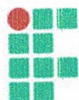


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAYSSA CANTUÁRIA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL DE UMA UNIDADE DE ENSINO**

Goiânia, GO
2019



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Rayssa Cantuária de Oliveira
Matrícula: 20151011050217

Título do Trabalho: Influência Das Séries Históricas De Dados Pluviométricos No Dimensionamento Do Sistema Predial De Aproveitamento De Água Pluvial De Uma Unidade De Ensino.

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia _____, 06 / 02 / 2020
Local Data

Rayssa Cantuária de Oliveira

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RAYSSA CANTUÁRIA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL DE UMA UNIDADE DE ENSINO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Engenharia
Civil, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus
Goiânia, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. MSc. Douglas Pereira
Pitaluga.**

**Co-orientadora: Prof^ª MSc. Gabriela
Cristina Ribeiro Pacheco.**

**Goiânia, GO
2019**

O141i Oliveira, Rayssa Cantuária de.
A influência das séries históricas de dados pluviométricos no dimensionamento do sistema predial de aproveitamento de água pluvial de uma unidade de ensino / Rayssa Cantuária de Oliveira. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.
78 f.: il.

Orientador: Prof. MSc. Douglas Pereira Pitaluga.
Coorientadora: Profª MSc. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Incluem apêndices.

1. Água pluvial. 2. Recursos hídricos. 3. Sistemas prediais. I. Pitaluga, Douglas Pereira (orientador). II. Pacheco, Gabriela Cristina Ribeiro (coorientadora). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 627

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Rayssa Cantuária de Oliveira

**INFLUÊNCIA DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL DE UMA UNIDADE DE ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Engenharia
Civil, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus
Goiânia, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

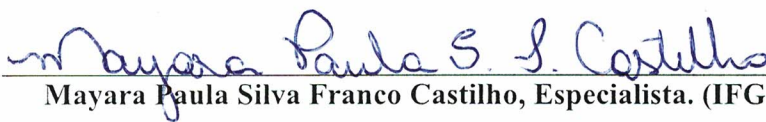
Aprovado em 13 de novembro de 2019:



Douglas Pereira Pitaluga, MSc. (IFG – Câmpus Goiânia)
(Orientador)



Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, MSc. (IFG – Câmpus Goiânia)
(Co - Orientadora)



Mayara Paula Silva Franco Castilho, Especialista. (IFG – Câmpus Goiânia)



Bruna Fioramonte Silva, Engenheira Civil (IFG – Campus Aparecida de Goiânia)

Goiânia, GO
2019

DEDICATÓRIA

A minha família, em especial aos meus pais João Francisco e Maria Gorete, que sempre se dedicaram e me apoiaram na realização dos meus objetivos nunca deixando me faltar fé, educação e respeito.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, á Deus porque até aqui tem me sustentado com Sua imensurável graça.

Á Msc. Engenheira Civil Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, pela parceria, disposição e confiança em me orientar mesmo com os compromissos do doutorado. Obrigado pelas palavras de incentivo que nunca lhe faltaram.

Ao Msc. Engenheiro Civil Douglas Pereira Pitaluga, por toda informação e sabedoria compartilhada.

Aos meus pais, João Francisco e Maria Gorete por toda compreensão e incentivo nos momentos difíceis da graduação. Por ter me dado a oportunidade de estudo que vocês não tiveram, essa conquista é por vocês e para vocês.

Á minha irmã, por acreditar em meus sonhos e me apoiar em minhas escolhas.

Aos meus amigos da graduação. Obrigado pela amizade construída, pelo companheirismo, parceria e incentivo ao longo desses anos. O sucesso espera por vocês.

RESUMO

INFLUÊNCIA DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE UMA UNIDADE DE ENSINO

AUTOR : Rayssa Cantuária de Oliveira

ORIENTADOR: Prof. MSc. Douglas Pereira Pitaluga

CO-ORIENTADORA: Prof^a MSc. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco

O constante aumento na demanda de água potável e das crises hídricas ao redor do mundo, tem sido motivo de buscas por alternativas que minimizem seus impactos ambientais e sociais. Os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial, tem se destacado devido aos benefícios diretos e indiretos gerados com sua implantação. Entretanto, o aspecto econômico do sistema ainda possui grande importância na tomada de decisão dos investidores. Os custos elevados decorrem muitas vezes do subsistema de armazenamento de água pluvial, que representa um grande percentual do investimento inicial do sistema, sendo importante a utilização de dados precisos em seu dimensionamento. Entre os principais elementos utilizados para encontrar o volume do reservatório de água pluvial, estão os dados de precipitação obtidos mediante series históricas. Assim, este trabalho analisa a influência da duração de diferentes séries históricas de precipitação na avaliação econômica do sistema predial de aproveitamento de água pluvial a ser implantado no prédio anexo ao Instituto Federal de Goiás – Câmpus Goiânia. Foram considerados períodos de precipitação de 5, 10, 20 e 50 anos, em dados mensais e diários no qual dimensionou-se os reservatórios ideais com o auxílio do Programa Computacional Netuno V4.0. A avaliação econômica realizada mediante os cálculos de indicadores de consumo demonstraram a inviabilidade financeira da implantação do sistema predial de aproveitamento de água pluvial na edificação. Ao analisar os resultados para cada série de precipitação, foi possível observar que o volume de armazenamento cresceu conforme o aumento do período de precipitação, gerando assim maior economia de água potável e consequentemente uma maior atratividade econômica. Ao verificar a utilização de dados diários e mensais, nota-se que o uso de dados diários resulta em menores volumes de reservação, porém com maior potencial econômico. Mesmo com sua inviabilidade econômica, a implantação do sistema não deve ser descartada, uma vez que apresenta consideráveis contribuições no contexto sustentável. Assim, a configuração ideal do sistema predial de aproveitamento de água pluvial contaria com um reservatório inferior de 11500 litros resultando em uma economia de 66,78 % do consumo não potável na edificação.

Palavras-Chave: Aproveitamento de água pluvial. Água de chuva. Viabilidade Econômica.

Séries pluviométricas.

ABSTRACT

INFLUENCE OF HISTORICAL SERIES OF PLUVIOMETRIC DATA ON THE DIMENSION OF THE RAINWATER HARVESTING SYSTEM OF A TEACHING UNIT

AUTHOR: Rayssa Cantuária de Oliveira

ADVISOR: Prof. MSc. Douglas Pereira Pitaluga

CO-ADVISOR: Prof^a MSc. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco

The constant increase in demand for drinking water and water crises around the world has been the reason for seeking alternatives that minimize their environmental and social impacts. The rainwater harvesting systems, has stood out due to the direct and indirect benefits generated with its implementation. However, the economic aspect of the system is still of great importance in investor decision making. The high costs often derive from the rainwater storage subsystem, which represents a large percentage of the system's initial investment, and it is important to use accurate data in its sizing. Among the main elements used to find the volume of the rainwater tank is precipitation data obtained from historical series. Thus, this work analyzes the influence of the duration of different historical series of precipitation on the economic feasibility of rainwater harvesting system to be implemented in the building attached to the Federal Institute of Goiás - Câmpus Goiânia. Precipitation periods of 5, 10, 20 and 50 years were considered in monthly and daily data in which the ideal reservoirs were dimensioned with Neptune Computational Program V4.0. The economic evaluation performed through the calculation of consumption indicators, demonstrated the financial unfeasibility of the implementation of rainwater harvesting system in the building. By analyzing the results for each series of precipitation, it was possible to observe that the storage volume increased as the precipitation period increased, thus generating greater saving of drinking water and consequently greater economic attractiveness. When checking the use of daily and monthly data, it is noted that the use of daily data results in lower reserve volumes but with greater economic potential. Even with its economic unfeasibility, the implementation of the system should not be discarded, since it presents considerable contributions in the sustainable context. Thus, the ideal configuration of the rainwater harvesting system would have a lower reservoir of 11500 liters resulting in a saving of 66.78% of non-potable consumption in the building.

Keywords: Rainwater harvesting. Rainwater. Economic feasibility. Rainfall time series.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Sistema de aproveitamento de água pluvial.	20
Figura 2.2 – Sistema de descarte inicial da água pluvial.	21
Figura 2.3 – Transporte da água pluvial.	23
Figura 2.4 – Grelhas para manutenção de calhas.	23
Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia.	35
Figura 3.2 – Localização do Prédio Anexo.	36
Figura 3.3 – Interface programa Netuno V4.0.	39
Figura 3.4 – Cenários de dimensionamento dos reservatórios.	40
Figura 4.1 – Planta de cobertura prédio anexo.	44
Figura 4.2 – Rede de condutores horizontais.	44
Figura 4.3 – Vista isométrica do dispositivo de descarte inicial.	45
Figura 4.4 – Vista Isométrica da rede de distribuição de água não potável.	48
Figura 4.5 – Gráfico de precipitação conforme a série temporal.	49
Figura 4.6 – Gráfico da precipitação diária ao longo de 50 anos.	50
Figura 4.7 – Demanda de água pluvial do Prédio Anexo.	53
Figura 4.8 - Gráfico resultante da simulação no Netuno para precipitação diária de 5 anos.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.	24
Tabela 2.2 – Coeficiente de escoamento superficial.	29
Tabela 3.1 – Indicadores de Consumo.	38
Tabela 4.1 - Precipitação Anual.	51
Tabela 4.2 – População do Prédio Anexo.	52
Tabela 4.3 – Área de irrigação e de lavagem de piso Prédio Anexo.	52
Tabela 4.4 – Demanda diária do Prédio Anexo.	53
Tabela 4.5 – Simulações dos reservatórios ideais.	55
Tabela 4.6 – Orçamento do SPAAP.	57
Tabela 4.7 – Custo e Manutenção do SPAAP.	58
Tabela 4.8 – Custo da limpeza anual dos reservatórios.	58
Tabela 4.9 – Receita do SPAAP.	59
Tabela 4.10 – Indicadores Econômicos	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BIM	Building Information Model
CORAE	Coordenação de Registros Acadêmicos e Escolares
CSV	Valores Separados por Vírgula
IFG	Instituto Federal de Goiás
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
NBR	Norma Brasileira
NO	Oxido de Nitrogênio
PSO	Particle Swarm Optimization
PVC	Policloreto de Vinila
SANEAGO	Saneamento de Goiás S. A
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SPAAP	Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial
SPAF	Sistema Predial de Água Fria
TIR	Taxa Interna de Retorno
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	Objetivo Geral.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	15
2.1.1	Finalidade do SPAAP	15
2.1.2	Benefícios do Sistema.....	16
2.1.3	Restrições do Sistema.....	17
2.1.4	Referências Normativas no Brasil	18
2.2	COMPONENTES DO SPAAP	19
2.2.1	Coleta	20
2.2.2	Condução	22
2.2.3	Tratamento	24
2.2.4	Armazenamento.....	25
2.3	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DO SPAAP	26
2.3.1	Oferta de Água Pluvial	27
2.3.2	Demanda de Água Pluvial.....	29
2.3.3	Métodos de Cálculo.....	30
2.4	AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	32
2.4.1	Payback.....	32
2.4.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	33
2.4.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	34
3.	METODOLOGIA	35
3.1	ESCOLHA DA EDIFICAÇÃO	35
3.2	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DO SPAAP.....	37
3.2.1	Oferta de Água Pluvial	37
3.2.2	Demanda de Água Pluvial.....	38
3.2.3	Volume do Reservatório	39
3.3	ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	40
3.4	AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	41
3.5	ANÁLISE DE RESULTADOS	42
4.	RESULTADOS	43
4.1	CONCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DO PROJETO	43
4.1.1	Coleta e Condução	43
4.1.2	Tratamento	45

4.1.3	Armazenamento.....	46
4.1.4	Distribuição.....	47
4.2	DIMENSIONAMENTO DO RESERVÁTARIO.....	49
4.2.1	Dados de precipitação.....	49
4.2.2	Demanda de Água Pluvial.....	51
4.2.3	Volume do Reservatório	54
4.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	56
4.3.1	Determinação dos Custos	56
4.3.2	Determinação das Receitas	58
4.3.3	Indicadores Econômicos	58
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	60
5.	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE I – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA	71
	APÊNDICE II – PROJETO DO SPAAP	76

1. INTRODUÇÃO

Este item apresenta as considerações gerais que delimitam o tema deste trabalho além de discorrer sobre a contextualização do tema, os objetivos gerais e específicos e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A demanda de água no mundo apresenta uma taxa de crescimento maior que o crescimento populacional, fato este que tem sido provocado pelas constantes mudanças no cenário atual, atribuídas principalmente ao aumento do consumo de alimentos e produtos industriais, gerando significativa produtividade com alto consumo hídrico (REBOUÇAS, 2001).

Temas relacionados ao uso da água potável tem se tornado destaque mundial nas últimas décadas, adquirindo proporcional notoriedade entre a população em geral, governantes e instituições não governamentais. O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2019), destaca o aumento mundial do uso da água devido a uma combinação do crescimento populacional, do desenvolvimento socioeconômico e das mudanças nos padrões de consumo.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), desde a década de 1980 o aumento do uso da água foi proporcional à taxa de 1% por ano. Mediante esse dado conclui-se que se a demanda mundial por água continuar com a mesma taxa de crescimento até 2050, isso representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível de uso atual, principalmente devido à evolução da demanda nos setores industriais e domésticos (UNESCO, 2019).

Enfrentar os diferentes aspectos relacionados à crise hídrica é um dos maiores desafios atuais e existem diversas ações para amenizar os fatores que intensificam a escassez de recursos, assim como os danos acarretados por ela. De acordo com Sautchuk *et al.* (2006), ao nível das edificações há diferentes ferramentas para lidar com essa situação que incluem o gerenciamento da demanda, o uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis e a utilização de fontes alternativas.

As fontes alternativas são opções ao uso das fontes usuais e incluem a água proveniente de reuso e a água pluvial. Dentre essas possibilidades o aproveitamento de água pluvial destaca-

se devido às diversas vantagens apresentadas. Apesar de ser uma técnica milenar, a construção de Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial (SPAAP), vem sendo recentemente impulsionada pelo interesse por alternativas sustentáveis, por programas de incentivo em locais onde não há outra fonte de abastecimento, pela concessão de auxílios financeiros e pela existência de legislações em edificações com características específicas (PACHECO, 2016).

O aproveitamento da água da chuva, segundo Dornelles (2012), é considerado uma medida ambientalista. Segundo o autor, esta medida preserva as fontes naturais de abastecimento por meio da redução da captação de água e consequentemente pelo controle de alagamentos, tendo em vista a redução da vazão destinada à rede pluvial com o armazenamento da água em reservatórios para posterior consumo. Sendo assim, esse aproveitamento é uma alternativa que auxilia na redução do escoamento da água superficial em áreas urbanas promovendo melhoria na drenagem urbana, possibilitando simultaneamente a economia de água potável e reduzindo transtornos gerados pela escassez.

Os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial, podem apresentar significativos benefícios aos usuários quando as variáveis de dimensionamento, aspectos climáticos da região e a demanda forem favoráveis. É importante a preocupação com o tipo de dimensionamento do reservatório a ser considerado, uma vez que este possui grande representatividade nos aspectos econômicos, e com as especificidades regionais, como a precipitação local e a série temporal que será utilizada nos métodos adotados. Devido às características específicas de cada edificação e sua região, os estudos para implantação desses sistemas e sua viabilidade não devem ser analisados genericamente.

A construção dos SPAAP ainda não é uma prática comum devido à falta do conhecimento populacional sobre os benefícios diretos e indiretos, e também ao elevado custo inicial para a implantação desse sistema. Este custo inicial pode torná-los inviáveis face às tarifas de água cobradas pelas concessionárias para determinadas edificações. Além disso, para dimensionar o reservatório, determinado pela oferta e demanda por água pluvial, são empregados diversos dados que podem influenciar na viabilidade do sistema.

Portanto, este trabalho propõe avaliar como a série histórica de precipitação empregada para dimensionar o reservatório de armazenamento pode influenciar na viabilidade de implantação de um SPAAP no Prédio Anexo ao Instituto Federal de Goiás (IFG) – Câmpus Goiânia.

1.2 OBJETIVOS

Neste tópico são apresentados os objetivos principais que delimitam este trabalho e os objetivos específicos que auxiliam na realização do objetivo principal.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência da série de precipitação na análise econômica do Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial no Prédio Anexo ao IFG – Câmpus Goiânia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Avaliar os Sistemas Prediais de Água Fria e de Água Pluvial já existentes no Prédio Anexo ao Instituto Federal de Goiás – Câmpus Goiânia;
- II. Definir as modificações necessárias nos sistemas prediais existentes para a construção do SPAAP;
- III. Dimensionar o reservatório de água pluvial para determinadas séries históricas de precipitação;
- IV. Elaborar o Projeto Executivo do SPAAP utilizando o REVIT, software de modelagem da plataforma BIM (Building Information Model);

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso está estruturado em cinco tópicos principais. A introdução apresenta considerações gerais sobre o tema, incluindo a contextualização, introdução de objetivos gerais e específicos, bem como o presente item.

Na revisão da literatura, o sistema predial de aproveitamento de água pluvial é caracterizado pelos seus aspectos principais, componentes que proporcionam a utilização da água pluvial, métodos para o dimensionamento do reservatório e os procedimentos para a avaliação econômica.

A metodologia traz a identificação e caracterização do estudo de caso, destacando os métodos e ferramentas utilizadas para obtenção dos resultados. São apresentados os resultados

referentes ao dimensionamento do reservatório do SPAAP, à avaliação econômica do sistema e à análise da influência das séries de precipitação no sistema proposto. Por fim, são expostas considerações finais sobre o estudo realizado no item de conclusões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste item é abordado o conteúdo para auxílio teórico acerca da temática que fundamenta esta pesquisa, sendo dividido em quatro subtópicos: sistema predial de aproveitamento de água pluvial, componentes do SPAAP, dimensionamento do reservatório de armazenamento e avaliação econômica.

2.1 SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento da água pluvial tem se tornado destaque na busca por alternativas hídricas na sociedade. Assim, é importante conhecer alguns aspectos desse sistema predial como sua finalidade, os benefícios e restrições para a implantação, bem como as normas que norteiam todo o procedimento para o uso final da água pluvial.

2.1.1 Finalidade do SPAAP

A Agência Nacional de Águas (ANA), em seu relatório de 2018 sobre a conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, destaca o aumento do estresse hídrico no país em consequência da crescente demanda por água, que está sendo estimulada pela intensidade do uso da água nas atividades econômicas e o aumento populacional (ANA, 2018). Este tem sido um dos fatores que levam à crise hídrica mundial, logo a busca por alternativas hídricas e a conscientização sobre a melhoria da gestão da água tem tomado grandes proporções na sociedade atual.

Segundo Campos (2012), a utilização da água pluvial proporciona a redução na demanda da água potável captada em mananciais e pode ser classificada como uma medida que reduz os danos e as consequências do elevado volume de chuva, sendo assim uma medida não estrutural de drenagem.

O alto volume de escoamento superficial bem como a diminuição de áreas permeáveis devido à urbanização, tem causado grandes impactos nos sistemas de drenagem urbana. O aproveitamento da água pluvial influencia positivamente nestes sistemas uma vez que reduz o escoamento superficial e retêm os picos de chuva, armazenando e utilizando a água não potável que teria como destino as galerias pluviais com baixa capacidade de captação. Com o aproveitamento da água pluvial é possível também reduzir as vazões de escoamento superficiais em aproximadamente 30%, exceto para chuvas intensas (FRENI; LIUZO, 2019; PALLA ET AL., 2017).

Athayde Júnior, Dias e Gadelha (2008), mencionam em sua pesquisa que há diferentes finalidades para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, variando de acordo com a condição e a qualidade de abastecimento público da região. Entre essas finalidades estão: fornecimento de água no caso da falta de abastecimento pela concessionária, complementação da oferta de água em locais com poucos recursos e benefícios econômicos diante das tarifas cobradas pela concessionária local. Assim, a utilização da água da chuva pode ter finalidades potáveis, em casos extremos, e não potáveis seguindo recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2019).

O Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial, tem por finalidade a captação da água da chuva incidente no telhado da edificação, o transporte da mesma por meio de condutores horizontais e verticais, o armazenamento da água captada e o tratamento adequado da água que será utilizada. Este sistema possui grande capacidade de minimizar o consumo por meio do abastecimento público.

A implantação do aproveitamento da água pluvial, perante estudos e dimensionamentos adequados pode apresentar um grande potencial econômico para o abastecimento.

2.1.2 Benefícios do Sistema

A estimativa de benefícios ligados à implantação do Sistema Predial de Abastecimento de Água Pluvial é um ponto importante no resultado de pesquisas relacionadas à viabilidade da implantação deste sistema. Autores como Mano e Schmitt (2004), Marinoski (2007), Campos (2012), Alves e Silva (2015), Reis, Cruvinel e Pacheco (2016), entre outros, apresentam benefícios, diretos e indiretos, gerados por meio do aproveitamento de água da chuva, sendo possível analisar a variação de acordo com a localização e a intensidade da precipitação, as características da edificação, a variação de tarifas e a qualidade de água fornecida pelas concessionárias, que são aspectos que tornam a análise das vantagens do sistema específica para cada situação.

Os benefícios gerados pelos SPAAP são, muitas vezes, associados unicamente aos aspectos econômicos do sistema, tendo bastante relevância na implantação dos mesmos. Contudo, é de grande importância ressaltar que as vantagens vão muito além das econômicas, abrangendo áreas no âmbito social e ambiental, aspectos relevantes na sociedade atual.

Para Athayde Júnior, Dias e Gadelha (2008), os benefícios podem ser entendidos como: benefícios diretos (gerados pela aplicação e alcance do resultado do projeto); benefícios indiretos (consequências positivas da aplicação do projeto em nível urbano); benefícios tangíveis (geram economia) e benefícios intangíveis (não são mensurados diretamente na economia, porém são relevantes socialmente, politicamente e ambientalmente).

A utilização da água pluvial apresenta-se como uma potente ferramenta na economia da água potável (FASOLA *et al.*, 2011), contribuindo para a preservação do meio ambiente quando considerada a redução da captação de água dos mananciais e sua consequente degradação. Influenciando também todo o sistema de abastecimento de água potável pela rede pública, desde a captação de água nos mananciais até o transporte, tratamento e distribuição.

O aproveitamento de água pluvial gera a redução da demanda de fontes potáveis pela sociedade, o que pode reduzir os custos de cada componente do sistema de distribuição pública e aumentar a segurança hídrica, conforme o crescimento populacional (LIMA *et al.*, 2011). Contudo, a economia para o usuário, aparece na redução nas tarifas mensais de água (TOMAZ, 2003).

Bona (2014) destaca vantagens na implantação do sistema, entre as quais pode se destacar: a disponibilidade da água pluvial; a facilidade na adaptação da superfície para captação da água; a qualidade da água com propriedades físicas e químicas aceitáveis; a redução da demanda de abastecimento de água potável; a reserva emergencial em casos de falta de água da distribuidora local; além das já citadas contribuições para a drenagem de água pluvial.

2.1.3 Restrições do Sistema

Como citado anteriormente, os benefícios gerados influenciam diretamente na viabilidade da implantação do SPAAP. Contudo, uma série de fatores dificulta ou impede a utilização da água pluvial nas edificações, afetando também a viabilidade do sistema, levando a restrições de sua implantação.

Segundo Dornelles (2012), as edificações já construídas possuem um grau de dificuldade elevado na implantação do SPAAP, isso ocorre pois no sistema de distribuição de água potável geralmente não há uma rede exclusiva para pontos com possível utilização de água da chuva ou de reuso, como nas bacias sanitárias. Sendo assim, torna-se necessário interferir na

rede já existente e realizar a passagem de tubulações exclusivas para o abastecimento com água da chuva em pontos de utilização não potável, cumprindo exigência normativa da separação de ambos os sistemas.

Tais edificações possuem restrições também quanto à utilização dos reservatórios, sejam elevados ou subterrâneos, devido à carga não calculada para suportá-los e o espaço insuficiente para essa instalação. Essas modificações, na maioria dos casos, são possíveis de serem realizadas, porém acarretam um alto custo o que pode implicar na sua inviabilidade.

O período e o volume de precipitação é um fator preponderante no dimensionamento do reservatório, pois influencia na capacidade de armazenamento e no custo destinado a esse componente do sistema. Períodos de estiagem com longa duração necessitam de alta capacidade de armazenamento, o que pode gerar um maior investimento financeiro. Quando comparado o investimento inicial, para a implantação do sistema, com a economia de água em algumas edificações, os SPAAP se mostram inviáveis economicamente devido ao alto custo em relação à tarifa de água potável cobrada pelas concessionárias.

O custo elevado em relação a outras fontes, a variação pluviométrica com oferta mínima em períodos de seca, a necessidade de manutenção regular, a vulnerabilidade de contaminação da água durante a captação, são algumas desvantagens que os SPAAP apresentam e são destacadas pelos autores Yoshino (2012) e Reis, Cruvinel e Pacheco (2016).

2.1.4 Referências Normativas no Brasil

No Brasil, a execução de projetos de sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial é fundamentada por meio das normas brasileiras regulamentadoras, citadas a seguir:

- a) ABNT NBR 10844:1989 – Instalações Prediais de Água Pluvial;
- b) ABNT NBR 15527:2019 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos;
- c) ABNT NBR 5626:1998 – Instalação Predial de Água Fria;
- d) ABNT NBR 12217:1994 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.

2.2 COMPONENTES DO SPAAP

O aproveitamento da água pluvial, possui particularidades na composição do sistema aplicado em cada edificação para a captação e utilização da água proveniente da chuva. Contudo, um dos principais fatores que influenciam na definição do sistema é o propósito final da água.

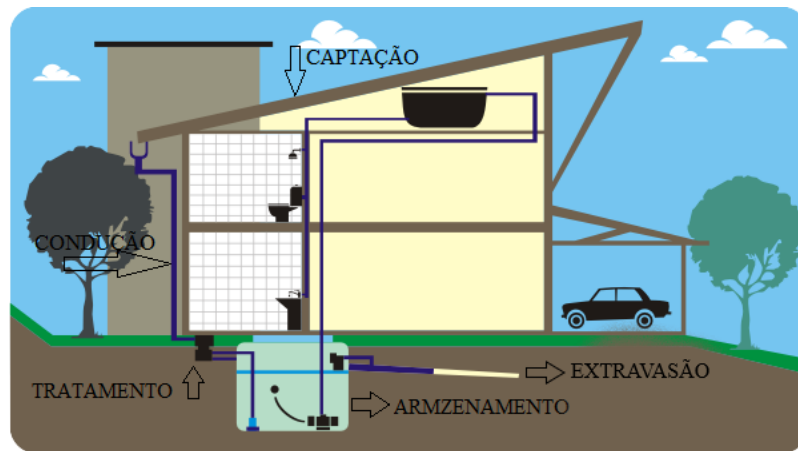
Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), a concepção do sistema para a captação e distribuição de água pluvial deve estar de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) e a NBR 5626 (ABNT, 1998). A mesma, indica que o aproveitamento da água pluvial em áreas urbanas deve ser destinado ao uso não potável, a saber: sistemas de resfriamento de água, descargas em bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos. Para quaisquer outras finalidades deve ser analisado, pelo projetista, os parâmetros de qualidade específicos e os possíveis tratamentos.

Dornelles (2012) destaca a importância da implantação do sistema predial de água fria para a utilização do SPAAP, com o objetivo de suprir a demanda nos pontos de água potável e nos pontos de utilização de água não potável em caso da falta desse recurso. Entretanto, para a prevenção da contaminação da rede de água fria utilizada para o consumo humano, se faz necessário medidas seguras que evitem o contato dos diferentes sistemas de abastecimento e os identifiquem.

Hernandes *et al.* (2004) e Campos e Amorim (2005), definem os elementos do sistema em componentes essenciais (independente da finalidade de uso da água pluvial compõem o sistema, sendo considerados a base de seu desempenho) e em acessórios (elementos adicionais ao sistema que auxiliam no alcance de soluções específicas do projeto).

Coleta, condução, tratamento e armazenamento são componentes dos SPAAP definidos por May (2004). Podem ser considerados componentes essenciais do sistema: a coleta, a condução e o armazenamento. Já o tratamento da água da chuva, que depende das condições qualitativas do fluido e de sua finalidade, é considerado um acessório de qualidade. A Figura 2.1 ilustra um tipo de sistema utilizado para o aproveitamento da água pluvial, esse sistema pode ser variável.

Figura 2.1 – Sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Acqua Controll, 2019. Adaptado pela autora.

2.2.1 Coleta

O subsistema de coleta, consiste na área de captação na qual a precipitação incide sendo destinada aos condutores e distribuída aos demais subsistemas da rede pluvial.

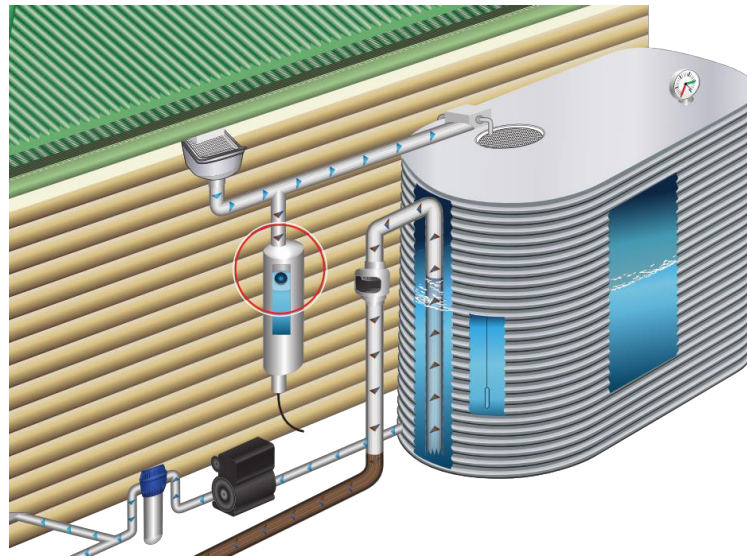
May (2004), define que a água pluvial pode ser coletada, dependendo de sua finalidade e tratamento, em superfícies impermeabilizadas, como pátios, calçadas e estacionamentos, além de lajes impermeabilizadas ou telhados. Entretanto, a área de captação mais utilizada no Brasil são os telhados, seguindo assim as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2019), que restringe a coleta da água da chuva, em áreas urbanas, às coberturas sem predominância de circulação de pessoas, animais ou veículos.

As coberturas dos edifícios estão expostas a diversos fatores que podem causar contaminações nas águas que incidem no telhado. O risco desta contaminação aumenta quando se tem um longo tempo de estiagem, submetendo o telhado a excrementos de animais, poluentes urbanos e poluentes tóxicos como Dióxido de Enxofre (SO_2) e Óxido de Nitrogênio (NO) presentes na atmosfera.

A primeira chuva após a estiagem é considerada inadequada, devido à lavagem que esta realiza no telhado transportando todos os poluentes consigo, conhecida como *first flush*. Sendo assim, para Hernandez (2004), os primeiros litros de água da chuva após a estiagem devem ser descartados devido a possibilidade de contaminação.

A NBR 15527 (ABNT, 2019), recomenda o aparato de descarte automático, sendo a quantidade de água descartada dimensionada pelo projetista ou definida como 2 mm da precipitação inicial. O sistema de descarte pode ser identificado na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Sistema de descarte inicial da água pluvial.



Fonte: Liter, 2019.

O material empregado para a área de captação, no caso de cobertura, possui influência qualitativa e quantitativa no sistema.

No aspecto qualitativo, os variados tipos de telhas oferecem diferentes parâmetros de qualidade da água captada, dependendo de seu material. Rocha (2010), analisou três tipos de coberturas: metálicas, de cimento amianto e cerâmicas. Neste estudo as coberturas com telhas metálicas se destacaram por permitir maior qualidade da água captada e menor quantidade de água descartada para sua limpeza, fato este beneficiado por sua baixa porosidade. Contudo, os três tipos mencionados atendem aos parâmetros de qualidade correspondentes a utilização de água não potável.

O volume de água aproveitado na superfície de captação está relacionado também ao tipo de material empregado na cobertura. Para maior aproveitamento da água é recomendada a utilização de telhados com menor absorção, estes reduzem as perdas e facilitam o escoamento. Considerando a infiltração da água, cada material possui um coeficiente de escoamento

superficial, relação entre o volume de água captado e o volume de água precipitado. Este coeficiente possui grandes interferências no dimensionamento do sistema de armazenamento.

Além dos tipos de telhados comuns, Sacadura (2011) menciona ainda outros materiais empregados em coberturas e para a captação de água pluvial como os telhados de lâminas de zinco/alumínio e de aço galvanizado, de vidro, lâminas de polycarbonatos ou fibra de vidro, de ardósia, chapas de plástico ondulado, de concreto armado e de manta asfáltica.

2.2.2 Condução

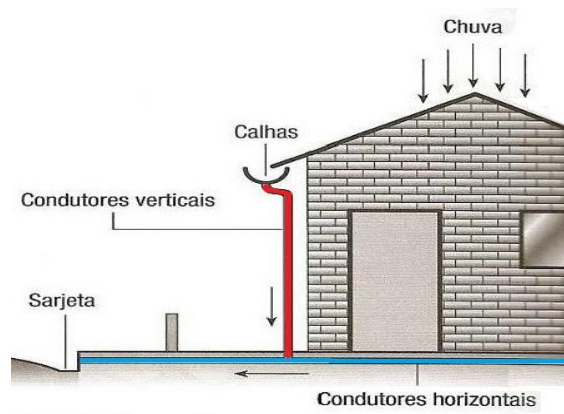
Participam do subsistema de condução, os elementos responsáveis pelo transporte da água pluvial coletada até o subsistema de armazenamento seguindo os pontos hidráulicos. A NBR 10644 (ABNT, 1989), define os principais elementos desse subsistema e os tipos de materiais a serem utilizados:

- a) Calha: canal por onde a água captada escoar sendo conduzida ao ponto de destino, geralmente condutores verticais. Podem ser de chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.
- b) Conductor vertical: transporta a água depositada pela calha até um ponto inferior específico. Os materiais aplicáveis são: tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.
- c) Conductor horizontal: tubulação horizontal que recolhe e destina a água captada para determinado ponto. Os materiais aplicáveis são: tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria

Na Figura 2.3 é apresentado o esquema de condução da água captada. É necessário salientar que no caso do aproveitamento da água pluvial os condutores verticais e horizontais transportam a água até os reservatórios.

As calhas, os condutores horizontais e condutores verticais devem atender os requisitos da NBR 10844 (ABNT, 1989), reduzindo assim os riscos de extravasamentos e perdas da água coletada.

Figura 2.3 – Transporte da água pluvial.



Fonte: Guia da Engenharia, 2019.

Entre os parâmetros que influenciam no dimensionamento das calhas e condutores horizontais, podemos citar a declividade, a vazão e o coeficiente de rugosidade do material. Já para o dimensionamento de condutores verticais os parâmetros utilizados são o comprimento, a vazão e a lâmina d'água conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para impedir que resíduos sólidos, como folhas, causem prejuízos à boa funcionalidade do sistema de condução, a NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda a utilização de telas ou grades sob as calhas, limitando a passagem dos resíduos e o entupimento do sistema de transporte (Figura 2.4). Mantendo assim, a constância na manutenção e limpeza do sistema.

Figura 2.4 – Grelhas para manutenção de calhas.



Fonte: Costco Wholesale, 2019.

2.2.3 Tratamento

A complexidade do subsistema de tratamento da água pluvial, depende da qualidade da água coletada e de sua finalidade. O tratamento da água coletada tem por objetivo reduzir os poluentes, adquiridos por meio do sistema de captação ou pela atmosfera, a fim de diminuir o risco de contaminação humana e aumentar os parâmetros de qualidade da água para sua utilização (CAMPOS, 2012).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), a qualidade da água pluvial, destinada a fins não potáveis, deve atender aos parâmetros mínimos de qualidade, conforme a Tabela 2.1, e também às orientações dos fabricantes de materiais e equipamentos utilizados no sistema.

Tabela 2.1 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia Coli</i> ^a	< 200/ 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

^a A quantidade de coliformes deve ser menor que 200 unidades a cada volume de 100 mL.

Fonte: ABNT, 2019.

Os processos de descarte da primeira água da chuva (*first flush*), e os acessórios para a retenção de resíduos sólidos nas calhas são considerados métodos de pré-tratamento do sistema podendo reduzir bastante o risco de contaminação (UNEP, 2002).

Campos e Amorim (2005) citam que grelhas, filtros e válvulas para lavagem inicial são equipamentos comuns que realizam a função de tratamento e melhoram a qualidade da água.

De acordo com as exigências e especificações do projeto e do projetista, pode ser atestada a necessidade de filtração, desinfecções, tratamentos simplificados ou sofisticados. Para a desinfecção pode ser utilizado derivado clorado, raios ultravioletas ou ozônio (ABNT, 2019).

Outros métodos utilizados consistem na sedimentação natural, filtração simples e cloração, considerados tratamentos simplificados, de acordo com Marinoski (2007). Para o uso da água

com finalidades não potáveis, esses itens podem ser suficientes não havendo necessidade de tratamentos mais específicos, pois alcançam melhorias significativas da qualidade.

Não sendo alcançados os parâmetros mínimos se faz necessário o tratamento por meio de soluções físicas ou químicas adicionais até que seja atingida a qualidade especificada pela NBR 15527 (ABNT, 2019).

2.2.4 Armazenamento

O destino da água da chuva, após o devido tratamento, é o subsistema de armazenamento composto por reservatórios e acessórios que auxiliam em seu satisfatório desempenho. Esse subsistema representa uma grande parcela do valor de investimento para a implantação do SPAAP. Considerado o componente mais dispendioso, seu dimensionamento é determinante para a viabilidade da implantação do sistema (CAMPOS, 2004; HAGEMANN, 2011; PROSAB, 2006).

Thomas (2004) aponta que o montante necessário para o subsistema de reservação de água pluvial pode atingir de 50% a 80% do custo total do sistema. Esse custo pode variar de acordo com o volume, o material e o posicionamento dos reservatórios.

Ao dimensionar o volume de armazenamento da água pluvial é fundamental a análise da área de captação, da precipitação média e da demanda mensal. O volume de água coletada é proporcional à área de captação, entretanto, quanto maior a área de captação e o volume coletado, maior será o volume necessário para o reservatório (GUIMARÃES, 2018).

Segundo Tomaz (2012), quando o subsistema de reservação é superdimensionado o seu custo se torna muito elevado, inviabilizando a implantação do sistema. Contudo, quando ocorre o subdimensionamento o sistema se torna ineficiente, necessitando assim de abastecimento mediante o sistema de água potável.

Quanto ao material dos reservatórios, os mais utilizados são: concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno (HAGEMANN, 2011). Os reservatórios em concreto possuem longa vida útil, são robustos e estáveis com custo competitivo em relação a outros materiais, entretanto podem ocasionar fissuras e vazamentos. Já os reservatórios de polipropileno ou polietileno possuem baixo custo, boa durabilidade,

fácil locomoção e limpeza, porém são mais propícios à absorção de calor (SACADURA, 2011).

Considerando a disponibilidade da chuva, a água pluvial tende a demandar um maior volume de armazenamento se comparado com o volume de água potável (DORNELLES, 2012). Sendo assim, a escolha do local e posicionamento do reservatório dependerá do espaço disponível e da estrutura adequada para suportar a sobrecarga do volume de armazenamento.

Sacadura (2011), destaca que os reservatórios podem ser enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados. Os reservatórios elevados necessitam de um maior investimento, considerando o custo com a estrutura necessária para suportar o volume de água pluvial, porém possuem maior facilidade de manutenção e limpeza. A preocupação com os reservatórios enterrados está na maior vulnerabilidade de contaminação por meio de águas subterrâneas e inundações, porém tem como aliados a economia de espaço e a proteção contra a incidência de luz (THOMAS; MARTINSON, 2007).

2.3 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DO SPAAP

Considerado um processo determinante para a viabilidade econômica de implantação do sistema, o dimensionamento do reservatório deve ser realizado adequadamente. O método de dimensionamento e a composição do subsistema de reservação, deve ser analisado de modo a proporcionar eficácia e melhor viabilidade de implantação.

O regime pluviométrico local, a área de captação, o coeficiente de aproveitamento de água pluvial e a relação entre a demanda e a oferta são considerados parâmetros importantes no dimensionamento do sistema de armazenamento (AMORIM; PEREIRA, 2008; CAMPOS; ILHA, 2010; CAMPOS, 2012; GHISI, 2010; REIS, 2016).

A determinação do volume do reservatório, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), deve ser realizada mediante os dados da área de captação, regime pluviométrico e demanda. A aplicação dessas variáveis e os métodos de cálculo para o dimensionamento do reservatório estão apresentados a seguir.

2.3.1 Oferta de Água Pluvial

A oferta é estimada a partir dos dados de regime pluviométrico, da área de captação e do coeficiente de aproveitamento do sistema. A NBR 15527 (ABNT, 2019), expressa o volume de água da chuva aproveitada de acordo com a Equação 2.1.

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad \text{Equação 2.1}$$

Em que:

V – Volume de água aproveitável em m³;

P – Precipitação média em m;

A – Área de captação em m²;

C – Coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional;

η – Eficiência do sistema de captação, adimensional.

A precipitação média, fator de grande relevância para determinação da oferta, pode ser analisada anualmente, mensalmente ou diariamente, sendo obtida mediante séries históricas de dados da chuva. Para obter maior precisão no resultado, Campos (2012), propõe que os dados utilizados nesse parâmetro sejam de precipitações diárias, evitando assim grandes incertezas nos dados devido ao longo período analisado. Contudo, não há padrões estabelecidos relacionados ao período ideal para análise da série histórica.

Ghisi, Cardoso e Rupp (2012), com o objetivo de comparar o potencial de economia de água da chuva utilizando séries históricas de curto e longo prazo em residências, avaliaram que a determinação do período de duração de séries temporais depende da demanda da edificação. Os autores observaram em sua pesquisa, que o potencial de economia de água potável e a variação do tamanho ideal do reservatório aumentam com o maior percentual de demanda de água da chuva e utilização de menor série temporal. Sendo assim, séries temporais curtas, de 1 a 13 anos, podem obter resultados semelhantes a utilização de séries temporais prolongadas.

Geraldi e Ghisi (2019) investigaram a influência da duração das séries temporais nos resultados de simulações computacionais em casas residenciais. Foi possível determinar

resultados semelhantes utilizando um conjunto de séries temporais de curto prazo comparando a séries temporais de longo prazo. Os autores propuseram a utilização de uma ferramenta auxiliar, Rede Bayesiana, para a avaliação de séries temporais de curto prazo que possuem similaridade.

Geraldi e Ghisi (2018) analisaram a duração ideal para séries temporais de curto prazo no dimensionamento de reservatórios em edifícios. O estudo foi realizado em treze cidades, utilizando dados diários de precipitação para realização de simulações com séries temporais de curto e longo prazo no programa computacional Netuno. O software utiliza o método de simulação que determina o potencial de economia de água potável mediante a variação do volume do reservatório. Os autores encontraram resultados semelhantes para séries temporais de curto prazo de 15 anos e séries temporais de 30 anos em sete cidades, validando assim a utilização de séries de curto prazo em substituição às séries de longo prazo dependendo das características da precipitação local.

A fim de verificar a influência do tamanho das séries históricas de dados pluviométricos nos sistemas de aproveitamento de água pluvial, Silva e Campos (2019) realizaram um estudo bibliográfico sobre o assunto. Durante o levantamento de pesquisas que consideravam a influência de séries históricas, os autores notaram a pequena quantidade de trabalhos relacionados ao tema. Ao realizar as análises, foi verificado nos estudos que as curtas séries históricas de dados pluviométricos podem possibilitar o dimensionamento do reservatório de água pluvial na ausência de dados de longos períodos, porém os autores ressaltam a importância da avaliação dos dados para a região a ser implantado o sistema.

Após definir a série de precipitação deve ser definida a área de captação. A NBR 15527 (ABNT, 2019) define essa área como a projeção horizontal da superfície na qual a água será coletada. É recomendável que a área de captação utilizada, para coleta de água da chuva para uso não potável, seja de coberturas e lajes impermeabilizadas inabitáveis. Para Dornelles (2012), uma maior área de captação atenderá uma maior demanda por água não potável.

O material empregado na área de coleta influencia no volume de água aproveitado, fato esse ocorre devido à porosidade do material que permite a água infiltrar ou escoar com mais facilidade. Tomaz (2009) apresenta valores para o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (coeficiente de Runoff), que varia de acordo com o material empregado, como indicado na Tabela 2.2.

O fator de eficiência do sistema de captação representa o percentual de água que será utilizado, considerando a ocorrência do sistema *first flush* (sistema de descarte da primeira água da chuva) e de perdas durante o transporte. Este fator pode variar de 0,5 a 0,9, sendo indicado o fator de 0,9 quando não considerado o sistema de *first flush*. (TOMAZ, 2009).

Tabela 2.2 – Coeficiente de escoamento superficial.

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento Amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2009.

2.3.2 Demanda de Água Pluvial

É o volume do consumo de água que se pretende atender mediante a utilização de água não potável. Esta pode variar de acordo com a finalidade da água não potável, o tipo de edificação e suas instalações, a população do edifício, a cultura local, os fatores climáticos e o tipo de medição realizada.

Marinoski (2007), apresentou em sua pesquisa, que em escolas e universidades, o maior volume de água não potável é utilizado em descargas de bacias sanitárias e mictórios, representando grande parcela da demanda de água pluvial. O uso dessa fonte não potável, tem sido aplicado também à limpeza de áreas comuns e irrigação.

Uma edificação com um maior número de habitantes, tende a possuir uma maior utilização de água para o suprimento de necessidades fisiológicas e higiênicas. Porém, a utilização pode variar entre diferentes sociedades devido aos hábitos de higiene local e seus fatores climáticos. A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar, podem também provocar o aumento do consumo geral de água.

A estimativa da demanda, pode ser realizada utilizando indicadores de consumo ou volume consumido de água potável. Os indicadores de consumo podem ser representados como o volume consumido médio diário per capita ou por área. Assim, para a obtenção da demanda

diária, multiplica-se o indicador pela população da edificação ou por sua área de utilização. Entretanto, não há padronização nos valores a serem adotados de acordo com a edificação. Já o consumo de água potável, pode ser obtido mediante os valores medidos pela concessionária que realiza o abastecimento do edifício.

2.3.3 Métodos de Cálculo

O dimensionamento do reservatório para armazenamento de água pluvial deve atender critérios técnicos, econômicos e ambientais, estabelecidos pelo engenheiro projetista, sendo necessária uma minuciosa análise do edifício, do uso final da água pluvial e dos dados disponíveis de precipitação na região.

A literatura apresenta uma variedade de métodos de cálculo, esses variam de acordo com o tipo e aplicação de dados, além da apresentação dos resultados obtidos. Podendo ser classificados em: métodos determinísticos (demanda e oferta são obtidas por meio de curvas de massas); métodos aproximados (utilização de relações empíricas); método de transição probabilísticas ou método de modelação e métodos de análise de sistemas (linear, não linear ou programação dinâmica) (SOARES *et al.*, 2000).

De acordo com Dornelles (2012), os métodos de dimensionamento podem ser simplificados em práticos, estatísticos e métodos de simulação.

Os métodos práticos, segundo Campos (2012), podem ser adotados em situações em que experiências práticas já foram realizadas contendo dados e características semelhantes ao caso a ser dimensionado. A NBR 15527, em sua versão anterior à atual, apresentava sugestões de métodos de cálculo para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial, dentre eles os métodos práticos: Azevedo Neto, Alemão, Inglês e Australiano. Em vigor, a NBR 15527 (ABNT, 2019), não contempla sugestões de métodos, porém recomenda que o dimensionamento seja realizado com critérios técnicos, econômicos e ambientais.

Diversos autores, realizaram estudos comparativos dos métodos de dimensionamento de reservatório mais comuns. Bezerra *et al* (2010), encontraram resultados em que os métodos práticos Azevedo Neto e Alemão apresentam menores volumes de reservação. Resultado semelhante foi encontrado por Rupp, Munarim e Ghisi (2011), onde com o mesmo potencial de economia de água aplicado para os demais métodos, o método Alemão também apresentou

um menor volume de reservatório, porém o método Azevedo Neto apresentou grande volume de reservação. Já os métodos práticos Inglês e Australiano, quando comparados na pesquisa de Campos e Ilha (2010), apresentaram uma maior eficiência do sistema correspondendo aos maiores volumes de reservatório.

Métodos estatísticos utilizam dados pluviométricos de longos períodos, com o objetivo de estimar o período de estiagem. O volume de armazenamento encontrado, deve ser capaz de suprir a demanda ou parte dela nos dias consecutivos sem chuva (CAMPOS 2012; DORNELLES, 2012).

Os métodos de simulação utilizam, segundo Campos (2012), a correlação entre os dados de precipitação e o volume de precipitação. Tomaz (2009), destaca que o método de simulação apresentado pela versão anterior da NBR 15527 (ABNT, 2019), possui facilidade na escolha do reservatório que apresenta maior economia em seu dimensionamento. Rupp, Munarim e Ghisi (2011) destacam que a determinação desse método é feita através da demanda a ser atingida e do reservatório pré-definido.

Além dos métodos práticos e de simulação, é possível realizar o dimensionamento utilizando o método determinístico de Rippl, que utiliza séries históricas diárias ou mensais, em que o volume pode ser determinado matematicamente ou por meio de diagrama de massa. Autores relatam o superdimensionamento do reservatório mediante este método, fato este devido ao seu objetivo inicial ser a regularização de vazão em rios. Contudo, é um método bastante utilizado e indicado quando há necessidade de grande armazenamento, como por exemplo para reservatórios de abastecimento público (AMORIM; PEREIRA, 2008; CAMPOS, 2012; GHISI; TAVARES; ROCHA, 2009; TOMAZ, 2009).

Mediante as incertezas, superdimensionamento e subdimensionamento dos métodos anteriormente propostos pela norma brasileira, surgiram propostas de novos métodos utilizando softwares. Entre eles, tem se destacado o programa computacional Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014).

Campos (2012), desenvolveu uma ferramenta, utilizando o método de otimização, que realiza o dimensionamento do volume do reservatório com maior economia para o sistema. O RAIN Toolbox, maximiza o Valor Presente Líquido (VPL) utilizando a otimização de enxame de partículas (*Particle Swarm Optimization* – PSO), permitindo assim a avaliação do

investimento do componente de armazenamento para a implantação do SPAAP. Semelhante à ferramenta de otimização, o programa Netuno também possibilita a avaliação econômica do sistema.

Contudo, apesar das particularidades que levam à eficiência do dimensionamento do reservatório de água pluvial, Amorim e Pereira (2008), fazem as seguintes observações:

- a) Métodos conservadores podem ser utilizados em regiões com altos índices pluviométricos, uma vez que oferecem menor volume de reservação, diminuindo assim os custos econômicos;
- b) Métodos que levam ao superdimensionamento do reservatório podem ser utilizados em regiões com baixos índices pluviométricos, uma vez que oferecem maiores volumes de reservação possibilitando a regularização em períodos de estiagem.

2.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Na tomada de decisão pela implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, a avaliação econômica tem fundamental importância na verificação da qualidade do investimento, considerando que o sistema se torna mais atrativo para os investidores quando viável (ILHA; CAMPOS, 2014).

Os indicadores baseados no fluxo de caixa, são os mais comuns para a análise do custo benefício e dos riscos associados ao investimento, apresentando um resultado mediante as entradas e saídas de caixa previstas na vida útil do projeto (PUCINNI, 2011). Entre os mais utilizados estão: o *payback*, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

2.4.1 Payback

Considerado por Frezatti (2008) o método mais simples, de fácil compreensão e determinação. O *payback* realiza a análise de viabilidade baseando-se no período de recuperação de investimentos.

Segundo Bauermann (2014), o resultado do *payback* é dado pela soma das entradas de caixa operacionais até que seja atingido um valor maior ou igual ao valor do investimento inicial. Sendo assim, o período de retorno é considerado satisfatório quando o prazo para a

recuperação do investimento inicial é menor que o período máximo estabelecido pelos investidores mediante as especificações do projeto.

Contudo, o *payback* apresenta características que sugerem a utilização do método apenas como complemento de métodos com indicadores principais como o TIR e o VPL. Entre essas características destacam-se a subjetividade na definição do período máximo de retorno, a exposição ao risco e a desconsideração de valores do fluxo de caixa após a recuperação do investimento inicial (BAUERMANN, 2014; GITMAN, 2004; MONTEIRO, 2003; FREZATTI, 2008).

2.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Bauermann (2014), define o valor presente líquido como a diferença entre valores de entradas e saídas de caixa de diversos períodos, convertidos ao valor presente considerando uma taxa de desconto. O VPL é calculado de acordo com a Equação 2.2.

$$VPL = -I + \sum \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad \text{Equação 2.2}$$

Em que:

I – Valor do investimento inicial;

FC_t – Fluxo de caixa esperado ao longo do tempo;

i – Taxa de desconto;

t – Período.

Para o critério de decisão, o projeto é aceito quando o VPL é maior que zero. Este resultado sendo positivo demonstra que o valor de entrada de caixa é maior que o valor de saída, sendo atrativo aos investimentos (BAUERMANN, 2014). Gitman (2004), destaca que o método possibilita a comparação de diferentes alternativas de projetos. Tendo eles a mesma duração, aquele que apresenta maior VPL no critério de maximização de benefícios se torna mais atraente.

2.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é a taxa de descontos para a qual o VPL se torna igual ao investimento inicial do projeto, sendo o valor presente de fluxo de caixa nulo (FREZATTI, 2008).

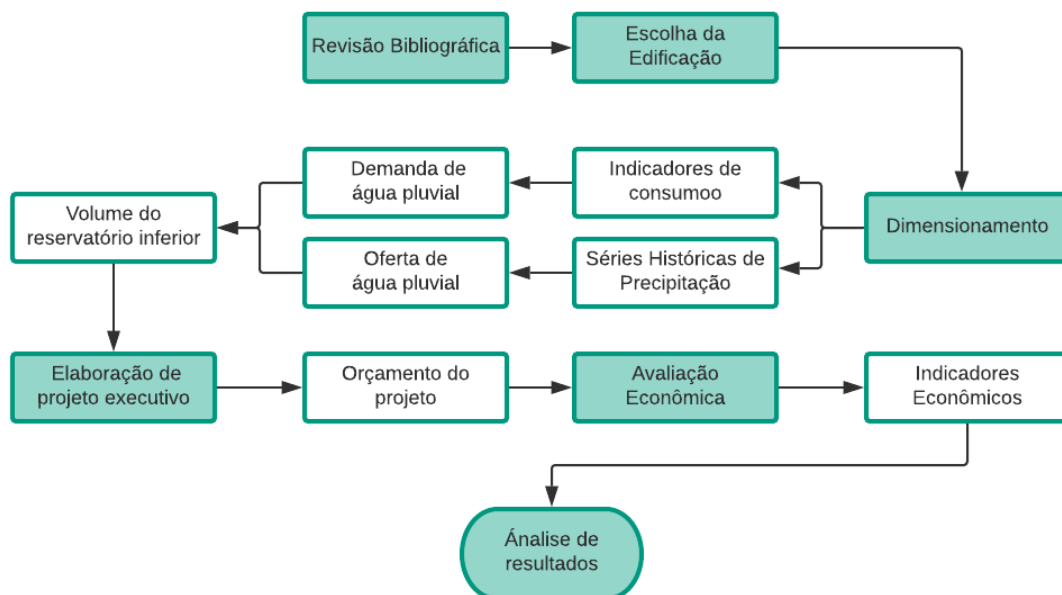
A TIR pode ser encontrada igualando a Equação 2.2 a zero, sendo que $i = \text{TIR}$. Assim, o investimento é considerado viável quando o projeto possuir maior taxa interna de retorno, sendo que a taxa mínima corresponde ao custo do capital para a empresa (WOILER; MATHIAS, 2008).

Segundo Reis, Cruvinel e Pacheco (2016), a TIR pode ser considerada como taxa de rendimento periódico do projeto sendo utilizado para a comparação de projetos com investimentos e vida útil distintos. No caso da utilização quando não se conhece as condições de financiamento, após a determinação da TIR, esta é comparada com a taxa de juros do financiamento e verificada a viabilidade econômica do investimento.

3. METODOLOGIA

Neste tópico foram detalhadas as etapas da metodologia aplicada para o desenvolvimento deste estudo de caso. Os procedimentos apresentados são: escolha da edificação, dimensionamento do reservatório do SPAAP, elaboração do projeto, avaliação econômica e análise dos resultados. A Figura 3.1 exibe o fluxograma das atividades desenvolvidas na metodologia.

Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: A autora.

3.1 ESCOLHA DA EDIFICAÇÃO

Ao realizar a revisão bibliográfica relacionada ao tema dessa pesquisa, foi notável a viabilidade da implantação do sistema em escolas e universidades. Essas análises de viabilidade estão presentes nas pesquisas de autores como Fasola *et al.* (2011), Marinoski e Ghisi (2008), Salla *et al.* (2013) e Sordi, Oliveira e Meira (2017).

As instituições de educação podem assim, exercer importante papel na disseminação de informações sobre o aproveitamento de água pluvial e na conscientização da população quanto à utilização dessa fonte de abastecimento sustentável.

Por este motivo e visando a possibilidade de implantação do SPAAP, o Prédio Anexo ao Instituto Federal de Goiás – Câmpus Goiânia, foi selecionado para a realização do estudo de caso. O edifício é um bloco administrativo do Câmpus Goiânia, inaugurado para uso em 2018, utilizado por departamentos da pós-graduação e pela Coordenação de Registros Acadêmicos e Escolares (CORAE) que realizam atendimentos aos alunos do IFG- Câmpus Goiânia. O prédio está situado em Goiânia – Go na Rua 75, Quadra 101, Lote 50, no Setor Central, conforme a localização apresentada na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Localização do Prédio Anexo.



Fonte: Google Earth, 2019.

Por se tratar de uma edificação recém construída, a disponibilidade de informações, dos projetos arquitetônicos e complementares foram determinantes para a escolha do caso. Ao realizar a análise do projeto de Sistema Predial de Água Fria (SPAF), notou-se que o sistema executado possui redes de abastecimento separados para as bacias sanitárias e demais pontos de utilização. Fato este que facilita a implantação do SPAAP, com o aproveitamento das redes de abastecimento das bacias sanitárias já existentes, diminuindo assim o custo de implantação.

A edificação é composta por três pavimentos e cobertura, possuindo área do terreno equivalente a 401,24 m² e área construída de 674,28 m². O atendimento da CORAE é realizado de segunda a sexta-feira no pavimento térreo e primeiro pavimento, sendo que nos meses de férias o número de atendimentos aos alunos aumenta consideravelmente devido à realização de matrículas dos novos discentes do Instituto.

Alunos da pós-graduação são atendidos no segundo pavimento, onde ocorre também reuniões de orientação de mestrado. O local também recebe professores de outros Câmpus do IFG que realizam pesquisas com o auxílio do instituto. O expediente ocorre de segunda a sexta-feira, sendo que nos meses de férias não ocorrem atendimentos.

No pavimento térreo há uma extensa área livre, possibilitando assim a implantação do reservatório inferior sem muitas interferências.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DO SPAAP

Os métodos utilizados para a determinação do volume de armazenamento, empregam dados de entrada referentes ao volume disponível e ao volume requerido de água pluvial. Para a realização do dimensionamento do reservatório, esses volumes foram estimados com o auxílio da revisão bibliográfica presente neste trabalho.

3.2.1 Oferta de Água Pluvial

A estimativa de oferta foi determinada a partir da coleta dos dados de precipitação média, da área de captação, do coeficiente de runoff e do descarte inicial das primeiras chuvas.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), fornece em seu site institucional dados meteorológicos de todas regiões do Brasil. As séries históricas de precipitações estão disponíveis a partir do ano de 1961 para regiões que já dispunham de estações meteorológicas. Para a determinação dos dados de precipitação na região do estudo de caso, consultou-se os registros meteorológicos da estação OMM 83423, situada no Setor Central de Goiânia – GO.

Para analisar a influência dos dados de precipitação no dimensionamento do reservatório, utilizou-se períodos de curta e longa duração para séries temporais. Foram escolhidos os períodos de 50, 20, 10 e 5 anos de duração, utilizando dados diários e mensais para a análise das possíveis variações.

Determinou-se a área de captação mediante as áreas da cobertura e das lajes impermeabilizadas, tendo em vista que são áreas inabitáveis, seguindo assim as recomendações normativas.

O coeficiente de runoff, foi determinado de acordo com os valores propostos por Tomaz (2009), apresentados na Tabela 2.2. Para o estudo de caso, no qual o telhado é composto por telhas termorrof, utilizou-se o coeficiente de 0,90 devido ao revestimento metálico em suas faces. Para o descarte, adotou-se 2 mm da precipitação inicial seguindo as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2019).

3.2.2 Demanda de Água Pluvial

A água da chuva captada é destinada, exclusivamente, ao uso não potável. Tendo como finalidade as descargas das bacias sanitárias, irrigação das áreas verdes e lavagem de piso. A estimativa de demanda da água pluvial foi realizada utilizando agentes de consumo e seus devidos indicadores. Para este estudo de caso, utilizou-se os indicadores de consumo definidos, por Campos (2012), para um edifício de universidade pública. Estes indicadores estão apresentados na Tabela 3.1.

Estimou-se o volume de água não potável, utilizado nas bacias sanitárias e mictórios, mediante o levantamento quantitativo de servidores fixos, servidores da CORAE, professores que realizam atividades de mestrado vinculados ao prédio anexo e os respectivos atendimentos aos alunos. Devido ao período de férias (ausência de atendimento do mestrado) e ao período de matrículas de discentes (aumento do atendimento na CORAE), os dados são variáveis. Esses dados foram obtidos mediante diálogos com os coordenadores dos respectivos departamentos.

Tabela 3.1 – Indicadores de Consumo.

Agentes de consumo	Indicadores de Consumo
Bacia sanitária	0,9 descarga/aluno/dia, com volume total (6,8 L/descarga). Número médio para dias da semana e aos sábados.
Lavagem de piso	0,5 L/m ² , com pano e balde nos dias úteis - limpeza superficial e 1,0 L/m ² , com balde e rodo nos sábados - limpeza grossa.
Irrigação paisagística	3 vezes por semana com vazão de 2,4 L/m ² em toda área do jardim.

Fonte: Campos, 2012.

As áreas de lavagem de piso e de irrigação, foram definidas com o auxílio do levantamento das áreas internas do edifício e das áreas de paisagismo presentes no projeto arquitetônico.

3.2.3 Volume do Reservatório

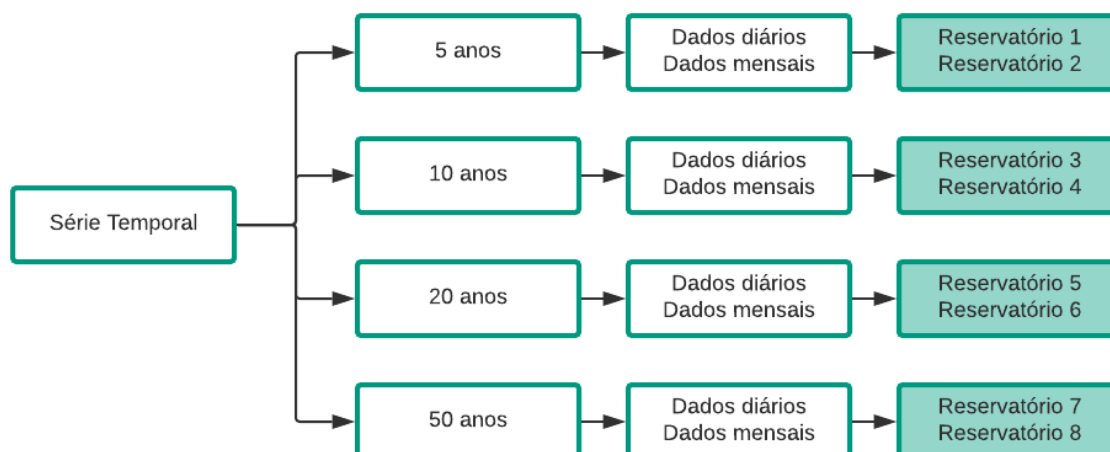
Para a determinação do volume do reservatório inferior, utilizou-se o programa computacional Netuno V.4 (Figura 3.3), proposto por Ghisi e Cordova (2014). Esta ferramenta é disponibilizada gratuitamente, juntamente com o manual do usuário, no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE).

Figura 3.3 – Interface programa Netuno V4.0.

Fonte: A autora.

Mediante as possibilidades oferecidas pelo programa, as simulações foram realizadas determinando um volume desejado do reservatório superior (já existente na edificação), e simulando diversos volumes para o reservatório inferior. Para cada série temporal de precipitação foram determinados dois reservatórios ideais, referentes à entrada de dados diários ou mensais (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Cenários de dimensionamento dos reservatórios.



Fonte: A autora.

A entrada dos dados de precipitação, variou com os cenários estabelecidos anteriormente. Sendo assim, a área de captação, o descarte inicial, o percentual de água pluvial a ser aproveitada, o coeficiente de escoamento superficial e o volume do reservatório superior foram mantidos constantes em todas as simulações, conforme a Figura 3.3.

Para determinar o volume ideal do reservatório em cada simulação, foi utilizado a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. Este parâmetro compara o potencial de economia dos diferentes volumes entre um intervalo escolhido. Não há definição de qual o valor do parâmetro a ser adotado, portanto foram realizadas simulações com quatro intervalos diferentes e escolhido o reservatório que apresentou o maior percentual de aproveitamento para a situação dimensionada.

3.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO

As modificações necessárias para a implantação do aproveitamento de água pluvial na edificação, foram verificadas na etapa de estudo preliminar. Nesta etapa analisou-se o projeto arquitetônico e os complementares, avaliando a concepção dos sistemas existentes, suas possíveis interferências e contribuições para o SPAAP.

Como o estudo de caso se trata de uma construção recente, o projeto do SPAF foi analisado com a perspectiva de maior aproveitamento das redes já existente. Tendo em vista que é uma edificação onde já é previsto o sistema de aproveitamento de água.

Após a minuciosa análise dos projetos, com auxílio do software REVIT, modelou-se um pré-projeto com a concepção do sistema predial de aproveitamento de água pluvial. Nesta etapa foi pré-definida a posição do reservatório inferior, o sistema de tratamento e as adequações necessárias na edificação.

O projeto final contempla todos os componentes do SPAAP, devidamente dimensionados, e uma lista de materiais necessários para a implantação do sistema. Essa lista auxiliou na realização da avaliação econômica. A elaboração do projeto de SPAAP foi realizada conforme as normas regulamentadoras NBR 10844 (ABNT, 1989); NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 15527 (ABNT, 2019).

3.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A viabilidade econômica é um fator determinante para a implantação do aproveitamento de água pluvial. Neste estudo de caso foi realizada a avaliação econômica mediante a determinação dos custos para implantação do sistema, estimativa das receitas e o cálculo dos indicadores econômicos. Os custos para a implantação do sistema envolvem a construção, operação e a manutenção do SPAAP.

Ao concluir o projeto executivo foi gerado, com auxílio do REVIT, uma lista de materiais necessários para a adequação do edifício ao sistema. Após o levantamento da lista de materiais e a determinação dos serviços, foi realizada uma planilha orçamentária com o auxílio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). O SINAPI disponibiliza, mensalmente, as composições de custos referentes a mão de obra e aos materiais da construção civil, podendo assim determinar o investimento necessário para o serviço.

Já os custos de operação e frequência de manutenção do sistema foram determinados mediante a NBR 15527 (ABNT, 2019). Dentre esses custos estão contabilizados gastos como consumo de energia, limpeza dos componentes do sistema e ensaios de qualidade previstos pela mesma norma citada anteriormente.

A economia financeira gerada pela redução do consumo de água potável foi determinada multiplicando o volume de água potável economizada pela tarifa de água cobrada. Este volume de água substituída por água potável é fornecido pelo programa Netuno, enquanto

obteve-se a tarifa de água mediante os valores determinados pela concessionária local Saneamento de Goiás S.A (SANEAGO). Nessa tarifa foram adicionados ainda os ajustes anuais.

Por fim, foi realizado o cálculo dos indicadores econômicos indicados por Pucinni (2011), expostos no item 2.4, considerados os mais adequados para a avaliação da qualidade do investimento, sendo eles o *payback*, o VPL e a TIR.

3.5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Durante o dimensionamento do reservatório de armazenamento, foram avaliadas as variações de volume de armazenamento e do potencial de utilização de água pluvial. Mediante a aplicação das diferentes séries temporais adotadas e a frequência dos dados (diários ou mensais), foi realizada a comparação dos resultados verificando a influência dos dados de precipitação nas variações do sistema de armazenamento.

Com os volumes encontrados e os custos de implantação, foi analisada a influência das séries de precipitação na avaliação econômica do sistema, possibilitando a escolha do volume de reservação mais eficiente e adequado ao estudo de caso.

4. RESULTADOS

Neste tópico, os resultados alcançados mediante a aplicação da metodologia foram expostos e detalhados. Estão apresentados os dados obtidos para a precipitação e a demanda de água pluvial, além do projeto do SPAAP e da avaliação econômica considerando as diferentes séries de precipitação.

4.1 CONCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DO PROJETO

Com o auxílio dos projetos complementares da edificação, foi realizada a análise de possíveis configurações que atendessem a demanda de água não potável utilizada nas bacias sanitárias, na lavagem de piso e na irrigação de áreas verdes no prédio anexo ao IFG. A concepção do sistema foi realizada de modo que houvesse a utilização dos elementos de captação de água pluvial já instalados no prédio, bem como dos componentes do SPAF.

4.1.1 Coleta e Condução

A área considerada para a coleta de água pluvial na edificação foi definida, conforme recomendado na NBR 15527 (ABNT, 2019), pela cobertura e pelas lajes impermeabilizadas inabitáveis (Figura 4.1). Resultando na área de captação equivalente a 221,81 m².

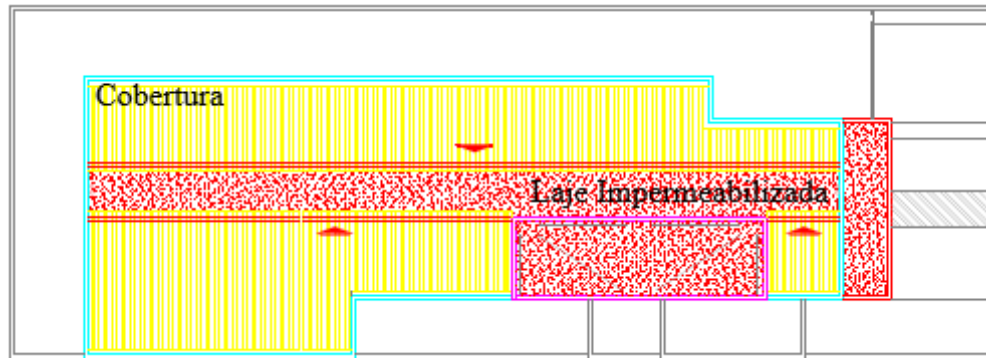
Devido à inclinação do telhado, a água pluvial que incide na cobertura é direcionada à laje impermeabilizada, que nesta edificação além de compor o subsistema de coleta também exerce a função de conduzir a água captada até os condutores verticais.

Mediante a análise do projeto de água pluvial já existente, foi verificada a instalação de oito condutores verticais para o transporte da água até o pavimento térreo. Possibilitando assim, o aproveitamento destes condutores sem a necessidade de acréscimos ou modificações.

Já os condutores horizontais do pavimento térreo foram alterados devido à mudança no destino da água pluvial, que antes eram as caixas de retenção e infiltração. Com a destinação da água ao descarte inicial e posterior reservação, a nova rede de condutores horizontais foi dimensionada para atender o sistema, conforme as prescrições da NBR 10844 (ABNT, 1989).

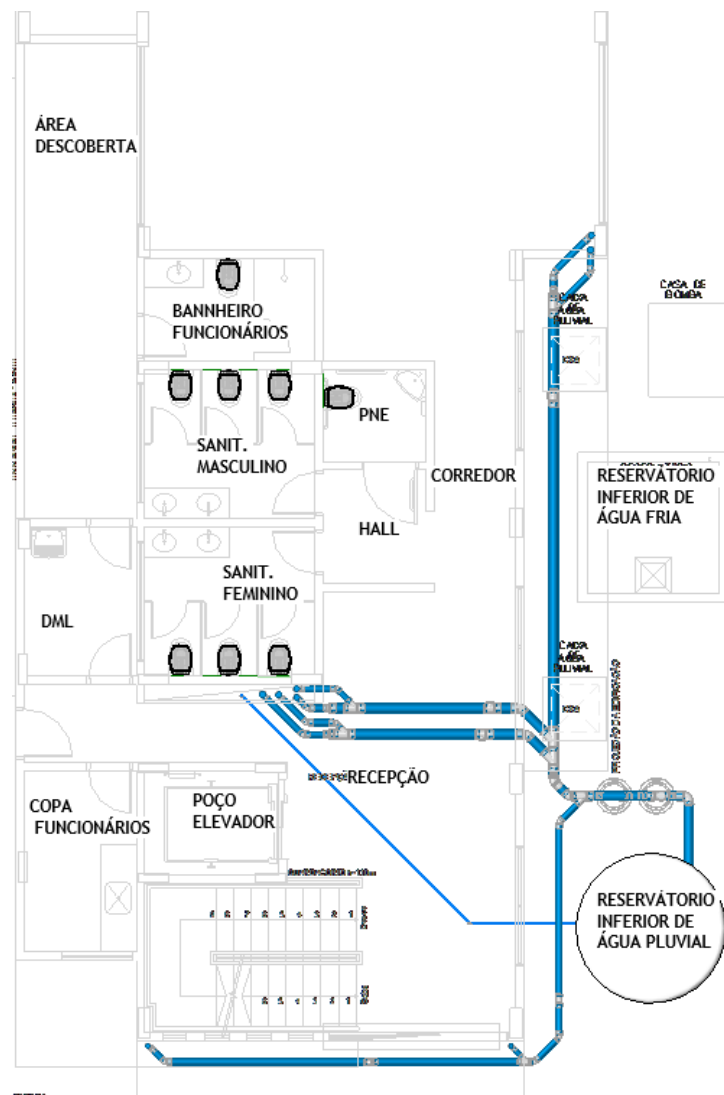
A configuração do sistema de condução no pavimento térreo pode ser observada na Figura 4.2.

Figura 4.1 – Planta de cobertura prédio anexo.



Fonte: A autora.

Figura 4.2 – Rede de condutores horizontais.



Fonte: A autora.

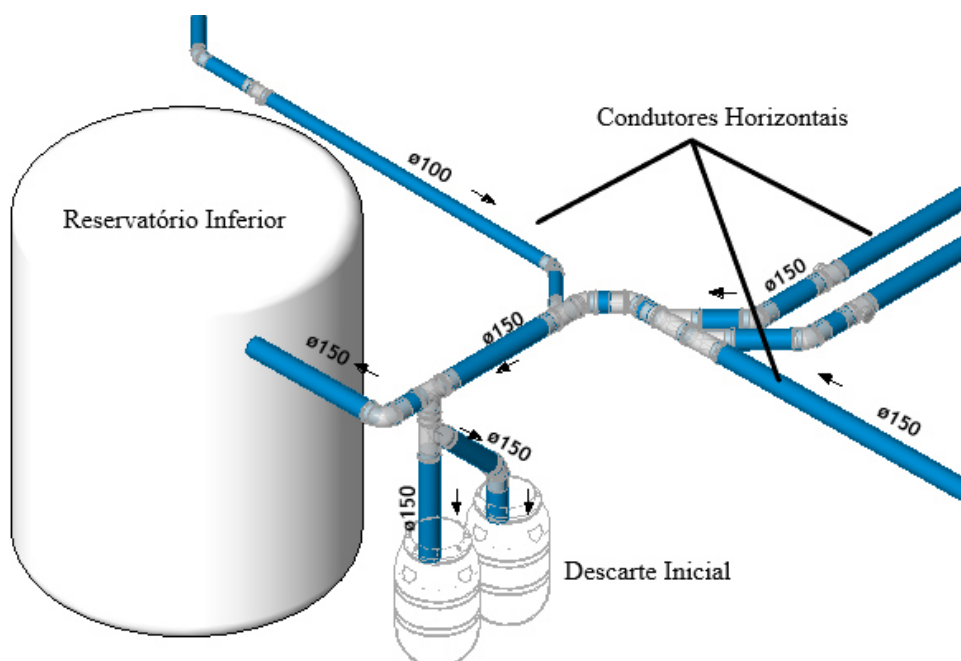
4.1.2 Tratamento

A fim de atender os parâmetros mínimos de qualidade da água exigidos para sua utilização com fins não potáveis, foi previsto que o SPAAP possuirá como unidades de tratamento o mecanismo de descarte inicial, o dispositivo de filtração e a desinfecção.

Para o descarte inicial, foi adotada a recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2019) que propõe que 2 mm de precipitação por metro quadrado da área de captação sejam descartados. Considerando a área de captação de 221,89 m² e o coeficiente de Runoff de 0,9, o volume para o descarte inicial é de 400 litros.

Assim, o dispositivo considerado (Figura 4.3) deverá ser composto por duas bombonas de 200 litros cada, onde a água será captada até que atinja seu volume máximo, fechando o orifício da tubulação com uma bola flutuante e permitindo a continuação do fluxo da água até o reservatório. Para que o descarte seja automático, as bombonas irão conter pequenos orifícios possibilitando o esvaziamento de forma lenta.

Figura 4.3 – Vista isométrica do dispositivo de descarte inicial.



Fonte: A autora.

Para a filtração, foi previsto um filtro para impedir a passagem de partículas sólidas atendendo a área de captação, vazão e o diâmetro da tubulação a ser instalado. O tratamento de desinfecção, deve ser realizado com a adição do cloro com concentração entre 0,5 a 2,0 mg/L, conforme recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2019).

4.1.3 Armazenamento

No Prédio Anexo existem dois reservatórios superiores separando a distribuição de água das bacias sanitárias dos demais pontos de utilização, cada um com 2500 litros. Dessa forma, foi possível optar pelo aproveitamento de um desses reservatórios com a finalidade de receber e distribuir a água pluvial vinda do reservatório inferior aos pontos de utilização não potável.

Para o abastecimento do reservatório superior, foi dimensionado um sistema de recalque atendendo a NBR 5626 (ABNT, 1998).

O consumo diário (C_d) foi calculado considerando a média mensal da demanda dividida pelo número de dias do mês, sendo equivalente a 1,10 m³. O número de horas de funcionamento da bomba (N_f) em um dia foi adotado igual a duas horas, sendo assim, a vazão de recalque (Q_{rec}) encontrada pela Equação 4.1 foi de 0,0015 m³/s.

$$Q_{rec} = \frac{C_d}{N_f} \quad \text{Equação 4.1}$$

O diâmetro da tubulação de recalque (D_r), foi calculado conforme a Equação 4.2.

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[2]{Q_{rec}} \times \sqrt[4]{\frac{N_f}{24}} \quad \text{Equação 4.2}$$

O valor do diâmetro calculado foi 27 mm, sendo adotado o diâmetro nominal de 32 mm. Com esse valor, foi possível calcular a perda de carga unitária (J) mediante a Equação 4.3.

$$J = 0,00085 \times \frac{Q_{rec}^{1,75}}{D_r^{4,75}} \quad \text{Equação 4.3}$$

A perda de carga encontrada foi de 0,12 m/m. Sendo assim, calculou-se a perda de carga total (Δh) pela Equação 4.4, resultando em 3,88 metros.

$$\Delta h = J \times (L_{real} + L_{equivalente}) \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde:

L_{real} = comprimento da tubulação em metros;

$L_{\text{equivalente}}$ = soma dos comprimentos equivalentes das conexões presentes na tubulação;

Somando as perdas de carga total com a altura manométrica referente aos desníveis foi possível encontrar a altura manométrica total (H_{total}), que é equivalente a 13,88 metros. Possibilitando o cálculo final da potência (P) necessária para a bomba de recalque, conforme a Equação 4.5.

$$P = \frac{1000 \times Q_{\text{rec}} \times H_{\text{total}} \times 1}{75 \eta} \quad \text{Equação 4.5}$$

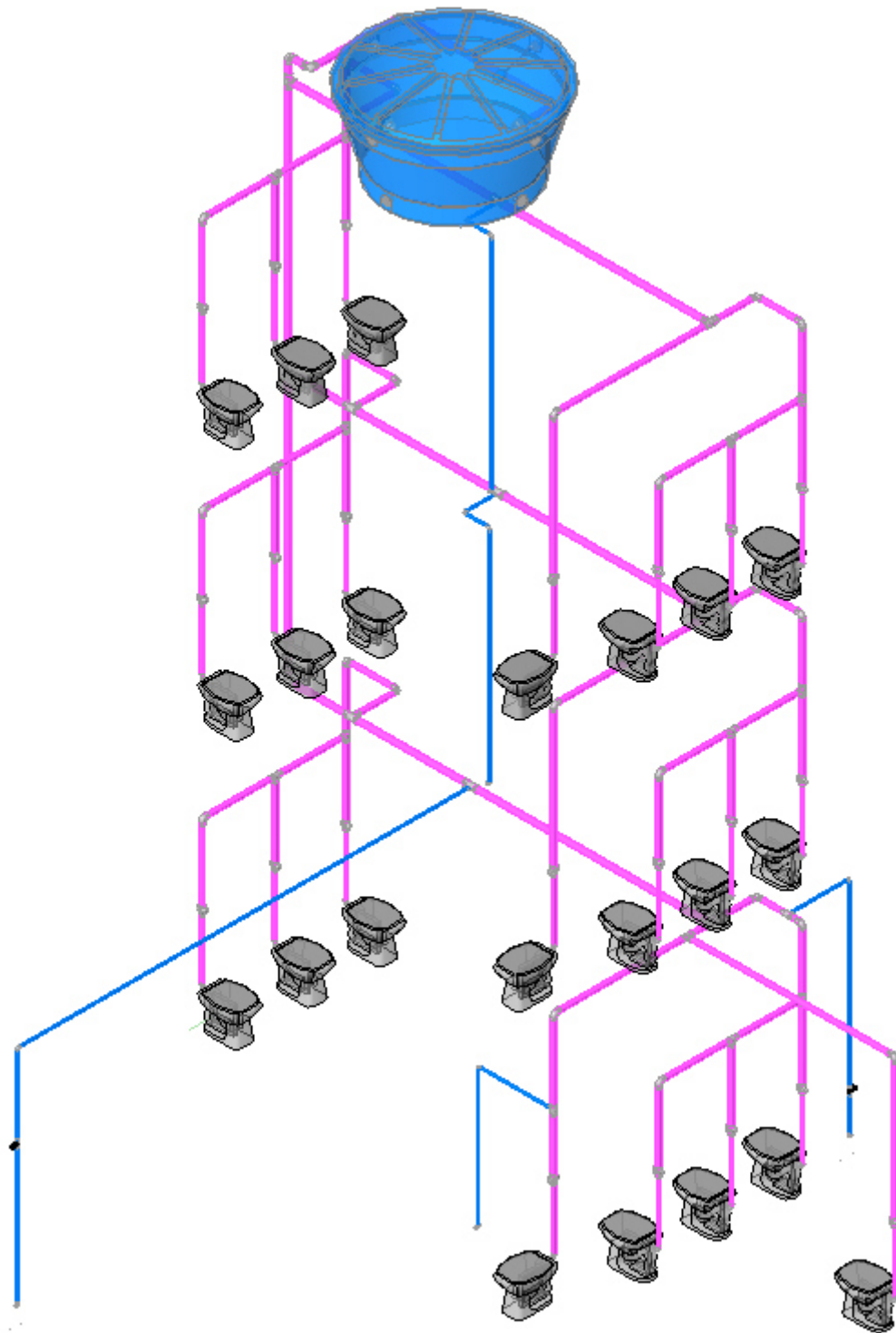
Considerando o rendimento da bomba (η) igual a 75%, a potência necessária da bomba de recalque é de 0,37 cv. Sendo assim, foram adotadas duas bombas submersas de 0,5 cv.

Como exigido normativamente, o reservatório superior deve ser alimentado também por água potável para que na ausência de água da chuva o abastecimento não seja interrompido. Esse sistema de abastecimento será aproveitado, tendo em vista a existência do SPAF, sendo acrescentada uma válvula solenoide para que a água potável possa alimentar quando necessário o reservatório de armazenamento de água pluvial. O reservatório inferior e seu dimensionamento foi detalhado no item 4.2.

4.1.4 Distribuição

O aproveitamento da rede de distribuição já existente foi possibilitado devido à total separação da rede que abastece as bacias sanitárias. Sendo assim, o acréscimo de tubulações acontecerá apenas para os ramais de distribuição das torneiras de irrigação na área externa da edificação e para os ramais de distribuição das torneiras para limpeza. Na Figura 4.4 é possível identificar a rede já existente na cor rosa e os ramais a serem acrescentados na cor azul.

Figura 4.4 – Vista Isométrica da rede de distribuição de água não potável.



Fonte: A autora.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVÁTORIO

O dimensionamento do reservatório inferior, foi realizado conforme detalhado no item 3.2. Os dados com variações inseridos no programa Netuno V4.0 e os volumes de reservatórios encontrados estão descritos neste tópico.

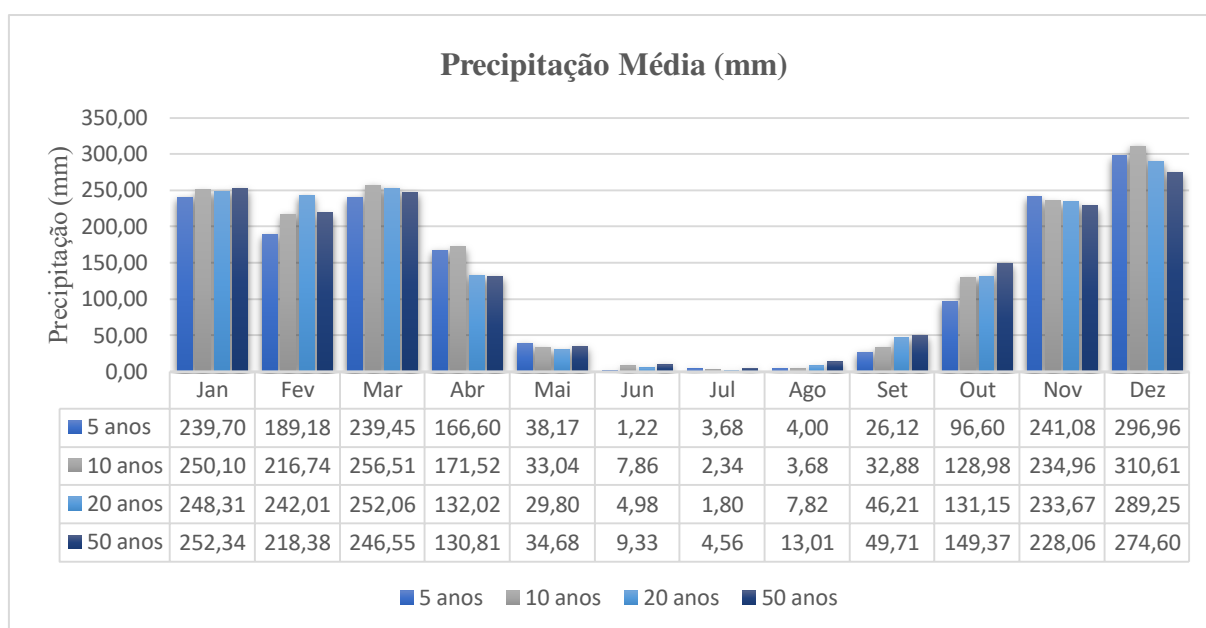
4.2.1 Dados de precipitação

Os dados de precipitação fornecidos pelo INMET (2019), foram separados por séries históricas de precipitação e pela frequência dos dados. Assim, os intervalos utilizados para dados diários e mensais foram:

- a) 05 anos – julho de 2013 até junho de 2018;
- b) 10 anos – julho de 2008 até junho de 2018;
- c) 20 anos – julho de 1998 até junho de 2018;
- d) 50 anos – julho de 1968 até junho de 2018.

Por meio dos dados pluviométricos, foi obtida uma média de precipitação mensal para cada período mencionado. No gráfico da Figura 4.5, pode ser observada a variação da precipitação conforme a diferença das séries temporais.

Figura 4.5 – Gráfico de precipitação conforme a série temporal.



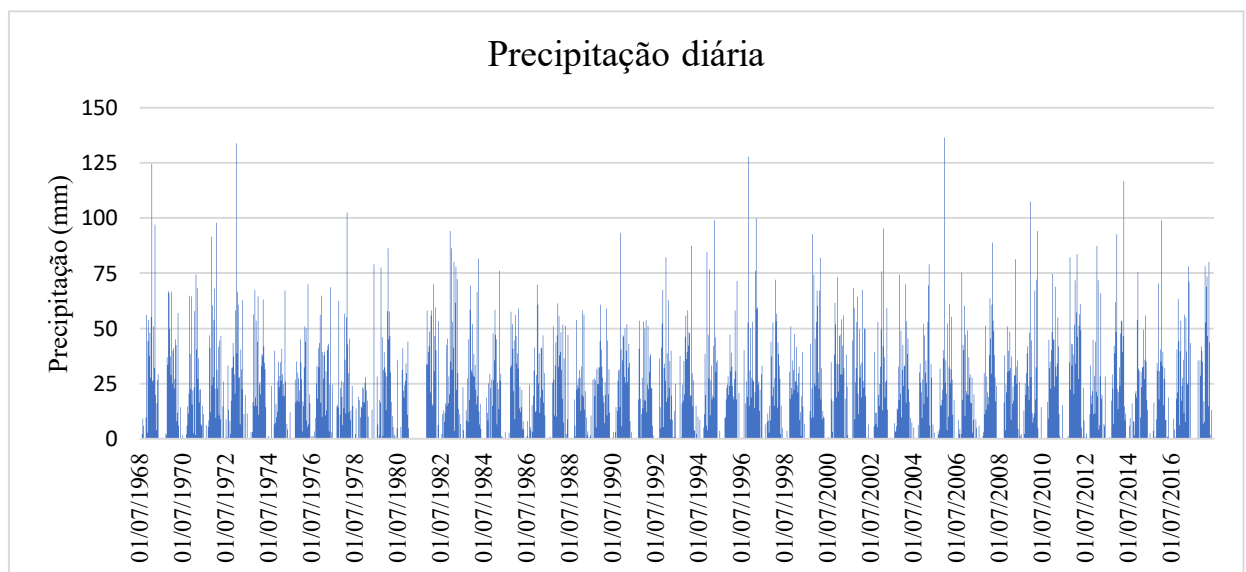
Fonte: Elaborado a partir dos dados do INMET, 2019. A autora.

Verifica-se que o período com maior oferta de água pluvial está entre os meses de novembro a março, com precipitação acima de 200 mm por metro quadrado, podendo ser reservado um maior volume de água. Nos meses de junho e julho, onde ocasionalmente há uma precipitação abaixo de 2 mm, não há oferta de água pluvial tendo em vista que o volume captado fica totalmente retido no descarte inicial.

Nota-se ainda que há uma oscilação da precipitação média em função da duração da série de precipitação e não foi possível identificar um padrão de variação. Devido ao comportamento das precipitações ser bastante variável, para uma melhor compreensão, seria necessária uma análise mais aprofundada dos dados obtidos em cada intervalo.

Ao analisar o gráfico da Figura 4.6, foi verificado que não houve alteração no comportamento da precipitação diária ao longo dos 50 anos, fato que poderia interferir na similaridade entre as séries de precipitação.

Figura 4.6 – Gráfico da precipitação diária ao longo de 50 anos



Fonte: Elaborado a partir dos dados do INMET, 2019. A autora.

A precipitação média anual não apresentou grande variação quando analisado para as diferentes durações das séries temporais. Mediante os dados de precipitação, foi possível analisar que durante as séries de precipitação de 5, 10 e 20 anos o maior período de estiagem ocorreu no ano de 2017, em que o número máximo de dias seguidos sem precipitação chegou

a 126 conforme a Tabela 4.1. Já para o período de 50 anos, a maior estiagem ocorreu em 1969 com 135 dias sem chuva.

Tabela 4.1 - Precipitação Anual.

Período de Precipitação	Precipitação média anual (mm)	Número máximo de dias seguidos sem precipitação
5 anos	1555,78	126
10 anos	1622,35	126
20 anos	1618,19	126
50 anos	1584,28	135

Fonte: A autora.

Os dados históricos de precipitação obtidos foram inseridos no Netuno V4.0 com formato de tabela em CSV (valores separados por vírgula), sendo utilizados pelo programa para determinar a oferta de água pluvial considerando também os dados da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial e do descarte inicial.

4.2.2 Demanda de Água Pluvial

Para estimar a demanda de água pluvial, foi realizado o levantamento de dados da área de irrigação, da área de lavagem de pisos, dos usuários nos períodos letivo e de matrículas.

Para a estimativa da população diária do edifício, foram analisadas as seguintes condições:

- a) Período letivo (segunda a sexta): inclui os servidores fixos, servidores da CORAE, servidores do mestrado e os atendimentos de ambos departamentos aos alunos;
- b) Período de matrículas (segunda a sexta): incluem os servidores fixos, servidores da CORAE e os atendimentos aos alunos pelo departamento da CORAE;
- c) Sábado: apenas servidores fixos do edifício (serviço da guarda armada e limpeza).

O período de matrícula coincide com o período de recesso letivo, portanto não há atendimentos no departamento do mestrado. Aos domingos não há atividades no Prédio Anexo. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – População do Prédio Anexo.

	Usuários
Período letivo	50 pessoas
Período de matrículas	180 pessoas
Sábado	3 pessoas

Fonte: A autora.

As áreas de irrigação paisagística e de lavagem de pisos, Tabela 4.3, foram determinadas mediante a análise do projeto arquitetônico e diálogos com os servidores fixos.

Tabela 4.3 – Área de irrigação e de lavagem de piso Prédio Anexo.

	Área (m²)
Irrigação paisagística	14,71 m ²
Lavagem de piso	584,45 m ²

Fonte: A autora.

Para o cálculo da demanda foram utilizados os indicadores de consumo detalhados na Tabela 3.1. As considerações do período letivo foram baseadas no calendário acadêmico 2019 fornecido no site do IFG para o Câmpus Goiânia. Foi considerado período letivo os intervalos entre o mês de fevereiro ao dia 15 de julho e do mês de agosto ao dia 21 de dezembro. Para o período de matrículas compreende todo o mês de janeiro e a segunda quinzena do mês de julho. Para a segunda parte do mês de dezembro, foi suposta a mesma população diária dos finais de semana, levando em consideração a paralisação das atividades devido ao recesso.

O período de irrigação considerado foi do mês de abril ao mês de novembro, sendo realizada segunda, quarta e sexta. Nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro presumiu-se que não há necessidade de irrigação devido ao maior volume de precipitação atingindo valores acima de 200 mm. A lavagem de pisos foi considerada em todos os meses.

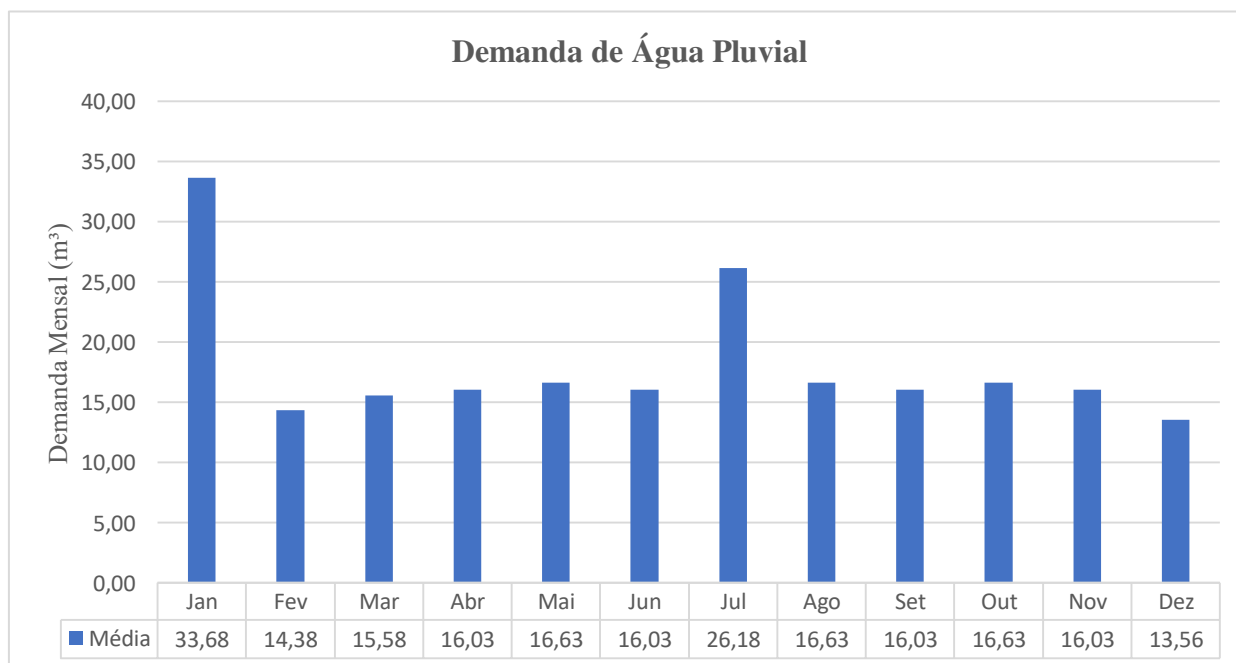
Tabela 4.4 – Demanda diária do Prédio Anexo.

	Demanda Diária (L)						
	Dom.	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.
Janeiro	0	1393,83	1393,83	1393,83	1393,83	1393,83	602,81
Fevereiro / Março	0	598,23	598,23	598,23	598,23	598,23	602,81
Abril/Maio	0	633,53	598,23	633,53	598,23	633,53	602,81
Junho/Julho (1 a 15)	0	1429,13	1393,83	1429,13	1393,83	1429,13	602,81
Julho (16 a 31)	0	633,53	598,23	633,53	598,23	633,53	602,81
Agosto/ Setembro	0	598,23	598,23	598,23	598,23	598,23	602,81
Outubro/ Novembro	0	310,59	310,59	310,59	310,59	310,59	602,81
Dezembro (1 a 21)	0	310,59	310,59	310,59	310,59	310,59	602,81
Dezembro (22 a 31)	0	310,59	310,59	310,59	310,59	310,59	602,81

Fonte: A autora.

O resultado do volume diário de água não potável empregado na edificação está apresentado na Tabela 4.4. A partir dos dados diários, foi determinada a média mensal da demanda por água pluvial indicada na Figura 4.7.

Figura 4.7 – Demanda de água pluvial do Prédio Anexo.

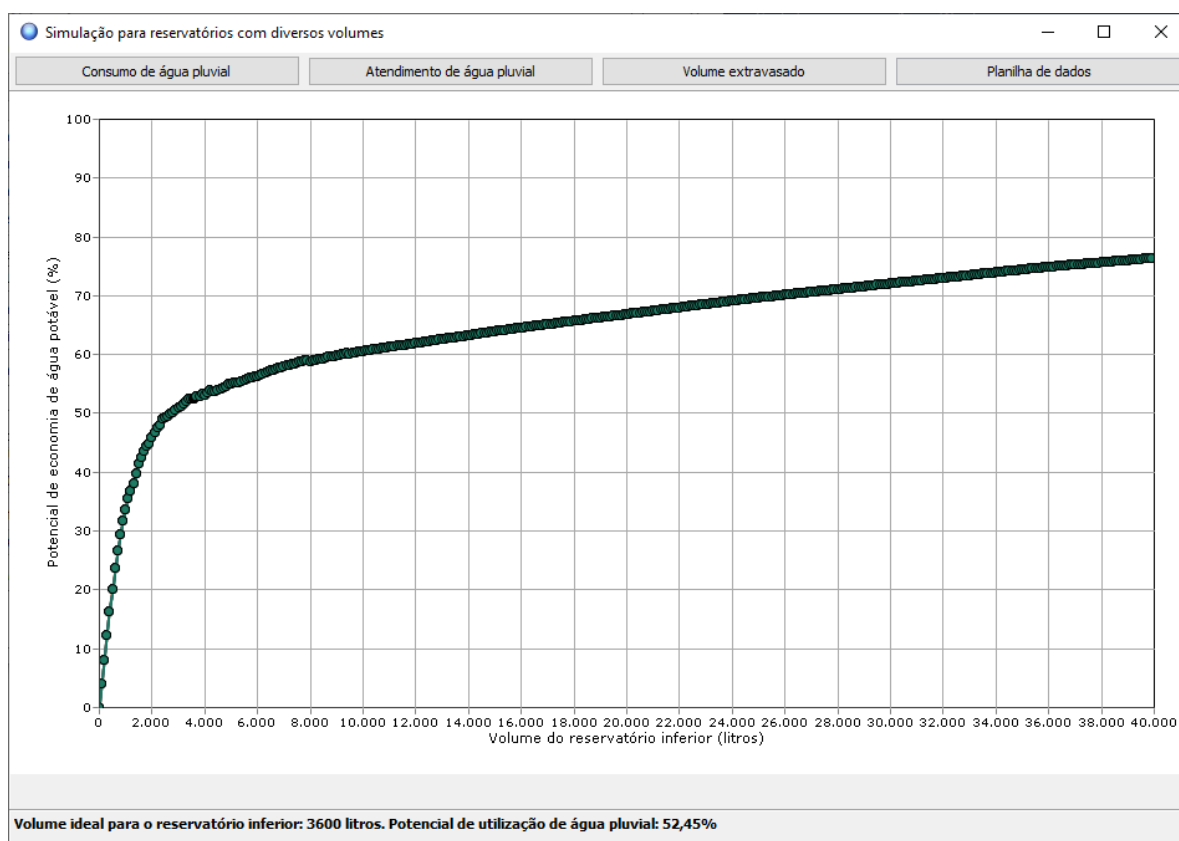


Fonte: A autora.

4.2.3 Volume do Reservatório

Conforme mencionado no item 3.2.3, ao inserir os dados de entrada no programa é gerado o volume ideal de reservação e seu potencial de utilização da água pluvial, conforme a Figura 4.8 que apresenta o resultado para uma série de dados diários de 5 anos. Devido à variação no resultado para distintos valores de diferenças de potenciais de economia (parâmetro empregado pelo Netuno), foram realizadas quatro simulações para cada cenário, variando o coeficiente de 0,2 a 0,8. Dessa forma, foram necessárias trinta e duas simulações para determinar os volumes de armazenamento dos oito cenários, destacados na Tabela 4.5.

Figura 4.8 - Gráfico resultante da simulação no Netuno para precipitação diária de 5 anos.



Fonte: A autora.

Foi escolhido um mesmo valor para a diferença entre potenciais de economia para o dimensionamento dos reservatórios em todos os cenários. Essa escolha ocorreu em função do maior potencial de utilização para um coeficiente de 0,4% na maioria dos cenários. Assim, foi estabelecido o volume de armazenamento ideal para cada situação, indicados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Simulações dos reservatórios ideais.

Período de Precipitação		Diferença entre potenciais de economia (%/m ³) *	Volume do Reservatório (m ³)	Potencial de economia (%)
5 anos	Dados diários	0,2	3,6	52,45
		0,4	3,6	52,45
		0,6	3,5	52,44
		0,8	3,5	52,44
	Dados mensais	0,2	16,6	59,14
		0,4	15,1	51,19
		0,6	6,4	26
		0,8	0,1	0,46
10 anos	Dados diários	0,2	6,8	59,14
		0,4	6,8	59,14
		0,6	5	56,83
		0,8	5	56,83
	Dados mensais	0,2	16,6	55,57
		0,4	16,6	55,57
		0,6	16,6	55,57
		0,8	15,1	53,21
20 anos	Dados diários	0,2	6,9	55,99
		0,4	6,9	55,99
		0,6	6,9	55,99
		0,8	4,9	57,42
	Dados mensais	0,2	16,4	56,19
		0,4	16,4	56,19
		0,6	16,4	56,19
		0,8	16,4	56,19
50 anos	Dados diários	0,2	-	-
		0,4	11,5	66,78
		0,6	7,6	63,93
		0,8	7,5	63,87
	Dados mensais	0,2	16,6	58,81
		0,4	16,6	58,81
		0,6	16,6	58,81
		0,8	16,6	58,81

* Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial

** Para cada cenário foram escolhidos os reservatórios com a diferença entre potenciais de 0,4 %/m³

Fonte: A autora.

Comparando os resultados da Tabela 4.5, é possível observar que os volumes dos reservatórios que empregam dados diários foram menores. Todavia, apresentaram um potencial de economia de água não potável aproximadamente de 2% a 13% maior do que os cenários dimensionados a partir de dados mensais.

Dessa forma, o dimensionamento com dados diários resulta em um menor reservatório, consequentemente menor custo, com a economia de água superior ao dimensionado com dados mensais. Isso deve-se aos dados mensais não considerarem a variação do regime pluviométrico ao longo dos dias o que pode acarretar em grandes intervalos sem oferta de água.

4.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A avaliação econômica foi realizada conforme exposto no item 3.4. Neste tópico foram determinados os resultados dos custos e as receitas do sistema, bem como o cálculo dos indicadores econômicos.

4.3.1 Determinação dos Custos

Para o cálculo do investimento inicial, foi realizado o levantamento quantitativo dos materiais especificados no projeto para implantação do SPAAP. O orçamento foi elaborado mediante as composições de material e mão de obra fornecidas pelo SINAPI para o mês de outubro de 2019 no estado de Goiás. Para os componentes não especificados no SINAPI, foram realizadas cotações que determinaram os valores médios dos itens.

O custo da implantação do SPAAP, desconsiderando o custo do reservatório inferior que varia em cada cenário do dimensionamento, é de R\$10.221,97 conforme o Apêndice I. Este valor considera os componentes dos subsistemas de condução e tratamento.

Devido aos volumes dimensionados para os reservatórios inferiores não serem comerciais e possuírem variações, foi escolhida a execução de cisterna de concreto. Para o cálculo do custo de construção da mesma foi utilizado a Equação 4.6 proposta por Pacheco; Campos (2019).

$$C_{\text{reservatório}} = 3,200132254 \times 10^{-6} \times V^2 + 0,2908308367 \times V + 5996,358556$$

Equação 4.6

Em que:

$C_{\text{reservatório}}$ – Custo do reservatório em R\$;

V – Volume do reservatório em Litros.

A Equação 4.6 foi desenvolvida calculando o custo de reservatórios com volumes variando de 4 a 100 m³ e traçando uma função com esses pontos de modo a obter o maior coeficiente de correlação. Como os reservatórios possuíam volumes elevados, podem ocorrer interferências nos valores calculados neste trabalho.

Ao custo da implantação do SPAAP, adicionou-se o valor do reservatório inferior e 25% de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) sobre o orçamento inicial. Para cada cenário foi encontrado o custo total da construção do sistema, conforme a Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Orçamento do SPAAP.

Período de Precipitação	Dados	Volume do Reservatório (L)	Custo do Reservatório	Custo Total	Custo Total com BDI 25 %
5 anos	Diário	3600	R\$ 7.084,82	R\$ 17.306,79	R\$ 21.633,49
	Mensal	15100	R\$ 11.117,57	R\$ 21.339,54	R\$ 26.674,42
10 anos	Diário	6800	R\$ 8.121,98	R\$ 18.343,95	R\$ 22.929,94
	Mensal	16600	R\$ 11.705,98	R\$ 21.927,95	R\$ 27.409,94
20 anos	Diário	6900	R\$ 8.155,45	R\$ 18.377,42	R\$ 22.971,77
	Mensal	16400	R\$ 11.626,69	R\$ 21.848,66	R\$ 27.310,83
50 anos	Diário	11500	R\$ 9.764,13	R\$ 19.986,10	R\$ 24.982,63
	Mensal	16600	R\$ 11.705,98	R\$ 21.927,95	R\$ 27.409,94

Fonte: A autora.

Para os custos de manutenção e operação do sistema foram considerados a realização de ensaios, utilização de produtos de desinfecção, manutenção das bombas, consumo de energia, além da limpeza do reservatório, do filtro e das lajes impermeabilizadas. A periodicidade destes serviços foi estabelecida mediante a NBR 15527 (ABNT, 2019) e os valores dos serviços (Tabela 4.7) cotados para a cidade de Goiânia.

O consumo de energia elétrica foi calculado considerando o consumo da bomba de 0,5 cv, com rendimento de 75% e o valor da tarifa de energia estipulada pela concessionária de 0,86 R\$/KWh.

Tabela 4.7 – Custo e Manutenção do SPAAP.

Descrição	Periodicidade	Critérios	Custo
Consumo de energia elétrica	Mensal	Conjunto motor-bomba com 2 h de funcionamento por dia	R\$ 26,11
Consumo de produto de desinfecção	Mensal	4 gramas de cloro para cada m ³ de água	R\$12,83/kg
Realização de ensaios previstos pela ABNT (2019)	Semestral	Cloro	R\$ 29,72
		pH	R\$ 13,38
		Coliformes totais	R\$ 104,03
		Turbidez	R\$ 13,38
Limpeza do filtro	Bimestral	Mão de obra - SINAPI 2019 (meia diária de um servente)	R\$ 58,12
Limpeza das lajes	Semestral	Mão de obra - SINAPI 2019 (meia diária de um servente)	R\$ 58,12
Manutenção da bomba	Mensal	Mão de obra- SINAPI 2019 (meia diária de um servente)	R\$ 58,12

Fonte: A autora.

Devido à variação no volume dos reservatórios, o custo da limpeza anual foi considerado conforme a Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Custo da limpeza anual dos reservatórios.

Volume do Reservatório (L)	Custo da Limpeza
3600	R\$ 205,00
6800	R\$ 260,00
6900	R\$ 260,00
11500	R\$ 350,00
15100	R\$ 459,56
16400	R\$ 499,13
16600	R\$ 505,22

Fonte: A autora.

4.3.2 Determinação das Receitas

A partir da variação no potencial de utilização de água pluvial, foi determinada a economia financeira para cada cenário proposto. Para a categoria pública a tarifa cobrada pela concessionária de água em Goiânia no ano de 2019 é de R\$9,50 por m³ de água consumida, considerando o consumo mensal acima de 10 m³.

O resultado das receitas, para o primeiro ano de vida útil em cada cenário, é indicado na Tabela 4.9. Para os anos seguintes foi considerado um reajuste anual na tarifa de água correspondente a 10,93% ao ano.

Tabela 4.9 – Receita do SPAAP.

	Dados	Volume do Reservatório (L)	Potencial de economia (%)	Volume de água economizado (m ³)	Receita Anual
5 anos	Diários	3600	52,45	111,01	R\$ 1.054,55
	Mensais	15100	51,19	108,34	R\$ 1.029,22
10 anos	Diários	6800	59,14	125,16	R\$ 1.189,06
	Mensais	16600	55,57	117,61	R\$ 1.117,28
20 anos	Diários	6900	55,99	118,50	R\$ 1.125,72
	Mensais	16400	56,19	118,92	R\$ 1.129,74
50 anos	Diários	11500	66,78	141,33	R\$ 1.342,67
	Mensais	16600	58,81	124,47	R\$ 1.182,42

Fonte: A autora.

4.3.3 Indicadores Econômicos

Considerando a vida útil igual a 20 anos e tendo definido os custos e as receitas do SPAAP, foram determinados os indicadores econômicos. Aplicando os valores à Equação 2.2 e adotando uma taxa de desconto de 0,41%, foi calculado o VPL e a TIR de cada cenário (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 – Indicadores Econômicos .

	Dados	Volume do Reservatório (L)	VPL	TIR	Payback
5 anos	Diários	3600	-R\$ 9.166,95	0,1471%	-
	Mensais	15100	-R\$ 18.254,01	-0,0721%	-
10 anos	Diários	6800	-R\$ 6.509,62	0,2392%	-
	Mensais	16600	-R\$ 14.274,44	0,0660%	-
20 anos	Diários	6900	-R\$ 8.735,83	0,1750%	-
	Mensais	16400	-R\$ 15.919,28	0,0157%	-
50 anos	Diários	11500	-R\$ 4.385,92	0,3056%	-
	Mensais	16600	-R\$ 14.274,44	0,0660%	-

Fonte: A autora.

O SPAAP é atrativo economicamente quando o VPL apresenta um valor positivo, neste estudo de caso em nenhum cenário o investimento foi satisfatório. A taxa de retorno interna, não obteve o valor acima da taxa mínima estipulada de 0,41 %, confirmando a inviabilidade econômica do sistema. Durante a vida útil do SPAAP não seria possível recuperar o valor do investimento, apresentando assim um *payback* superior à vida útil estipulada.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao comparar os resultados do dimensionamento dos reservatórios propostos para o SPAAP, verificou-se que as diferentes séries históricas de precipitação influenciaram na variação do volume de armazenamento do sistema. Dessa forma, o maior volume foi encontrado para o período mais longo de precipitação, ocasionando um maior potencial de economia. Sendo assim, foi possível observar a seguinte tendência:

↑ Série de Precipitação = ↑ Volume de Reservação e ↑ Potencial de Aproveitamento

A maior variação entre os valores ocorreu entre os períodos de precipitação de 5 e 10 anos, com dados diários, no qual o volume aumentou 89% entre os cenários. No mesmo período, no dimensionamento com dados mensais, obteve-se uma variação de volume de apenas 10%. Os valores expressam, que o período de precipitação possui maior influência no dimensionamento quando usados dados diários.

Ao calcular os indicadores de consumo, pôde-se verificar que a implantação do SPAAP no edifício não é viável economicamente. Analisando os resultados encontrados, nota-se que o VPL é mais satisfatório quando o potencial de aproveitamento de água possui um maior valor. Assim, o cenário que apresentou um maior VPL foi o sistema com reservatório inferior de 11500 litros e VPL igual a – R\$ 4.385,92.

As séries de precipitação interferem na análise econômica do sistema seguindo a relação já mencionada em que quanto maior a duração da série de precipitação maior será o volume de armazenamento considerado ideal pelo Netuno e maior seu potencial de economia. Sendo assim, nota-se que pode haver variação dos indicadores econômicos em função da série de precipitação empregada. Enquanto, para uma serie de precipitação mais curta pode-se encontrar inviabilidade para a implantação do sistema, com uma série mais longa o sistema pode ser economicamente viável.

Ao comparar os resultados obtidos à pesquisas realizadas com o intuito de analisar as séries históricas de precipitação, foi possível verificar divergências quanto a possibilidade do uso de períodos de precipitação de menor prazo.

Autores como Ghisi, Cardoso e Rupp (2012), Geraldi e Ghisi (2018) e Geraldi e Ghisi (2019), encontraram resultados semelhantes quanto ao uso de séries históricas de precipitação com menores períodos. Os autores afirmam que no dimensionamento, utilizando o programa Netuno, há a possibilidade de substituir longas séries de precipitações por séries com períodos mais curtos entre 1 a 15 anos, uma vez que os resultados obtidos são próximos.

Este estudo possibilitou verificar que quando são utilizados dados mensais os resultados das pesquisas mencionadas se confirmam, devido à pequena variação no volume de reservatório encontrado para curtas e longas séries de precipitação. Porém ao analisar os resultados mediante o dimensionamento com dados diários, as afirmativas presentes nas pesquisas não são validadas, devido à grande variação do volume de reservação.

Todavia, de acordo com Geraldi e Ghisi (2019) o uso de séries de curta duração quando não se tem séries longas depende da realidade pluviométrica do local de estudo pois podem haver fenômenos que fazem com que séries menores não representem o comportamento ao longo dos anos. Assim, o regime pluviométrico de Goiânia pode apresentar uma variabilidade que não permita o uso de séries curtas. Além disso, neste estudo foram avaliadas apenas as séries (com diferentes durações) mais próximas do momento atual, de forma que o resultado pode refletir uma mudança do regime pluviométrico local.

Apesar de terem sido avaliados diferentes parâmetros pluviométricos como a média mensal, a precipitação média anual e o número máximo de dias seguidos sem chuva para cada série de precipitação não foi possível determinar a similaridade entre as mesmas. Conforme Geraldi e Ghisi (2019), o número de dias seguidos sem precipitação é o parâmetro mais adequado para a avaliação da similaridade entre diferentes séries pluviométricas, todavia apesar da diferença entre essa variável para as séries estudadas não ser grande as séries mostraram-se não similares.

Desse modo, os resultados obtidos indicam a necessidade de aprofundar os estudos da influência das séries históricas de precipitação na região de implantação do sistema considerado.

5. CONCLUSÕES

Para que o Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial seja economicamente vantajoso, é necessário o correto dimensionamento do subsistema de armazenamento devido ao seu expressivo percentual no custo total do sistema e também ao seu papel no volume de água que será economizado. Neste trabalho foi analisada a influência de um dos principais dados para dimensionamento do volume do reservatório de água pluvial, as séries de precipitação, que possuem significativa importância na avaliação econômica de SPAAP.

O reservatório que apresentou resultados mais satisfatórios foi o dimensionado com dados diários, resultando em um volume de 11500 litros, com 66,78% de aproveitamento de água pluvial, VPL de – R\$ 4.385,92 e TIR de 0,3056%.

Ao analisar os resultados, foi possível confirmar a maior confiabilidade do uso de dados diários para o dimensionamento do reservatório. Apresentando menores volumes de armazenamento de água pluvial com um maior potencial de economia. A utilização de dados mensais no dimensionamento com o Netuno V4.0 pode ocasionar incertezas nas análises.

Verificou-se a influência das séries históricas de precipitação no dimensionamento do sistema de reservação, o que interferiu nos resultados da avaliação econômica do sistema, notando-se maior interferência quando utilizados dados diários.

Neste estudo de caso, o maior potencial de economia foi encontrado no dimensionamento com dados diários e séries de precipitação mais longas. Para estes dados foram obtidos maiores volumes de reservação.

Assim, diferente dos resultados encontrados, em revisões bibliográficas, em que os valores obtidos com a utilização de series de curta e de longa duração foram semelhantes, neste trabalho pôde ser analisado que quanto maior a série de precipitação, maior o volume de armazenamento e, em consequência, maior o potencial de aproveitamento da água pluvial. Verificou-se que séries históricas curtas podem inclusive ocasionar a inviabilidade econômica do SPAAP, devido ao menor potencial de economia apresentado em seu dimensionamento.

Este trabalho pode auxiliar na análise de dados a serem utilizados em estudos de caso semelhantes e destaca-se a necessidade de aprofundar os estudos acerca da possibilidade de

uso de séries curtas na região de estudo, avaliando os diferentes parâmetros pluviométricos que podem indicar similaridade entre as séries.

Constatou-se que economicamente o SPAAP não apresentou viabilidade para sua implantação. Porém, devido aos benefícios ambientais apresentados, o sistema não deve ser descartado.

Pesquisas relacionadas ao uso de alternativas hídricas desenvolvem, no âmbito social, maior interesse pela conservação das fontes naturais considerando os benefícios gerados pelo melhor gerenciamento do uso da água potável. O uso de água pluvial vem se destacando neste quesito, devido a simplicidade do sistema e aos benefícios ambientais e econômicos gerados pela implantação de sistemas que permitem esse aproveitamento de água.

REFERÊNCIAS

ACQUA CONTROLL, **Captação Água Chuva**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.acquacontroll.com.br/captacao-agua-chuva>>. Acesso em: 15 de jun. 2019.

ALVES, A. C. F.; SILVA, R. B. L. **Análise de configurações para implantação de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial em edificações de um câmpus universitário**. 2015. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura Recursos Hídricos no Brasil 2018: informe anual/ Agência Nacional de Águas**. 2018. 72p. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/porta/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em: 02 de abr. de 2019.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, 2008.

BAUERMAN, B. **Estudo de viabilidade econômica na construção civil: análise de risco utilizando o método de Monte Carlo**. 2014. 74p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/110116>>. Acesso em: 08 de outubro de 2019.

BEZERRA, S. M. C.; CHRISTIAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS. Dimensionamento de reservatório de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

BONA, B. O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações multifamiliar na cidade de Carazinho – RS**. 2014. 34p. Dissertação (Mestrado em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) – Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004, 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CAMPOS, M. A. S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de Particle Swarm Optimization**. 2012. 95 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2012.

CAMPOS, M. A. S.; AMORIM, S. V. *In*: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, Florianópolis. **Anais...** 2005.

CAMPOS, M. A. S.; ILHA, M. S. O. Dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de água pluvial: critérios econômicos. *In*: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela, RS. **Anais...** 2010.

COSTCO WHOLESALE. **EasyOn-Gutterguard-5” -Version—100’**. EUA, 2019. Disponível em: <https://www.costco.com/EasyOn-Gutterguard-5”D-Version—100’.product.100019377.html>> Acesso em : 18 de maio de 2019.

DORNELES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 234 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2012.

FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K. M.; BORINELLI, J. B. Potencial de Economia de Água em Duas Escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.

FRENI, G.; LIUZZO, L. (2019) Effectiveness of rainwater harvesting systems for flood reduction in residential urban areas, **Urban**. 11, 1389, p 1-14, 2019. DOI: 10.3390/w11071389

FREZATTI, F. **Orçamento empresarial: planejamento e controle gerencial**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GERALDI, M. S; GHISI, E. Assessment of the length of rainfall time series for rainwater harvesting in buildings of **Resources, Conservation and Recycling**, V. 133, p. 231-241, 2018.

GERALDI, M. S; GHISI, E. Short-term instead of long-term rainfall time series in rainwater harvesting simulation in houses: An assessment using Bayesian Network of **Resources, Conservation and Recycling**, V. 144, p.1-12, 2019.

GHISI, E. Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks For Use in Houses. **Water Resources Management**, v. 24, n. 10, p. 2381-2403, 2010.

GHISI, E.; CARDOSO, K. A.; RUPP, R. F. Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses. **Journal of Environmental Management**, Estados Unidos. V. 100, n. 0, p. 109–119, 2012.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. 2014. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/netuno/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

GHISI, E.; TAVARES, D. DA F.; ROCHA, V. L. Rainwater harvesting in petrol. stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 79–85, 2009.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

GUIMARÃES, D. A. **Viabilidade econômica para implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residência unifamiliar**. 2018, 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HERNANDES, A. T.; CAMPOS, M. A. S.; AMORIM, S. V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. *In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2004, São Paulo. **Anais...** 2004.

ILHA, M. S. O.; CAMPOS, M. A. S. Qualidade de investimentos no uso de água pluvial: Particles Swarm Optimization para a maximização do valor presente líquido. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 373-382, 2014.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Dados históricos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 05 jun. 2019.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M.; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

LITER. **Separador de Fluxo**. Disponível em: <<https://liter.com.br/reuso-de-agua-de-chuva-separador-de-fluxo/>>. Acesso em 15 de jun. de 2019.

MANO, R. S.; SCHIMITT, C. M. Captação residencial de água pluvial, para fins não potáveis, em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade técnica e dos benefícios do sistema. *In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2004, São Paulo. **Anais...** 2004.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004, 189 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica; Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MONTEIRO, R. C. **Contribuições da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade - uma ênfase no cenário latino americano**. Dissertação (Mestrado). FEA-USP. São Paulo, 2003. 200 p.

PACHECO, G. C. R.; CAMPOS, M. A. S. Real options analysis as an economic evaluation method for rainwater harvesting system. **Water Resources Management**. 27, 2019. DOI: 10.1007/s11269-019-02371-z

PACHECO, G. C. R. **Análise de opções reais como método de avaliação econômica de sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial**. 2016. 133 p. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PALLA, A.; CNECCO, I.; BARBERA, P. L. A. The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale. **Journal of Environmental Management**, 191, p 297-305, 2017. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.01.025.

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso racional da água em edificações** - Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.

PUCCINI, E. C. **Matemática financeira e análise de investimentos** - Ernesto Coutinho Puccini. Florianópolis. Departamento de Ciências da Administração (UFSC). CAPES: UAB, 2011.

REBOUÇAS, A. DA C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos Avançados, v. 15, n. 43, p. 327–344, 2001.

REIS, P. H. R. **Avaliação econômica de sistema de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em três capitais brasileiras**. 2016. 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

REIS, F.R.R.; CRUVINEL, L.B.; PACHECO, R.M. **Comparação econômica de sistema predial de aproveitamento de água pluvial para habitação de interesse social**. 2016. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2016.

ROCHA, B. C. C. M. **Avaliação do desempenho do sistema de descarte de água de chuva coletada em coberturas de três diferentes tipos de materiais**. 2010, 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de Métodos Para Dimensionamento de Reservatórios de Água Pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.

SACADURA, F. O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011, 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SALLA, M. R.; LOPES, G. B. L.; PEREIRA, C. E.; NETO, J. C. M.; PINHEIRO, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, 2013.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I. *et al.* **Conservação e reuso da água em edificações**. 2. ed. São Paulo, 2006. 151 p.

SILVA, B. F., CAMPOS, M. A. S. **Avaliação do tamanho das séries históricas para aproveitamento de água pluvial: uma revisão bibliográfica**. In: XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS DESEMPENHO E INOVAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, 2019, São Paulo.

SOARES, D. A. F. *et al.* Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. In: CIB W62 SEMINAR. Rio de Janeiro. **Proceedings...** CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro, v. 1, p. D11-1D1-12, 2000.

SORDI, M.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S. Análise de um sistema de aproveitamento de água pluvial no centro de integração acadêmica da UEPB, Campina Grande, Paraíba. In: CONGRESSO ABES FENASAN 2017. Campina Grande, 2017.

THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. **Roofwater harvesting: A Handbook for Practitioners**. 2007. 160 p.

THOMAS, T. Choosing rainwater tanks for the sertão. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2004. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simpodio/3simp_terrytommas_choosingrainwater.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo, 2009. 268p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180p.

TOMAZ, P. **Dimensionamento de reservatórios de água de chuva**. 2012. 23p. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo109_julho.pdf> Acesso em : 10 de maio de 2019.

UNESCO. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás, Resumo executivo**. Colombella, 2019. Disponível em:<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por>. Acesso em 02 de abr. de 2019.

United Nations Environment Programme – UNEP (2002). **Rainwater Harvesting and Utilisation: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: an Introductory Guide for Decision-makers**. IETC Urban Environment series, Volume 2. Nairobi, Quênia. 16p.

VIANA, DANDARA. Águas pluviais: dimensionamento de calhas. **Guia Da Engenharia**, 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/aguas-pluviais/>> Acesso em: 01 de maio de 2019.

YOSHINO, G. H. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária Professor José da Silveira Netto – Belém/Pa**. 2012. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

WOILER, S; MATHIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

APÊNDICE I – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

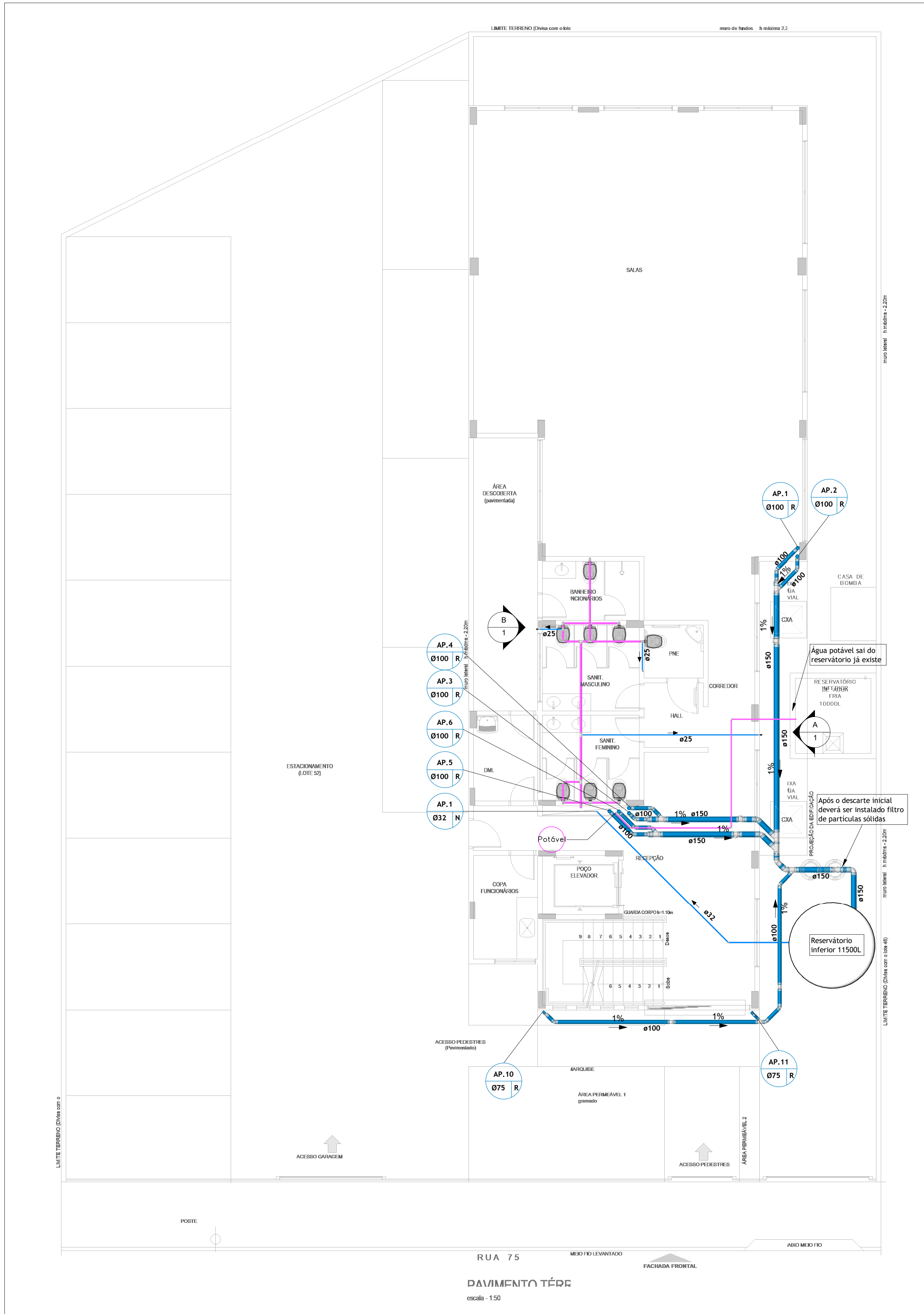
Descrição	Origem	Código	Unidade	Preço Unitário	Quantidade	Total
Joelho 45 graus, PVC, soldável, dn 32mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89368	un	R\$ 10,47	1	R\$ 10,47
Joelho 90 graus, PVC, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89362	un	R\$ 6,76	7	R\$ 47,32
Joelho 90 graus, PVC, soldável, dn 32mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89367	un	R\$ 9,06	5	R\$ 45,30
Joelho 90 graus, PVC, soldável, dn 110 mm instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra/ fibrocimento fornecimento e instalação. af_06/2016	SINAPI 09/2019	94686	un	R\$ 177,65	2	R\$ 355,30
Joelho 45 graus, PVC, Serie R, água pluvial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89531	un	R\$ 22,81	10	R\$ 228,10
Joelho 45 graus, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89591	un	R\$ 67,85	6	R\$ 407,10
Joelho 90 graus, PVC, Serie R, água pluvial, dn 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89522	un	R\$ 18,82	2	R\$ 37,64
Joelho 90 graus, PVC, Serie R, água pluvial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89529	un	R\$ 27,80	2	R\$ 55,60
Joelho 90 graus, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89590	un	R\$ 82,19	1	R\$ 82,19

Descrição	Origem	Código	Unidade	Preço Unitário	Quantidade	Total
Joelho 90 graus com bucha de latão, PVC, soldável, dn 25mm, x 3/4 instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89366	un	R\$ 11,06	5	R\$ 55,30
Junção simples, PVC, Serie R, água pluvial, dn 100 x 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais.af_12/2014	SINAPI 09/2019	89692	un	R\$ 45,40	1	R\$ 45,40
Junção simples, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 x 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89699	un	R\$ 120,63	3	R\$ 361,89
Junção simples, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 x 150 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89698	un	R\$ 140,92	4	R\$ 563,68
Redução excêntrica, PVC, Serie R, água pluvial, dn 100 x 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89557	un	R\$ 18,30	1	R\$ 18,30
Redução excêntrica, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 x 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89681	un	R\$ 47,10	4	R\$ 188,40
Kit de registro de gaveta bruto de latão 3/4", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89972	un	R\$ 40,21	2	R\$ 80,42
Registro de esfera, PVC, soldável, dn 32 mm, instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra/fibrocimento fornecimento e instalação. af_06/2016	SINAPI 09/2019	94490	un	R\$ 27,99	1	R\$ 27,99

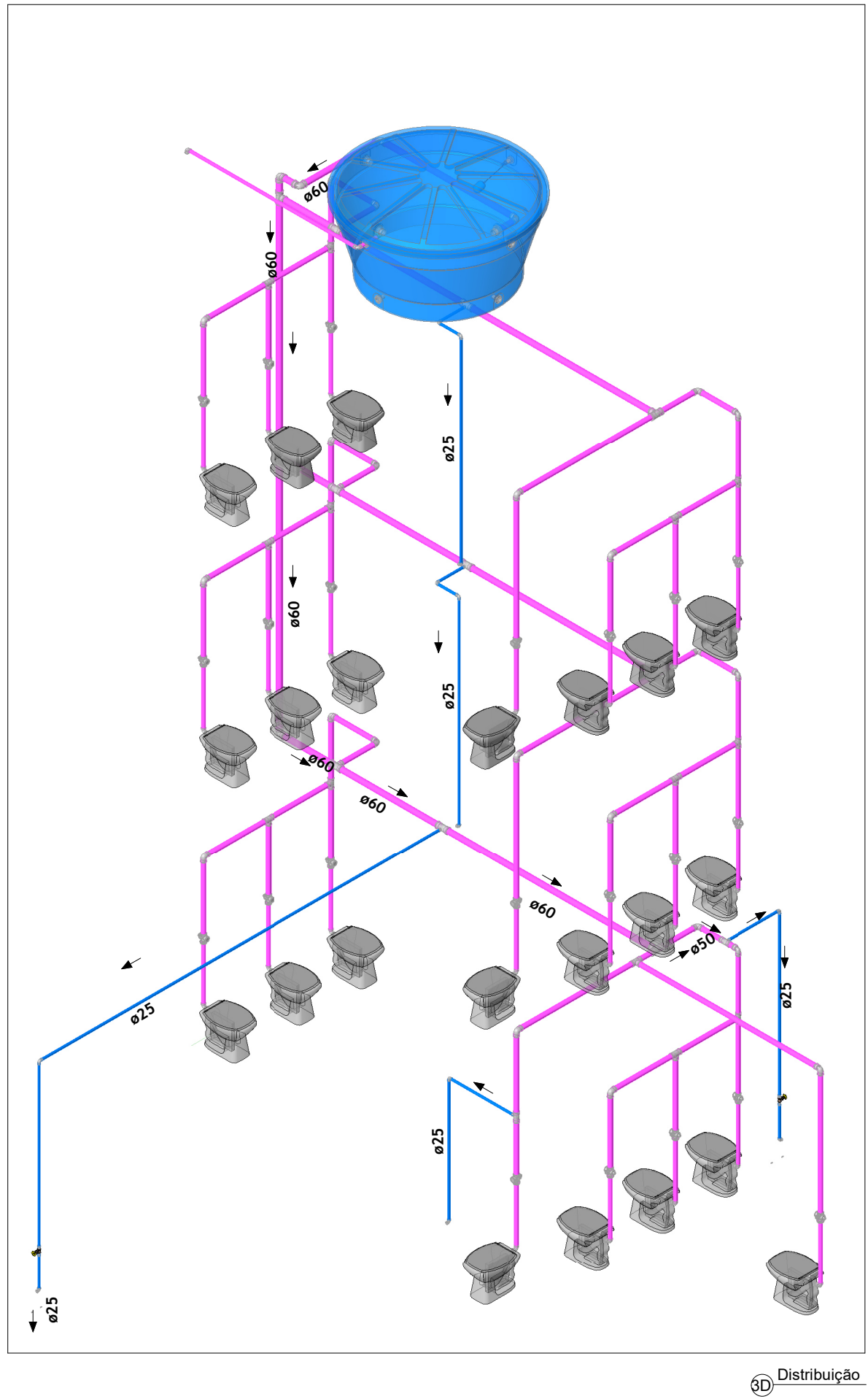
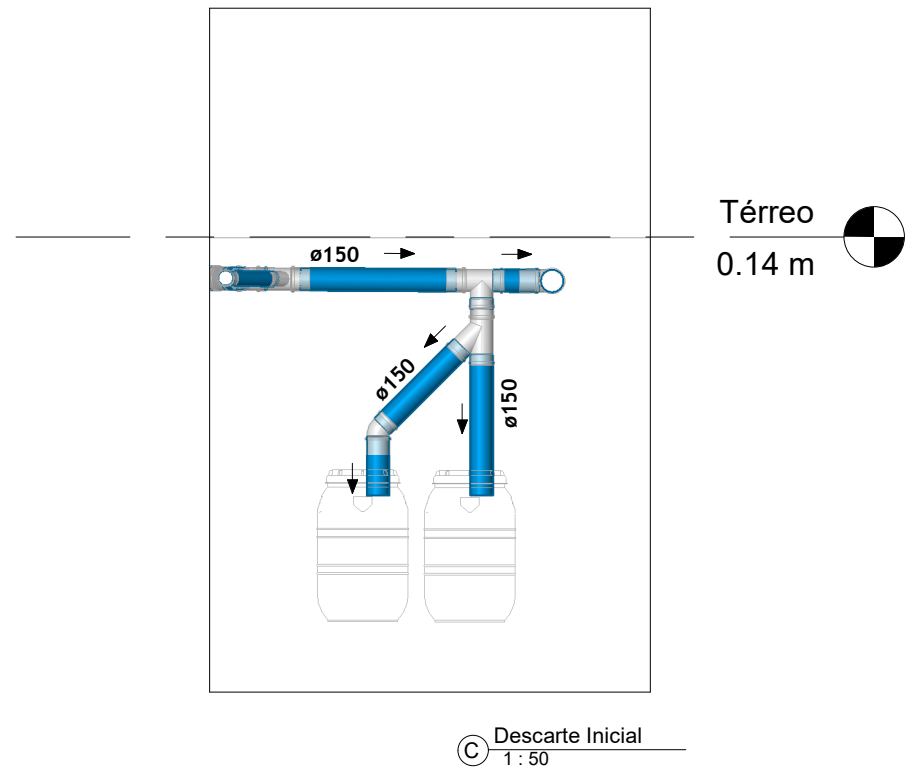
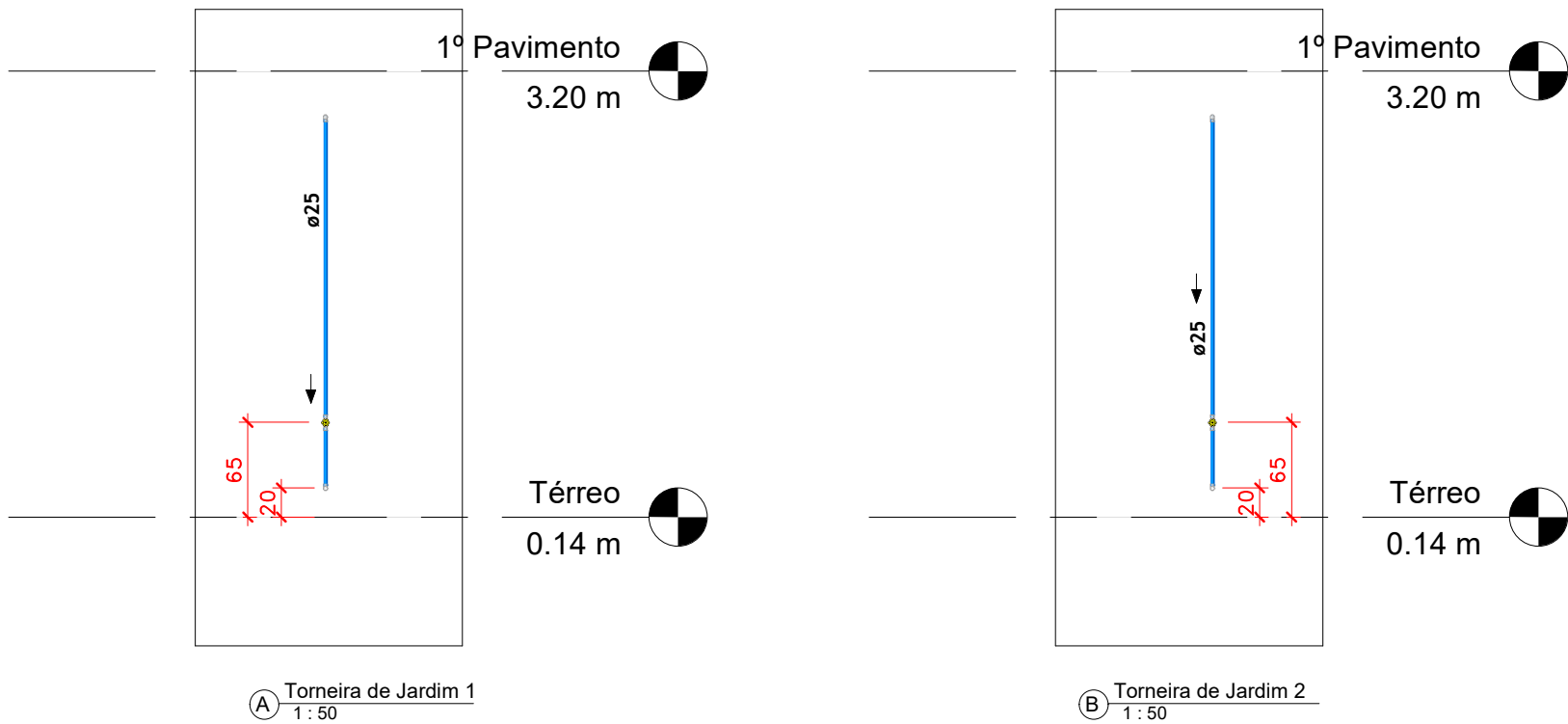
Descrição	Origem	Código	Unidade	Preço Unitário	Quantidade	Total
Registro de esfera, PVC, soldável, dn 110 mm, instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra/fibrocimento fornecimento e instalação	COTAÇÃO	-	un	R\$ 241,53	1	R\$ 241,53
Tê, PVC, Serie R, água pluvial, dn 150 x 150 mm, junta elástica, fornecido e instalado em condutores verticais de águas pluviais. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89701	un	R\$ 94,51	1	R\$ 94,51
Tê de inspeção, PVC, Serie R, água pluvial, dn 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89550	un	R\$ 24,04	2	R\$ 48,08
Tê de inspeção, PVC, Serie R, água pluvial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89559	un	R\$ 39,52	3	R\$ 118,56
Tê de redução, PVC, soldável, dn 50mm x 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	SINAPI 09/2019	89627	un	R\$ 14,41	2	R\$ 28,82
Tê de redução, PVC, soldável, dn 60mm x 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2015	COTAÇÃO	-	un	R\$ 21,86	3	R\$ 65,58
Tê, PVC, soldável, dn 110 mm instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra/fibrocimento fornecimento e instalação. af_06/2016	SINAPI 09/2019	94701	un	R\$ 148,16	1	R\$ 148,16
Instalação de conj. Moto bomba submerso até 5 cv	SINAPI 09/2020	73837/001	un	R\$ 183,07	1	R\$ 183,07
Bomba submersível elétrica, trifásica, potência 3,75 hp, diâmetro do rotor 90 mm semiaberto, bocal de saída diâmetro de 2 polegadas, hm/q =5 m / 61,2 m3/h a 25,5 m / 3,6 m3/h	SINAPI 09/2019	83643	un	R\$ 4.101,77	1	R\$ 4.101,77
Kit de filtro completo (filtro ciclo 250; freio d'água 150mm; sifão ladrão 150mm; conjunto flutuante 1")	COTAÇÃO	-	un	R\$ 1.999,00	1	R\$ 1.999,00
Válvula solenoide 1" - 32mm - fornecimento e instalação	COTAÇÃO	-	un	R\$ 197,99	1	R\$ 197,99
Bombona plástica de	COTAÇÃO	-	un	R\$ 130,00	2	R\$ 260,00

armazenamento 200 l							
Descrição	Origem	Código	Unidade	Preço Unitário		Quantidade	Total
Torneira esfera com trava para cadeado 1/2"x 3/4"	COTAÇÃO	-	un	R\$	15,90	5	R\$ 79,50
Cadeado	COTAÇÃO	-	un	R\$	9,00	5	R\$ 45,00
						Total Parcial	R\$ 10.221,97
						BDI 25%	R\$ 2.555,49
						Total Final	R\$ 12.777,46

APÊNDICE II – PROJETO DO SPAAP



1 Planta Baixa Térreo
1:75

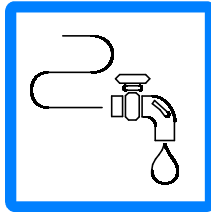


LEGENDA	
SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
INDICAÇÃO	
	INDICAÇÃO DE COLUNA ÁGUA PLUVIAL - SÉRIE INDICADA EM PROJETO
TUBULAÇÕES	
	TUBULAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL - TUBO EM PVC-SÉRIE REFORÇADA
	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL JÁ EXISTENTE
	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL ACRESCENTADA

LEGENDA	
INDICAÇÃO DE VISTA	
	Identificação da vista
	Numeração da prancha para localização do corte

OBSERVAÇÕES:

SÓ SERÁ ADMITIDO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE ÁREAS DE COBERTURA SEM USO.
O SISTEMA RECEBERÁ CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM CASO DE FALTA DE ÁGUA.



Projeto SPAAP

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL - TÉRREO

Prédio Anexo - IFG

ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:
Rua 75, Qd. 101, Lt. 50, Centro, Goiânia, Goiás.

ALUNA:
RAYSSA CANTUÁRIA DE OLIVEIRA

PROPRIETÁRIO:
IFG - CÂMPUS GOIÂNIA

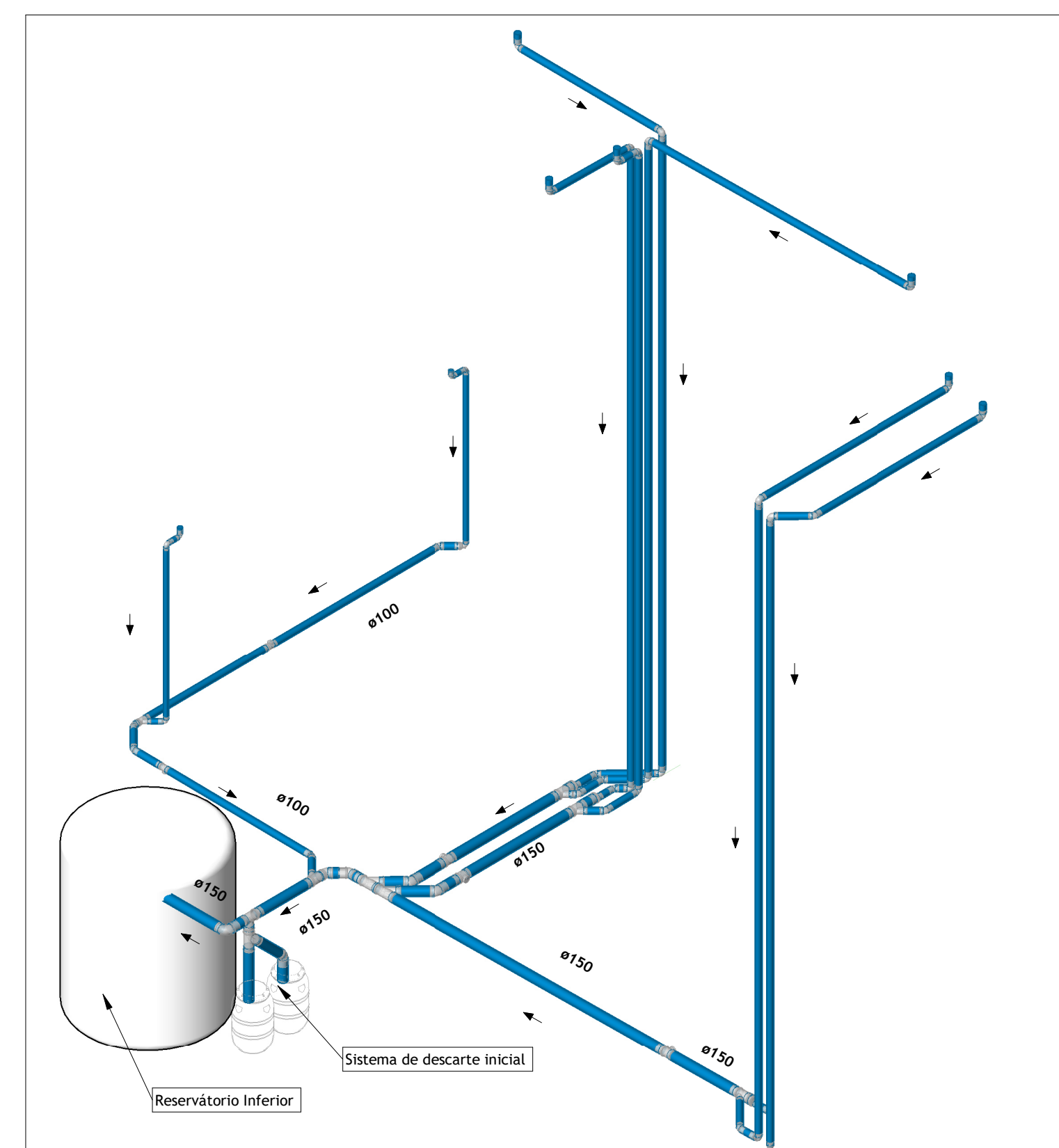
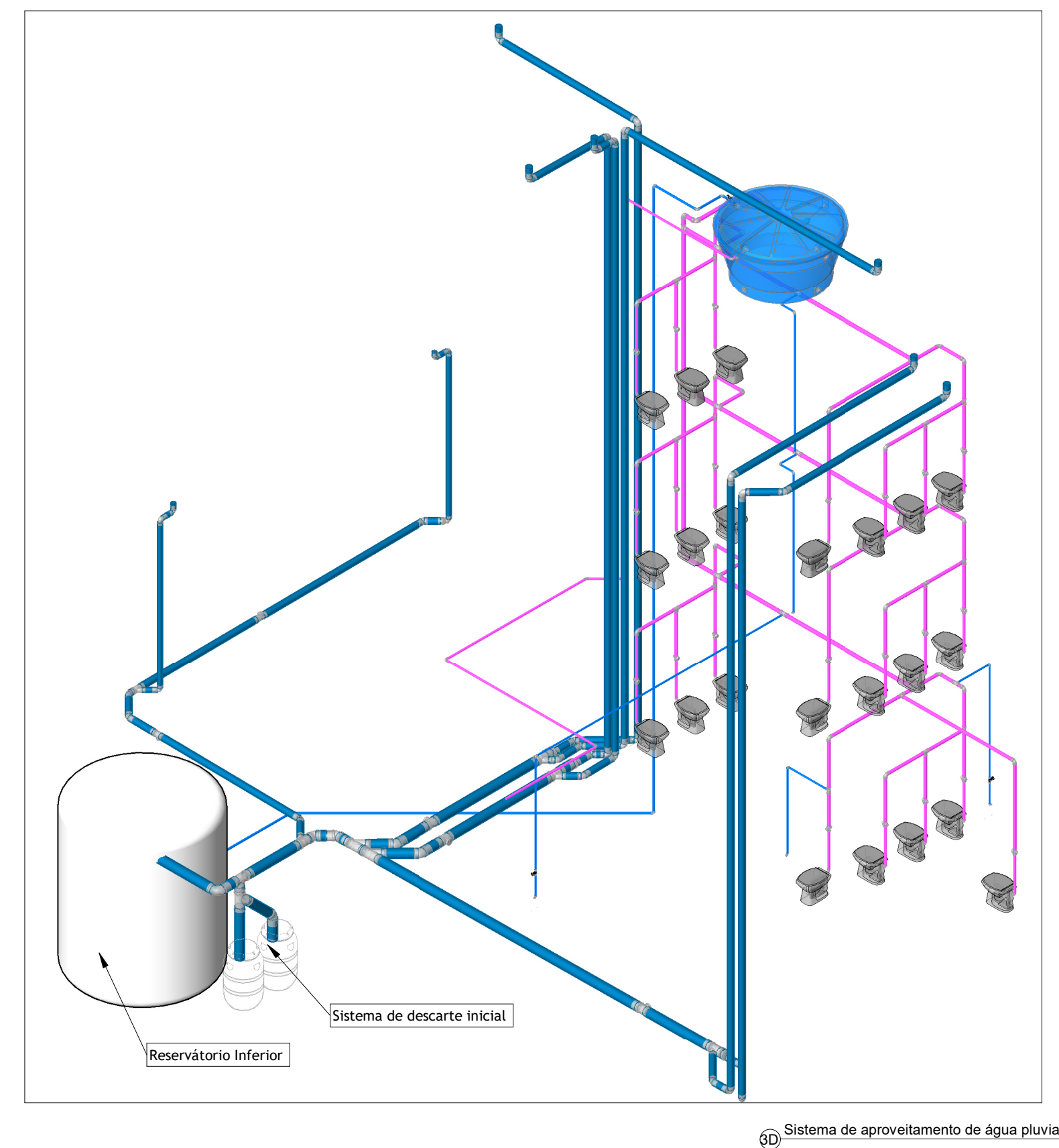
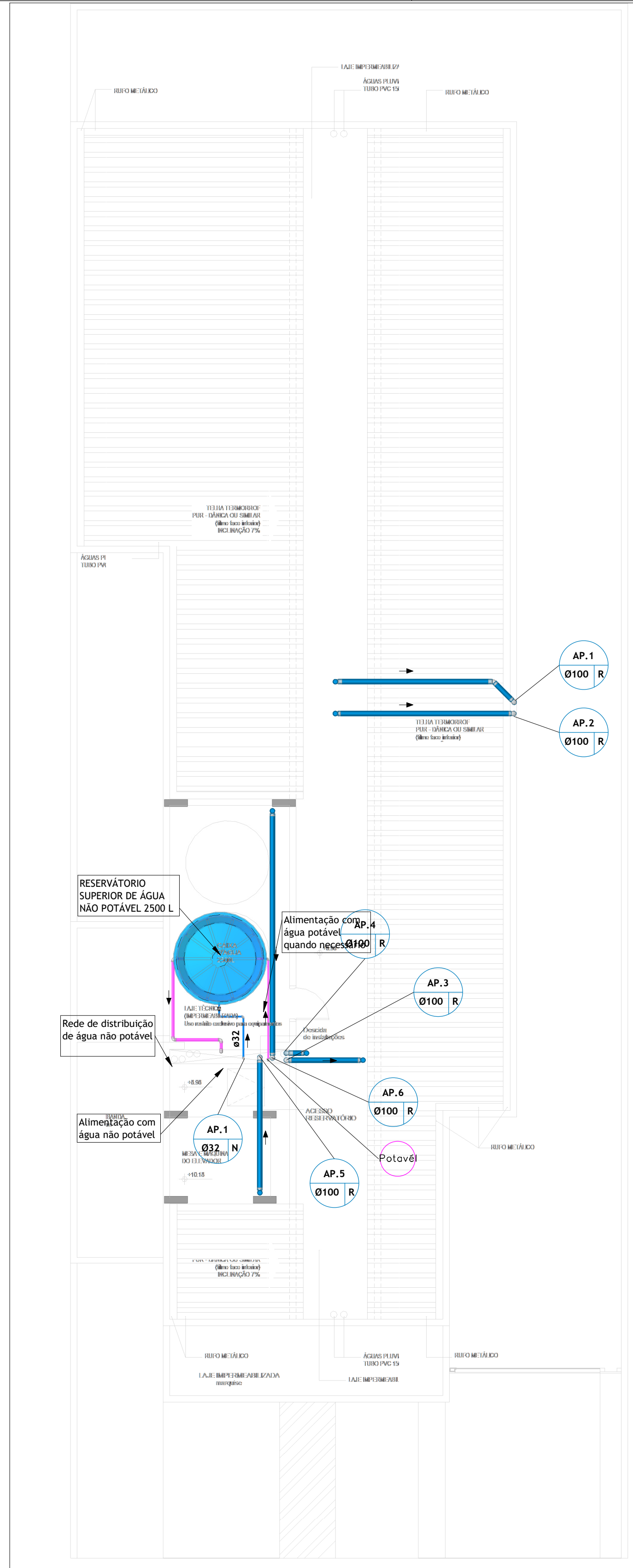
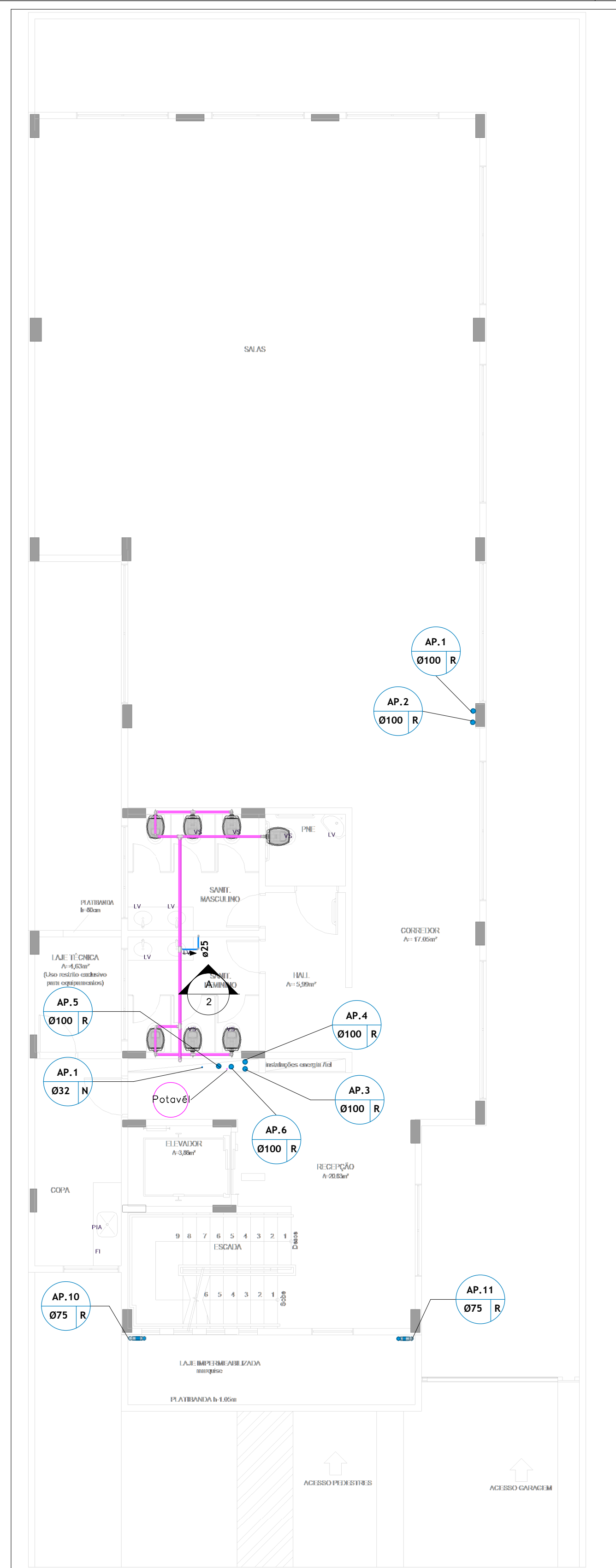
ETAPA:
PROJETO EXECUTIVO

DATA:
01/12/2019

FORMATO:
A1

DESENHO:
Rayssa Cantuária

ESCALA:
INDICADA EM PRANCHA



LEGENDA	
SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
INDICAÇÃO	
	INDICAÇÃO DE COLUNA ÁGUA PLUVIAL - SÉRIE INDICADA EM PROJETO
TUBULAÇÕES	
	TUBULAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL - TUBO EM PVC-SÉRIE REFORÇADA
	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL JÁ EXISTENTE
	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL ACRESCENTADA

LEGENDA

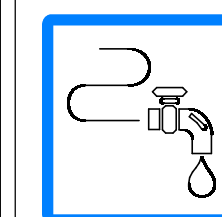
INDICAÇÃO DE VISTA

Identificação da vista

02.03

Numeração da prancha para localização do corte

OBSERVAÇÕES:



Projeto SPAAP

Prédio Anexo - IFG

ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:
Rua 75, Qd. 101, Lt. 50, Centro. Goiânia, Goiás.

ALUNA: RAYSSA CANTUÁRIA DE OLIVEIRA

PROPRIETÁRIO: _____

IFG - CÂMPUS GOIÂNIA

ETAPA:

PROJETO EXECUTIVO

DATA:
01/12/2019
FORMATO:
A1

DESENHO:
Rayssa Cantuária

ESCALA:
INDICADA EM PRANCHA

ESCALA:
INDICADA EM PRANCHA