoamento da água pluvial de forma correta. Caso a cobertura tenha áreas de caimentos exacerbadas, é aconselhável que a mesma seja subdividida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, de modo a evitar grandes percursos da água, como pode ser visto na Figura 8 (ABNT, 1989).

Figura 8 – Telhado com subdivisões em áreas menores.



Fonte: Entendantes o mundo do construtor (2018).

3.2.2 Calhas e condutores

As calhas possuem uma função simples de servir como canal, no qual a água da chuva é coletada e transportada para um reservatório através de tubulações. As calhas são extremamente importantes, pois preservam a base de uma obra, visto que se feita de maneira a atender a demanda da chuva para que não haja alagamento e o fluxo da água seja suportado como planejado, auxilia no impedimento da erosão da terra, a infiltração entre outros diversos problemas.

Mas, para que seja possível dimensionar a calha, é necessário saber qual será a vazão de projeto e para isso, analisa-se a área de contribuição da cobertura, a intensidade pluviométrica e o período de retorno. Assim, pode-se chegar à conclusão da vazão de projeto (ABNT, 1989).

Segundo a NBR 10844, para calcular a intensidade pluviométrica “I”, deve-se obedecer aos critérios de período de retorno (T) a seguir:

T = 1 ano para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possam ser tolerados.

Diante disso, faz-se o cálculo da vazão de projeto através da Equação (1) seguindo as orientações da NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m²).

Com a vazão de projeto já estabelecida, pode-se determinar as dimensões das calhas, utilizando a Equação (2), chamada fórmula de Manning, e a Equação (3) para auxiliar a Equação (2).

$$Q = 60000 \cdot \frac{S}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2)$$

sendo que:

$$R_h = \frac{S}{P} \quad (3)$$

onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

S = Área da seção molhada (m^2);

n = Coeficiente de rugosidade;

R_h = Raio hidráulico (m);

P = Perímetro molhado (m);

i = Declividade da calha (m/m).

Sendo o coeficiente de rugosidade determinado através dos dados do Quadro 3.

Quadro 3 – Coeficiente de rugosidade (n).

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Com o intuito de simplificar, a norma disponibiliza valores de capacidade máxima da calha de acordo com a declividade e o diâmetro adotados, para coeficiente de rugosidade $n = 0,011$, como mostra a Tabela 1.

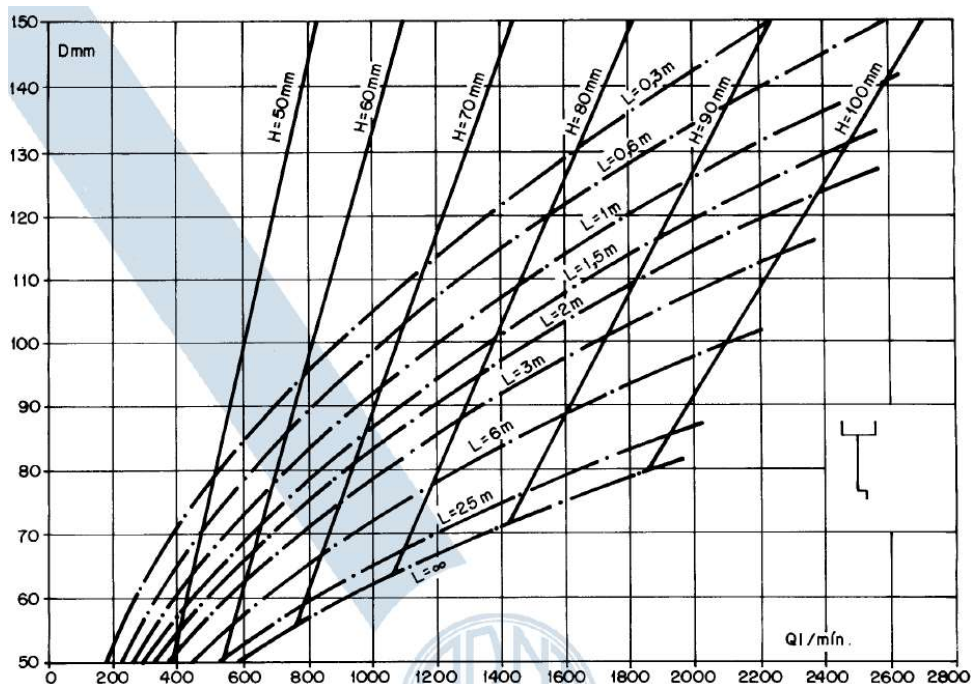
Tabela 1 – Capacidades de calhas semicirculares com $n=0,011$ (vazões em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

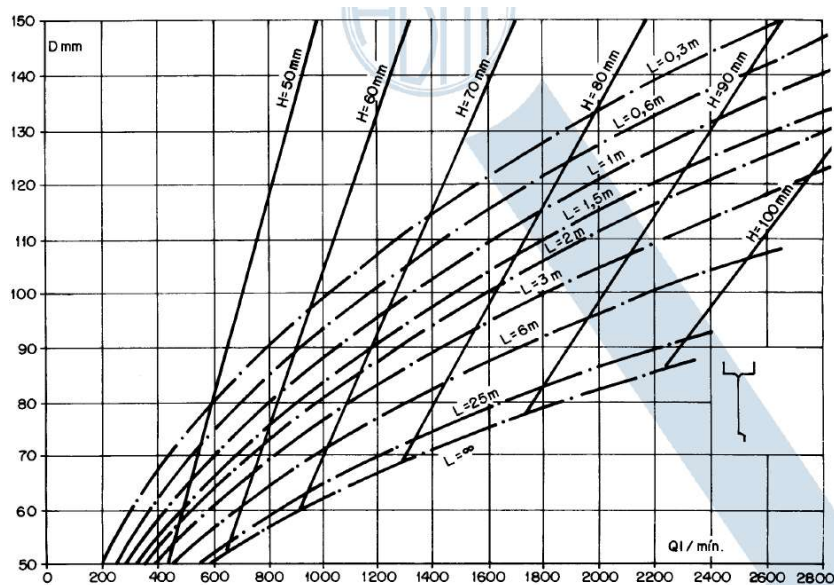
Para o dimensionamento dos condutores verticais, é necessário ter conhecimento dos valores da vazão de projeto, altura da lâmina da água da calha e o comprimento do condutor vertical. Além disso, para saber qual valor utilizar no diâmetro do condutor vertical, empregam-se os ábacos (Figuras 9 e 10) que relacionam diâmetros com os tipos de saída da calha:

Figura 9 – Ábaco para dimensionamento de calha com saída em aresta viva.



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

Figura 10 – Ábaco para dimensionamento de calha com funil de saída.



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para dimensionar os condutores verticais é necessário que sempre que possível, no projetado utilize-se uma declividade uniforme com valor mínimo de 0,5% e altura máxima de lâmina d'água igual a 2/3 do diâmetro interno. Com esses dados, é possível determinar através da Tabela 2 o diâmetro que será utilizado, já que teremos os valores da vazão de projeto, a rugosidade e a declividade.

Tabela 2 – Capacidades de condutor horizontal de seção circular com $n=0,011$ (L/min).

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5
1	50	32	45	64	90
2	75	95	133	188	267
3	100	204	287	405	575
4	125	370	521	735	1.040
5	150	602	847	1.190	1.690
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Por sua vez, é necessário haver um dispositivo de remoção de detritos para que possam ser evitadas obstruções nos condutores. Os dispositivos mais utilizados são as telas e as grades, porém, precisam atender aos requisitos da NBR 12213 (ABNT, 1992) – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.

Com isso, faz-se necessário que inspecione e que haja limpeza regularmente nas tubulações das calhas e dos condutores. Segundo Hagemann (2009), deve-se verificar buracos, goteiras, obstruções, acúmulos de detritos ou sujeiras, a fim de evitar a contaminação da água.

Por fim, a instalação de extravasor é extremamente necessária, pois o mesmo serve como um aviso de alerta para o entupimento da calha. O extravasor consiste em um tubo saliente acima da altura máxima da lâmina d'água na calha, com 75 ou 100mm de diâmetro (TOMAZ, 2010).

3.2.3 Dispositivo de descarte de escoamento inicial

Quando se fala em reuso da água da chuva, está atrelada normalmente a usos menos nobres, mesmo a água contendo alto grau de pureza e a parte da impureza estar presente apenas nos primeiros minutos de chuva. Sendo assim, sugere-se um dispositivo simples e barato chamado de separador de fluxo (*first flush*), o qual tem como utilidade descartar a ‘primeira água’ da chuva, fazendo com que diminua a concentração de impureza da mesma.

O separador de fluxo (*first flush*) deve estar sempre vazio antes de iniciar a chuva e tem influência também na redução de sólidos, redução de contaminação microbiológica, redução de compostos orgânicos voláteis e no aumento do pH da água, na Figura 11 pode-se observar o funcionamento desse dispositivo.

Figura 11 – Funcionamento do sistema *First Flush*.



Fonte: RainHarvest (2000)

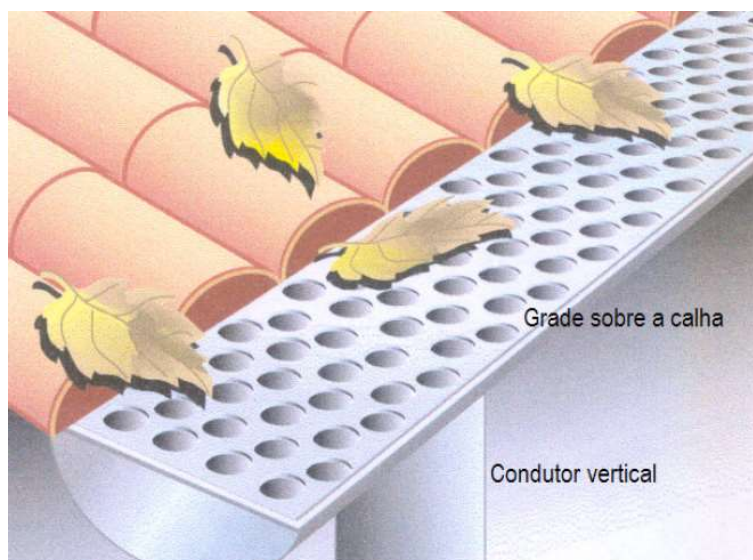
3.2.4 Dispositivo de descarte de sólidos

Folhas, pequenos galhos, areia, sacos plásticos, entre outros detritos, trazidos pela ação do vento, podem ser depositados sobre as calhas e no interior dos tubos condutores do telhado. Esses resíduos, com o decorrer do tempo, obstruem as canaletas, dificultam o escoamento da água das chuvas e podem danificar o sistema de aproveitamento e deteriorar a qualidade da água (HAGEMANN, 2009).

Devido a esses fatores, é necessário que se utilize um dispositivo de retenção de resíduos grosseiros, como telas, grades e filtros. Segundo Hagemann (2009), o tipo de dispositivo é adotado de acordo com as árvores do local e com o tipo de resíduo acumulado na superfície de captação. Podem ser constituídos de arame, nylon, policloreto de vinila (PVC) ou aço galvanizado.

Alguns tipos de dispositivos de proteção ou limpeza da calha podem ser vistos nas Figuras 12, 13 e 14 que são respectivamente: de grade localizado sobre a calha, filtro gradeado e caixa de retenção.

Figura 12 – Dispositivo de grade localizado sobre a calha.



Fonte: May (2004).

Figura 13 – Filtro para retenção de materiais grosseiros.



Fonte: ACQUASAVE (2011)

Figura 14 – Sistema de retenção de partículas sólidas.



Fonte: Teston (2012).

3.2.5 Volume captável

Como visto anteriormente, o volume precipitado da água pluvial não é totalmente aproveitado, pois parte do volume é dissipado no sistema. Para saber de fato qual o volume real captável, deve-se levar em consideração a rugosidade do material da área de captação. Assim, o cálculo da vazão é determinado em função do coeficiente de *runoff* de acordo com o material utilizado, vale ressaltar que uma parte do volume é perdido devido ao dispositivo de descarte inicial (*first flush*). Portanto, o volume captável é definido pela Equação (4).

$$V = 1000 \cdot P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad (4)$$

onde:

V é o volume mensal ou anual captável (m³);

P é a precipitação mensal ou anual (mm);

A é a área de captação (m²);

C é o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*);

η é o fator de captação.

3.2.6 Reservatórios

O reservatório de águas pluviais tem função de reter e acumular a água captada para utilizar-se futuramente e que possa suprir a demanda desejada. Segundo May (2004), esta demanda pode ser estimada para suprir o abastecimento por alguns dias, meses ou até um ano inteiro, a depender do objetivo do projeto.

O reservatório pode estar apoiado sobre o solo ou enterrado e sempre que possível deve estar perto dos pontos de consumo, para diminuir a distância de transporte da água. Com isso, os materiais mais comuns na criação desses reservatórios são os de alvenaria, concreto, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno (HAGEMANN, 2009). Na Figuras 15 e 16, podem-se visualizar alguns exemplos desses materiais.

Com tudo, o reservatório é um componente muito importante quando se fala em reaproveitamento da água da chuva, pois será o responsável em armazenar a água que será reutilizada. Por isso, o dimensionamento do mesmo deve ser feito com precisão para que o

projeto não seja inviabilizado. O dimensionamento depende majoritariamente da área de contribuição, da precipitação do local e do consumo de água. Os métodos de cálculo estão descritos na seção 3.3 *Métodos de dimensionamento de reservatório*.

Figura 15 – Cisterna de concreto para reaproveitamento da água da chuva.



Fonte: Construindodecor (2017).

Figura 16 – Cisterna de metal galvanizado para reaproveitamento da água da chuva.



Fonte: Recolast (2020).

Diante disso, o Manual de Conservação e Reuso da Água (2011), demonstra algumas recomendações a serem feitas a respeito dos reservatórios:

- Impedir entrada de luz solar para evitar proliferação de microrganismos;
- Manter a tampa bem fechada para evitar entrada de resíduos e animais;
- Instalar grade ou tela na extremidade do tubo extravasor para impedir entrada de animais;
- Realizar limpeza periódica para evitar a deterioração da qualidade da água;
- Projetar reservatório com declividade no fundo no sentido da tubulação de drenagem para facilitar a limpeza;
- Assegurar o uso da água apenas para fins não potáveis.

3.2.7 Instalações elevatórias

Sempre que possível, o escoamento gravitacional é a primeira opção quando se refere a transporte de água devido ao seu baixo custo e facilidade na construção, porém nem sempre é possível utilizar esse método porque depende da altura e da vazão da água que será escoada. Entretanto, existem diversos dispositivos que facilitam os transportes da água quando não se pode utilizar da gravidade. Por exemplo um dispositivo muito utilizado para fazer esse deslocamento da água, são as bombas.

As bombas são instalações elevatórias que servem, dentre outros objetivos, para elevar a cota do escoamento até o reservatório elevado. Porém, o bombeamento que for escolhido pelo projetista deve atender aos requisitos da norma NBR 12214 (ABNT, 1992) – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

3.3 Métodos de dimensionamento de reservatório

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva, serão descritos quatro métodos (Rippl, Azevedo Netto, Prático Alemão, Prático Inglês), que serão utilizados para dimensionar o projeto de águas pluviais de uma academia na cidade de Aracaju - Sergipe, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.3.1 Método de Rippl

O método de Rippl ou método do Diagrama de massas, tem como conceito o armazenamento do excesso da água da chuva no período mais chuvoso para compensar nas deficiências do período seco. Em geral, analisa-se uma série histórica de precipitações mensais mais longa possível, afim de obter a média mensal da pluviosidade da região em que será feito o estudo (PEREIRA, 2009).

Segundo Rocha (2009), esse método é recomendado quando o volume captado de água de chuva for maior ou igual ao volume demandado em determinado período de tempo correspondente, com isso terá o suprimento total da demanda no período de seca.

O dimensionamento é calculado através das Equações (5), (6) e (7).

$$S(t) = D(t) - Q(t), \text{ sendo que } \sum D(t) < \sum Q(t) \quad (5)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (6)$$

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

onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t (L);

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t (L);

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t (L);

V é o volume do reservatório (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial.

3.3.2 Método de Azevedo Netto

O Método de Azevedo Netto, também conhecido como Método Prático Brasileiro, geralmente é aplicado quando deseja que o reservatório supra a demanda de água pluvial por todo ano ou para maior parte do ano possível, principalmente em regiões com escassez de água, como acontece no nordeste brasileiro (TOMAZ, 2009b).

O volume do reservatório é dado pela Equação (8) que depende de três fatores

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (8)$$

onde:

P é a precipitação mensal anual (mm);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca (meses);

A é a área de coleta (m^2);

V é o volume de água aproveitável que é igual ao volume de água do reservatório (L).

3.3.3 Método Prático Alemão

O Método Prático Alemão, é indicado quando se deseja diminuir o volume do reservatório, diminuindo os gastos com a implantação do sistema. O volume do reservatório é adotado como sendo o menor valor entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, (TOMAZ, 2009b), representado na Equação (9).

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \cdot 0,06 \quad (9)$$

onde:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D é a demanda anual da água não potável (L);

V_{adotado} é o volume de água do reservatório (L).

3.3.4 Método Prático Inglês

O Método Prático Inglês, tem como objetivo que o reservatório deve suprir a demanda de água pluvial na maioria ou em toda parte do ano (PEREIRA, 2019). Neste método, o volume do reservatório é obtido através da Equação (10):

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad (10)$$

onde:

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de coleta em projeção (m²);

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

3.4 Viabilidade Econômica

Quando se fala em viabilidade econômica de um projeto, geralmente leva em consideração a rentabilidade do investimento. Segundo Camargo (2007), para um projeto atrair um cliente do ponto de vista financeiro, os benefícios provenientes do seu investimento devem suprir os valores que foram utilizados para a realização da obra. Há variedade de técnicas e métodos desenvolvidos no mercado econômico para esta finalidade, assim exemplificados.

3.4.1 *Custo Benefício (IBC)*

O custo benefício pode ser analisado pelo índice de lucratividade, também conhecido como Índice Benefício/Custo (IBC), que mostra o retorno obtido a cada um real investido em um projeto. O índice relaciona a entradas e saídas de caixa, como descrito na Equação (11). (CAMARGO, 2007).

$$IBC = \frac{\text{valor presente das entradas de caixa}}{\text{valor presente das saídas de caixa}} \quad (11)$$

Se $IBC < 1$: projeto rejeitado, pois os custos superam os benefícios.

Se $IBC > 1$: projeto continua sendo analisado.

Quanto maior o índice, melhor o projeto analisado.

3.4.2 *Valor Presente Líquido (VPL)*

Representa todos os fluxos de caixa para uma mesma data e os desconta com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) até a data do investimento. Deste modo, o VPL é representado pela Equação (12).

$$VPL = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+i)^n} \quad (12)$$

onde:

CF_0 é o valor do investimento inicial (R\$);

CF_j é o valor do retorno de investimento (R\$);

i é a taxa mínima de atratividade (TMA) (%);

n é o número de meses ou anos (meses ou anos, de acordo com a TMA).

Se $VPL < 0$: projeto rejeitado, pois é mais rentável aplicar na TMA do que no investimento proposto.

Se $VPL > 0$: projeto continua sendo analisado

Quanto maior o índice, melhor o projeto analisado.

3.4.3 *Tempo de retorno (Payback)*

Indicador que mede quanto tempo levará para que o projeto gere retornos que pague os investimentos. A decisão acerca da viabilidade do projeto é de cunho subjetivo, pois depende

do tempo que o investidor define como aceitável para a recuperação do capital. Para fluxos de caixa constantes, o cálculo é simplificado e está demonstrado na Equação (13).

$$PB_{simples} = \frac{\text{investimento inicial}}{\text{valor da entrada}} \quad (13)$$

Se $PB >$ tempo máximo aceitável: projeto rejeitado

Se $PB <$ tempo máximo aceitável: projeto continua sendo analisado

Quanto menor o índice, melhor o projeto analisado.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Objeto de Estudo

O estudo de caso foi realizado na cidade de Aracaju, Sergipe. Trata-se de uma academia chamada ‘Academia R Performance’, que será construída na Avenida Conselheiro João Moreira Filho, lote nº 209, Loteamento Jardim Atlântico – Bairro Atalaia. A Figura 17 ilustra a futura localização da academia. Para desenvolvimento do estudo, foi solicitado autorização ao proprietário.

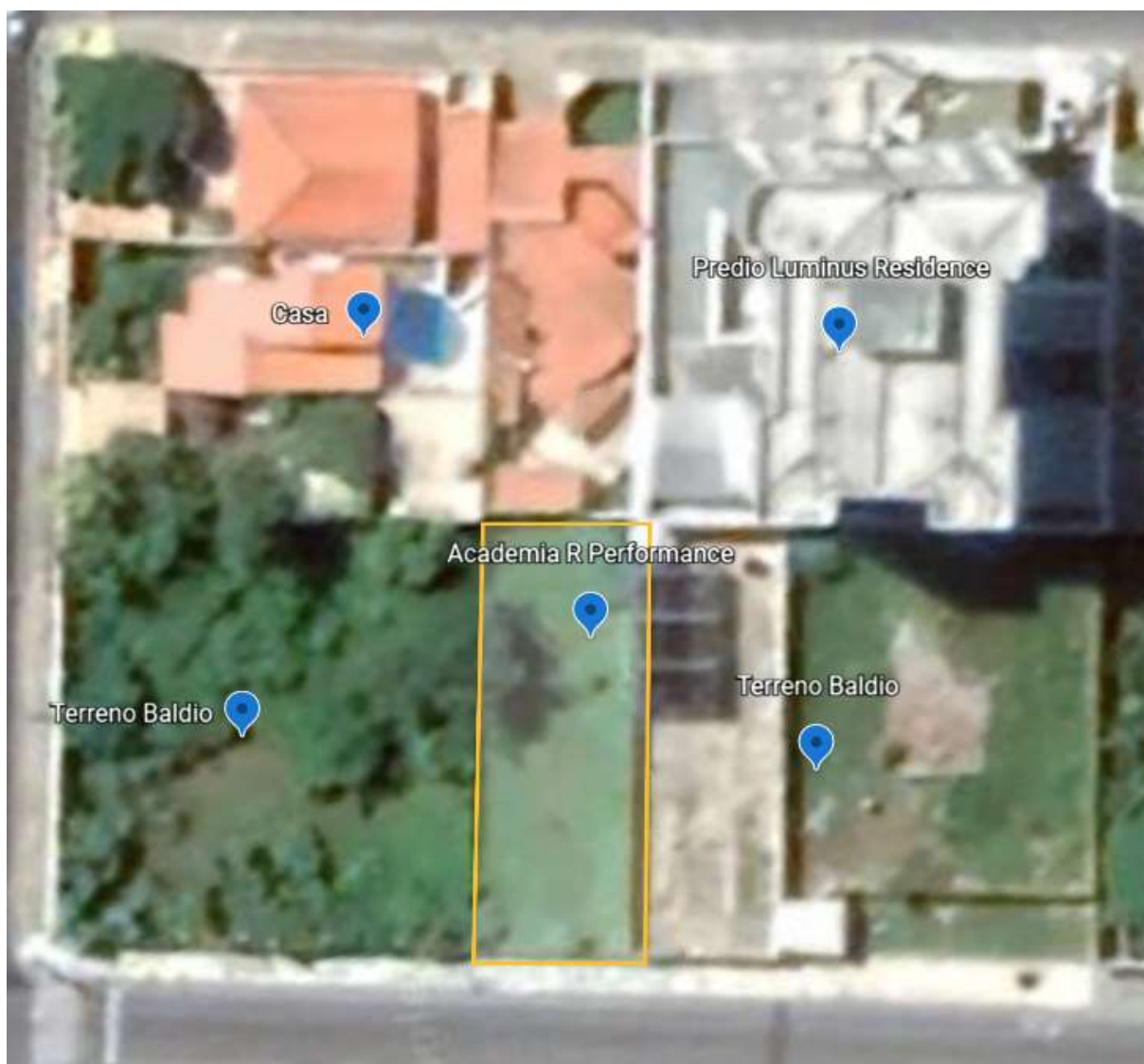
Figura 17 – Localização da Academia R Performance.



Fonte: Google Earth (2022).

Além disso, o estudo está sendo desenvolvido em paralelo e convivência com os arquitetos contratados para elaboração do projeto da academia. A academia se encontra a 5 quadras da Orla de Atalaia e ao lado do Centro de Artes Alamanda Dança. No entorno da futura academia encontra-se dois terrenos baldios, uma casa e o prédio Luminus Residence, como mostra a Figura 18.

Figura 18 – Entorno da Academia R Performance.



Fonte: Google Earth (2022).

O terreno em estudo tem formato geométrico retangular com dimensões de 13,17 m de largura por 34,86 m de comprimento, totalizando área de 459,11 m². Apresenta estrutura em galpão com perfis pré moldados e a cobertura será de telha termoacústica (sanduiche), com

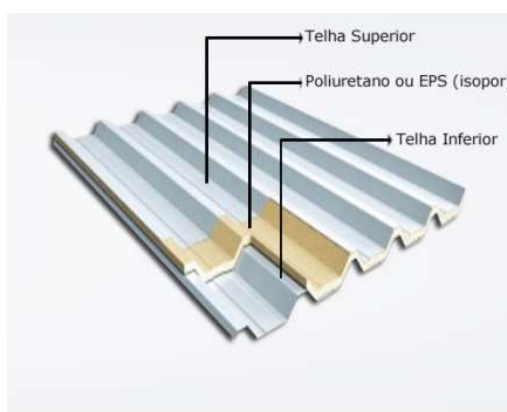
calhas coletoras de águas pluviais. Nas Figuras 19, 20 e 21, pode-se ver a fachada da academia e a telha termoacústica (sanduiche) e a vista da cobertura da academia, respectivamente. Já no Anexo A, pode-se visualizar a planta de cobertura.

Figura 19 – Fachada da Academia R Performance.



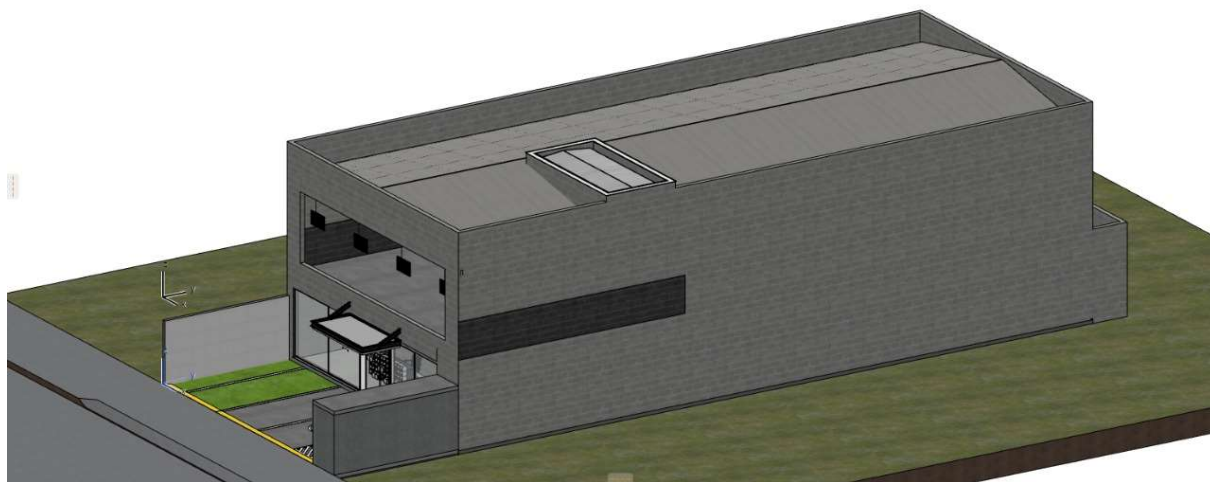
Fonte: Alca Arquitetura (2022).

Figura 20 Telha termoacústica (sanduiche) na Academia R Performance.



Fonte: Termovale (2021).

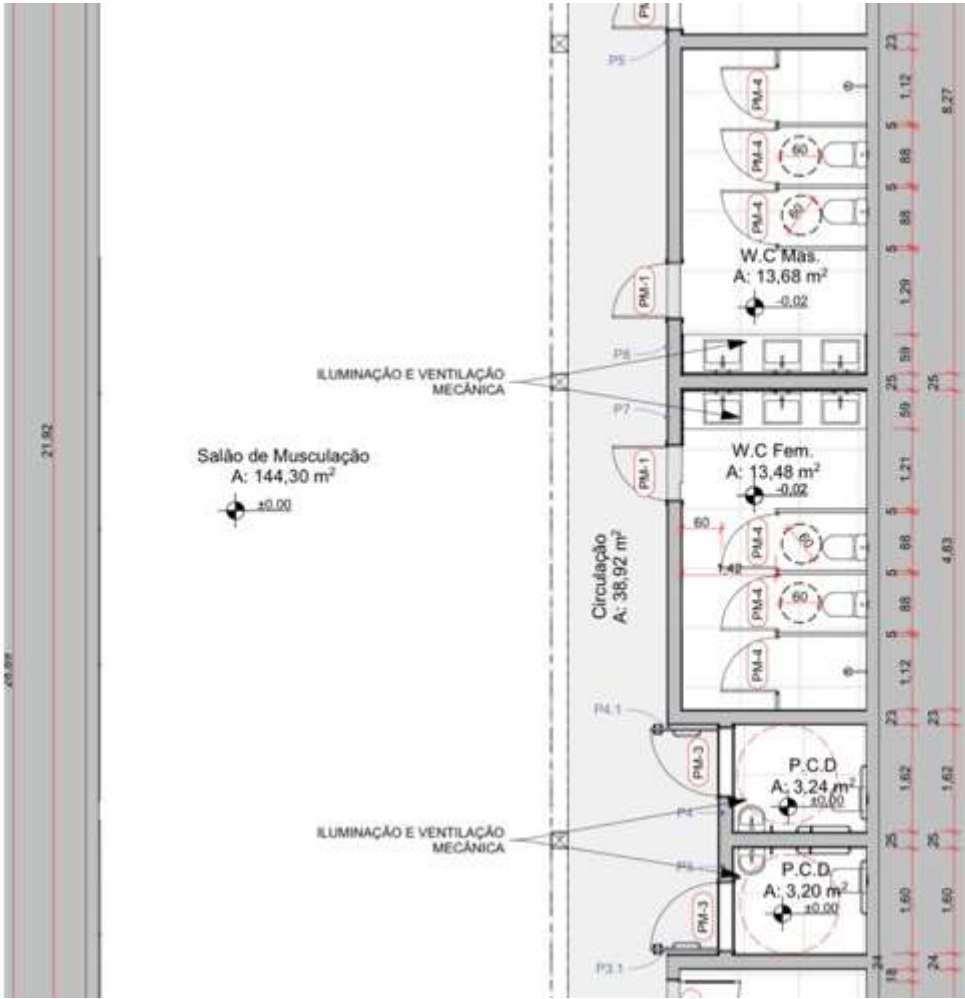
Figura 21 Vista da cobertura da academia R Performance.



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

A academia terá 356,97 m² de área construída, distribuída em dois pavimentos e 3 vagas de estacionamento para veículos. Contará com ambientes administrativos, como uma recepção, duas salas e um almoxarifado e também quatro banheiros, sendo um masculino, um feminino e dois para pessoas com deficiência (PCD), totalizando 6 vasos sanitários com caixa acoplada, 8 lavatórios e 2 chuveiros. A Figura 22, apresenta a disposição das peças de utilização em planta baixa dos banheiros da academia. No Anexo B e Anexo C, podem-se visualizar as plantas baixas do pavimento térreo e do segundo pavimento, respectivamente.

Figura 22 Planta baixa adaptada dos banheiros da Academia R Performance.



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

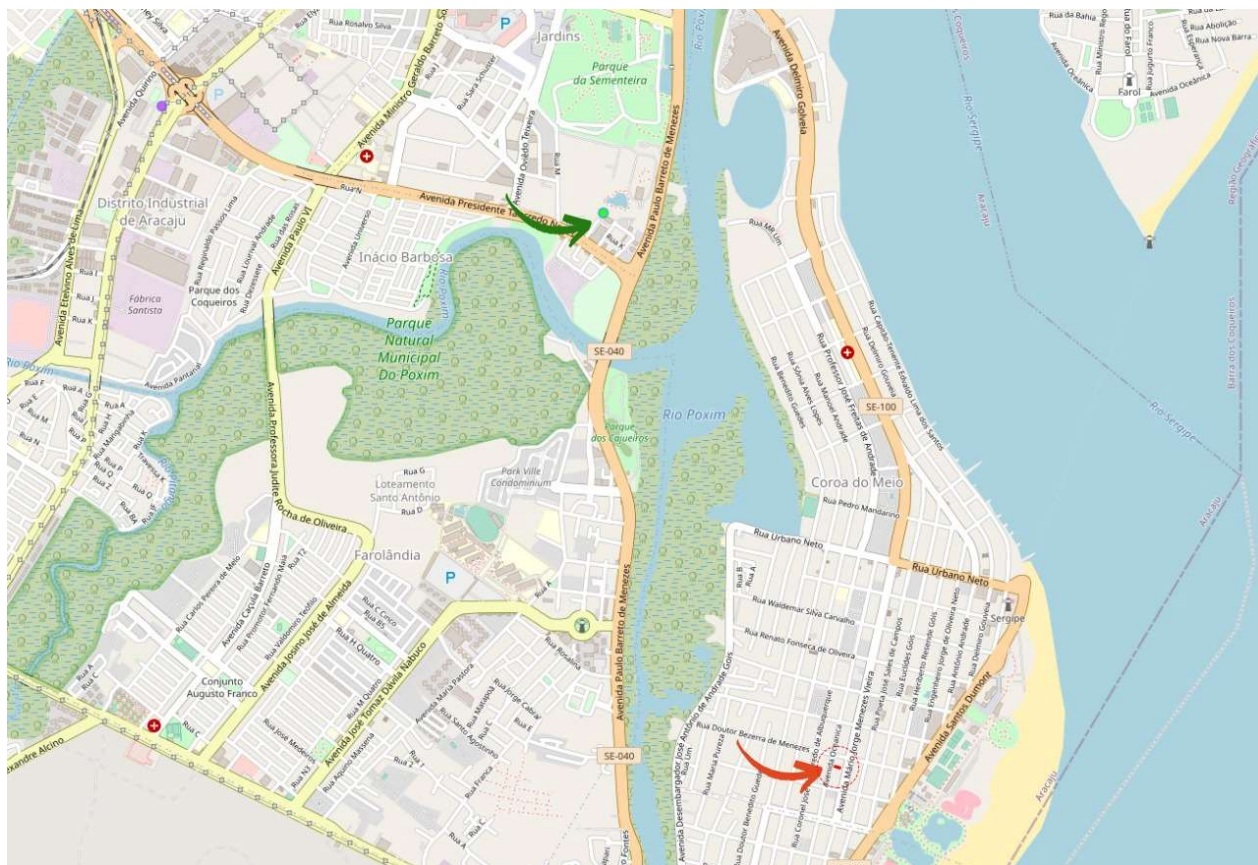
4.2 Levantamento de Dados

4.2.1 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos são necessários para analisar a intensidade da chuva na região de estudo. Neste trabalho, os dados foram coletados através do endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Foram utilizadas séries históricas de precipitação diária e mensal para o período de 10 anos, compreendido entre 01 de janeiro de 2011 e 31 de dezembro de 2020.

De acordo com o INMET, o estado de Sergipe possui sete estações meteorológicas automáticas, localizadas em Aracaju, Itabaianinha, Poço Verde, Carira, Brejo Grande, Itabaiana e Nossa Senhora da Glória. Devido à proximidade com a Academia R Performance (área de estudo), os dados utilizados foram referentes à Estação Meteorológica Automática (A409) em Aracaju (Lat. -10,95027777, Long. -37,05000000 e Alt. 4,72m), como indicado na Figura 23, com representação circular na cor verde para a localização da A409 e a academia representada na cor vermelha.

Figura 231 – Localização da em relação à Academia R Performance.



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Com isso, foi realizado o cálculo dos volumes médios de chuva a cada mês, a fim de observar os períodos com precipitação na região em estudo. A determinação do período de estiagem é de suma importância, pois pode inviabilizar o sistema de aproveitamento de águas pluviais durante uma época do ano. Para fins de análise, os meses com precipitação mensal abaixo de 30 mm, ou seja, 1 mm por dia, foram definidos como período de estiagem (PEREIRA, 2019).

A partir da coleta e manipulação dos dados, foram obtidos valores de precipitação média mensal e anual e observados os períodos de seca. Além disso, com esses valores e informações, foi possível determinar o volume de chuva captável e, conseqüentemente, realizar o dimensionamento do reservatório através dos métodos descritos na NBR 15527 (ABNT, 2007).

4.2.2 Consumo de água não potável

A concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais levou em consideração que o volume de água pluvial captado será destinado a usos não potáveis. Portanto, neste caso, a água de chuva será destinada às descargas dos vasos sanitários e limpeza da parte interna e externa da academia.

Nos quatro banheiros da academia, terão os 6 vasos sanitários com caixa acoplada recebendo o aproveitamento da água de chuva. Além dos vasos sanitários, o aproveitamento de chuva também será utilizado para limpeza da parte interna e externa da academia, como por exemplo, limpeza do banheiro e limpeza das calçadas. O Quadro 4 apresenta o consumo médio não potável para ambos os casos.

Quadro 4 – Consumo de água não potável.

Uso	Consumo de água
Descarga em vaso sanitário com caixa acoplada	6L/descarga
Lavar banheiro, com uso de balde	3,67L/m ²

Fonte: Demae (2020).

A demanda diária para descarga dos vasos sanitários é dada através da Equação (14), levando em consideração o número médio de alunos e professores que utilizam a academia diariamente e a frequência com que utilizam as descargas.

$$D_{desc} = n^o \cdot f_{desc} \cdot C_{desc} \quad (14)$$

onde: D_{desc} é a demanda diária para descarga (L);

n^o é o número de usuários da academia por dia (pessoas);

f_{desc} é a frequência que cada pessoa utiliza o sanitário da academia (vezes);

C_{desc} é o volume de água consumido a cada descarga (L).

Para definição da frequência de acionamento das descargas, foi levado em consideração estudo feito no campo, onde visitou-se 2 academias com padrões semelhantes a R Performance, e constatou que cerca de 170 alunos e instrutores frequentam diariamente. Nos finais de semana, a academia funcionará apenas na parte da manhã e com cerca de 42 alunos e professores frequentes.

Com isso, levou em consideração a quantidade máxima diária de pessoas igual a 170, sendo que cada pessoa utiliza o vaso sanitário 1x por dia. Devido aos usuários ficarem aproximadamente por 1 hora na academia, levou em consideração que cada aluno aciona a descarga 1x por dia quando se utiliza o vaso sanitário da academia.

Já a demanda do uso da água para limpeza da academia é dada através Equação (15), levando em consideração quantas vezes será lavado, quantos minutos serão gastos na limpeza.

$$D_{limpeza} = t_{limpeza} \cdot f_{limpeza} \cdot C_{limpeza} \quad (15)$$

onde: D_{desc} é a demanda diária para limpeza (L);

$t_{limpeza}$ é o tempo que será levado para efetuar a limpeza (min);

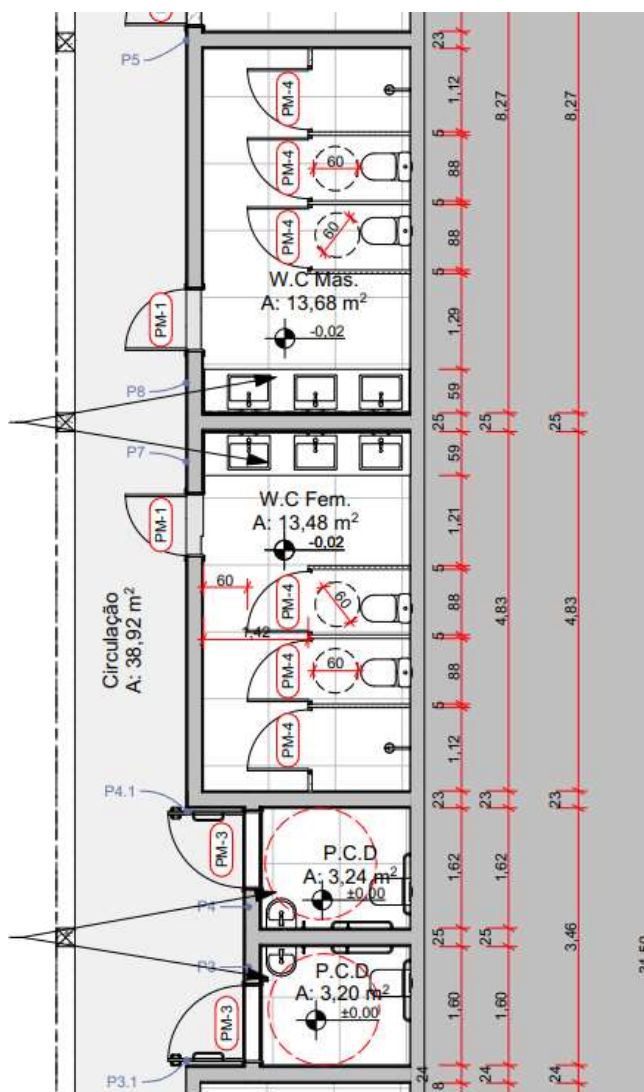
f_{desc} é a frequência de limpeza (vezes);

C_{desc} é o volume de água consumido a cada limpeza (L).

Para definição da frequência da limpeza, consultou-se o proprietário do empreendimento, a fim de saber qual a frequência de limpeza dos banheiros que será realizada 4 vezes por semana e que não tem pretensão de fazer a limpeza da parte externa da academia (calçadas e vagas de estacionamento). As áreas dos banheiros masculinos e femininos são de 4,83m x 2,86m totalizando 13,8 m² cada, já os banheiros para pessoas com deficiências têm

medidas iguais a 1,86m x 1,60m, totalizando uma área de 2,98 m² cada. As áreas dos banheiros podem ser visualizadas na Figura 24.

Figura 24 – Medidas dos banheiros (dimensões em metro).



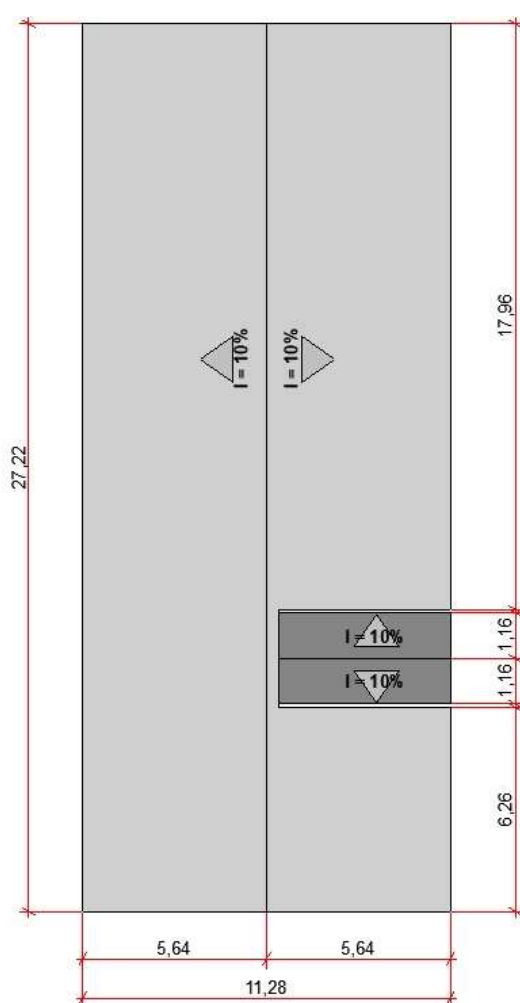
Fonte: Alca Arquitetura (2022).

4.2.3 Área de captação

A área de captação considerada neste projeto corresponde à área de cobertura da academia. O telhado possui largura e comprimento equivalentes ao da edificação, pois foi

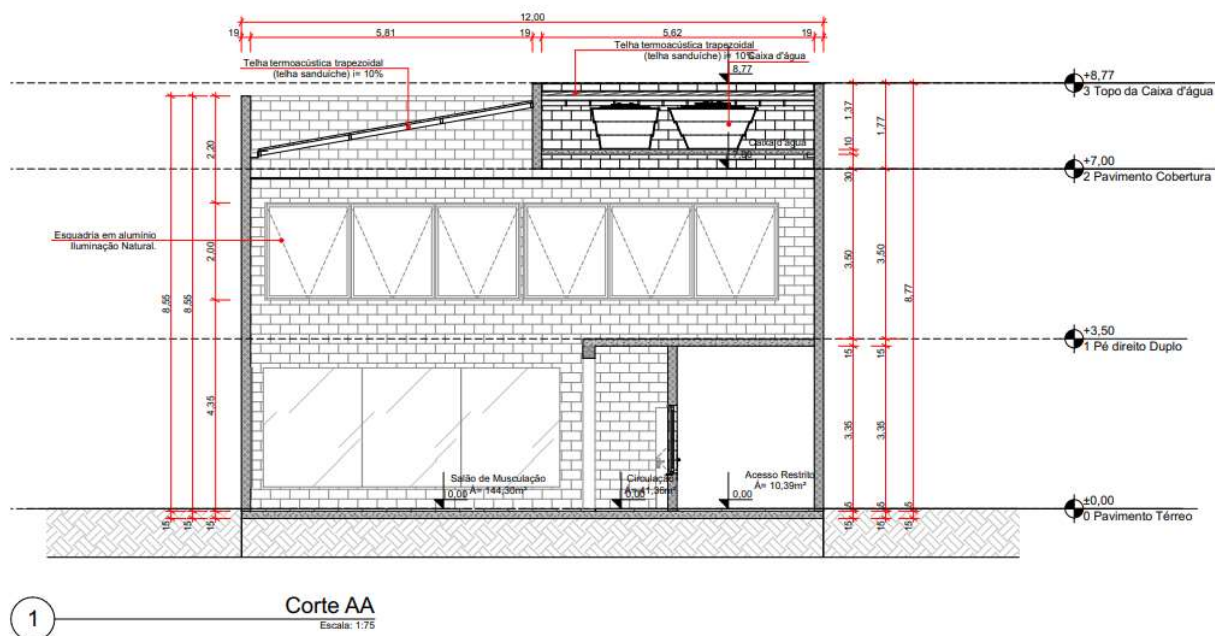
adotado o uso de platibanda. Como a academia apresenta a caixa d'água para água potável posicionada em cima da laje na parte superior da edificação, optou-se por ter mais duas quedas d'águas. Com isso, as dimensões para realizar os cálculos foram: comprimento igual a 11,28m, largura igual a 27,22m e altura de 0,56m, já na cobertura onde ficará a caixa d'água as dimensões foram: comprimento equivalente à 5,25m, largura 1,16m e altura de 0,12m totalizando uma área de captação igual a 318,79 m². As Figuras 25 e 26 ilustram essas dimensões em planta e em seção transversal, respectivamente.

Figura 25 – Planta da cobertura adaptada da academia (dimensões em metro).



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

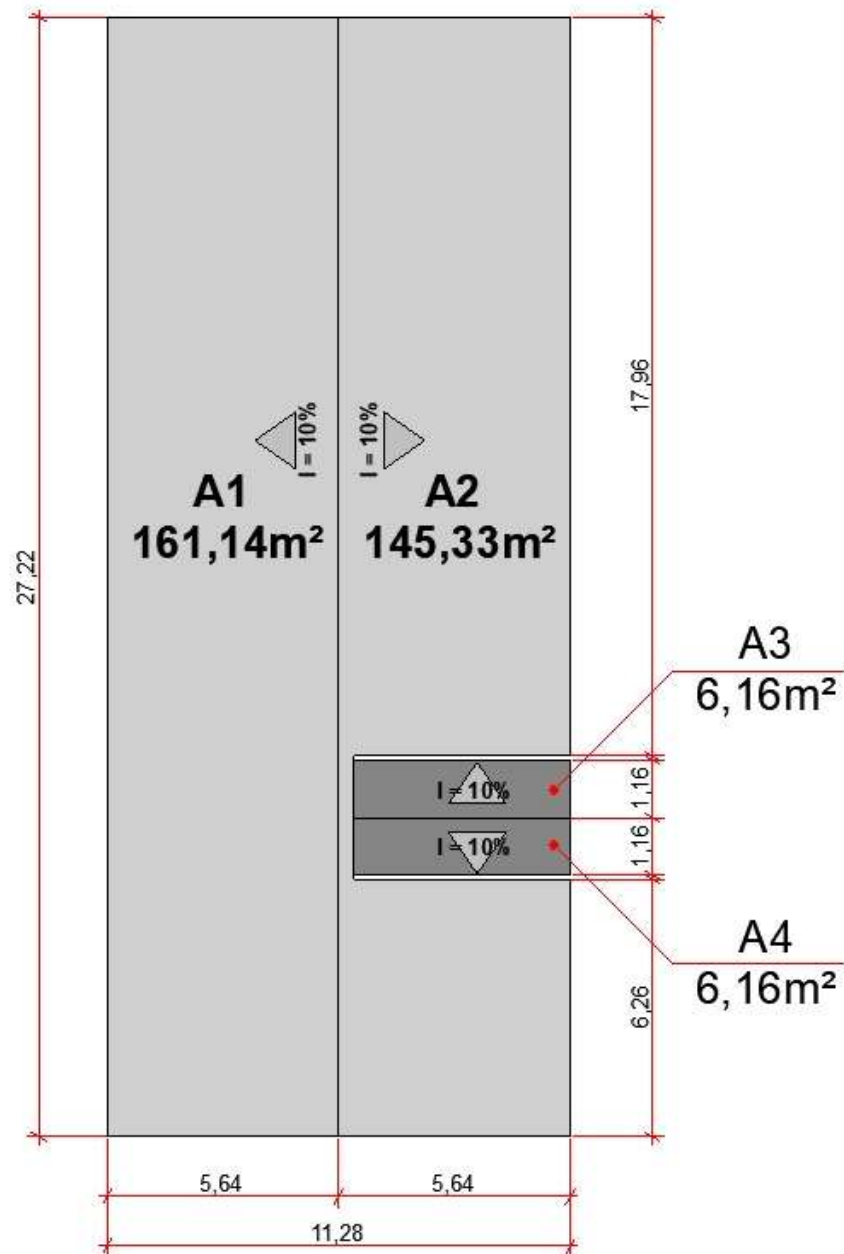
Figura 26 – Seção transversal da cobertura da academia - Corte AA (dimensões em metro).



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

O cálculo da área de cobertura foi feito a partir das dimensões, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), como representado na Figura 7. O escoamento da chuva no telhado foi considerado em dois sentidos, sendo o topo do telhado, o divisor de águas. Sendo assim, a área total foi subdividida em quatro, resultando em um valor de cada, como mostra a Figura 27.

Figura 27 – Áreas de contribuição da cobertura da academia.



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

4.2.4 Volume captável

Para calcular o volume de água pluvial captável é preciso determinar valores de precipitação mensal ou anual, área de captação, coeficiente de escoamento inicial (*runoff*) e o fator de eficiência do sistema, que leva em consideração o funcionamento dos dispositivos de descarte de sólidos e de escoamento inicial.

Tendo em vista que a cobertura é de telha termoacústica (sanduiche) fibrocimento, o coeficiente de *runoff* adotado foi de 0,90, de acordo com o Quadro 5, que contém faixas de valores usualmente adotados.

Quadro 5 – Coeficientes de *runoff* médio.

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2009b).

O fator de captação, que consiste na eficiência do sistema relacionada aos dispositivos de descarte, é usualmente de 90%. Portanto, foi adotado $\eta = 0,90$ (LISBOA, 2011).

4.3 Dimensionamento das tubulações

Para o dimensionamento das tubulações, calhas e condutores, foi utilizada a NBR 10844 (ABNT, 1989) como descrito anteriormente no item 3.2.2 *Calhas e condutores* da Revisão Bibliográfica. Foram determinados parâmetros necessários para os cálculos, de acordo com o objeto de estudo. Em seguida, foram realizados os cálculos e as considerações para o dimensionamento das tubulações.

O tempo de retorno foi considerada de 5 anos, como indicado no Anexo – Tabela 5 da ABNT (1989), por se tratar de área de cobertura. De acordo com a norma, a duração da

precipitação deve ser fixada em 5 minutos. Para cálculo da vazão de projeto, foi utilizada área de contribuição de 318,79 m², calculada anteriormente, e a intensidade pluviométrica, determinada a partir da Tabela 5 apresentada no anexo da NBR 10844 (ABNT, 1989) e destacada parcialmente na Figura 28.

Figura 28 – Intensidade pluviométrica para chuva de 5 minutos.

ANEXO - Tabela 5

Tabela 5 - Chuvas intensas no Brasil (Duração - 5min)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313 (17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267 (21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137 (3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaré/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234 (10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265 (12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152 (20)
10 - Bauru/SP	110	120	148 (9)

Fonte: Adaptado da ABNT (1989).

4.4 Dimensionamento de reservatórios

O reservatório foi dimensionado segundo os métodos presentes na NBR 15527 (ABNT, 2007), descritos na seção 3.3 *Métodos de dimensionamento de reservatórios*. Os principais dados utilizados para o dimensionamento já foram descritos anteriormente, sendo: área de captação, volume captável, demanda e coeficiente de escoamento superficial (*runoff*). Além disso, foram feitas considerações necessárias para resolução dos métodos.

Para o dimensionamento segundo o Método de Azevedo Netto e Método Prático Inglês, foi utilizada a precipitação anual para determinar o volume que será aproveitado. Já para o Método de Rippl e Método Prático Alemão foi utilizada a série histórica de precipitação mensal.

Além disso, foram determinados os meses de estiagem (novembro e dezembro) os quais obtiveram os menores índices de chuva no ano na região nordeste, parâmetro necessário para dimensionamento segundo o Método de Azevedo Netto. Notou-se que, apesar do estudo de Pereira (2019) ser na cidade de São Cristóvão - SE, novembro e dezembro também foram os meses em que obtiveram a menor intensidade de chuva.

4.5 Análise da viabilidade econômica

Para realizar a análise econômica do projeto, foram levados em consideração os custos envolvidos na implantação do sistema de armazenamento. Foi feito levantamento dos materiais necessários e os custos foram estimados através de pesquisa de preços no endereço virtual da loja Tigre em fevereiro de 2022, com exceção do dispositivo de descarte de escoamento inicial, que foi obtido valor pelo banco de dados do Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2022).

O retorno investido foi definido como sendo o custo da concessionária de água referente ao consumo, que foi substituído pelo aproveitamento de água pluvial. O valor da tarifa foi obtido através do endereço eletrônico da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO, 2022), referente a edificações públicas com faixa de consumo mensal acima de 10 m³ e corresponde a 39,76 R\$/m³.

É válida a observação ao aplicar esse sistema de aproveitamento pois, de 2019 até 2022, a tarifa cobrada pela DESO, aumentou mais de 50% no preço cobrado e essa taxa deve aumentar mais ao passar dos anos, aumentando assim o custo gasto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Levantamento de dados

5.1.1 Dados hidrológicos da região

Os dados pluviométricos de janeiro de 2011 até dezembro de 2020 coletados foram organizados e tratados de acordo com a necessidades dos métodos de dimensionamento aplicados. A Tabela 3 apresenta os dados de precipitação mensal, retirados do site do INMET

(INMET, 2022). Em alguns períodos não foi contabilizada a precipitação devido a algum problema, com isso, na tabela esses períodos serão representados por “ERRO!”.

A Tabela 4 mostra as precipitações totais por ano e as médias anuais, enquanto que a Tabela 5 apresenta a precipitação média de cada mês ao longo dos 10 anos tratados. Além disso, o período de estiagem foi considerado como sendo os meses de novembro e dezembro.

Tabela 3 – Dados pluviométricos de Aracaju (jan 2011 – dez 2020).

Mês/Ano	Precipitação (mm)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	116,4	18,6	9	21,4	41,8	83	3,8	14,8	12,8	19
Fevereiro	29,4	109,8	23	82,6	68,2	ERRO!	17,6	90,4	40,6	129,6
Março	56,8	29,4	29,4	111,4	76,4	ERRO!	58,4	140,6	133,4	187,6
Abril	260	33,2	227,2	230,2	177,2	ERRO!	140,8	90,8	124	286,8
Maio	360,6	175,4	110	202	452	206	260,8	ERRO!	166,8	206,4
Junho	102	167,8	ERRO!	168	232,4	225,4	ERRO!	110,6	291	263,4
Julho	149,6	140,6	ERRO!	216,4	252	53,8	ERRO!	90,8	375,6	72,7
Agosto	94	126	66,4	93	107,6	63,4	ERRO!	30,2	98,2	132,4
Setembro	67,4	103	40,4	70,6	38,2	39,4	ERRO!	10,8	95,6	42
Outubro	118,8	108,6	186,4	58,6	30,6	17,8	88,2	23	91	20
Novembro	48,2	8,2	60	69,8	10	15,6	28,2	28	14,2	11,4
Dezembro	5,2	4	71,6	21,2	32,8	39	21,2	8,6	8	8,2

Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Tabela 4 – Precipitações totais anuais (2011 - 2020).

Precipitação (mm)	
Ano	Total anual
2011	1408,4
2012	1024,6
2013	823,4
2014	1345,2
2015	1519,2
2016	743,4
2017	619
2018	638,6
2019	1451,2
2020	1379,5
MÉDIA	1095,25

Fonte: Autor (2022).

Tabela 5 – Precipitações médias por mês e período de estiagem (jan 2011 – dez 2020).

Mês	Precipitação média (mm)	Período de estiagem
Janeiro	34,06	
Fevereiro	65,69	
Março	91,49	
Abril	174,47	
Maio	237,78	
Junho	195,08	
Julho	168,94	
Agosto	90,13	
Setembro	56,38	
Outubro	74,30	
Novembro	29,36	Estiagem
Dezembro	21,98	

Fonte: Autor (2022).

5.1.2 Área de captação e volume captável

A área de contribuição para aproveitamento de águas pluviais da academia foi definida no item 4.2.1 *Área de captação* e corresponde a quatro subáreas, totalizando 318,79m². Esta área contribui para o volume de chuva que pode ser captado pelo sistema. O volume foi calculado adotando os parâmetros citados no item 4.2.2 *Volume captável* e os valores de precipitação mensal apresentados em 5.1.1 *Dados pluviométricos*. Os resultados obtidos para cada mês e total anual estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Volume captável de água pluvial.

Mês	Runoff ©	Fator h	Área (m ²)	Precipitação média (mm)	Volume aproveitável (m ³)
Janeiro	0,90	0,90	318,79	34,06	8,791
Fevereiro	0,90	0,90	318,79	65,69	16,964
Março	0,90	0,90	318,79	91,49	23,624
Abril	0,90	0,90	318,79	174,17	44,973
Maio	0,90	0,90	318,79	237,78	61,402
Junho	0,90	0,90	318,79	195,08	50,372
Julho	0,90	0,90	318,79	168,94	43,623
Agosto	0,90	0,90	318,79	90,13	23,274
Setembro	0,90	0,90	318,79	56,38	14,561
Outubro	0,90	0,90	318,79	74,30	19,190
Novembro	0,90	0,90	318,79	29,36	7,583
Dezembro	0,90	0,90	318,79	21,98	5,682
TOTAL ANUAL					320,04

Fonte: Autor (2022).

Portanto, considerando o mesmo coeficiente de *runoff*, fator de captação e área, no período de um ano foi obtido um volume aproveitável total de 320,04m³.

5.1.3 Previsão de consumo de água não potável

A previsão de consumo de água não potável corresponde à demanda total de água, neste caso, dada pelo somatório das demandas de descarga em vasos sanitários e limpeza do banheiro.

O consumo pelos vasos sanitários foi estimado em 2.880 L/dia, de acordo com o estudo comparativo mostrado na Quadro 4 em 4.2.2 *Consumo de água não potável*. Para confirmar este valor, foi feito cálculo pela Equação 14, considerando o número estimado da população em 170 pessoas e frequência de acionamento da descarga de 1 vez/pessoa, resultando em 1.020 L/dia, sendo este o valor adotado. Nos sábados e domingos a academia funcionará apenas das 8:00h as 13:00h e que não tem muito movimento, cerca de 42 pessoas que utilizam a academia nos finais de semana. A Tabela 7 mostra as demandas mensais e anual de água dos vasos sanitários.

Tabela 7 – Demanda mensal e anual das descargas.

Mês	Volume captável (L)	Descargas dos vasos sanitários			
		Consumo (L/descarga)	Nº de usuários(seg-sex 170/ fds 42)	Frequências (descarga/pessoa)	Demanada mensal (L)
Janeiro	8.791	6	170	1	24.456
Fevereiro	16.964	6	170	1	24.456
Março	23.624	6	170	1	24.456
Abril	44.973	6	170	1	24.456
Maio	61.402	6	170	1	24.456
Junho	50.372	6	170	1	24.456
Julho	43.623	6	170	1	24.456
Agosto	23.274	6	170	1	24.456
Setembro	14.561	6	170	1	24.456
Outubro	19.190	6	170	1	24.456
Novembro	7.583	6	170	1	24.456
Dezembro	5.682	6	170	1	24.456
Demanda Anual (L)					293.472

Fonte: Autor (2022).

Desse modo, foi possível obter as demandas mensais e anual de água referente ao uso das descargas dos banheiros resultando em **293.472 litros** que serão consumidos anualmente.

A parcela de consumo referente à limpeza do banheiro foi calculada a partir das áreas descritas em 4.2.2 *Consumo de água não potável* e dos parâmetros descritos no Quadro 4.

Tabela 8 – Demanda mensal e anual das limpezas.

Mês	Volume captável (L)	Limpeza dos banheiros			
		Consumo (L/m ²)	Banheiro masc e fem (13,8 m ²) cada	Banheiro PCD (2,98 m ²) cada	Demanada mensal (L)
Janeiro	8.791	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Fevereiro	16.964	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Março	23.624	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Abril	44.973	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Maio	61.402	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Junho	50.372	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Julho	43.623	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Agosto	23.274	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Setembro	14.561	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Outubro	19.190	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Novembro	7.583	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Dezembro	5.682	3,67	27,6	5,96	1.970,64
Demanda Anual (L)					23.647,72

Fonte: Autor (2022).

Desse modo, foi possível obter as demandas mensais e anual de água para a limpeza dos banheiros resultando em **23.648 litros** que serão consumidos anualmente.

Portanto a demanda mensal total da água não potável corresponde ao somatório do consumo mensal para a limpeza do banheiro e vasos sanitários, como mostra a Tabela 9, e

observa-se que o volume total anual que necessitam os vasos sanitários juntamente com a limpeza da academia corresponde a 317.120 L, enquanto que o volume de chuva estimado para o mesmo período foi de 320.039 L e excedente de 2.919 L. Apesar do projeto executado por Pereira (2019) ser um ginásio de uma instituição pública, o valor excedente foi próximo, 3.167L.

Tabela 9 – Demanda de água não potável na academia.

Mês	Demanda (L)			Volume de chuva (L)		
	Vasos sanitários	Limpeza	Total	Captável	Excedente	Excedente acumulado
Janeiro	24.456	1.971	26.427	8.791	-17.66	-17.66
Fevereiro	24.456	1.971	26.427	16.964	-9.463	-27.123
Março	24.456	1.971	26.427	23.624	-2.803	-29.926
Abril	24.456	1.971	26.427	44.973	18.546	-11.380
Mai	24.456	1.971	26.427	61.402	34.975	23.595
Junho	24.456	1.971	26.427	50.372	23.945	47.540
Julho	24.456	1.971	26.427	43.623	17.196	64.736
Agosto	24.456	1.971	26.427	23.274	-3.153	61.583
Setembro	24.456	1.971	26.427	14.561	-11.866	49.717
Outubro	24.456	1.971	26.427	19.190	-7.237	42.48
Novembro	24.456	1.971	26.427	7.583	-18.844	23.636
Dezembro	24.456	1.971	26.427	5.682	-20.745	2.919
Total	293.472	23.648	317.120	320.039	2.919	

Fonte: Autor (2022).

5.2 Dimensionamento

5.2.1 Tubulações

- Calhas

A vazão de projeto foi calculada a partir dos dados de intensidade pluviométrica e área de contribuição do telhado, como foi visto na Figura 29, a intensidade pluviométrica será de 122 mm/h e área de contribuição de cada água do telhado sendo $A_1 = 161,14 \text{ m}^2$, $A_2 = 145,33 \text{ m}^2$, A_3 e $A_4 = 6,16 \text{ m}^2$, o que resultou nas vazões de projetos para a $A_1 = 327,65 \text{ L/min}$, para a $A_2 = 295,50 \text{ L/min}$ e A_3 e A_4 tiveram vazão de projeto iguais a $12,53 \text{ L/min}$.

Portanto, utilizando a vazões de projetos para suas respectivas áreas e a partir da Tabela 1, considerando calha semicircular, que apresenta rugosidade $n=0,011$, e declividade de **2%**, foi encontrado diâmetro de **125mm** para a A_1 e A_2 , diâmetro de **100mm** para A_3 e A_4 .

- Condutores verticais

Para dimensionamento dos condutores verticais, foram consideradas calhas com saída em funil. O diâmetro foi determinado a partir do ábaco da Figura 9, com os dados de entrada de vazão de projeto, altura da lâmina d'água na calha, 50 mm, e comprimento do condutor, 6,60 m. Foi adotado diâmetro de **100 mm** para todos condutores verticais o mínimo disponível para comercialização.

- Condutores horizontais

Os condutores horizontais foram adotados de PVC ($n=0,011$), foram dimensionados de acordo com a vazão de projeto de contribuição para cada trecho e foi adotada declividade de 2%. A partir da Tabela 2, foram determinados os diâmetros, como mostra a Tabela 10. O arranjo dos condutores horizontais pode ser observado no Apêndice A.

Tabela 10 – Diâmetros dos condutores horizontais.

Trecho	Vazão de projeto (L/min)	Declividade (%)	Diâmetro (mm)
CH 1 – R	327,65	2	100
CH2 – R	320,56	2	100

Fonte: Autor (2022).

5.2.2 Reservatório

São apresentados os volumes dos reservatórios, pelos métodos de Rippl, Azevedo Netto, Alemão e Inglês e posteriormente pode-se observar no Quadro 6 essas informações de modo a permitir a comparação entre esses resultados.

- Método de Rippl

O volume do reservatório pelo método de Rippl foi calculado com base na Tabela 8, a partir do volume excedente, que corresponde ao valor do volume captável de chuva menos a demanda de consumo. Considerando o volume acumulado no tempo, então o volume do reservatório é igual ao maior volume excedente acumulado. Resultando em um reservatório de **64.736 L**.

- Método de Azevedo Netto

O método de Azevedo Netto é empírico e o volume do reservatório depende apenas de 3 incógnitas já calculadas. A área de captação total foi de 318,79 m², a precipitação média total anual foi de 1.095,25 mm e o período de estiagem foi considerado de 2 meses (novembro e dezembro). Portanto, o volume do reservatório resultou em **29.329 L**.

- Método Prático Alemão

Este método leva em consideração o menor valor anual entre volume aproveitável e demanda. Então, neste caso, o valor considerado foi a demanda de 317.120 L. Resultando em um volume de reservatório de **19.027 L**.

- Método Prático Inglês

O volume neste método é obtido a partir da precipitação média anual 1.095,25 mm e da área de captação 318,79 m², resultando em **17.458 L**.

Quadro 6 – Comparação entre os métodos de dimensionamento do reservatório.

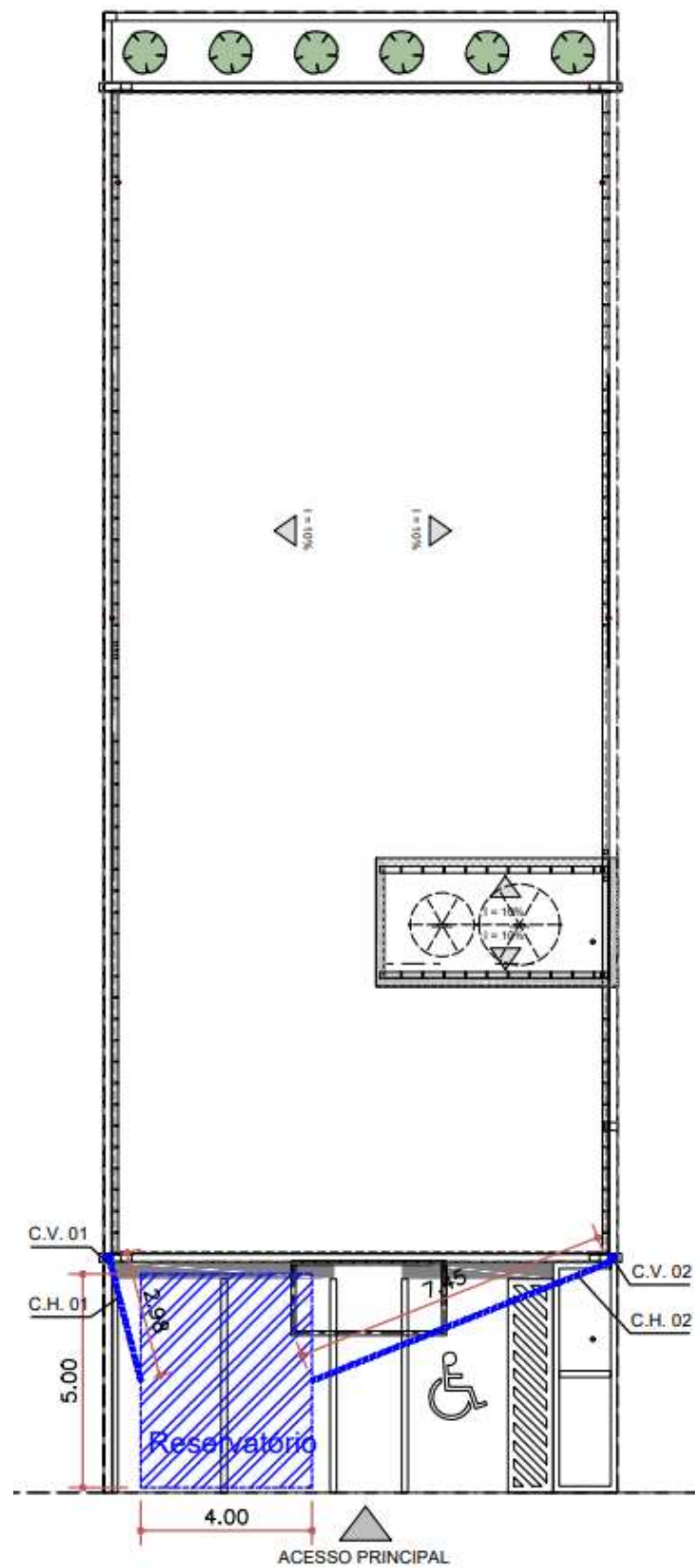
Método	Volume (L)	Parâmetros
Rippl	64.736	Volume aproveitável Demanda
Azevedo Netto	29.329	Precipitação média Área de captação Período de estiagem
Prático Alemão	19.027	Volume aproveitável Demanda
Prático Inglês	17.458	Precipitação média anual Área de captação

Fonte: Autor (2022).

Os métodos de Prático Alemão e Prático Inglês obtiveram um volume muito pequeno pois, existe uma menor particularidade com a realidade e também um menor número de variável, então foi descartado esses métodos. Já o Método de Rippl, não seria possível colocar um reservatório de 65m³ e devido a isso foi descartado também. Em Pereira (2019), o método utilizado foi Rippl, devido a ter um espaço disponível para a instalação de 4 reservatórios de 20.000L.

Portanto o método adotado será o Método de Azevedo Netto, é o que mais se aproxima da realidade sendo que por ser um projeto na região Nordeste, onde existe os períodos de estiagem e esse método leva em consideração. Com isso, foi adotado um reservatório com volume total de **30.000 L**, com dimensões de 5x4x1,5, como pode ser visto na Figura 29.

Figura 29 – Dimensões do reservatório.



Fonte: Adaptado de Alca Arquitetura (2022).

5.3 Análise econômica

Para fins de análise econômica do sistema de coleta e armazenamento, foi considerado valor de custo de investimento de R\$ 8.989,64, descrito na Tabela 11, e valor de retorno de R\$ 12.610,32, descrito na Tabela 12, ambos para o período de 1 ano.

Tabela 11 - Custos do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial.

Materiais	Descrição	Custo unitário (R\$)	Quantidade	Unidade	Custo (R\$)
Dispositivo de descarte inicial	Orse	121,66	1	und	121,66
Filtro separador de sólidos	Acquasave	403,9	1	und	403,90
Calha PVC semicircular	ø125	20,35	51,44	m	1.046,80
Calha PVC semicircular	ø100	16,63	10,5	m	174,62
Tubo PVC (Condutor Vertical)	ø100	17,30	14,7	m	254,31
Tubo PVC (Condutor Horizontal)	ø100	16,90	10,43	m	176,27
Reservatório (Material)	30.000 L	4.854,00	x	m ³	4.854,00
Reservatório (mão de obra)	30.000 L	1.618,00	4	pessoas	1.618,00
Acessórios (Curva 90º)	ø100	33,10	2	und	66,20
Acessórios (Adaptador com rg)	Tigre	36,99	2	und	73,98
Bomba	Bomba Intech Machine Periférica BP 500 - 1/2 HP	199,90	1	und	199,90
TOTAL					8989,64

Autor (2022).

Tabela 12 - Retorno do capital investido (*payback*).

Mês	Consumo (m³)	Tarifa (R\$/m³)	Custo (R\$)	Custo economizado acumulado (R\$)
Janeiro	26,43	39,76	1.050,86	1.050,86
Fevereiro	26,43	39,76	1.050,86	2.101,72
Março	26,43	39,76	1.050,86	3.152,58
Abril	26,43	39,76	1.050,86	4.203,44
Maio	26,43	39,76	1.050,86	5.254,30
Junho	26,43	39,76	1.050,86	6.305,16
Julho	26,43	39,76	1.050,86	7.359,02
Agosto	26,43	39,76	1.050,86	8.406,88
Setembro	26,43	39,76	1.050,86	9.457,74
Outubro	26,43	39,76	1.050,86	10.508,60
Novembro	26,43	39,76	1.050,86	11.559,46
Dezembro	26,43	39,76	1.050,86	12.610,32
Total	317,16	39,76	12.610,32	

Autor (2022).

O índice de custos benefício (IBC) resultante foi de 1,41, maior que 1 e, portanto, considerado viável. O valor presente líquido (VPL) obtido foi de R\$ 1.599,75, maior que 0, portanto, considerado viável. O tempo gasto para ter o capital investido retornado, ou seja, o *payback* foi determinado a partir da análise da Tabela 11, sendo de 9 meses após início da operação do sistema, considerando início em janeiro.

6. CONCLUSÃO

A partir da análise da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais da academia R Performance em Aracaju/SE, foi possível concluir que o sistema é uma fonte alternativa de abastecimento de água viável, visto que o período de retorno corresponde a 9 meses. Além da economia financeira, o aproveitamento de chuva é uma prática sustentável, que traz benefícios para a população e o meio ambiente.

Em relação ao dimensionamento do reservatório, foi feito comparativo entre 4 métodos descritos na NBR 15527: Método de Rippl, Azevedo Netto, Prático Alemão e Prático Inglês. Como resposta à comparação, concluiu-se que o Método Azevedo Netto apresentou valor mais viável e próximo do real, sendo adotado volume de 30.000 L.

Para execução do sistema foram utilizadas calhas, condutores verticais e horizontais, reservatórios, dispositivos de descarte inicial e filtro separador de sólidos.

Foi estimado o orçamento da execução do sistema de coleta e aproveitamento para que fosse realizada a análise econômica, sendo obtidos valores de IBC de 1,41 e VPL de R\$ 1.599,75, ambos para um período de 12 meses, e tempo de *payback* de 9 meses. Apesar dos custos de investimento serem um pouco significativos (R\$ 8.989,64), a análise indicou a viabilidade econômica do sistema.

REFERÊNCIAS

- ANA; FIESP; SindusCon. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005.
- ASA. Articulação Semiárido Brasileiro. Disponível em <<http://asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em 5 de fevereiro de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16783: **Uso de fontes alternativas de águas não potáveis em edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ACQUASAVE. Disponível em http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik. Acesso em 16 de fevereiro de 2022.
- Alca Arquitetura. **Projeto academia R Performance**. (2022).
- ARAGÃO, R. **Chuvvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diárias**. Abril ,2003
- BRAGA, I. **Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- CAMARGO, C. **Análise de investimentos e demonstrativos financeiros**. Curitiba: Ibpx, 2007.
- CPRM. Companhia de Pesquisa Recursos Minerais (Serviços Geológicos do Brasil). **LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL ISOIETAS ANUAIS MÉDIAS PERÍODO 1977 A 2006**. 2006. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_pluviometrico_brasil/isoietas_totais_anuais_1977_2006.pdf>. Acesso em 5 de fevereiro de 2019.

DESO. Companhia de Saneamento de Sergipe. Disponível em <<https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario>>. Acesso em 2 de março de 2022.

DEMAE. Departamento de águas e esgotos. Disponível em <https://www.demae.go.gov.br/>. Acesso em 03 de janeiro de 2022.

ENTENDANTES O MUNDO DO CONSTRUTOR. Disponível em <https://entendaantes.com.br/>. Acesso em 15 de fevereiro de 2022

GOOGLE EARTH. Disponível em <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em 15 de janeiro 2022.

GROUP RAINDROPS. Disponível em <https://document.onl/documents/aproveitamento-da-agua-da-chuva-group-raindrops.html>. Acesso em 18 de fevereiro de 2022.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>. Acessado em 12 de janeiro de 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 28 de janeiro de 2022.

JAQUES, R. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LISBOA, M. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

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

ORSE. Orçamento de Obras de Sergipe. Disponível em <<http://187.17.2.135/orse/insumosargumento.asp>>. Acesso em 10 de março de 2022.

PARAÍBA. Lei Nº 12.166. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-ordinaria/2011/1217/12166/lei-ordinaria-n-12166-2011-cria-o-sistema-de-reuso-de-agua-de->

chuva-para-utilizacao-nao-potavel-em-mercados-municipais-subprefeituras-condominios-clubes-entidades-conjuntos-habitacionais-e-demais-imoveis-residenciais-industrias-e-comerciais-dentro-de-joao-pessoa-e-da-outras-providencias?q=12166. Acesso em 14 de janeiro de 2022.

PEREIRA, M. **Aproveitamento de águas pluviais da cobertura do ginásio da universidade Federal de Sergipe em São Cristóvão - SE**. 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Sergipe. março 2019.

PHILIPPI, I. **Limites de aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de água da chuva: estudo de caso**. maio 2006.

PROSAB. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Disponível em <http://www.finep.gov.br/>. Acesso em 01 de março de 2022.

REBOUCAS, A. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estud. av., São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, abril 1997.

Recolast. Disponível em <https://www.recolast.com.br/>. Acesso em 16 de janeiro de 2022.

RIO DE JANEIRO. Lei Nº 9164. Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=407102>. Acesso 15 de janeiro de 2022

ROCHA, 2009. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ac/a/Xf5pp6mvBmZQMkr88bFXR6d>. Acesso em 15 de janeiro de 2022.

RODOLFO, 2019. Disponível em <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662196010/html/>. Acesso em 14 de janeiro de 2022.

SÃO PAULO. Lei Nº 356. Disponível em <https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1251478>. Acesso em 16 de janeiro de 2022.

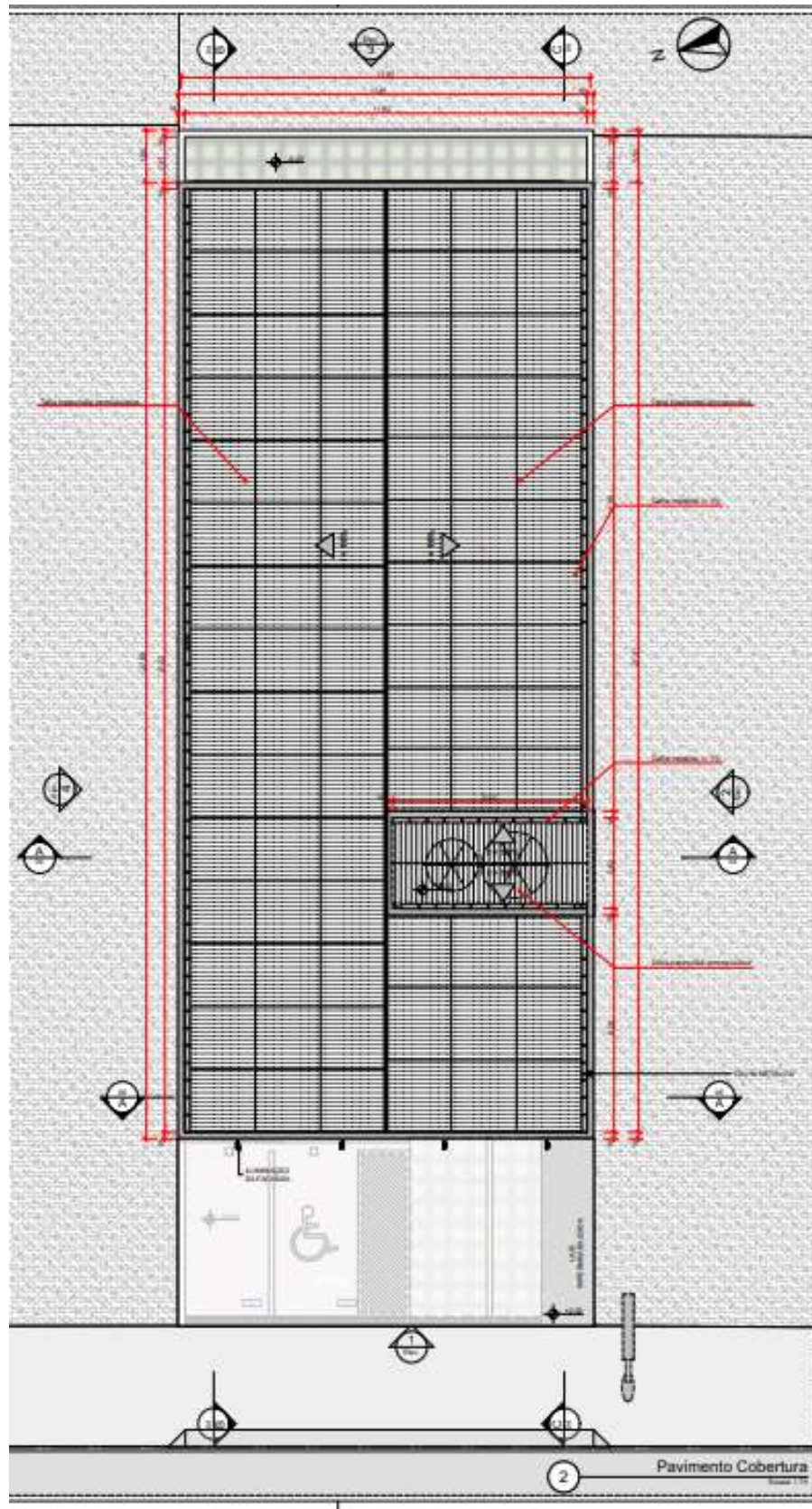
TERMOVALE. Disponível em <https://www.termovale.com.br/>. Acesso 15 de fevereiro de 2022.

TOMAZ, P. Qualidade da água de chuva. In: **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Editora Navegar, ed. 2, cap. 2, 34 p., 2009a.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água não potável. In: **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Editora Navegar, vol. 1, ed. 2, cap. 3, 10 p., 2009b.

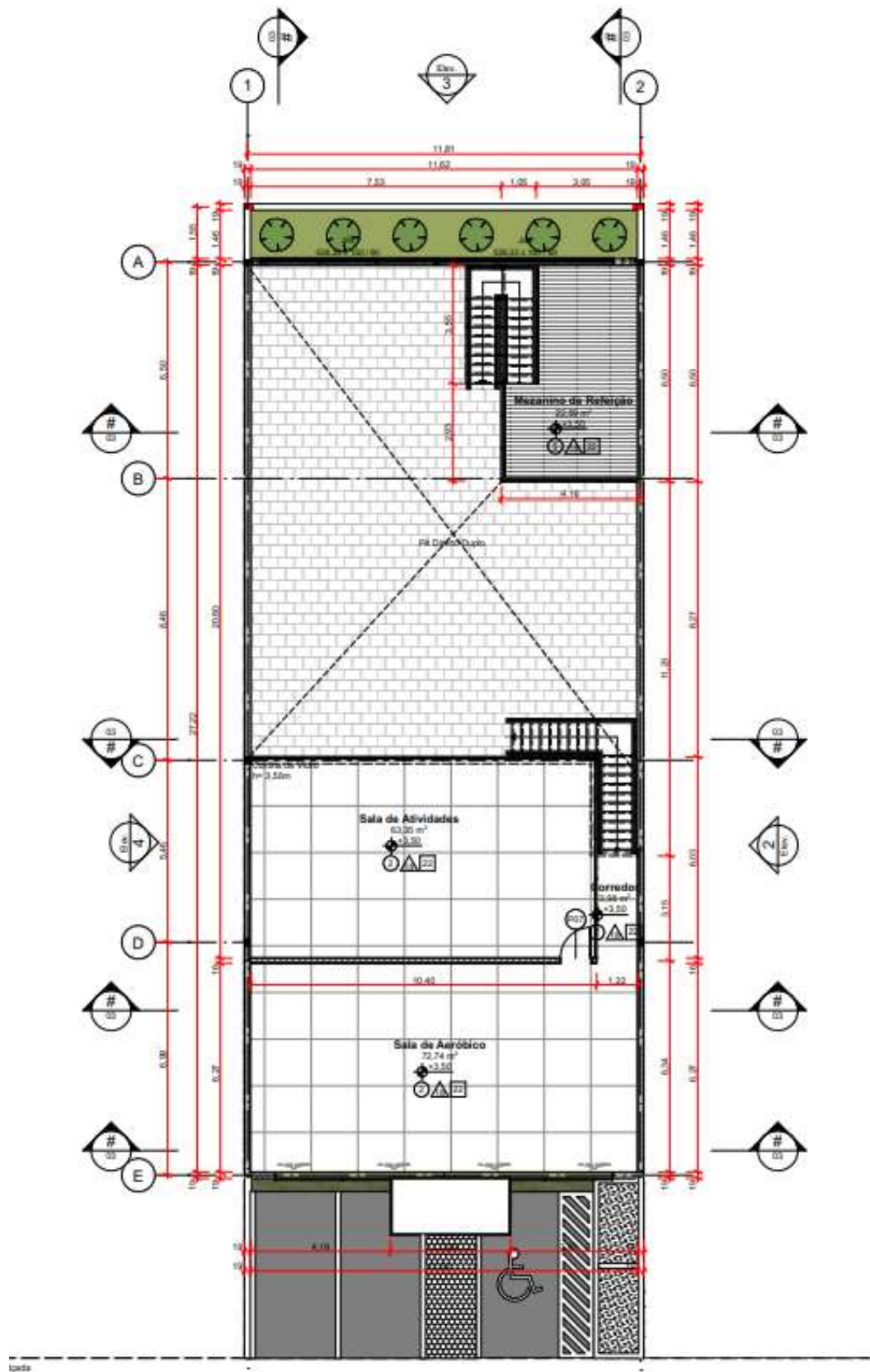
TOMAZ, P. Calhas e condutores. In: **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Editora Navegar, vol. 1, ed. 2, cap. 4, 25 p., 2010.

Anexo A: Planta de cobertura



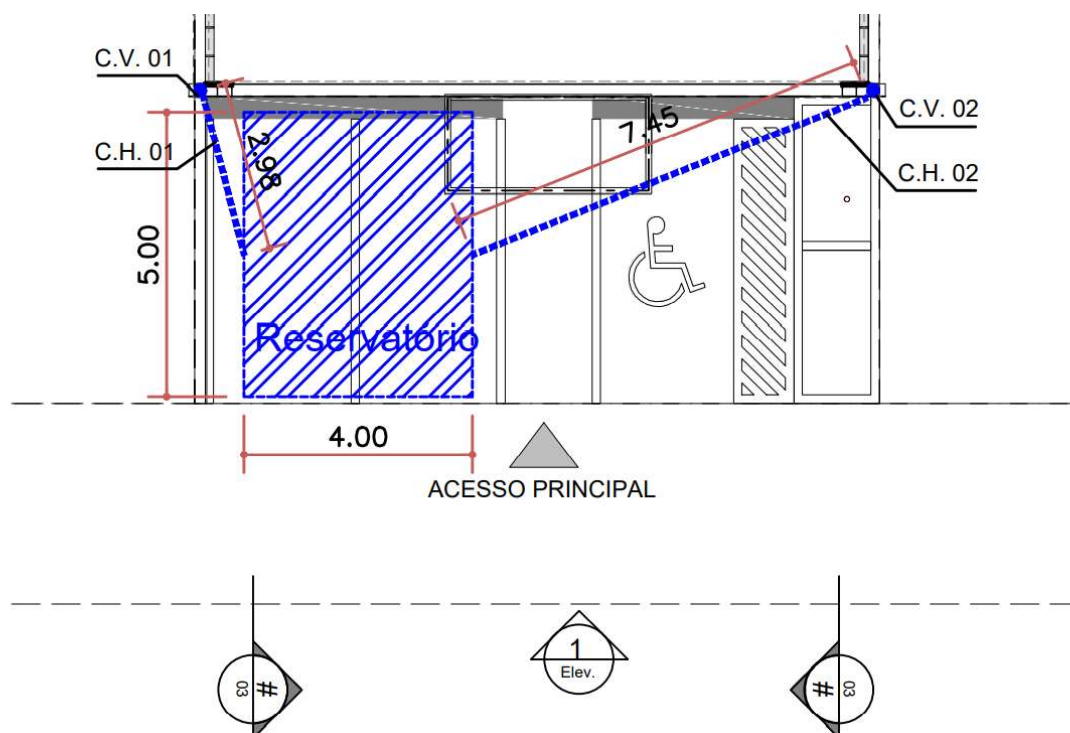
Fonte: Alca Arquitetura (2022)

Anexo C: Planta baixa segundo pavimento



Fonte: Alca Arquitetura (2022).

Apêndice A:



C.V. – Condutor Vertical.

C.H. – Condutor Horizontal.

Dimensões do reservatório – 5 metros de comprimento, 4 metros de largura e 1,5 metros de altura.