



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiás

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG

CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**Viabilidade Técnica de um Sistema Predial de
Aproveitamento de Água Pluvial em uma Instituição
Pública de Ensino**

GABRIEL LOPES DE LIMA

KEVIN SANCHES DE OLIVEIRA SILVA

APARECIDA DE GOIÂNIA

2021



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: Gabriel Lopes de Lima

Matrícula: 20171090040303

Título do Trabalho: Viabilidade Técnica de um Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial em uma Instituição Pública de Ensino

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ 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.

Aparecida de Goiânia, 28 de março de 2022

Gabriel Lopes de Lima

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

**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: Kevin Sanches de Oliveira Silva

Matrícula: 20171090040150

Título do Trabalho: Viabilidade Técnica de um Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial em uma Instituição Pública 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.



Aparecida de Goiânia, 28 de março de 2022

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL LOPES DE LIMA
KEVIN SANCHES DE OLIVEIRA SILVA

**Viabilidade Técnica de um Sistema Predial de
Aproveitamento de Água Pluvial em uma Instituição
Pública de Ensino**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa de hidrologia, orientado pelo Msc. Wilson Marques Silva

APARECIDA DE GOIÂNIA
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L732 Lima, Gabriel Lopes de
Viabilidade técnica de um sistema predial de aproveitamento de água
pluvial em uma instituição pública de ensino. / Gabriel Lopes de Lima;
Kevin Sanches de Oliveira Silva. - Aparecida de Goiânia, 2022.
47 f. Il.

Orientador: Msc. Wilson Marques Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Aparecida de Goiânia,
Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

1. Dimensionamento. 2. Reservatório. 3. Sistema Predial de
Aproveitamento de Águas Pluviais. 4. SPAAP. 5. Viabilidade
Técnica. I. Título. II. Gabriel Lopes de Lima; Kevin Sanches de Oliveira
Silva.

CDD 628.162

Catalogação na publicação:
Suzane Gonçalves Duarte Peixoto – CRB 1/2746



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

Termo de Aprovação

KEVIN SANCHES DE OLIVEIRA SILVA

GABRIEL LOPES DE LIMA

VIABILIDADE TÉCNICA DE UM SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia/IFG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Wilson Marques Silva.

Aprovado em 8 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Wilson Marques Silva

Presidente da banca / Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof.^a Bruna Fioramonte Silva

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof.^a Murilo Meiron de Pádua Soares

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Aparecida de Goiânia – GO

Documento assinado eletronicamente por:

- **Murilo Meiron de Padua Soares**, COORDENADOR - FUC1 - APA-2CCSEN, em 04/04/2022 18:24:47.
- **Bruna Fioramonte Silva**, TECNICO DE LABORATORIO AREA, em 28/03/2022 19:17:48.
- **Wilson Marques Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/03/2022 19:15:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 239778

Código de Autenticação: 72cf483231



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Avenida Universitária Vereador Vagner da Silva Ferreira, Qd. 1, Lt. 1-A, Parque Itatiaia, APARECIDA DE GOIÂNIA / GO, CEP 74968-755
(62) 3507-5958 (ramal: 5985)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primariamente, à Deus, por nos prover as condições necessárias à longa caminhada dos estudos e do crescimento pessoal. Agradecemos a Ele pela saúde, pelas oportunidades, e acima de tudo, pela força de vontade, primordial à superação dos inúmeros obstáculos encontrados ao longo da jornada da graduação. Agradecemos também aos nossos familiares e companheiras, sem dúvida anjos colocados em nossas vidas, que jamais mediram esforços para nos ajudar a concretizar nossos sonhos. Agradecemos, além disso, ao nosso orientador, Msc. Wilson Marques Silva, pela gentileza, suporte e bom espírito, não só durante o processo de conclusão deste trabalho, mas também desde o início de nossa jornada juntos. Agradecemos aos servidores do Câmpus Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Goiás, especialmente os técnicos de laboratório Bruna Fioramonte e Guilherme de Paula, pela sempre pronta atenção, de modo a nos auxiliar com quaisquer informações que fossem necessárias. Além disso, agradecemos ao auto intitulado grupo de amigos “Os Estagiários”, de laço inigualável, criado durante o início da graduação, e que foi de fundamental importância à nossa chegada a este momento de conclusão.

RESUMO

LIMA, G. L., SILVA, K.S.O. Estudo da Viabilidade Econômica da Implantação de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais no Complexo Tecnológico de Engenharia Civil do Câmpus Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Goiás. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência E Tecnologia de Goiás, Câmpus Aparecida de Goiânia, 2021.

É notório que o mundo enfrenta atualmente um crescimento abrupto no consumo de recursos naturais devido, entre outros, ao processo acelerado de urbanização. Este crescimento impulsiona a sociedade rumo a ações de conservação no uso de recursos hídricos. Uma destas ações é a redução do uso de recursos em escassez, como a água potável, para fins estranhos ao seu uso principal, como, neste caso, o uso em descargas sanitárias, lavagem de interiores, entre outros. Assim, o Sistema Predial de Aproveitamento de Águas Pluviais (SPAAP) surge como alternativa, aplicando a água proveniente de precipitações nestas finalidades. Deste modo, e considerando a sempre presente necessidade da observância do princípio da economicidade na administração pública, este estudo busca analisar a viabilidade da instalação de um SPAAP no Complexo Tecnológico de Engenharia Civil (CTEC) do Câmpus Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Goiás, sob o ponto de vista técnico e financeiro. Deste modo, espera-se contribuir com a base de dados relacionada à estudos sobre a preservação de recursos hídricos através do uso dos SPAAP, principalmente quando instalados em edificações funcionais.

Palavras-chaves: Dimensionamento, Reservatório, Sistema Predial de Aproveitamento de Águas Pluviais, SPAAP, Viabilidade Técnica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da Pesquisa.....	19
Figura 2 - Projeto Arquitetônico	20
Figura 3 - Precipitação Anual (mm)	21
Figura 4 - Precipitação média mensal (%).....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff.....	16
Tabela 2 - Detalhes do Projeto	20
Tabela 3 - Demanda Unitária.....	23

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CTEC – Complexo Tecnológico de Engenharia Civil

INMET - Instituto Nacional de Metrologia

PNRD – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

SPAAP – Sistema Predial de Aproveitamento de Águas Pluviais

LISTA DE SÍMBOLOS

Q – Vazão (l/min)

S – Área da seção molhada (m²)

N – Coeficiente de rugosidade

Rh – Raio hidráulico (m)

i – Inclinação da calha (m/m)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto	12
1.2	Objetivos.....	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Contextualização.....	14
2.2	Normas e leis para SPAAP no Brasil.....	14
2.3	Especificações Técnicas dos SPAAP	15
2.3.1	Área de Captação.....	15
2.3.2	Condutores	16
2.3.3	Reservatório	17
2.3.3.1	Método Computacional Netuno	18
2.3.4	Sistema de Bombeamento.....	18
2.3.5	Demanda de Água não potável.....	19
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Coleta de dados	20
3.1.1	Dados de Projeto.....	20
3.1.2	Série Histórica de Chuva.....	21
3.1.3	Levantamento da Demanda de Água Não-Potável	23
3.2	Dimensionamento Utilizando o <i>software</i> Netuno	23
3.3	Análise de Viabilidade Técnica.....	24
4	RESULTADOS ESPERADOS.....	24
5	RESULTADOS.....	25

5.1	COLETA DE DADOS	25
6	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A preservação do meio ambiente e o uso racionalizado dos recursos naturais é um dos tópicos mais importantes da atualidade e dentre esses o recurso hídrico é um dos mais escassos, isso porque o consumo de água aumenta cada vez mais: segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), o consumo de água pode crescer até 24% até 2030.

Para combater essa crise, a comunidade acadêmica empreende esforços na busca por novas tecnologias e técnicas, com o objetivo de racionalizar água e trazer um desenvolvimento sustentável. Dentre essas medidas, existe o SPAAP (Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial), que tem o objetivo de coletar a água das chuvas e reutilizar em pontos que não é necessário o uso de água potável, como em bacias sanitárias ou rega de jardins, reduzindo o uso desse recurso.

Morais (2017) previu que, em instituições de ensino, cerca de 38% do consumo de água é para fins não potáveis, portanto pode ser substituído por água pluvial aproveitada, trazendo assim uma grande economia para a instituição e a redução do uso do recurso hídrico. Além da economia, o SPAAP diminui o volume de água nos sistemas de drenagem e ajuda a evitar enchentes causadas por áreas impermeabilizadas, o que evita erosões e a contaminação de corpos d'água.

Com o seu aumento de popularidade e alta eficácia, a prefeitura de Goiânia, por exemplo, teve o Projeto de Lei nº 437/2017 aprovada pela câmara dos vereadores. Este projeto estabelece que as novas construções de prédios, empresas de médio e grande porte, condomínios, clubes e conjuntos habitacionais devem contar com reservatórios para guardar a água pluvial captada por essas construções. Além disso, a prefeitura poderá conceder incentivos, descontos ou isenções fiscais para estimular o uso deste sistema em construções existentes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é analisar a viabilidade técnica da implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais no bloco tecnológico (CTEC) do campus Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Goiás.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Contribuir para os estudos sobre o SPAAP;
- Coletar dados pluviométricos da região;
- Definir o uso da água pluvial aproveitada;
- Analisar a eficiência de economia de água do sistema;
- Dimensionar o sistema;
- Projetar o sistema;
- Calcular o percentual de potencial de economia de água potável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização

A alta demanda por água para o desenvolvimento de atividades humanas, crescente nos últimos anos, tornou evidente a necessidade por ações e normas técnicas que visem a disciplina e conservação do uso de recursos hídricos. Esta conservação, segundo Sampaio (2013), engloba não somente o uso racional, mas também a eficiência e ou uso de fontes alternativas de água, principalmente através da redução ou eliminação do consumo de água potável para fins estranhos à esta finalidade, como descargas sanitárias, lavagem de interiores, irrigação de jardins, entre outros.

Para que a conservação de águas seja considerada conservacionista de fato, deve haver, segundo Baumann (1984), benefício líquido positivo. Isso significa que a somatória dos ganhos através de um programa de conservação deve ser maior que a somatória de seus efeitos adversos, que podem englobar custos e benefícios negativos (Montenegro e Silva, 1987). Portanto, para a aplicação de qualquer tipo de ação de conservação deve implicar numa análise rigorosa de viabilidade econômica e técnica, assegurando também que não haja deterioração de outros tipos de recursos naturais para este fim.

Deste modo, a necessidade por um sistema de equilíbrio de oferta e demanda dos serviços de saneamento, identificando e captando recursos naturais outrora desperdiçados, cobrindo parte da demanda de uma edificação, não utilizando de outros tipos de recursos naturais no processo, torna atrativo o uso de SPAAP, especialmente à luz de uma demanda de água que, em Goiás, tende a aumentar em 44% até 2030, segundo estudo da Agência Nacional de Águas (ANA), em 2019.

2.2 Normas e leis para SPAAP no Brasil

No Brasil, a ABNT NBR 15527:2019 é a única norma utilizada para nortear o processo de desenvolvimento de SPAAP, normatizando os requisitos para a construção destes sistemas relacionados à águas provenientes de coberturas de edificações, utilizando-as posteriormente para aplicações onde não há necessidade do uso de água potável. Esta norma é precedida da ABNT NBR 10844:1989, que trata de instalações prediais de águas pluviais de modo geral. Além disso, o projeto e instalação dos SPAAP podem

também ser norteados pela ABNT NBR 5626:2020, que trata de sistemas prediais de água quente e fria. Dentre as atividades listadas na ABNT NBR 15527:2019, para as quais o SPAAP fornece alívio à demanda da edificação, estão as descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, limpeza de calçadas e ruas, lavagem de veículos, limpeza de pátios e usos industriais.

No que tange a legislação referente aos sistemas em questão, é importante citar o marco zero da legislação federal relacionada à preservação e racionalização do uso de águas, a Lei Federal nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, criada pela ANA. Esta legislação deu luz ao Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRD), que definiu diretrizes e políticas públicas para a oferta de água. A legislação mais recente referente ao assunto, a Lei Federal nº 13.501/2017, modificou a Lei das Águas, de modo a incluir em seu rol de objetivos a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Observa-se, inclusive, que a importância dos SPAAP é cada vez mais difundida dentre os entes da federação: o estado de São Paulo, por exemplo, sancionou, em 2007, a Lei nº 12.526, que vincula o cidadão ao uso desta solução em terrenos com área impermeabilizada superior a 500 m², definindo, inclusive, método específico para dimensionamento dos reservatórios.

2.3 Especificações Técnicas dos SPAAP

Um SPAAP é composto de diversos componentes, voltados à finalidade de captar, direcionar, reservar, filtrar, e então, distribuir a água captada. Este sistema, de acordo com Iwanami (1985), deve ser cuidadosamente dimensionado, de modo a definir a quantidade de água que será coletada e armazenada.

2.3.1 Área de Captação

A área de captação, segundo Sampaio (2013), é determinante para a quantificação da água disponível para o SPAAP. É o primeiro elemento de contato com a chuva, e, por conta disso, é o elemento do sistema mais vulnerável a contaminações por poluentes atmosféricos, galhos, folhas, dentre outros (Guimarães, 2018). Devido a este fator, é comum que o sistema de coleta contenha gradeamento para retirada de

folhas e galhos, de modo a evitar o entupimento nos condutores que levam a água até o reservatório, ou outro dispositivo componente do SPAAP.

Segundo Marinoski et al. (2010), esta captação pode ser realizada através de quaisquer áreas impermeabilizadas na edificação, como lajes, pisos pavimentados e coberturas, sendo a última opção a mais comum, devido a maior facilidade de captação, além de maior qualidade da água obtida.

Segundo a ABNT NBR 10844:1989, a área de captação é obtida através do somatório das áreas superficiais que conduzem as águas para determinado ponto da instalação. O cálculo desta área, por sua vez, deve levar em conta incrementos devidos às inclinações das coberturas e às partes que interceptem águas pluviais, direcionando-as à determinada cobertura.

Segundo Sampaio (2013), os materiais utilizados na área de captação vão desde a cerâmica e fibrocimento ao zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, entre outros. De acordo com o PROSAB (2006), deve-se sempre dar preferência à materiais que possuam menor absorção de água, de modo a obter maior aproveitamento do sistema. De modo a quantificar a eficiência de cada material no escoamento de águas pluviais, utiliza-se o coeficiente de escoamento superficial, definido como a relação entre a água escoada e o total precipitado. Os valores do coeficiente de escoamento superficial estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff

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

Fonte: Guimarães (2018), adaptado de Tomaz (2011)

2.3.2 Condutores

Os condutores, cuja função é transportar a água proveniente de chuvas, da área de captação do sistema até o reservatório (ou demais componentes envolvidos no processo), são chamados de calhas (quando instalados em disposição horizontal) e tubos (disposição vertical). O dimensionamento destes componentes é regido pela

ABNT NBR 10844:1989, considerando a intensidade pluviométrica da região da edificação, período de retorno correto, entre outros fatores. Este processo deve ser seguido rigorosamente, de modo a evitar, segundo Werneck (2006), transtornos em outras partes das edificações, além de menor captação de água do sistema.

As calhas, como condutos livres, devem ser dimensionadas, de acordo com a norma supracitada, segundo a equação de Manning (equação 1).

$$Q = K \frac{S}{N} Rh^{2/3} i^{1/2} \quad (1)$$

Onde: Q representa a vazão de projeto, retornada em L/min; K é um coeficiente de 60, adimensional; S é a área da seção molhada, em m²; N é o coeficiente de rugosidade; Rh representa o raio hidráulico, em m; i representa a inclinação da calha, em m/m. Estes elementos dos SPAAP devem ser mantidos limpos, de acordo com Campos (2004), de modo a conservar a eficiência do sistema, prevenindo entupimentos ou riscos de contaminação.

Os materiais mais utilizados como condutores em sistemas de águas pluviais incluem o PVC ou lâminas metálicas. Estes, porém, não suportam grandes volumes de água captada, sendo necessário, para grandes áreas de captação, a construção de calhas em alvenaria ou concreto, que têm como desvantagem a redução na eficiência do sistema, devido à rugosidade do material empregado (Tomaz, 2011).

2.3.3 Reservatório

Os reservatórios, responsáveis pelo armazenamento de águas pluviais proveniente da área de captação e dos condutores, geralmente são compostos por um tanque inferior enterrado ou apoiado em solo, alimentando um reservatório superior através de bombeamento (Guimarães, 2018). São construídos, geralmente, segundo Tomaz (2011), de concreto armado, plástico, fibrocimento, aço ou alvenaria estrutural.

O dimensionamento destes sistemas, etapa fundamental para a garantia de eficiência do conjunto, bem como para a redução de custos do projeto (Prosab, 2006), depende diretamente da área de coleta, da precipitação da região e da demanda por água da edificação. Seu tamanho pode ser definido, de acordo com Soares et al. (2000),

segundo dois parâmetros: a quantidade de água necessária para o suprimento da demanda, e o grau de confiabilidade deste atendimento, garantindo água reservada o suficiente para atendimento da demanda ao longo de determinado período.

Para o dimensionamento do reservatório de sistemas de SPAAP, deve-se considerar a existência de um grande número de métodos de dimensionamento, cada um com suas especificidades e aplicações individuais. Dentre os métodos mais comuns, encontram-se: método de Rippi, que usualmente apresenta volumes elevados para reservatórios, uma vez que tem como objetivo o suprimento de demandas no período de maior estiagem (Guimarães, 2018); método Prático Brasileiro, que sugere aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual (Sampaio (2013); e o método computacional Netuno, escolhido para a execução deste trabalho.

2.3.3.1 Método Computacional Netuno

O programa computacional Netuno foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O programa foi desenhado para determinar a economia potencial de água potável, tendo como referencial a capacidade de um reservatório (Ghisi e Cordova, 2014), utilizando como premissa a utilização de águas pluviais para fins não potáveis.

O programa, através de uma entrada de dados abrangente, que inclui o consumo média per capta dos usuários, área de captação, série histórica de precipitação, coeficiente de escoamento superficial e razão do consumo de água com fins não potáveis, retorna os resultados desejados com relação ao volume de reservação. Tal volume definido é, posteriormente, utilizado para a análise de viabilidade econômica.

2.3.4 Sistema de Bombeamento

Para sistemas nos quais o consumo de água pluvial não se restringe a utilização via reservatório inferior, é necessário o transporte de água entre reservatórios por meio de recalque hidráulico. As bombas utilizadas nas estações elevatórias em questão são, geralmente, acionadas por meio de sensores de nível (Guimarães, 2018), sendo ativada sempre que o reservatório superior atinge o limite mínimo. A desativação da bomba é então realizada quando o reservatório superior atinge seu limite máximo, ou, para evitar a cavitação, quando o reservatório inferior atinge seu limite mínimo.

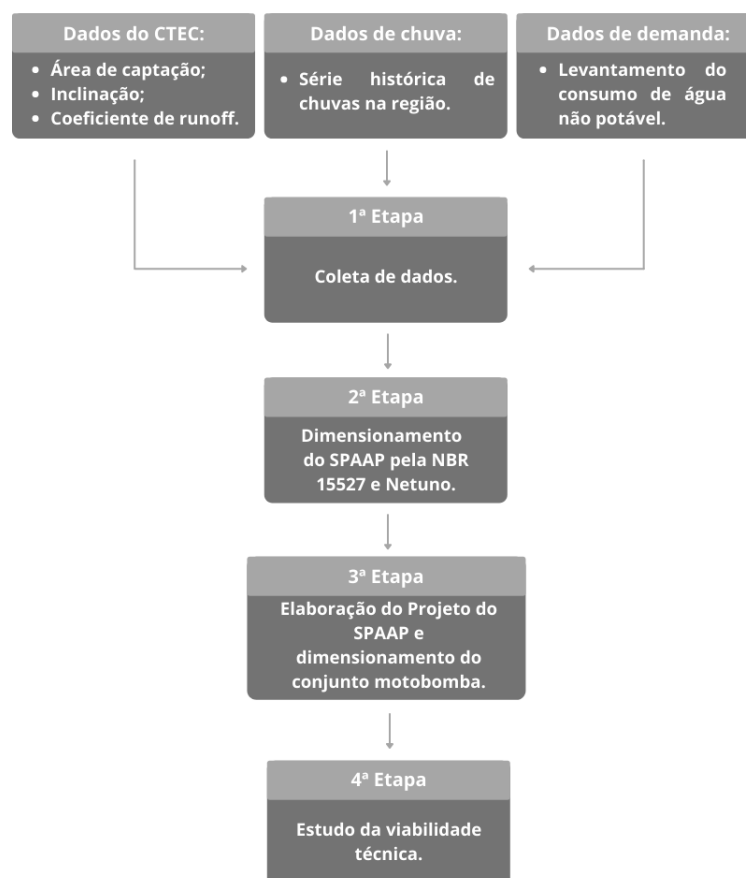
2.3.5 Demanda de Água não potável

Á demanda por água não potável (utilizada para fins como irrigação, lavagem de veículos e de ambientes, descargas, entre outros) é um fator fundamental para a determinação do volume de um reservatório de SPAAP, pois é esta demanda que, por meio do reservatório superior, (MANUAL NETUNO), deverá ser atendida diariamente. Esta demanda, para fins de simulação neste trabalho, foi estimada de acordo com as relações definidas por Tomaz (2003), que traz a faixa de consumo de utilização de água nas atividades descritas acima.

3 METODOLOGIA

O método de trabalho da presente pesquisa se apoia nas etapas descritas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas da Pesquisa



Fonte: Autores (2021)

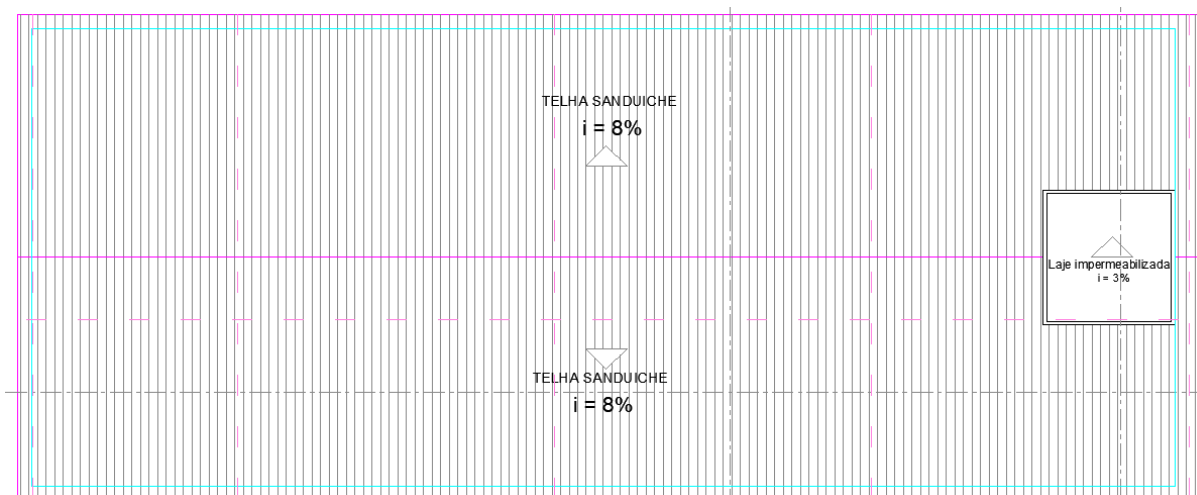
3.1 Coleta de dados

De modo a alcançar os objetivos previstos, a pesquisa em questão se debruça, primeiramente, sobre a coleta de dados para entrada no programa computacional Netuno, como descrito na etapa 1. Estes dados vêm, primariamente, do projeto da edificação escolhida como objeto de estudo, e da região na qual esta está inserida, de onde serão obtidos os dados relacionados a série histórica de chuva.

3.1.1 Dados de Projeto

O local escolhido para execução do trabalho em questão, o Complexo Tecnológico do Câmpus Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Goiás (CTEC-IFG), foi analisado, a partir de seu projeto arquitetônico, disposto na Figura 2, de modo a extrair os dados necessários de entrada no programa computacional Netuno.

Figura 2 – Vista da Cobertura



Fonte: Autores (2021)

A vista descrita na Figura 2 mostra a área de captação a ser considerada no desenvolvimento do trabalho, bem como a descrição do material utilizado e sua inclinação. A cobertura do complexo tecnológico proporciona uma área de captação em telha sanduíche de 1067,41 m², com inclinação de 8%, além de 33,93 m² de área em laje impermeabilizada, com inclinação de 3%. Os dados completos do projeto estão disponíveis na tabela 2.

Tabela 2 - Detalhes do Projeto

Descrição	Inclinação	Área (m ²)
Área total	-	1683,92

Área de cobertura	8%	1101,34
Área impermeabilizada	3%	33,93

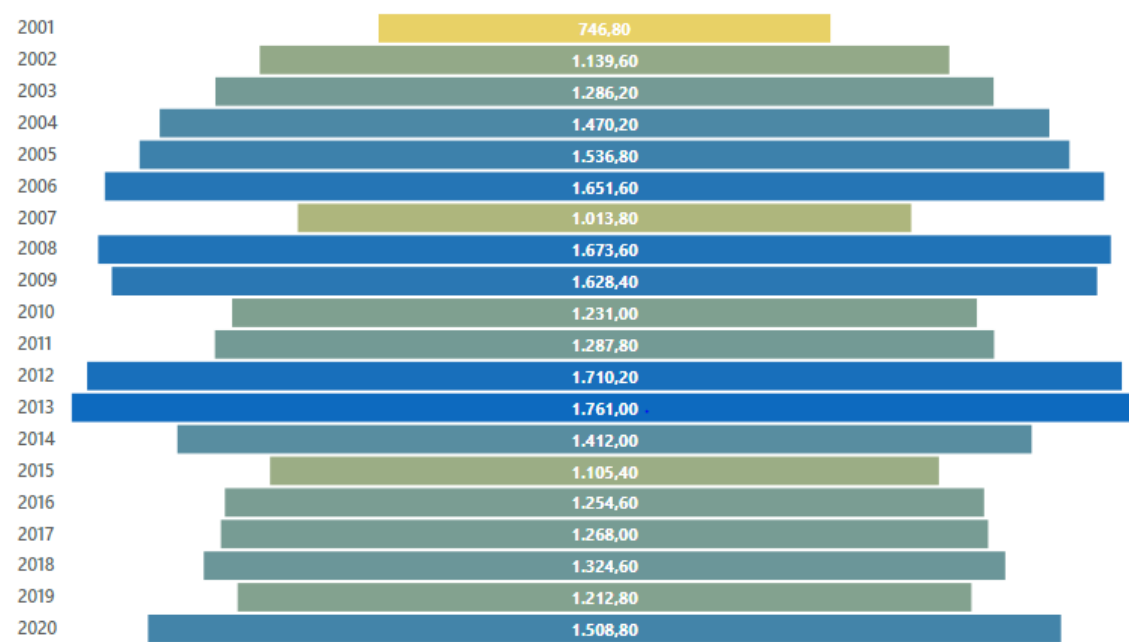
Fonte: Autores (2021)

3.1.2 Série Histórica de Chuva

Para o desenvolvimento da relação entre economia possível e volume de reservatório, retornada pelo programa computacional Netuno, é necessário que se carregue o *software* com informações relacionadas as precipitações da região. Devido a escassez de dados relacionada ao município de Aparecida de Goiânia, serão utilizados dados históricos, a partir de maio de 2001, referentes ao município de Goiânia, coletados através da disponibilização gratuita do Instituto Nacional de Metrologia (INMET).

De modo a ilustrar o banco de dados criado pelos autores para desenvolvimento da análise de que trata este trabalho, foram elaborados relatórios demonstrativos, de grande validade para fins de dimensionamento do sistema, além da compreensão acerca do histórico pluviométrico do município de Goiânia.

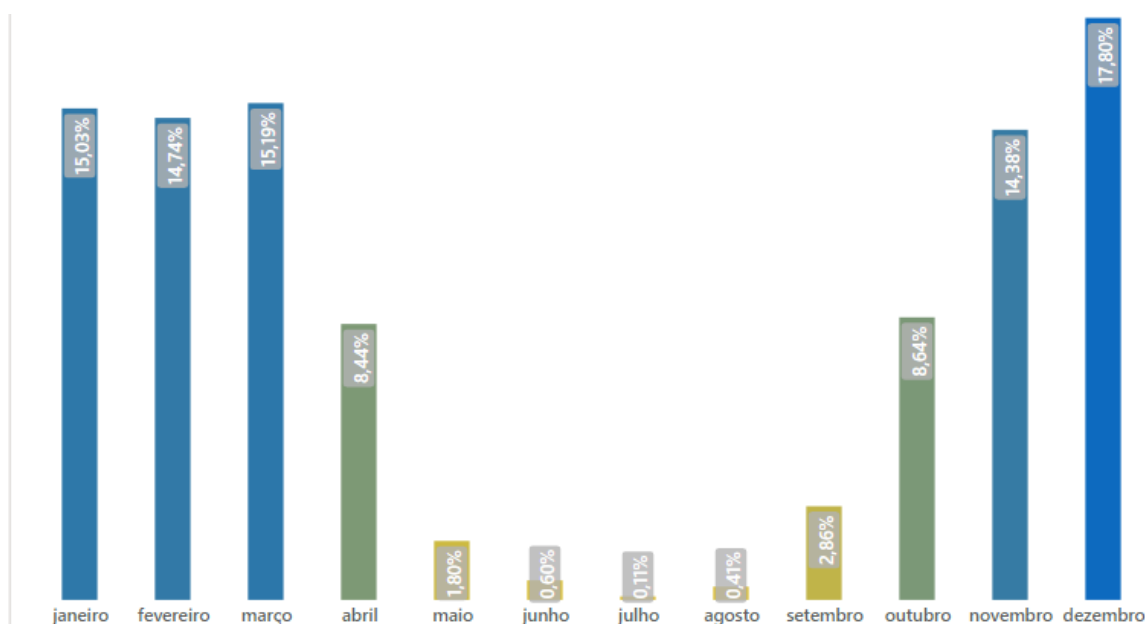
Figura 3 - Precipitação Anual (mm)



Fonte: Autores (2021)

Na Figura 3 nota-se a distribuição de precipitações pluviométricas, no município de Goiânia, analisando o período de maio de 2001 a dezembro de 2020. É possível perceber grande variação, de até 42%, no total de chuva anual, tendo uma mínima de 1013,80 mm precipitados no ano de 2007, e uma máxima de 1761,00 mm no ano de 2013.

Figura 4 - Precipitação média mensal (%)



Fonte: Autores (2021)

A Figura 4 auxilia a compreensão da precipitação média no município de Goiânia, no que tange à sua distribuição através dos meses do ano. Nota-se um pico chuvoso nos meses de dezembro e março, acumulando entre si até 32% das precipitações do ano. Por outro lado, nota-se um período de grande seca nos meses de maio até setembro, contendo apenas 5,7% de toda a precipitação anual.

À luz destes dados, é importante frisar o dimensionamento do SPAAP, de modo à atender a demanda por consumo de água não potável através do ano, atendendo também aos períodos de grande seca. Para tal, o volume de reservatório gerado pelo *software* Netuno será majorado, na tentativa de acumular água para estes períodos.

3.1.3 Levantamento da Demanda de Água Não-Potável

O levantamento da demanda por água não-potável da edificação deve ser estimado considerando, de modo detalhado, os usos em: descargas sanitárias, rega de jardins e lavagem de áreas impermeabilizadas (Sampaio, 2013).

O volume de água unitário, utilizado por cada uma destas aplicações, bem como a quantidade de utilizações mensais, será definido utilizando os dados do PROSAB (2006), considerando o quantitativo de alunos dos cursos de Engenharia Civil e Técnico em Edificações, que mais utilizam o Bloco Tecnológico diariamente.

Deste modo, segundo a Tabela a seguir, serão levantados os dados de demanda.

Tabela 3 - Demanda Unitária

Utilização	Vaso Sanitário	Rega de Jardim	Lavagem de Áreas Impermeabilizadas
Volume (L)	30	3	4
Obs:	Por Habitante por dia	Por metro quadrado por dia (10 utilizações por mês)	Por metro quadrado por dia (8 utilizações por mês)

Fonte: Autores (2021)

3.2 Dimensionamento Utilizando o *software* Netuno

Após a coleta de dados mencionada acima, o trabalho partirá para o dimensionamento do sistema, mais especificamente para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento de água pluviais. Para este fim, será utilizado o *software* Netuno, conforme já mencionado, determinando o potencial de economia de água potável em função da reservação dimensionada.

Para utilização do *software*, serão utilizados como dados de entrada:

- Série histórica de chuvas;
- Altura de chuva para o descarte inicial;
- Área de captação do projeto;
- Demanda diária de água não potável e
- Coeficiente de escoamento superficial.

Segundo Salla et al. (2013), o programa Netuno é bastante eficiente para suporte à tomada de decisão, além de fornecer volumes de reservatórios menores que àqueles oferecidos pelos métodos descritos na ABNT NBR 15527:2007.

3.3 Análise de Viabilidade Técnica

A partir dos resultados obtidos pelo programa Netuno, o sistema projetado será analisado sob a ótica técnica, visando determinar se há, para a edificação analisada, viabilidade para sua instalação.

Esta análise será realizada levando em conta a análise dos seguintes fatores:

- O dimensionamento do reservatório inferior;
- A disponibilidade hídrica na região;
- O consumo estimado da edificação;
- O percentual de atendimento da demanda a partir do aproveitamento de águas pluviais.

4 RESULTADOS ESPERADOS

De modo a analisar a viabilidade econômica da instalação de um Sistema Predial de Aproveitamento de Águas Pluviais no CTEC do Câmpus Aparecida de Goiânia do IFG, espera-se o alcance dos seguintes resultados:

- Dimensionar, buscando a melhor solução possível, o SPAAP para a edificação estudada;
- Produzir artigo científico, com os resultados obtidos, para publicação em congressos e revistas especializadas;
- Apresentação e divulgação dos resultados em congressos;
- Expansão da base de dados presente sobre a implantação de SPAAP em edificações funcionais.

5 RESULTADOS

Iniciando os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de resultados descritos, a primeira etapa a ser abordada foi a da coleta de dados. Este processo demonstrou fundamental importância para o desenvolvimento das atividades que se sucederam, visto que, quanto maior a amplitude e confiabilidade dos dados pesquisados, mais incisivos seriam os resultados obtidos.

5.1 COLETA DE DADOS

5.1.1 Pontos de Utilização de Água Pluvial

Além daqueles mencionados previamente, referentes ao histórico de chuvas na região estudada, e a características referentes a captação de água pluvial, foram ainda pesquisados dados acerca da edificação abordada. Estes dados se concentraram, especificamente, em torno da quantidade de usuários da edificação, bem como da quantidade e especificação dos pontos de utilização de água.

Através da obtenção das plantas hidráulicas do Complexo Tecnológico, foi possível analisar os pontos de utilização de água, conforme demonstrado na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 4 – Levantamento dos Pontos de Utilização de Água Pluvial – Pavimento 1

Pavimento 1	
Tipo	Qtd.
Bacias Sanitárias	6
Mangueira	1

Tabela 5 – Levantamento dos Pontos de Utilização de Água Pluvial – Pavimento 2

Pavimento 2	
Tipo	Qtd.
Bacias Sanitárias	6
Mangueira	0

Foram considerados como pontos de utilização de água apenas as bacias sanitárias e mangueiras para irrigação e lavagem de áreas impermeabilizadas, visto a natureza de suas utilizações, que, de forma alguma requerem o uso de água potável. Ao todo

foram detectadas 12 bacias sanitárias, entre os dois pavimentos do Complexo Tecnológico, e apenas uma mangueira externa.

Além destes possíveis locais de utilização, existe também, em cada banheiro do CTEC, um mictório. Porém, devido a falta de dados disponíveis no PROSAB acerca do consumo médio de água para sua utilização, estes pontos não foram considerados no dimensionamento, principalmente tendo em vista sua baixa contribuição para o cálculo.

5.1.2 Quantidade de Usuários da Edificação

Outro fator de fundamental importância para a estimativa da demanda por água pluvial é a quantidade de usuários que utilizam a edificação, de modo a auxiliar na utilização de dados do PROSAB (2006), para estimar este consumo. Para esta estimativa, optou-se pela consideração do atendimento à capacidade total de alunos do Complexo Tecnológico, como forma a dimensionar o SPAAP à mais intensa situação de uso.

A Tabela 6 detalha a quantidade de usuários, por sala do Complexo Tecnológico.

Tabela 6 – Usuários do CTEC

Salas	Pavimento 1	Pavimento 2
Sala 01	40	30
Sala 02	40	30
Sala 03	50	30
Sala 04	-	30
Sala 05	-	40
Total Parcial	130	160
Total	290	

5.2 DIMENSIONAMENTO DO SPAAP

A partir dos dados coletados iniciou-se então o dimensionamento do SPAAP. A primeira etapa abordada foi o cálculo da demanda diária por água não potável para utilização nos pontos descritos, feito a partir dos dados expostos na Tabela 3.

5.2.1 Determinação da Demanda

A demanda diária foi então calculada em duas etapas: primeiramente, determinou-se a quantidade necessária para atendimento à utilização nas bacias sanitárias; este dado foi então somado ao volume de água para lavagem de áreas impermeabilizadas, totalizando o consumo diário que o sistema projetado deve atender. As tabelas abaixo demonstram as quantidades determinadas.

Tabela 7 – Demanda por Água Não-Potável para Bacias Sanitárias

Bacias Sanitárias	
Usuários	290
Consumo Específico (L/hab/dia), segundo o PROSAB (2006)	30
Consumo Diário (L)	8700

Tabela 8 – Demanda por Água Não-Potável para Lavagem de Áreas Impermeabilizadas

Lavagem de Áreas	
Área (m ²)	210
Consumo Específico (L/m ² /dia), segundo o PROSAB (2006)	4
Consumo Diário (L)	840

Este consumo foi estipulado para os dias de atendimento em período integral do campus, das 07:00 as 22:00, de segunda a sexta. Para aqueles dias de funcionamento parcial, por outro lado, como aos sábados, não foi considerado o consumo para lavagem de áreas impermeabilizadas. Além disso, o consumo com bacias sanitárias foi reduzido por um fator de 50%, de modo a considerar um menor período de operação do complexo tecnológico.

Aos domingos o consumo de águas pluviais para fins não potáveis foi considerado como zero. Tal observação é fundamental para uma aproximação do projeto à realidade, visto que o campus não entra em funcionamento nestes dias. A Tabela 9 demonstra a malha de dados utilizada como entrada no programa Netuno, no campo “Número de Moradores”, para modelar o consumo nos dias mencionados.

Tabela 9 – Número de Usuários por Dia da Semana

Dia	Número de Usuários
Dom	0
Seg	290
Ter	290
Qua	290
Qui	290

Sex	290
Sáb	145

5.2.2 Determinação do Descarte Inicial

Devido ao método de coleta inerente a todo SPAAP ser limitado a cobertura da edificação, local propenso ao acúmulo de fezes de animais, folhas e outros tipos de impurezas, é primordial o descarte da porção inicial de água de limpeza dos telhados, denominada Descarte de Escoamento inicial. Esta técnica, segundo Murça (2011), é eficiente na melhoria da qualidade de água armazenada, causando redução acentuada dos valores de turbidez, cor aparente, cor verdadeira e DBO.

O volume de água descartado é bastante variável, e segundo a ABNT NBR 15527:2019, deve ser dimensionado pelo projetista. Porém, nos casos em que não se possui base de dados disponível para esta tomada de decisão, a normatização recomenda o descarte de 2mm da precipitação inicial, e este foi o valor estipulado para a simulação deste trabalho.

5.2.3 Determinação do Percentual da Demanda a ser substituída por Água Pluvial

Outro dado que deve ser inserido para que o programa Netuno possa realizar os cálculos de dimensionamento de reservatório e simulação de eficácia do SPAAP é o percentual de demanda a ser substituída por Água Pluvial. Na prática este campo é, prioritariamente, destinado a simulações nas quais o consumo total de água é inserido na simulação, e apenas estima-se o percentual utilizado para fins não potáveis.

No caso da simulação neste trabalho, conforme demonstrado previamente, foi contabilizado apenas o consumo referente aos pontos de utilização de água pluvial. Deste modo, faz-se necessária a simulação para contabilização de 100% da demanda inserida a ser substituída por água pluvial.

5.2.4 Determinação do Volume do Reservatório Superior

Ao receber parâmetros para simulação do SPAAP, o programa Netuno possibilita a entrada de dados referentes ao Reservatório Superior, em uma janela específica, conforme a Figura 5. A Figura 6 mostra em detalhe o menu mencionado.

Netuno 4

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação REV004.csv

Número de registros	7154
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/06/2021
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Área de captação (m²)
1683,92

Demanda total de água (litros per capita/dia)
Variável Variável...

Número de moradores
Variável Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial
100%

Coefficiente de escoamento superficial
0,8 (80% de aproveitamento)

Observações

Reservatório superior

Reservatório inferior

☐ Simulação para reservatório com volume conhecido

☒ Simulação para reservatórios com diversos volumes

Intervalo da simulação

Volume máximo (litros)
50000

Intervalo entre volumes (litros)
500

☒ Indicar volume ideal para o reservatório inferior

Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m³)
1

Simular

Salvar simulação atual Limpar campos

Análise Econômica

Figura 5 – Menu do Programa Netuno

Reservatório superior

Reservatório superior

☐ Volume igual à demanda diária média de água pluvial

☒ Entrar com volume desejado

☐ Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)
8080

☒ Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)
1000

☐ Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque
12,3762376237

Conduir

Figura 6 – Menu de configuração do Reservatório Superior do Programa Netuno

Através da análise dos projetos hidráulicos do Bloco Tecnológico, juntamente com a visita técnica realizada ao local, para elaboração do projeto *As Built*, verificou-se a existência de reservatório superior em duas células, ambas utilizadas na atualidade como reservatórios de água fria, conforme demonstrado na Figura 7.

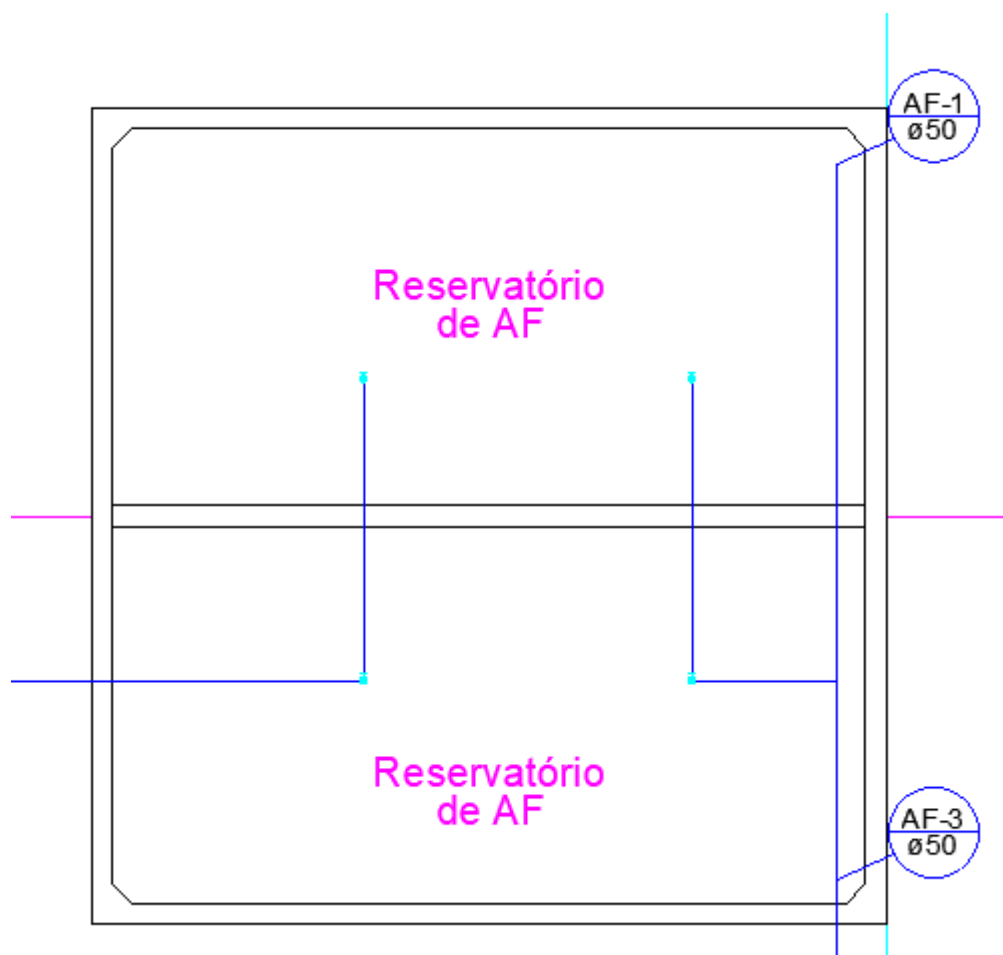


Figura 7 – Reservatório Superior *As Built*

Para a implantação de um SPAAP, uma das células do reservatório seriam utilizadas para este fim, como era o design inicial do Complexo Tecnológico. Deste modo, segundo o projeto original, o sistema possuiria um reservatório superior com capacidade de 8.080L, e este foi o dado utilizado como parâmetro no programa Netuno.

5.2.5 Determinação do Volume do Reservatório Inferior

O próximo passo para análise e simulação de SPAAP utilizando o software Netuno é a determinação do Volume do Reservatório Inferior. Para tal, o programa proporciona

ao usuário duas opções: a simulação para um reservatório de volume conhecido; e a simulação para reservatórios de diversos volumes.

A segunda opção proporciona o retorno de um dado fundamental para a análise da viabilidade técnica do sistema proposto: a determinação de um volume de reservatório ideal. Esta informação é calculada a partir da definição, pelo usuário, da taxa mínima de crescimento do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório superior (Ghisi e Cordova, 2014). Na prática, significa escolher em que ponto da curva definida por estas variáveis será designado o volume ideal do reservatório.

Na janela demonstrada pela Figura 8 são definidos os seguintes parâmetros:

1. O volume máximo do reservatório, como parâmetro intencionalmente exagerado, de modo a não limitar a simulação efetuada, visto que há amplo espaço nos arredores do CTEC para instalação deste, foi definido como 50.000 litros;
2. O intervalo entre volumes simulados, como 500 litros também com o objetivo de tornar a simulação sensível a pequenas variações, mas não o bastante para poluir os resultados encontrados;
3. A diferença entre potenciais de economia de água potável, parâmetro citado anteriormente, foi definida como 1%, significando que será definido como volume ideal de reservatório aquele que deixa de proporcionar crescimento significativo (> 1%) no potencial de economia de água potável.

Figura 8 – Parâmetros de Configuração da Simulação

A segunda opção proporciona o retorno de um dado fundamental para a análise da viabilidade técnica do sistema proposto: a determinação de um volume de reservatório ideal. Esta informação é calculada a partir da definição, pelo usuário, da taxa mínima de crescimento do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório superior (Ghisi e Cordova, 2014). Na prática, significa escolher em que ponto da curva definida por estas variáveis será designado o volume ideal do reservatório.

Em síntese, portanto, os parâmetros de entrada utilizados no *software* Netuno foram:

1. Base de dados pluviométricos: referente ao município de Goiânia, de 01/06/2001 A 31/12/2020.
2. Descarte de escoamento inicial: 2mm, segundo a ABNT NBR 15527:2019.
3. Área de captação: 1.683,92 m².
4. Demanda total de água pluvial diária (litros per capta/dia):
 - 4.1. De segunda a sexta-feira: 32,897L, considerando uso das bacias sanitárias e lavagem de áreas impermeabilizadas, dividido pela quantidade de usuários;
 - 4.2. Aos sábados: 30L referente ao uso das bacias sanitárias;

- 4.3. Aos domingos 0L.
5. Quantidade de Usuários:
- 5.1. De segunda a sexta-feira: 290.
- 5.2. Aos sábados: 145, considerando metade do período em funcionamento.
- 5.3. Aos domingos: 0.
6. Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 100%.
7. Coeficiente de escoamento superficial: 0,8.
8. Volume do reservatório superior: 8.080L.
9. Volume no reservatório superior a partir do qual haverá recalque: 1.000L.
10. Volume máximo do reservatório inferior: 50.000L.
11. Intervalo entre volumes de reservatório inferior para simulação: 500L.
12. Diferença entre potenciais de utilização de água pluvial: 1%.

O valor retornado como ideal para o volume do reservatório inferior foi de 15000L, segundo demonstrado na Figura 9, para um potencial de economia de água potável de 31,33%. É possível notar também que o este fator se estabiliza próximo aos 45%, no volume máximo definido como parâmetro, de 50.000L.

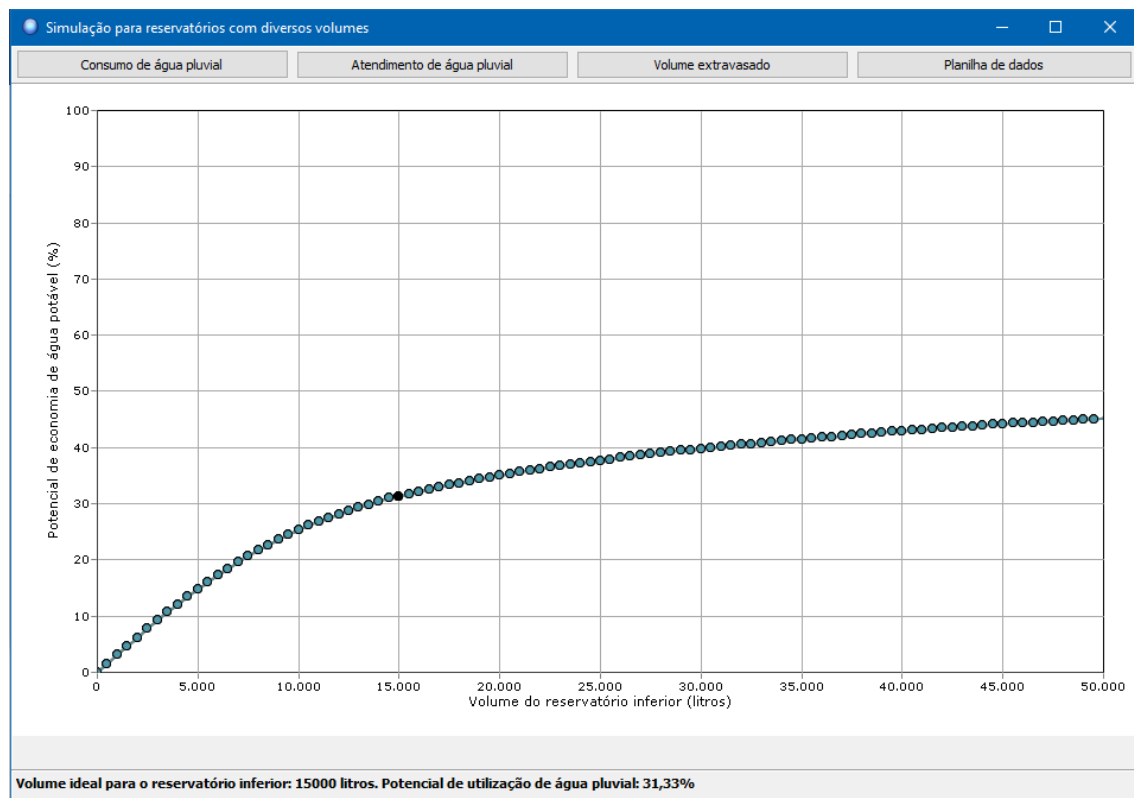


Figura 9 – Curva de Potencial de Economia de Água Pluvial em função do Volume do Reservatório Inferior

5.2.6 Consumo de Água Pluvial

Um dos resultados retornados pelo software Netuno é relacionado ao volume de água pluvial consumida, em função do volume do reservatório inferior. A Figura 10 mostra este resultado:

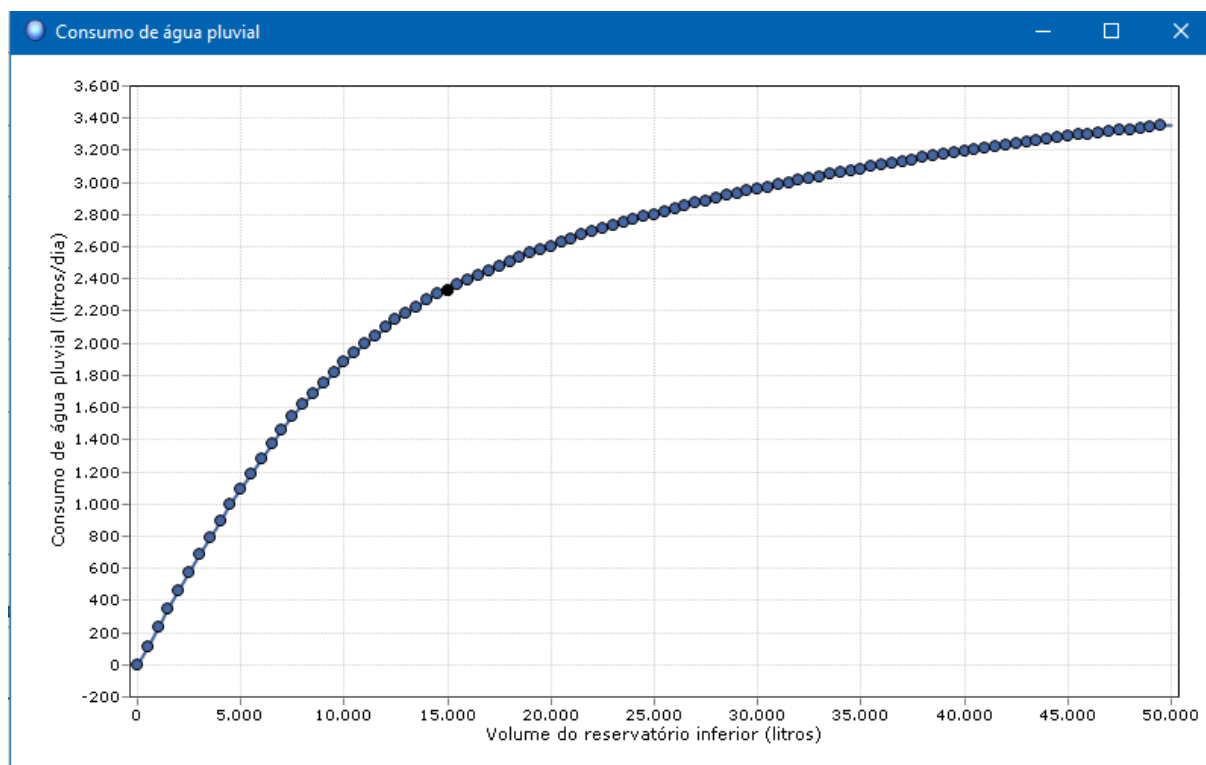


Figura 10 – Consumo de Água Pluvial

Para o volume de reservatório inferior calculado (15.000L), o consumo de água pluvial médio diário resultante foi de 2.329,55L, podendo alcançar, para o volume limite do reservatório superior, até 3.400L.

5.2.7 Atendimento da Demanda de Água Pluvial

O *software* Netuno proporciona, conforme demonstrado na Figura 11 ainda a relação do atendimento médio anual à demanda de água pluvial e o volume do reservatório inferior, dividindo-as em três curvas: atende completamente a demanda; atende parcialmente a demanda; não atende a demanda.

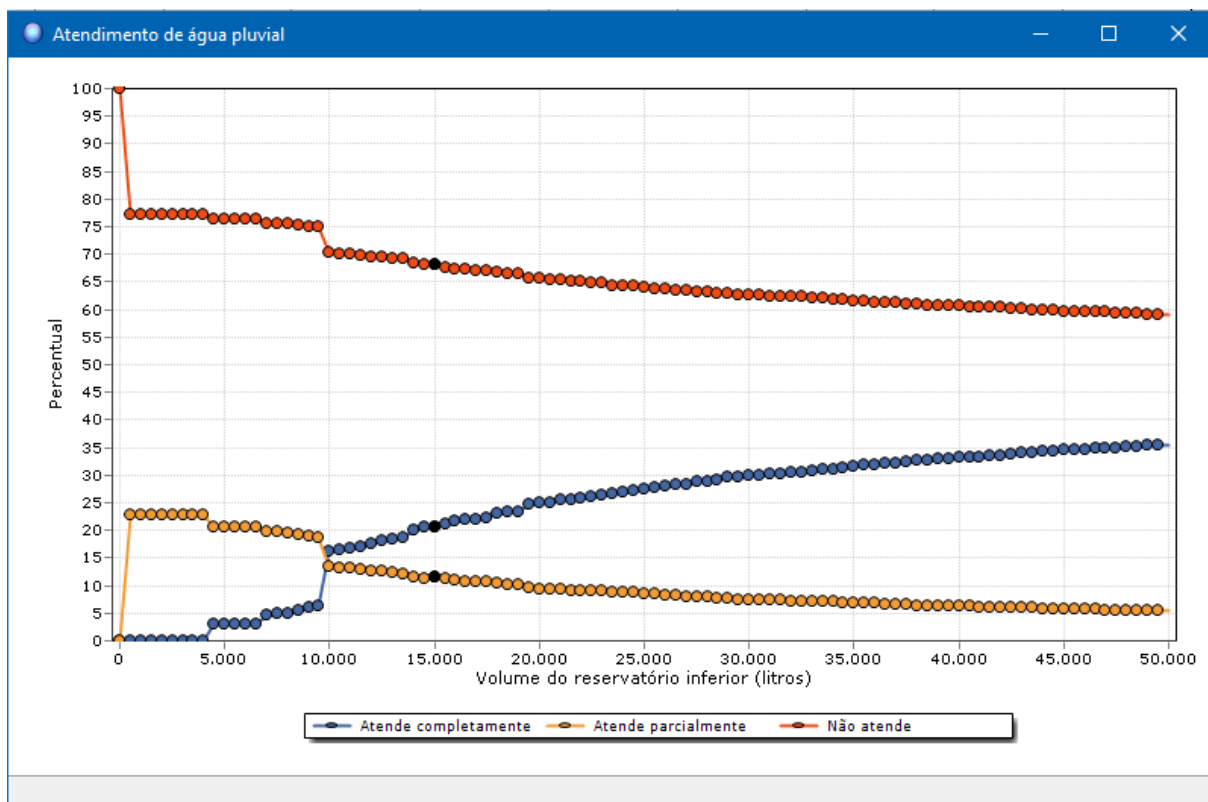


Figura 11 – Atendimento à Demanda de Água Pluvial

Conforme demonstrado nestas curvas, a demanda de água pluvial é atendida, em média, em 20,52% do ano. O atendimento parcial ocorre em 11,48% do período anual, enquanto que em 68% deste período a demanda não é atendida de nenhum modo.

5.2.8 Volume Extravasado

De modo a ilustrar a inconstância da pluviosidade no local estudado, verifica-se um dado inicialmente conflitante com o demonstrado anteriormente: o volume extravasado pelo sistema. Segundo demonstrado na Figura 12, anualmente, em média mensal, são extravasados 2.561L de água pluvial.

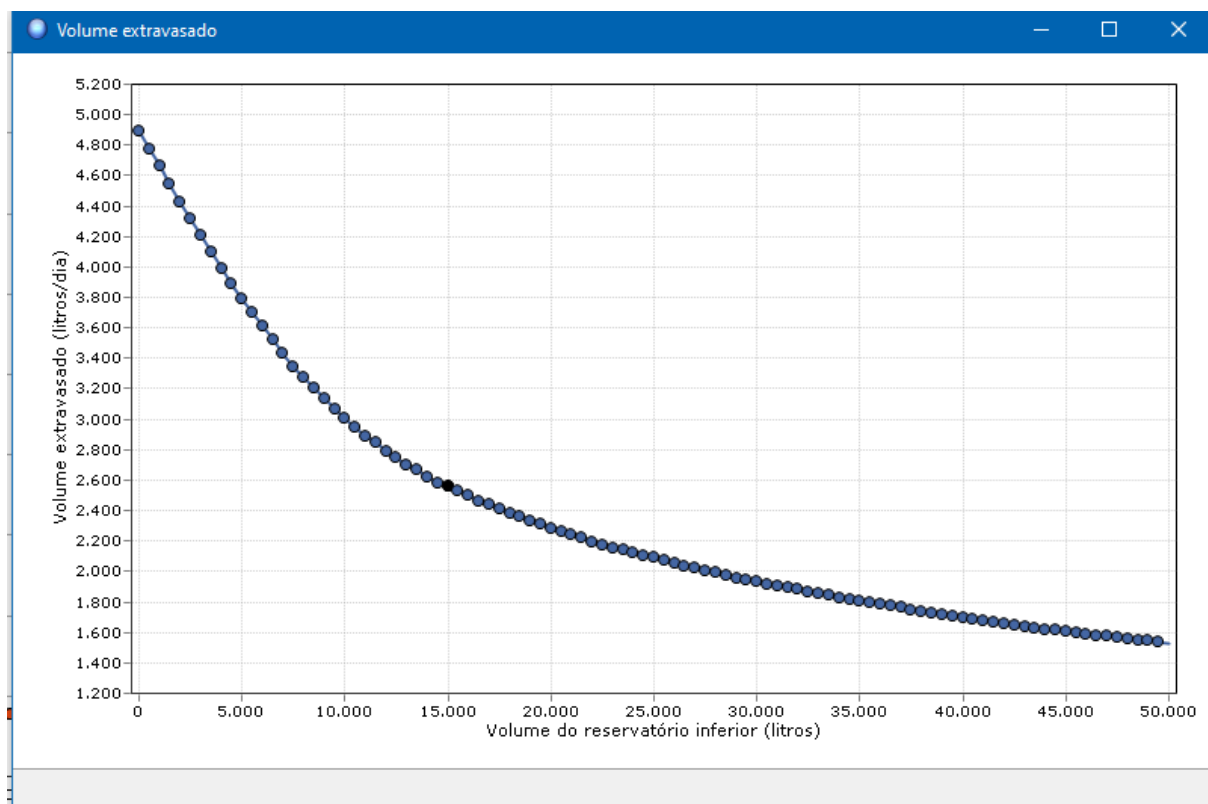


Figura 12 – Média Mensal de Volume de Água Pluvial Extravasado

Este dado pode causar estranheza em primeira análise, ao comparar um não atendimento à demanda em 68% do período anual, com um grande volume extravasado em média mensal. Tal fenômeno ocorre devido a alta pluviosidade entre outubro a abril, conforme demonstrado na Figura 4, e grande escassez no restante do período anual.

5.2.9 Desempenho do SPAAP ao longo do Período Anual

De modo a ilustrar a variação do desempenho do SPAAP proposto ao longo do período anual, sob grande variação da pluviosidade, demonstra-se os dados da Figura 13, nos quais são possíveis analisar os resultados previamente mencionados sob a ótica mensal.

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	55,34	4107,39	3314,37	4425,05	37,01	18,68	44,31	0,97
Fevereiro	58,77	4370,97	3066,67	5645,82	39,11	19,55	41,34	1,02
Março	56,85	4229,38	3210,00	4550,03	39,05	17,83	43,12	0,97
Abril	32,13	2392,77	5054,11	2876,28	19,65	15,61	64,74	0,52
Mai	8,05	597,01	6817,36	471,11	4,58	4,41	91,00	0,11
Junho	2,63	195,82	7241,62	98,78	1,33	1,83	96,83	0,04
Julho	0,74	54,75	7394,63	0,00	0,16	0,81	99,03	0,01
Agosto	2,33	172,30	7237,94	13,32	1,45	1,29	97,26	0,04
Setembro	11,21	835,29	6618,06	636,55	6,67	5,83	87,50	0,17
Outubro	30,79	2291,19	5149,82	2279,30	18,87	14,19	66,94	0,50
Novembro	56,34	4176,54	3236,35	4464,13	38,33	19,00	42,67	0,96
Dezembro	62,61	4673,38	2791,39	5496,47	42,90	20,16	36,94	1,10
Média	31,33	2329,55	5106,17	2560,68	20,52	11,48	68,00	0,53
Total ano		850287	1,86375E6	934649				

Figura 13 – Resultado Mensal da Simulação

5.2.9.1 Potencial de Utilização de Água Pluvial ao longo do Período Anual

Conforme demonstrado na Figura 9, a média de economia de água potável (ou potencial de utilização de água pluvial) para um reservatório inferior de 15.000L, foi de 31,33%. Nota-se que no mês de maior pluviosidade, dezembro, este fator pode chegar a 62,61%, enquanto que, no mês de julho, que possuir menor volume precipitado, este percentual fica em 0,74%.

5.2.9.2 Volume Consumido de Água Pluvial ao longo do Período Anual

Com um total anual de 850.287L de água pluvial aproveitada, nota-se uma média mensal de 2.329,55L. Para dezembro este valor pode chegar a 4.673,38L, e para julho, 54,75L.

5.2.9.3 Volume Consumido de Água Potável ao longo do Período Anual

Este fator, conforme esperado, demonstrou-se inversamente proporcional aos volumes demonstrados no item 5.2.9.2: perfazendo um total anual de 1.863.750L consumidos, o consumo de água potável chega próximo de 50% da média anual nos meses de alta pluviosidade, e a quase 150% desta, nos meses próximos a julho. A média mensal atingiu um valor de 5.106,17L.

5.2.9.4 Volume Extravasado ao longo do Período Anual

Este fator pode ser considerado como o que mais bem representa a inconstância da pluviosidade na região estudada: com um volume total anual de 934.659L

extravasados, o sistema descarta, em meses de alta pluviosidade, até 5.496,47L de água pluvial. Em meses de baixa precipitação, este valor chega a 0.

5.2.9.5 Atendimento da Demanda ao longo do Período Anual

Tendo suas médias comentadas no item 5.2.7, este fator é um dos mais variáveis ao longo do período anual: os meses de dezembro contam com até 42,90% da demanda por água pluvial sendo atendida completamente, e apenas 36,94% não sendo atendida; por outro lado, no mês de julho, o atendimento fica próximo de 0, e o não atendimento em uma taxa de 97,26%.

5.2.10 Dimensionamento da Tubulação do SPAAP

De modo a atender as demandas dos pontos de aproveitamento de água pluvial descritas acima, bem como auxiliar na elaboração da lista de materiais necessários ao desenvolvimento e implantação do sistema em questão, realizou-se o dimensionamento da tubulação de SPAAP.

O dimensionamento foi realizado, neste momento, do reservatório superior até todos os pontos de utilização, segundo demonstrado na .

Tabela 10 – Dimensionamento do SPAAP

Trecho	Peso Unit.	Peso Acum.	Vazão (l/s)	Diãm. (mm)	Veloc. (m/s)	Compr. Desenv. (m)	Compr. Equiv. (m)	Compr. Total (m)	Perda Carga Unitário (m/m)	Perda Carga Total (mca)	Desn. (m)	Pressão Disp. (mca)	Pressão Jusante (mca)
ab		2,4	0,46	25	0,95	6,10	9,2	15,30	0,1095	1,68	3,60	0,00	1,92
bc	0,3	0,6	0,23	25	0,47	2,15	3,10	5,25	0,0366	0,19	0,00	1,92	1,73
cd	0,3	0,3	0,16	25	0,33	0,90	3,10	4,00	0,0211	0,08	0,00	1,73	1,65
be	0,3	0,6	0,23	25	0,47	2,40	6,20	8,60	0,0366	0,31	0,00	1,92	1,61
ef	0,3	0,3	0,16	25	0,33	4,00	3,00	7,00	0,0211	0,15	0,00	1,61	1,46
bg		1,2	0,33	25	0,67	3,60	3,1	6,70	0,0633	0,42	3,60	1,92	5,10
gh	0,3	0,6	0,23	25	0,47	2,15	3,10	5,25	0,0366	0,19	0,00	5,10	4,91
hi	0,3	0,3	0,16	25	0,33	0,90	3,10	4,00	0,0211	0,08	0,00	4,91	4,82
gj	0,3	0,6	0,23	25	0,47	2,40	6,20	8,60	0,0366	0,31	0,00	5,10	4,79
jk	0,3	0,3	0,16	25	0,33	4,00	3,00	7,00	0,0211	0,15	0,00	4,79	4,64
lm	1	1	0,30	25	0,61	34,30		34,30	0,0548	1,88	8,10	0,00	6,22

5.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO DO SPAAP E DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

A próxima etapa, segundo descrito na Figura 1, após o dimensionamento do SPAAP, é a elaboração do projeto, detalhando os pontos alimentados e demonstrando a lista de materiais. Esta etapa foi fundamental para o dimensionamento do conjunto motobomba, por detalhar o comprimento de tubulação de recalque, do reservatório inferior ao superior, dentre outros aspectos.

5.3.1 Elaboração do Projeto do SPAAP

As figuras abaixo demonstram os projetos hidráulicos de ambos os pavimentos do CTEC, além do detalhe de sua cobertura e do reservatório superior.

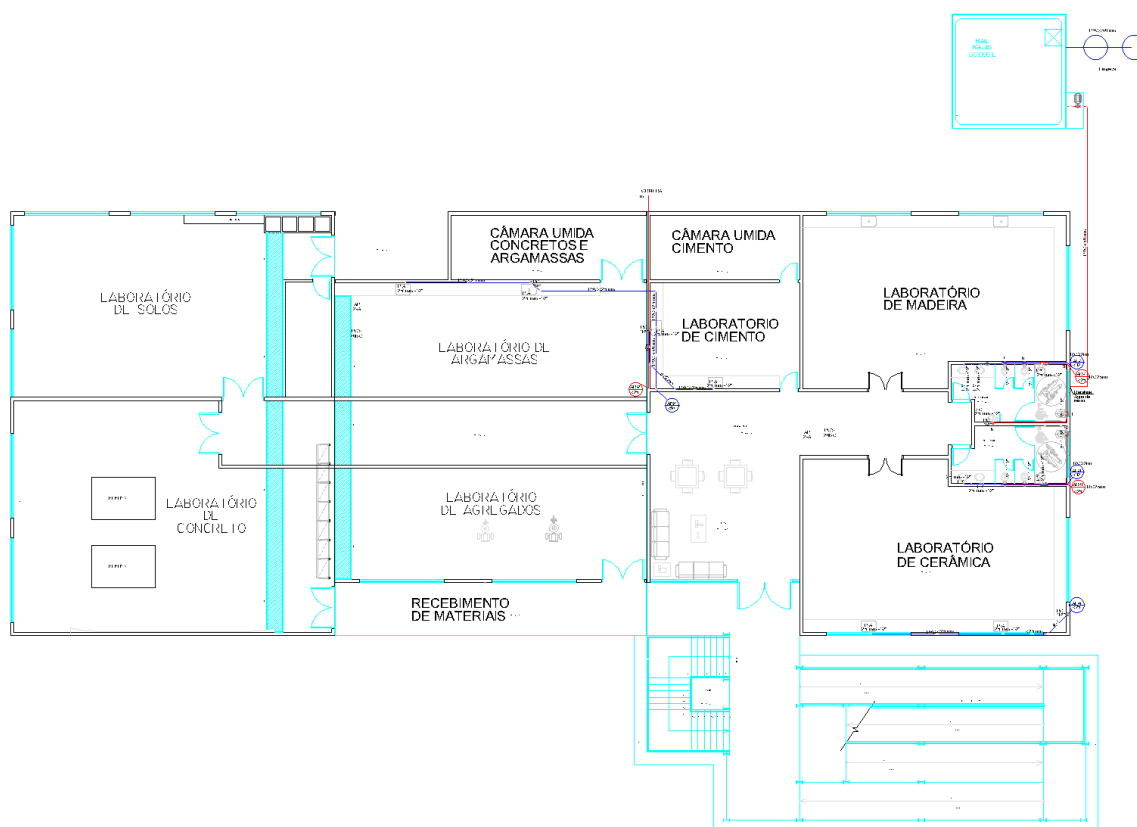


Figura 14 – Projeto Hidráulico – Primeiro Pavimento – CTEC. Fonte: Autores (2022).

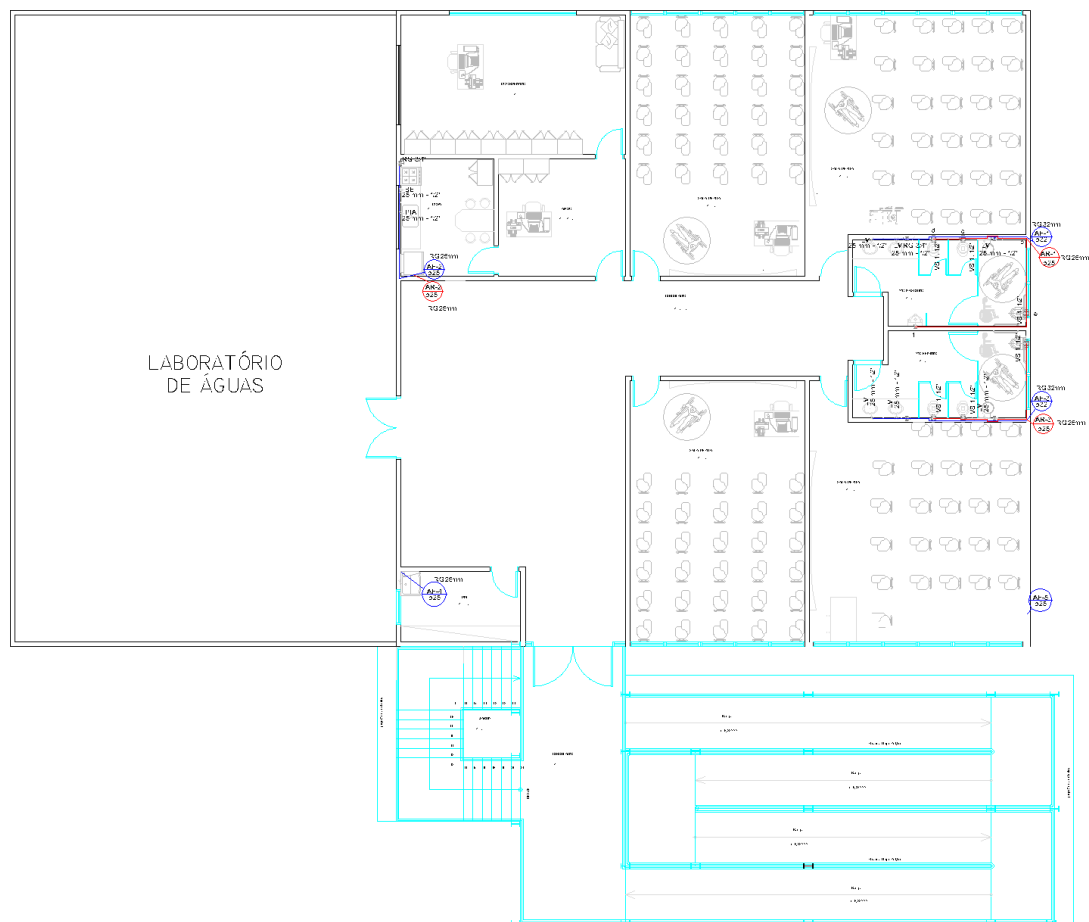


Figura 15 - Projeto Hidráulico – Segundo Pavimento – CTEC. Fonte: Autores (2022).

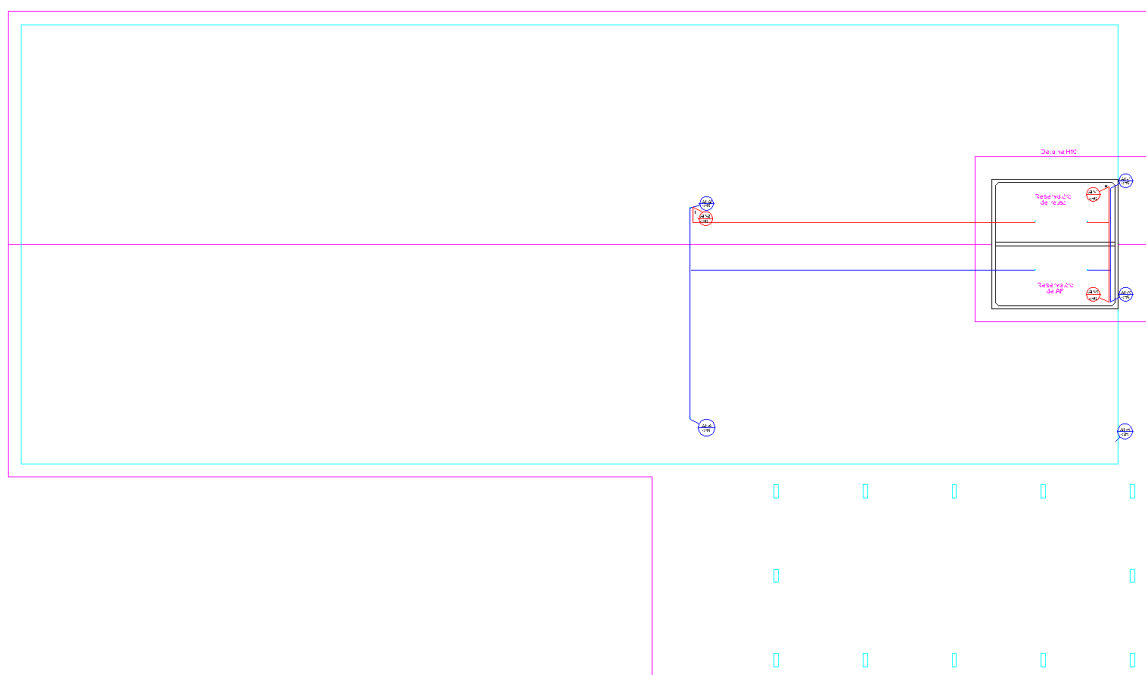


Figura 16 - Projeto Hidráulico – Cobertura – CTEC. Fonte: Autores (2022).

A Figura 16 detalha a cobertura da edificação, e o reservatório superior, utilizando uma das células do reservatório já implantado. A partir dela, pode-se notar as descidas AR-1, AR-2 e AR-3, para alimentação dos pontos de utilização de água aproveitada.

Na Figura 15 nota-se o detalhe do projeto hidráulico referente ao segundo pavimento. É possível perceber a descida AR-2, cujo ponto de utilização não é detalhado nesta planta. Além disso, nota-se a entrada das tubulações AR-1 e AR-3 para os banheiros, sendo utilizados nos pontos já descritos no item 5.2.

Por meio da análise da Figura 14 nota-se o ponto de utilização de AR-2, na mangueira externa, para lavagem de áreas impermeabilizadas. Além disto, são detalhadas a alimentação das bacias sanitárias e mictórios do primeiro pavimento, através de AR-1 e AR-3. Além disso, nota-se o detalhe do reservatório inferior, bem como a tubulação de subida.

5.3.2 Dimensionamento do Conjunto Motobomba

Como passo inicial para o dimensionamento do conjunto motobomba, buscou-se calcular a perda de carga da tubulação de subida, do reservatório inferior ao superior.

Para tal, estipulou-se, inicialmente, um diâmetro de 50mm, para tubulação em PVC, e estruturou-se uma planilha de perda de cargas, do seguinte modo.

Tabela 11 – Comprimento Equivalente – Recalque - CTEC

Trajeto Reservatório Inferior ao Superior		
PVC 50mm		
Dist. (m)	Dist. Eq. (m)	Descrição
2,52	2,52	Sucção
0,44	0,44	À Bomba
L	1,2	À AR-1
12,34	12,34	À AR-1
L	1,2	À AR-1
0,82	0,82	À AR-1
8,94	8,94	Ao Reservatório
2,7	2,7	Ao Reservatório
L	1,2	Ao Reservatório
0,3	0,3	Ao Reservatório
T	2,2	Ao Reservatório
Comprimento Equivalente		33,86

Após este cálculo, o próximo passo seria determinar a vazão necessária para o correto funcionamento do sistema. Este fator foi determinado através da razão entre a quantidade de água necessária para reestabelecer o volume do reservatório superior e o tempo para tal enchimento. Para determinar estes fatores, foi estruturado um fluxo do reservatório superior, conforme demonstrado na Figura 17.

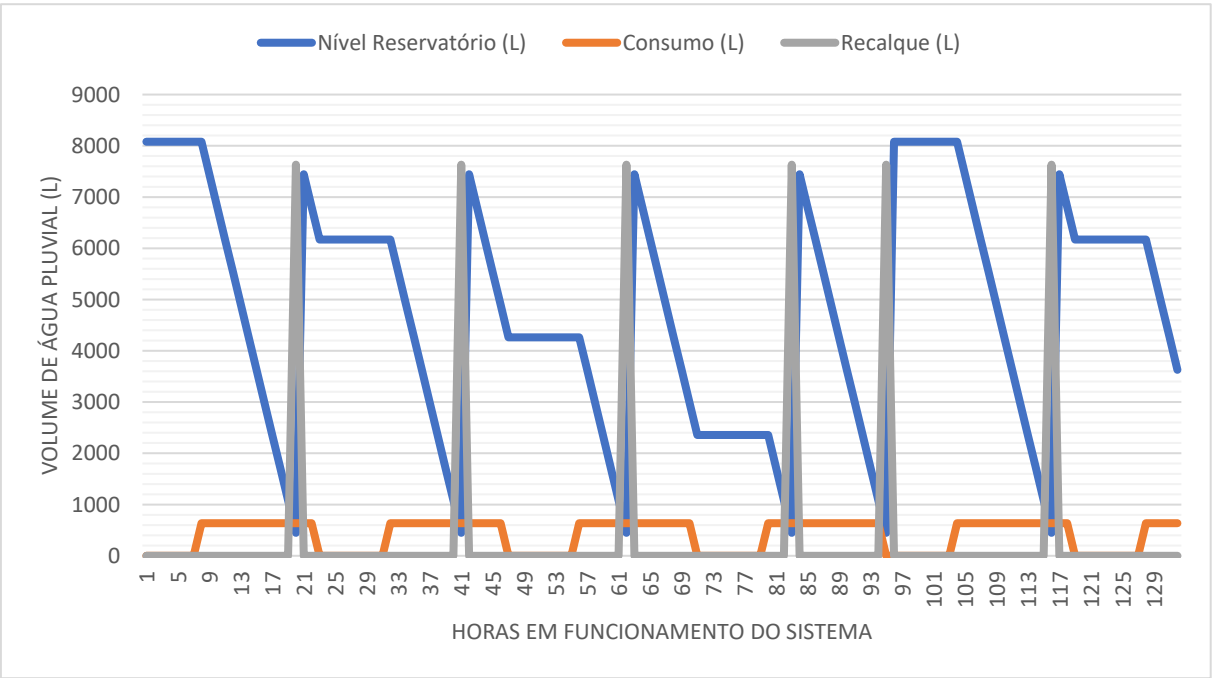


Figura 17 – Gráfico de Fluxo do Reservatório Superior

Para construção da malha de dados que gerou o gráfico demonstrado, primeiramente estabeleceu-se o horário de funcionamento do CTEC. O próximo passo foi então a distribuição do consumo diário, em litros, para todo este período de funcionamento, gerando a curva em cor laranja disposta no gráfico.

Foi definido então o volume total do reservatório superior como parâmetro inicial para simulação e, com o início do consumo, este volume decai. Como volume mínimo admissível do reservatório, para o qual há o início do funcionamento da bomba, para recalque de água pluvial, foi utilizado o parâmetro de 1000 litros. Com isto, foi definido um algoritmo para funcionamento da bomba, que aciona o recalque sempre que, ao final de uma hora de funcionamento, o volume é menor que o parâmetro selecionado.

Após a simulação deste algoritmo, ao longo de uma semana de funcionamento, notou-se que o volume recalcado, ao longo de uma hora de funcionamento, é sempre de 7632 litros, variando apenas o horário do recalque. Este valor foi utilizado, portanto, como vazão nominal mínima do conjunto motobomba. Deste modo, calculou-se uma potência nominal do conjunto motobomba de aproximadamente 1cv, conforme demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Resumo do Dimensionamento do Conjunto Motobomba

Tamanho Reservatório Superior (m³)	8,0800
Consumo Diário (m³)	9,5400
Consumo ao Longo do Período de Funcionamento (m³/s)	0,0002
Vazão para Encher Reservatório (m³/s)	0,0021
Potência da Bomba (cv)	0,9571

5.3.3 Lista de Materiais

De modo a subsidiar futuras análises acerca do tema com o objetivo de estudar a viabilidade econômica do projeto proposto, elaborou-se lista de materiais necessários à instalação do SPAAP, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Lista de Materiais para Implantação do SPAAP

Pluvial - Reservatório		
Material	Unidade	Quantidade
PVC Branco DN 100	Br	2
PVC Branco DN 150	Br	1
Registro DN 50	un.	1
PVC PBA DN 50	Br	1
Filtro auto limpante	un.	4

Filtro	un.	1
Caixa de Passagem (50x50)	un.	2
Manilha DN 600	un.	1
Registro DN 50	un.	1
Reservatório	un.	1
Bomba	un.	1
Boia	un.	2
Reservatório - Caixa d'água		
PVC PBA DN 50	br	8
Abraçadeira	un.	10
Registro PVC DN 50	un.	1
Curva 90° PVC PBA DN50	un.	4
Curva 45° PVC PBA DN50	un.	2
Alimentação		
PVC PBA DN 25	br	17
Registro DN 25	un.	5
Tê PVC PBA DN 25	un.	22
Joelho 90° PVC PBA DN 25	un.	17

6 CONCLUSÃO

Ao analisar a pesquisa efetuada após sua finalização, busca-se examinar os objetivos estabelecidos em seu início, de modo a estipular o atendimento do trabalho elaborado às expectativas iniciais. Nota-se assim, cumprimento dos objetivos gerais e específicos listados no tem 1.2.

Primeiramente, é possível entender que os objetivos gerais e específicos foram atingidos, visto que a pesquisa elaborada sucedeu à: coleta de dados pluviométricos, embora estes tenham tomado como referência o município de Goiânia, devido à baixa disponibilidade de dados de Aparecida de Goiânia; definição de quais seriam os pontos de utilização de água pluvial aproveitada; análise da eficiência do sistema quanto à economia de água potável; dimensionamento do sistema; projeto do sistema; projeção do potencial de economia de água potável.

Analisando a pesquisa executada sob o ponto de vista dos resultados esperados, pode-se afirmar igual atendimento à estas expectativas, visto que o trabalho em questão dimensionou e analisou o desempenho do SPAAP proposto, buscando assim expansão da base de dados presente sobre a implantação de tais sistemas em edificações funcionais.

Ao analisar os dados pluviométricos obtidos para o município de Goiânia, nota-se grande variação, o que certamente prejudica o desempenho do SPAAP ao longo do período anual, tornando-o altamente ineficiente em 8 dos 12 meses do ano. Ainda assim, por outro lado, a alta pluviosidade dos meses de novembro a abril conferem certa eficácia ao sistema, garantindo atendimento à demanda por água pluvial em até 20% do período anual, gerando consumo superior a 800.000 litros desta fonte.

Ressalta-se, porém, grande dificuldade obtida ao longo do desenvolvimento do trabalho para estimativa da demanda por água pluvial, visto que a base de dados conhecida e utilizada do PROSAB (2006) não possui grande abrangência com relação à consumo em edificações funcionais. Deste modo, para alcançar os objetivos definidos, foi necessário considerar os usuários da edificação como “moradores”, tomando a utilização usual de bacias sanitárias para residências como aproximação ao consumo em um edifício funcional.

Quanto ao dimensionamento do reservatório, notou-se resultado bastante satisfatório do programa computacional Netuno, visto que este dimensionou o sistema com um volume menor que o inicialmente esperado. Isto porque, conforme é possível notar na Figura 9, devido justamente à variabilidade pluviométrica da região estudada, grandes volumes de reservatório não aumentam significativamente a eficiência do sistema.

Com relação à viabilidade técnica do sistema, nota-se baixa eficiência, visto que o SPAAP proposto não atende à demanda por água pluvial em 68% do período anual. Houve grande dificuldade para parametrização deste dado, comparando-o com situações similares, visto que a base de dados a respeito de viabilidade técnica de SPAAP em edificações funcionais ainda é um tanto escassa.

Como sugestão de futuras pesquisas destinadas à expansão desta área tão importante da construção civil, coloca-se a análise da viabilidade econômica do sistema proposto, verificando se, mesmo através de uma baixa eficiência, existe economia significativa nos custos com água potável com a instalação de um Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial.

7 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília, ANA, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2020). NBR 5626: Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente.. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007). NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro.
- BAUMANN, D.D. Water conservation: the struggle over definition. *Water Resources Research*, 20 (4): 428-434, 1984.
- 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/SP.
- FRIEDRICH, João; BRONDANI, Gilberto. Fluxo de caixa—sua importância e aplicação nas empresas. *Revista eletrônica de contabilidade*, v. 2, n. 2, p. 135, 2005.
- GHISI, E., CORDOVA, M.M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 2014.
- GUIMARÃES, Dalisson Alves et al. Viabilidade econômica para implantação de Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial em residência unifamiliar. 2018.
- IWANAMI, H. Rainwater utilization system in building. In: CIBW62 SEMINAR, Tokyo, Japan. 1985.
- MARINOSKI, Ana Kelly. Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Florianópolis, SC, 2010. 159 p.: il., grafs., tabs.
- MONTENEGRO, M. H. F.; SILVA, R. T. Economia de água: quadro de necessidades e linhas de ação. In: *Anais do Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público*, São Paulo, 28 a 30 de outubro de 1986. São Paulo, IPT, 1987, pp. 7-26.
- MORAIS, Jerônimo Wallage Araújo de et al. Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas. 2017.

MURÇA, M. C. R. Aproveitamento de águas pluviais em instalações militares do Comando da Aeronáutica: aplicação ao caso do PAMA-GL. 2011. Trabalho de graduação (Engenharia Civil) – Divisão de Engenharia civil – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 138f.

SAMPAIO, Felipe Eugenio de Oliveira Vaz. Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos. 2013.

SOARES, D. A. F.; ROESNER, L. A; GONÇALVES, O. M. Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. In: CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. 2000.

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.

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

TOMAZ, Plinio. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4 a Ed. Editora navegar: São Paulo, 2011, p. 154.

WERNECK, G. A. M. Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola da Barra do Piraí, RJ. 2006. 201f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

Documento Digitalizado Público

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC Versão Final

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC Versão Final

Assinado por: Matheus Souza

Tipo do Documento: Documentos

Situação: Finalizado

Nível de Acesso: Público

Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Matheus Pereira de Souza, ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO**, em 06/04/2022 15:40:51.

Este documento foi armazenado no SUAP em 06/04/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 267348

Código de Autenticação: 2d1571f849

