

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

AMANDA CRISTINA GONÇALVES DO NASCIMENTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO PARA
RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL**

Goiânia, GO
2022

AMANDA CRISTINA GONÇALVES DO NASCIMENTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO PARA
RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL**

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

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo
Botelho Alves

Goiânia, GO
2022

N17a Nascimento, Amanda Cristina Gonçalves do.

Análise comparativa de métodos de dimensionamento para reservatório de água pluvial /
Amanda Cristina Gonçalves do Nascimento. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
55 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves.

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

1. Água pluvial. 2. Água potável. 3. Dimensionamento de água. I. Alves, Dálcio Ricardo Botelho
(orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
III. Título.

CDD 333.91

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



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: Amanda Cristina Gonçalves do Nascimento.

Matrícula: 20141011050350.

Título do Trabalho: Análise Comparativa de Métodos de Dimensionamento para Reservatório de Água Pluvial.

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 08/07/22
Local Data

Amanda Cristina G. do Nascimento
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

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

Amanda Cristina Gonçalves do Nascimento

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO PARA RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Dr. Dalcio Ricardo Botelho Alves (orientador), Dr. Marcus Vinícius Araújo da Silva Mendes e Me Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco.

Aprovado em 08 de Julho de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcus Vinícius Araújo da Silva Mendes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 11:14:35.
- Dalcio Ricardo Botelho Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 11:11:54.
- Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 11:11:18.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 08/07/2022 11:10:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/07/2022. 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: 301756
Código de Autenticação: bf9672c097



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

A meus pais e ao meu noivo que sempre estiveram ao meu lado, me dando força e incentivo para continuar seguindo em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nas mais horas difíceis senti sua presença ao meu lado, me dando ânimo para continuar.

Aos meus pais, Dorivaldo e Sirlene, pelo amor, carinho e apoio incondicional dedicados a mim em todos os momentos de minha vida.

Ao meu noivo, Florismar, pelo seu precioso incentivo para que eu não desistisse de seguir em frente, na busca de atingir meus objetivos.

Ao meu orientador, professor Dr. Dalcio, por suas orientações, sempre pacientes e de pronto atendimento ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos que contribuíram de algum modo para a realização deste trabalho.

A persistência é o menor caminho do êxito.
(Charles Chaplin)

RESUMO

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO PARA RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

AUTORA: Amanda Cristina Gonçalves do Nascimento

ORIENTADOR: Dálcio Ricardo Botelho Alves

A água potável é um recurso natural primordial para a existência de qualquer ser vivo, principalmente dos seres humanos. Com o passar dos anos, as fontes de água existentes em nosso planeta vêm sofrendo degradação, resultando em escassez deste bem tão precioso. Diante disso, alternativas estão sendo buscadas para reduzir o consumo de água potável pela população em geral e uma dessas alternativas é o uso de água de chuva em atividades do dia a dia que não necessitem de água potável para serem executadas. Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma análise comparativa entre os volumes de reservatório de um sistema de captação de água de chuva obtidos com a aplicação de quatro métodos de dimensionamento de reservatório para armazenamento de água pluvial sugeridos pela norma ABNT NBR 15527/2007, sendo eles: o Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão e Método Prático Inglês. Foi utilizado o programa computacional Netuno para realizar simulações dos volumes gerados por cada método. O Método de Rippl apresentou um volume de reservatório de 12,22 m³ e um potencial de utilização de água pluvial de 19,22%. No Método Azevedo Neto, o volume obtido foi de 93,13 m³, com o maior potencial de utilização, 22%. Já o Método Prático Alemão resultou em um reservatório de 3,69 m³ e em um menor potencial de utilização de água potável com 16,01%. O Método Prático Inglês apresentou um volume de 22,17 m³ e o seu potencial de utilização foi o segundo maior, ficando em 21,76%. O volume de reservatório para armazenamento da água de chuva captada que melhor atende ao nosso local de implantação fictício foi o obtido através do Método Prático Alemão, visto que sua dimensão foi a mais razoável para o uso em uma residência unifamiliar.

Palavras chave: água de chuva; métodos de dimensionamento; análise comparativa.

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF SIZING METHODS FOR RAINWATER RESERVOIR

AUTHOR: Amanda Cristina Gonçalves do Nascimento

ADVISOR: Dálcio Ricardo Botelho Alves

Drinking water is a primordial natural resource for the existence of any living being, especially human beings. Over the years, the existing water sources on our planet have been degraded, resulting in a shortage of this very precious asset. Therefore, alternatives are being sought to reduce the consumption of drinking water by the general population and one of these alternatives is the use of rainwater in day-to-day activities that do not require drinking water to be performed. In this sense, the present work presents a comparative analysis between the reservoir volumes of a rainwater harvesting system obtained with the application of four reservoir sizing methods for rainwater storage suggested by the ABNT NBR 15527/2007 standard, being them: the Rippl Method, Azevedo Neto Method, German Practical Method and English Practical Method. The computer program Neptune was used to perform simulations of the volumes generated by each method. The Rippl Method presented a reservoir volume of 12.22 m³ and a potential for rainwater use of 19.22%. In the Azevedo Neto Method, the volume obtained was 93.13 m³, with the greatest potential for use, 22%. The German Practical Method resulted in a reservoir of 3.69 m³ and a lower potential for using potable water with 16.01%. The English Practical Method had a volume of 22.17 m³ and its use potential was the second largest, at 21.76%. The volume of the reservoir for storing the captured rainwater that best meets our fictitious location was obtained through the German Practical Method, since its dimension was the most reasonable for use in a single-family residence.

.

Keywords: rainwater; sizing methods; comparative analysis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivo Específicos	15
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Importância da água	16
3.2	Uso de água de chuva para fins não potáveis	17
3.3	Qualidade da água de chuva	19
3.4	Componentes do sistema de captação de água de chuva	20
4.	VARIÁVEIS DE DIMENSIONAMENTO	24
4.1	Perfil de consumo residencial	24
4.2	Área utilizada na captação de água de chuva	26
4.3	Dados de precipitação da cidade de Goiânia	27
4.4	Coeficiente de escoamento superficial	28
4.5	Coeficiente de aproveitamento de água da chuva	29
5.	METODOLOGIA	30
5.1	Métodos utilizados	31
5.1.1	Método de Rippl	31
5.1.2	Método de Azevedo Neto	32
5.1.3	Método Prático Alemão	32
5.1.4	Método Prático Inglês	33
5.1.5	Programa Computacional Netuno	34
6.	RESULTADOS	38
7.	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural de maior importância para a sobrevivência, tanto dos seres humanos, como das demais espécies existentes no planeta. Com o aumento da população do planeta ao longo dos anos, acompanhado da degradação, e poluição do meio ambiente, vem havendo uma diminuição expressiva da oferta de água potável em todo o mundo (PÊGO; JUNIOR, 2012).

Diante desta redução da disponibilidade de água potável, é preciso que as pessoas se conscientizem cada vez mais sobre a importância de utilizar a água de forma a evitar desperdícios e também adotar a prática de aproveitamento e reuso da mesma em atividades diárias que não necessitem de água tratada, como por exemplo na limpeza de pisos e irrigação de jardins (HEBERSOM et al, 2009).

Uma das alternativas que vem sendo estudadas para substituir o uso de água potável em afazeres domésticos em que não há a necessidade que a mesma seja tratada para serem executados é a implantação de dispositivos para captação e armazenamento de água proveniente das chuvas (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Esses dispositivos são constituídos primeiramente pela chamada área de captação, que são as coberturas das edificações, seguida pelas calhas, condutos verticais, equipamentos para remoção de impurezas, dispositivo automático para o descarte do escoamento inicial da água da chuva, o reservatório para armazenamento da água captada e as tubulações que transportam a água não potável até os pontos de consumo. Também poderá haver um sistema de bombeamento para abastecimento do reservatório superior, caso esse seja necessário (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Para a adoção desta alternativa, faz-se necessário uma correta implantação de todo o sistema. O Reservatório que será utilizado para o armazenamento da água coletada é o item de maior relevância dentre os componentes. Ele deve ser dimensionado levando-se em consideração alguns critérios, como por exemplo, a demanda de água não potável da edificação. Os aspectos climáticos da região também são de suma importância para que o reservatório não fique muito tempo ocioso nos meses de seca ou pouca chuva e nem trasborde nos meses mais chuvosos (COHIM et al, 2008).

No ano de 2007, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a Norma Brasileira (NBR) 15527 que trata sobre os requisitos para o aproveitamento de água de chuva através da captação em coberturas de edificações em áreas urbanas (LEITE; SANTOS, 2015).

Além das diretrizes para a concepção do sistema de captação e aproveitamento da água de chuva, NBR 15527/2007 traz também, em seu anexo A, seis metodologias de cálculo para o dimensionamento dos reservatórios utilizados para o armazenamento da água captada, sendo eles: o Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e o Método Prático Australiano.

Em 2019, a referida norma passou por uma atualização e não estabelece mais os métodos de dimensionamento para reservatório de água pluvial presentes na versão de 2007. No entanto, como este trabalho tem o intuito de realizar uma análise comparativa entre quatro, dos seis métodos de dimensionamento sugeridos, será empregado neste estudo a versão do ano de 2007 da NBR 15527.

Para a realização da análise comparativa, foram selecionados os seguintes métodos: Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão e o Método Prático Inglês. Estes serão aplicados utilizando dados de uma residência unifamiliar fictícia, habitada por cinco pessoas adultas, localizada no Bairro Centro da cidade de Goiânia, com intuito de determinar o volume do reservatório para consumo de água não potável desta residência.

A análise comparativa foi realizada com o auxílio do programa computacional Netuno 4. Este programa foi desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e permite a realização de simulações com os volumes de reservatórios obtidos através dos métodos de dimensionamento, possibilitando chegar no volume de reservatório mais adequado para a situação fictícia.

O programa Netuno também pode ser utilizado para realizar o dimensionamento do reservatório do sistema de captação de água pluvial. Através de simulações, o programa retorna um volume ideal de reservatório de acordo com os dados fornecidos. Porém, como dito anteriormente, neste trabalho será empregada somente a função de simulação para reservatório inferior com volume conhecido.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse estudo é comparar alguns dos métodos para dimensionamento de reservatório para armazenamento de água da chuva, sugeridos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos) em relação ao potencial de substituição da água potável pela água não potável e a aplicabilidade dos métodos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discorrer sobre a utilização da água de chuva em substituição a água potável em atividades do nosso dia a dia que não requerem o uso de água tratada;
- Definir as variáveis que são necessárias para a aplicação dos métodos de dimensionamento selecionados para a análise comparativa;
- Analisar qual (is) do (s) método (s) de dimensionamento de reservatório para armazenamento de água de chuva é (são) mais apropriado (s) para uma edificação residencial unifamiliar de cinco moradores, visando o seu uso para fins não potáveis.

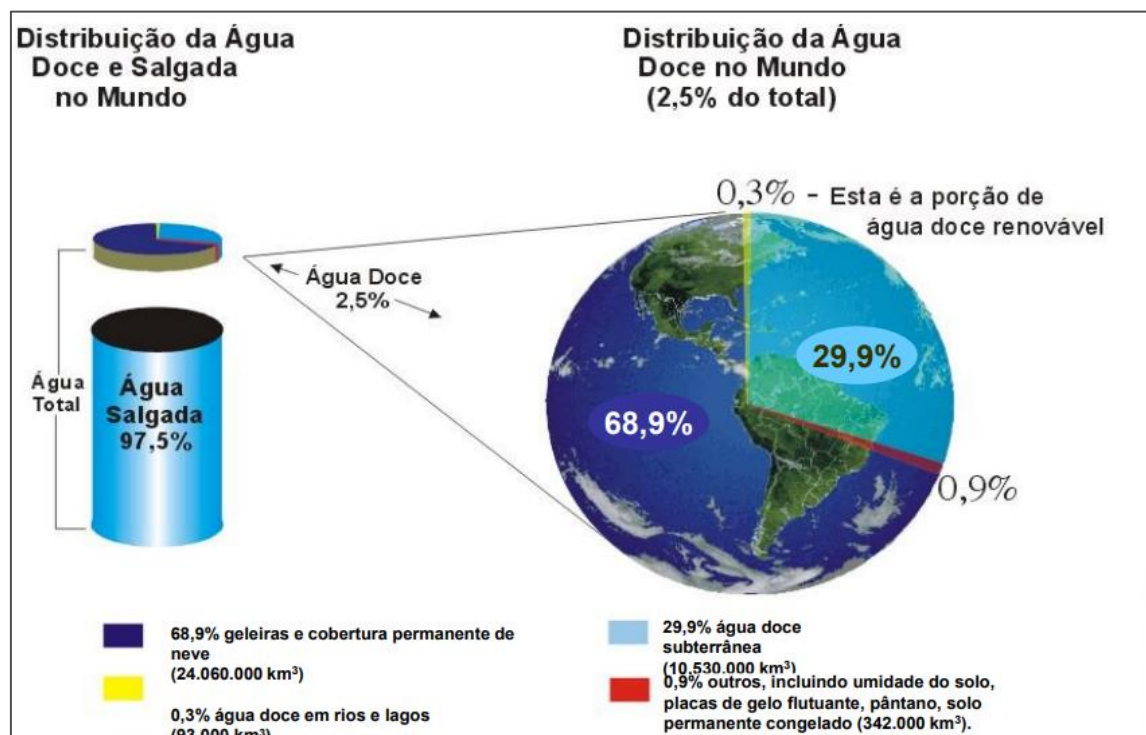
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância da água

A água é um dos recursos naturais extremamente necessários para a vida no planeta terra. Desde os tempos antigos, os seres humanos se fixam em locais próximos as fontes abundantes de água para garantir o abastecimento e o desenvolvimento das civilizações. Com o passar do tempo e com o crescimento populacional, foi-se tornando necessário uma melhor distribuição e uso da água doce existente (CARDOSO, 2013).

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Logo, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana (ANA, 2020).

Figura 1- Distribuição de água no Planeta.



Fonte: Adaptado da Agência Nacional de Águas, (2020).

Em se tratando de um recurso natural limitado tão essencial para a sobrevivência humana, presente no dia a dia de todos, seja em usos corriqueiros como saciar a sede, higiene pessoal e limpeza, ou em usos maiores como geração de energia, agricultura e até turísticos, é fundamental o seu uso de forma consciente (NETO, 2014).

Em termos globais, o Brasil possui uma boa quantidade de água. Estima-se que o país possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Mas a distribuição natural desse recurso não é equilibrada. A região Norte, por exemplo, concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas aos Oceanos Atlântico possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2020).

Portanto, nos dias de hoje, percebemos um aumento da preocupação da população em geral com a conservação da natureza e seus recursos, principalmente no que diz respeito a água potável, visto que é um recurso fundamental e insubstituível para a conservação da vida de qualquer ser vivo (COLLA, 2008).

3.2 Uso de água de chuva para fins não potáveis

A água quase sempre foi considerada como um recurso ilimitado devido a sua abundância, sendo explorada sem nenhuma preocupação com a possibilidade de escassez. Entretanto, atualmente é possível notar o surgimento e a intensificação dos problemas advindos dos usos desenfreados e sem consciência da água por parte dos seres humanos, tornando-se necessário reavaliar as ações de uso da mesma. (DALSENTER, 2016).

Com a poluição dos mananciais, tornando a água cada vez mais imprópria para usos potáveis e com a impermeabilização dos solos, a obtenção de água para abastecimento das áreas urbanas está se transformando em algo bastante dispendioso e difícil (SOUZA, 2015).

“[...]” as fontes naturais de água para abastecimento público estão cada vez mais escassas, pois a capacidade de purificação através do processo de reciclagem natural dos poluentes e do processo de filtração natural feito pelo solo e por rochas porosas é mais lento que o processo de contaminação, ou seja, os recursos hídricos recebem hoje, uma carga de poluentes numa frequência e quantidade muito maior do que a sua capacidade de se autorregenerar (ZARDINI, 2014, p.11).

Conforme informações da Organização das Nações Unidas, até o ano de 2030, a demanda por água potável a nível mundial será 40% superior a quantidade disponível. Dados mostram que atualmente 748 milhões de pessoas não tem acesso a água potável de qualidade e que a tendência é o aumento da demanda populacional em conjunto com os setores da agricultura e o industrial previsto para acontecer até o ano de 2050 (FONSECA; FILHO, 2019, p 02. Apud ONU, 2015).

Em se tratando de um bem que sustenta e permite o desenvolvimento da sociedade atual, o uso sustentável da água está virando motivo de preocupação em todo o mundo. Alternativas para os problemas de escassez, de perda significativa da qualidade da água e seu uso inadequado se apresentam imprescindíveis (KARLINSKI, 2015).

Empresas, organizações e especialistas no assunto estão investindo cada vez mais em pesquisas para descobrir formas de reaproveitar e economizar a água doce. Usar a água de forma mais eficiente pode proporcionar uma maior disponibilidade deste recurso para outros fins, tal como crescimento populacional, industrial e a preservação do meio ambiente. Desta forma, tem se tornado urgente a necessidade de desenvolver uma nova cultura de utilização da água e dos demais recursos naturais existentes (MARINOSKI et al, 2004, p. 01).

Neste sentido, a captação direta de águas da chuva nas coberturas de edificações para uso não potável pode ser considerada como fonte alternativa para a redução do consumo de água potável pela população em geral.

O aproveitamento de água de chuva é uma prática relevante e mostra que as edificações podem ajudar na adoção de medidas sustentáveis que degradam menos a natureza, incorporando tecnologias que auxiliam em um aproveitamento mais eficiente da água de chuva captada (SOUZA, 2015).

As águas de chuva captadas nas regiões urbanas podem ser direcionadas para o uso em fins não potáveis como lavagens de pisos, irrigação de jardins, lavagem de carros e descargas de bacias sanitárias. No entanto, a implantação de um sistema que capta e armazena a água que será utilizada em atividades como as citadas anteriormente necessitam de estudos sobre a viabilidade e eficiência além do correto dimensionamento do sistema que deve observar os aspectos locais para se evitar a implantação de projetos inadequados, comprometendo assim, as características positivas desta alternativa (COHIM et al, 2008).

A parte considerada mais onerosa de um sistema de captação e armazenamento de água pluvial é o reservatório. Este deve garantir a estanqueidade e evitar possíveis problemas de contaminação da água armazenada, podendo ser constituídos de diversos tipos de materiais.

O volume do reservatório a ser dimensionado pode atender a demanda por água não potável por dias, meses ou durante todo o ano, variando de acordo com as considerações feitas pelo projetista do sistema. É relevante saber que um reservatório que irá receber água de chuva não deve permanecer inativo por um longo tempo e que seu dimensionamento vai variar conforme a região de implementação (HERBERSOM et al, 2009).

3.3 Qualidade da água da chuva

A qualidade exigida para o aproveitamento da água de chuva depende do uso final ao qual será destinada.

Na tabela 1 que se encontra na versão de 2019 da norma NBR 15527, é possível ver os parâmetros de qualidade que a água da chuva deve apresentar para usos não potáveis.

Tabela 1 – Parâmetros de Qualidade.

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

Fonte: ABNT (2019).

A norma citada acima também recomenda a desinfecção e limpeza dos reservatórios com solução de hipoclorito de sódio ao menos uma vez ao ano, seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 5626/1998, além da proteção da água armazenada contra a luz solar e o calor.

3.4 Componentes do sistema de captação de água de chuva

- **Calhas e Condutores**

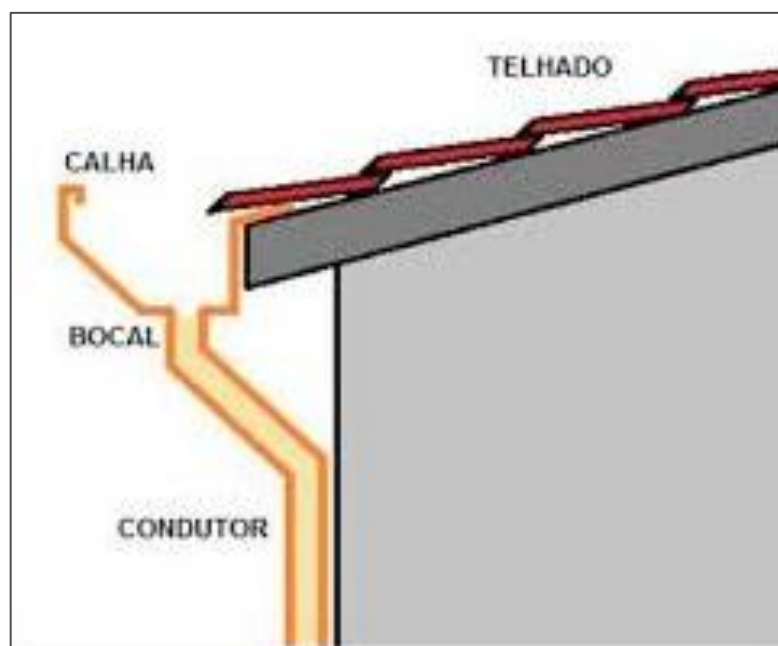
Calhas são componentes horizontais instalados nos beirais dos telhados com a finalidade de captar a água proveniente das chuvas.

Já os condutores são tubos posicionados verticalmente, e recebem a água que escoa pelas calhas.

Estes componentes podem ser de pvc, alumínio ou aço galvanizado e toda essa tubulação deve possuir cores diferentes das tubulações que transportam água potável para evitar conexões cruzadas, além de avisos informando que se trata de água pluvial (COHIM et al, 2008).

A figura 2 mostra os componentes citados.

Figura 2- Parte do sistema de captação de água da chuva.



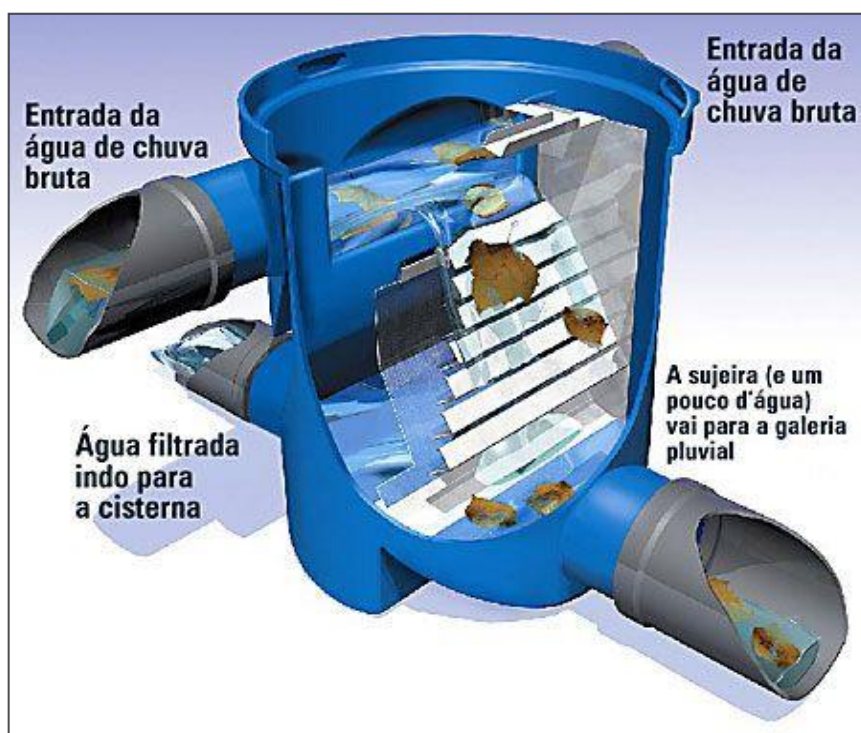
Fonte: Regelmeier; Koserski, (2015).

- **Equipamento para remoção de impurezas**

É um filtro utilizado para retirar materiais em suspensão como folhas, galhos e outras impurezas presentes na água após sua passagem pelo telhado, calhas e condutores.

A figura 3 traz um exemplo do filtro a ser utilizado para descartar das impurezas.

Figura 3 - Filtro utilizado para remoção de impurezas.



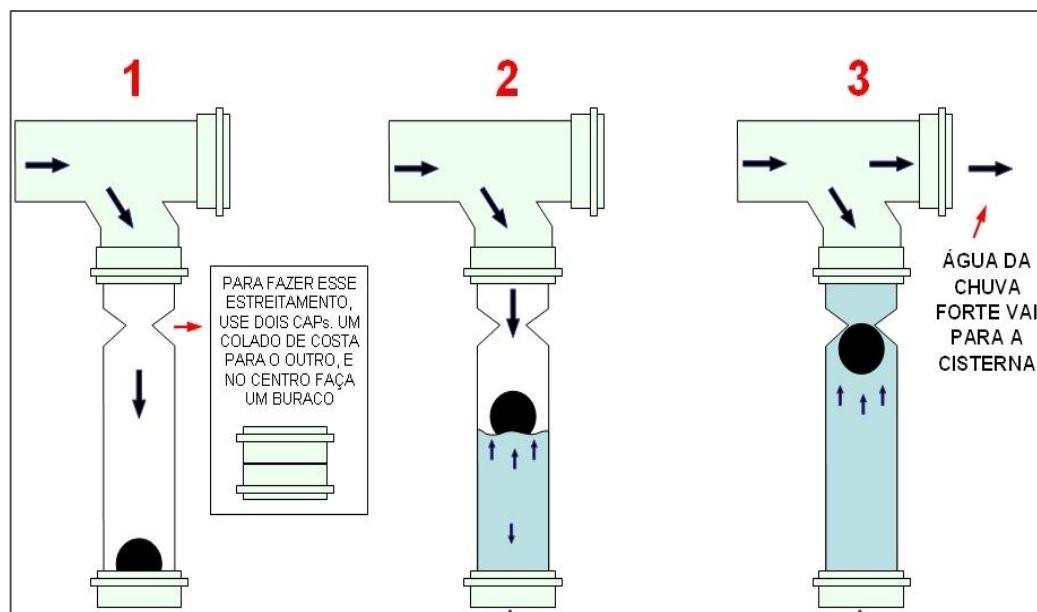
Fonte: Cardoso, (2013).

- **Dispositivo de descarte de escoamento inicial**

A NBR 15527/2007 recomenda o descarte da água proveniente do escoamento inicial da chuva sobre a área de captação. O volume deste escoamento tem que ser suficiente para conduzir folhas, galhos, fuligem, poeira e qualquer outro detrito depositado sobre o telhado. É recomendado o descarte de 2 milímetros da precipitação inicial.

A figura 4 apresenta um modelo de dispositivo comumente utilizado para esse descarte.

Figura 4 – Dispositivo de descarte de escoamento inicial.



Fonte: Adaptado de Sempre sustentável, (2014).

- **Extravasor**

Segundo Lomeu (2017), trata-se de um dispositivo utilizado para conter um possível transbordamento da água da chuva presente no reservatório. É recomendado que o extravasor possua uma tela de proteção para evitar a entrada de animais e assim a contaminação da água armazenada.

- **Sistema de Bombeamento**

O sistema de captação de água da chuva requer um sistema de bombeamento quando há existência de reservatório superior, em que este será abastecido com a água armazenada no reservatório principal inferior, de maior volume. Porém, é recomendado que se faça uma concepção para o sistema de armazenamento em que não seja necessário o uso de bombas ou outros sistemas pressurizados para não comprometer a viabilidade de implantação do sistema (COHIM et al, 2008).

- **Reservatórios**

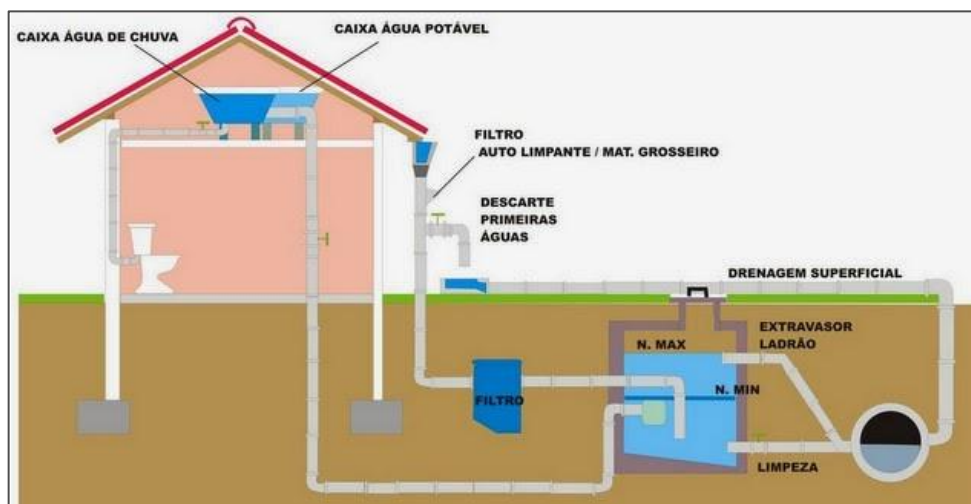
O reservatório que armazenará a água da chuva precipitada deve ser pensado para atender ao consumo mensal de água não potável, ou seja, a água que será utilizada em bacias sanitárias, torneiras de jardim, lavagens de pisos, entre outros, do local onde será implantado o sistema de captação. E também deve-se levar em conta os índices pluviométricos da região de implementação. Quanto ao material, os reservatórios podem ser de concreto armado, fibrocimento, alvenaria armada, metálicos ou material plástico (PÊGO; JUNIOR, 2012).

As precipitações da região onde será instalado o sistema de captação e armazenamento de água da chuva poderá variar ao longo dos meses do ano, fornecendo água de forma insuficiente ou em excesso não sendo possível armazenar todo o volume precipitado. Por isso, é extremamente necessário que o dimensionamento do reservatório seja o mais condizente com a demanda e capacidade de armazenamento para atendimento desta demanda (FAVRETTO, 2016).

O correto dimensionamento do reservatório também contribui para a economia de água potável, refletindo na fatura da concessionária responsável pelo fornecimento, bem como garante uma maior viabilidade financeira para implantação, visto que este é o item mais oneroso de todo o sistema (DALSENTER, 2016).

Na figura 5 abaixo está representada todo o sistema de captação.

Figura 5 - Sistema completo de captação de água pluvial.



Fonte: Sanágua, (2014).

4. VARIÁVEIS DE DIMENSIONAMENTO

Os métodos de dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água da chuva a serem utilizados neste trabalho, possuem em suas metodologias de cálculo, algumas variáveis de grande importância que precisam ser estipuladas afim de possibilitar a aplicação dos mesmos.

Essas variáveis são: o consumo residencial de água potável e o percentual a ser substituído por água não potável, a área de captação a ser utilizada, os dados de precipitação da cidade onde se localiza a residência objeto do estudo, o coeficiente de escoamento superficial e o coeficiente de aproveitamento de água da chuva.

4.1 Perfil de consumo residencial

O consumo residencial “per capita” é a quantidade média diária de água potável utilizada por cada pessoa para a realização de atividades que fazem parte do cotidiano, como por exemplo: no preparo de alimentos, consumo humano, higiene pessoal, lavagem de roupas, limpeza de pisos, uso de sanitários, entre outras.

Este consumo médio diário de água potável para o município de Goiânia foi definido através da coleta de dados fornecidos pela prestadora de serviços responsável pelo abastecimento de água na cidade, a Saneamentos de Goiás (Saneago), ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

O SNIS é um sistema administrado pelo Governo Federal, no campo da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, que traz diversas informações e indicadores fornecidos pelos prestadores de serviços de todo o Brasil. Essas informações são referentes ao abastecimento de água, coleta de esgoto, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais.

A tabela 2 a seguir apresenta os registros de consumo “per capita” de água potável da cidade de Goiânia entre os anos 2001 e 2015. Através destes dados apurados no SNIS foi possível definir uma média de consumo de água potável de 153,10 litros/habitante/dia.

Tabela 2 – Consumo “per capita” de Água Potável em Goiânia entre 2001 e 2015.

ANO DE REFERÊNCIA	CONSUMO PER CAPITA DE GOIÂNIA litros/habitante/dia
2001	120,79
2002	127,03
2003	118,20
2004	146,48
2005	155,63
2006	159,27
2007	159,44
2008	153,60
2009	154,40
2010	164,40
2011	166,40
2012	170,80
2013	170,29
2014	169,35
2015	160,44
MÉDIA DE CONSUMO	153,10

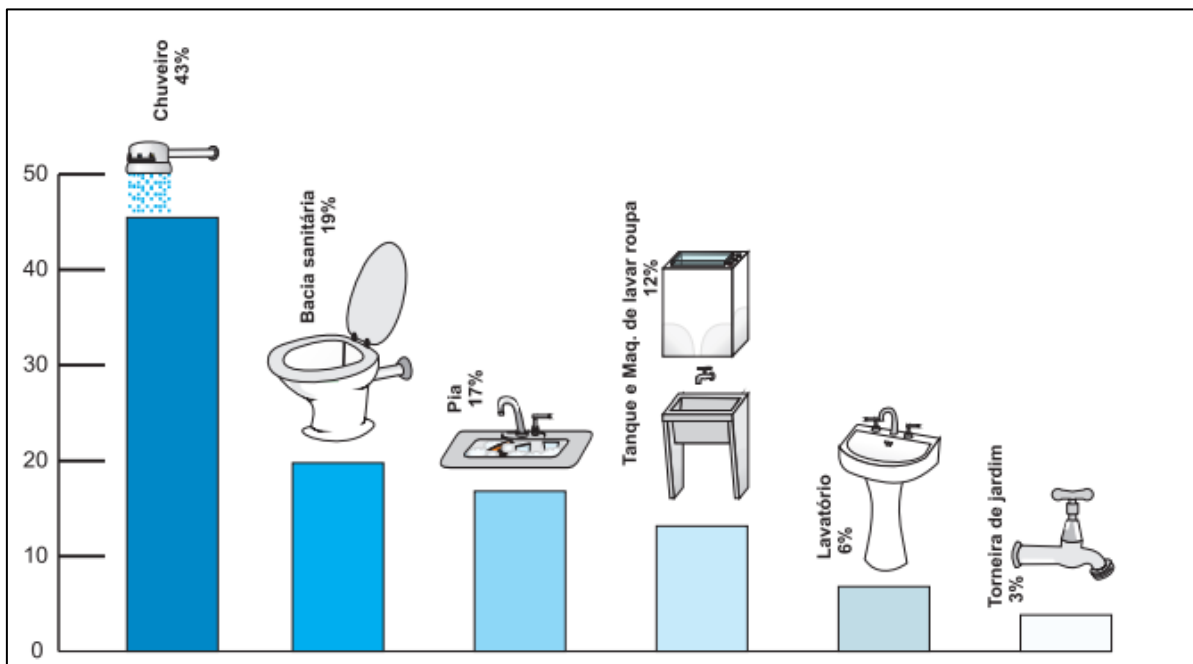
Fonte: Autora.

Após a determinação da demanda média diária de água potável, é necessário verificar-se como é a distribuição desta nos principais usos em uma residência, pois é com base nesta caracterização da distribuição que será possível estabelecer o percentual de água potável a ser substituída por água de chuva.

A norma NBR 15527/2007, em suas especificações, classifica a água de chuva como não potável pelo fato de esta não atender as especificações da Portaria nº 518 do Ministério da saúde. Contudo, isto não impede seu uso em residências para fins não potáveis como, por exemplo, na irrigação de jardins, limpezas de pisos e calçadas e descargas de bacias sanitárias (DAPIEVE, 2014).

A figura 6 traz a porcentagem de água potável utilizada nas principais atividades do dia a dia dos moradores.

Figura 6 – Distribuição de consumo de água potável.



Fonte: Guia de conservação de água, (2013).

A partir da distribuição de consumo de água potável apresentado acima, e seguindo as especificações da norma NBR 15527/2007 citada anteriormente, este trabalho irá considerar que a água de chuva captada será utilizada no lugar da água potável nos seguintes usos: bacia sanitária e torneira de jardim.

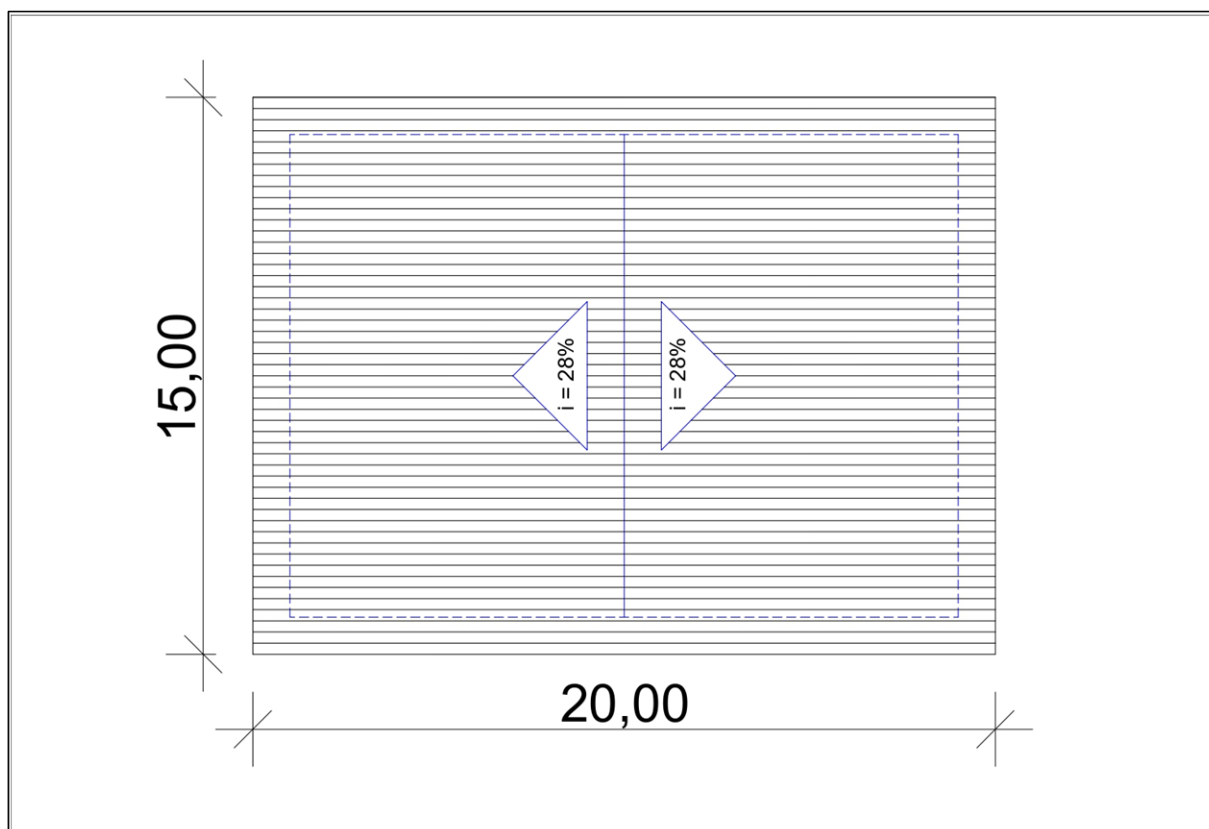
Conforme mostrado na figura 6, a bacia sanitária possui um consumo médio de 19% de água, já a torneira de Jardim, 3%, o que resulta em um percentual de 22% de água potável a ser substituída.

4.2 Área utilizada na captação de água da chuva

A área de captação trata-se do local em que a água proveniente das precipitações será coletada. O tamanho desta se relaciona diretamente com o potencial de aproveitamento da água de chuva precipitada, ao mesmo tempo em que, o material do qual é feita, influencia na quantidade captada e também nas perdas provocadas pela absorção e evaporação. Visando uma qualidade melhor para a água de chuva a ser utilizada, os telhados são as áreas mais utilizadas para a realização da captação (COHIM et al, 2008).

A figura 7 apresenta a projeção do telhado da edificação unifamiliar fictícia de 5 habitantes, para a qual será feita a análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório para armazenamento da água proveniente da chuva. Este telhado possui uma área de 300 metros quadrados e toda a sua cobertura é de telha cerâmica.

Figura 7 – Projeção do Telhado da Residência Unifamiliar Fictícia.



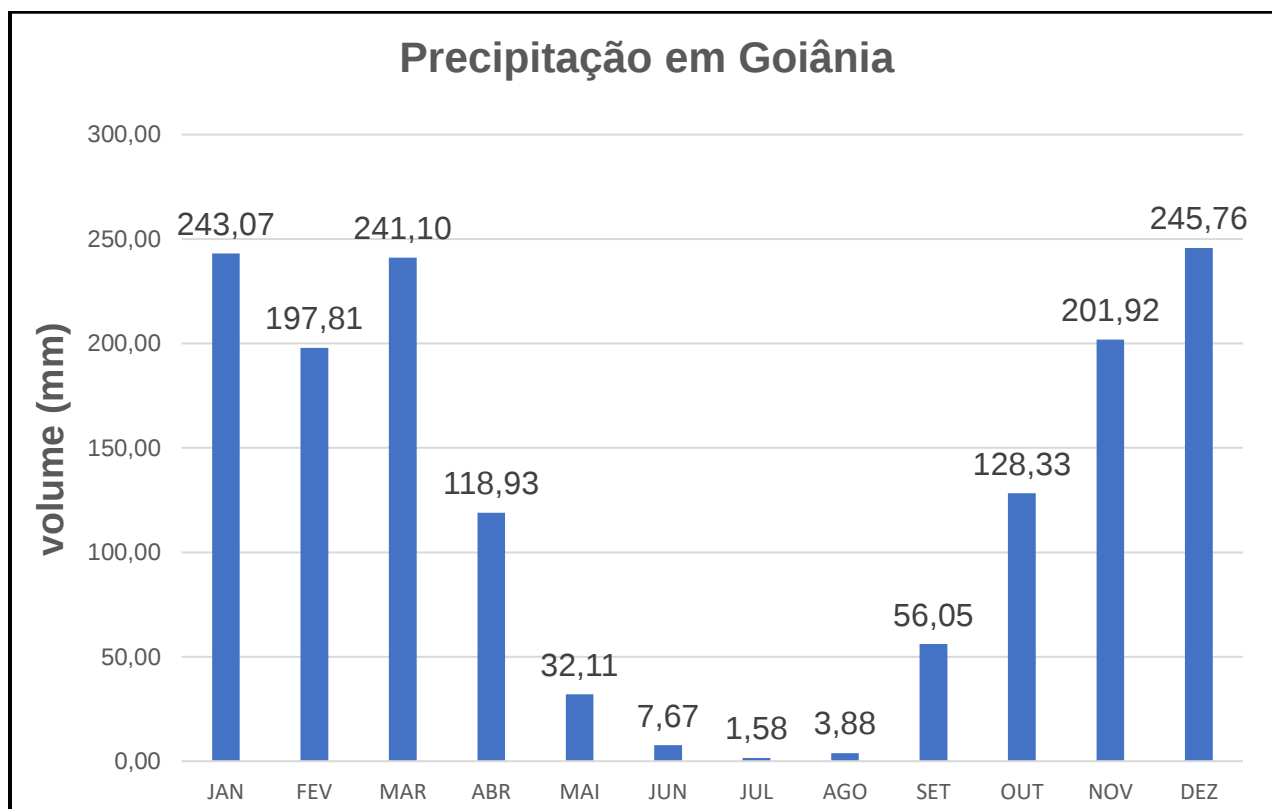
Fonte: Autora.

4.3 Dados de Precipitação na cidade de Goiânia

As particularidades das precipitações do município onde o sistema de aproveitamento vai ser implantado tem grande influência sobre este, sobretudo no volume que o reservatório para armazenamento da água deverá possuir. Para que a eficiência do sistema seja a melhor possível, é necessário que as chuvas da região sejam bem distribuídas ao longo dos dias e meses no decorrer do ano (HEBERSOM et al, 2009).

O Gráfico da figura 8 apresenta a média mensal de precipitações em todos os meses do ano para a cidade de Goiânia. Através dele é possível observar que os meses que vão de maio a setembro apresentam um índice pluviométrico bem pequeno em relação aos meses que vão de outubro a abril, o que caracteriza uma clara separação entre o chamado período seco e período chuvoso.

Figura 8 – Precipitação Média Mensal (2001 a 2015).



Fonte: Adaptado da estação convencional da Universidade Federal de Goiás, (2018).

Os dados do gráfico acima foram adaptados do conjunto de informações sobre as precipitações diárias coletadas pela Estação Convencional da Universidade Federal de Goiás entre os anos de 2001 e 2015.

4.4 Coeficiente de Escoamento Superficial

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff (C) como também é conhecido, expressa a relação existente

entre o volume total de água de chuva escoado superficialmente e o volume total de chuva precipitado, levando-se em consideração a superfície em que isso ocorre.

Geralmente o coeficiente de escoamento superficial não é calculado para cada situação em que é necessária sua utilização, sendo assim, são comumente adotados valores que se encontram consolidados em vários estudos realizados ao longo do tempo (DAPIEVE, 2014).

A tabela 3 contém os valores deste coeficiente de acordo com os materiais de que são constituídos os telhados utilizados como área de captação.

Tabela 3 – Coeficiente de Escoamento Superficial.

Material do Telhado	Coeficiente de runoff
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, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: Plinio Tomaz, (2007).

Visto anteriormente que o telhado da residência unifamiliar fictícia objeto deste estudo é composto por telhas cerâmicas, o valor do coeficiente de Runoff a ser utilizado nos procedimentos de cálculo dos métodos de dimensionamento de reservatório que requerem seu uso será de $C = 0,80$.

4.5 Coeficiente de Aproveitamento de Água da Chuva

De acordo com o exposto na norma NBR 15527/2007, este coeficiente é obtido através da seguinte formula:

$$C_p = C \times \eta_{fc} \quad (1)$$

Onde:

C_p - Coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional);

C - Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

η_{fc} - eficiência do sistema de captação (adimensional).

A eficiência do sistema de captação, η_{fc} , leva em consideração o chamado *First flush*, que é o descarte inicial da água da chuva precipitada sobre a área de captação. Essa eficiência varia entre 0,50 e 0,90.

Para aplicação neste estudo, o coeficiente de aproveitamento de água da chuva a ser adotado será de 0,70.

5. METODOLOGIA

A NBR 15527 (2007) apresenta seis métodos de dimensionamento de reservatório para armazenamento e aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis. Selecionamos quatro desses métodos para realizar a análise comparativa, sendo eles: Método de Rippl (mensal); Método Azevedo Neto ou Prático Brasileiro; Método Alemão e Método Inglês.

Para a aplicação e análise dos métodos, o trabalho propôs uma edificação unifamiliar fictícia, habitada por cinco pessoas adultas, com área de captação de 300 m² (cobertura), localizada no município de Goiânia, Setor Centro e com as seguintes coordenadas 16°40'48"S e 49°15'18"O, a uma altitude de 760 metros.

A metodologia utilizada neste estudo consistiu em apresentar os procedimentos de cálculo dos métodos selecionados para dimensionamento de reservatórios para captação de água pluvial.

Depois, aplicou-se as metodologias de cálculo de cada método citado, resultando assim, em quatro diferentes volumes de reservatório para armazenamento da água de chuva que será usada em substituição a uma parte da água potável utilizada na residência.

De posse dos volumes resultantes para o reservatório, partiu-se para as simulações dos mesmos no programa computacional Netuno 4.

5.1 Métodos Utilizados

Os quatro métodos de dimensionamento de reservatório para aproveitamento da água da chuva selecionados para este trabalho se encontram descritos abaixo.

5.1.1 Método de Rippl

A metodologia deste método é baseada nas séries históricas de chuva diárias ou mensais, na área de captação e na demanda solicitada. O somatório do volume de chuva e da demanda no mesmo período determinará o excesso ou a falta de água disponível no reservatório. Por meio dos volumes acumulados, verifica-se o volume máximo atingido o qual deverá ser considerado para o dimensionamento do reservatório, conforme as equações:

$$Q(t) = P(t) * A * C \quad (2)$$

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (4)$$

Onde:

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

$P(t)$ – Precipitação no tempo t (mm);

A – Área de captação (m^2);

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

$S(t)$ – Volume de água no reservatório no tempo t (litros);

$D(t)$ – Demanda ou consumo no tempo t (litros);

V = Volume do reservatório (litros).

5.1.2 Método Azevedo Neto

É um método empírico, onde a metodologia é prática e é aplicada por meio da média anual precipitada e a quantidade de meses com incidência de pouca chuva na região.

O volume do reservatório é calculado por:

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (5)$$

Onde:

V - Volume do reservatório (litros);

P – Precipitação média anual (mm);

A - Área de captação (m²);

T – N^o de meses de pouca chuva ou seca durante o ano.

5.1.3 Método Prático Alemão

Conforme descrito pela NBR 15527 (ABNT, 2007), é um método empírico, onde se aplica o menor valor do volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação captada, conforme a equação:

$$V_{\text{adotado}} = \min (V, D) * 0,06 \quad (6)$$

Onde:

V_{adotado}- Volume do reservatório (litros);

V– Volume aproveitado anual de água de chuva (litros);

D – Demanda anual de água não potável (litros).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) o volume anual aproveitado de água de chuva deve levar em conta o coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff) que foi adotado de acordo com o material da área de captação a ser utilizada

no sistema de aproveitamento, e também deve considerar a eficiência do sistema de descarte do primeiro escoamento da água da chuva sobre essa área.

O volume de água da chuva aproveitável é obtido através da seguinte equação:

$$V = P \times A \times C_p \quad (7)$$

Onde:

V – Volume diário, mensal ou anual de água de chuva aproveitável (litros);

P – Precipitação diária, mensal ou anual (mm);

A – Área de captação (m²);

C_p - Coeficiente de aproveitamento de água da chuva (adimensional).

5.1.4 Método Prático Inglês

O conceito deste método baseia-se no volume ideal para o reservatório de 5% da precipitação média anual aproveitada pela área de captação, sendo que a demanda é desprezada. O volume do reservatório a ser utilizado pode ser calculado pela equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (8)$$

Onde:

V - Volume do reservatório (m³);

P – Precipitação média anual (mm);

A - Área de captação (m²).

5.1.5 PROGRAMA COMPUTACIONAL NETUNO

Netuno 4 é um software aplicado para realizar simulações de sistemas de captação de água da chuva mediante um conjunto de variáveis conhecidas, com sua metodologia baseada em modelos comportamentais. Ele foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e está disponível para download no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da UFSC.

Também se encontra disponível para download juntamente com o programa Netuno, o manual do usuário. Nele estão descritas todas as informações úteis para a correta manipulação do programa. Além disso, tem-se acesso a arquivos com material de apoio ao manual, possibilitando um amplo conhecimento sobre o funcionamento do programa.

O software Netuno 4 também é capaz de efetuar análises econômicas para o sistema de captação de água da chuva para o qual foi feita a simulação, trazendo estimativas dos custos que o sistema apresentará para sua implantação. Neste trabalho será utilizada somente a função de simulação dos volumes dos reservatórios resultantes da aplicação dos métodos de dimensionamento citados anteriormente com o intuito de analisar qual(is) é(são) os mais indicados para a situação de consumo da residência unifamiliar fictícia retratada.

A figura 9 abaixo mostra a interface do Netuno 4. Nela é possível verificar quais são os dados de entrada que precisam ser informados para possibilitar as simulações e as duas opções existentes no que se refere ao Reservatório inferior.

Figura 9 – Interface de usuário do programa computacional Netuno.

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

O primeiro dado a ser adicionado é da precipitação. Essa informação é inserida através de um arquivo externo que contenha todas as precipitações diárias que ocorreram dentro do intervalo de tempo considerado para a simulação. Este arquivo deve estar em formato CSV (valores separados por vírgula) e pode ser manuseado em arquivos de texto como blocos de notas ou em planilhas de Excel desde que apresentem um dado por linha.

O segundo dado, referente ao número de registros é preenchido automaticamente pelo programa quando se carrega os dados de precipitação, indicando o total de dias que serão utilizados na simulação.

O terceiro dado a ser informado é a data inicial dos registros de precipitação que foi inserido em arquivo CSV (valores separados por vírgula) anteriormente, fornecendo assim, resultados para cada mês do ano.

No quarto dado, é preciso inserir o valor em milímetros do descarte de escoamento inicial que será adotado. Esse dado é referente ao primeiro escoamento da água da chuva sobre a área de captação e deve ser desprezado pois carrega poeira, fuligem, folhas e galhos e por isso não deve ser armazenado.

Para evitar que o primeiro escoamento da água da chuva entre no reservatório, a NBR 15527/2007 recomenda a instalação de um dispositivo automático para desviar essa água do sistema de captação. O dispositivo deve ser dimensionado pelo projetista que está a cargo da implantação de todo o sistema, mais na falta deste dimensionamento, sugere-se o descarte de dois milímetros da chuva inicial.

O quinto dado a ser informado é o tamanho da área de captação utilizada no sistema, que deve ser em metros quadrados.

Depois deve ser adicionada a demanda total de água potável, que pode ser fixa considerando o consumo diário per capita, ou variável onde a demanda é mensal e considerada em litros por mês.

O próximo dado necessário é o número de moradores, que também pode ser fixo ou variável.

Em seguida, temos o percentual da demanda total de água potável a ser substituída por água pluvial. Este dado é a soma das porcentagens da distribuição do consumo de água potável para a realização das atividades domésticas que serão supridas pela água da chuva.

O programa Netuno já traz porcentagens de substituição, iniciando-se com 10% e variando em intervalos de 10, bem como apresenta a opção de se inserir outro valor qualquer.

O nono dado necessário é o valor adotado para o coeficiente de escoamento superficial (runoff), que varia de 0,1(10% de aproveitamento) a 1(100% de aproveitamento) e ainda possibilita a inserção de outros valores.

Para o reservatório inferior, o Netuno permite a simulação de duas formas: a primeira com entrada de um volume de reservatório conhecido, definido pelo usuário. E a segunda para reservatório com diversos volumes, em que é essencial determinar um volume máximo e o intervalo entre volumes para a realização das simulações.

A opção empregada neste trabalho será a primeira, sendo informado no campo volume do reservatório inferior (em litros), os valores obtidos através da aplicação de cada um dos quatros métodos de dimensionamento selecionados.

Já para o reservatório superior, são dadas três opções: volume igual a demanda diária média de água pluvial, entrar com volume desejado e por último, não utilizar reservatório superior. Neste estudo será empregada a segunda opção, informando um volume que será calculado com base no número de habitantes da residência fictícia, multiplicado pelo consumo médio diário per capita de água potável multiplicado pelo percentual de substituição por água da chuva que foi estipulado previamente.

A figura 10 a seguir mostra a janela com as opções para o reservatório superior, nela é possível ver que ainda existem duas opções além da opção de informar o volume do reservatório superior em litros. Deve-se fazer a escolha de um dos campos abaixo do volume. Caso seja preferível por inserir o volume, em litros, no reservatório superior abaixo do qual há recalque, deve-se definir quando deverá haver recalque da água da chuva armazenada no reservatório inferior para abastecer e completar o volume do superior.

Também é necessário determinar, em forma de porcentagem, quando esse recalque de água deve ocorrer. Para efeito deste estudo, essa será a forma escolhida.

Figura 10 – Aba referente a informações do reservatório superior.

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)

0

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

0

☐ Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque

0

Concluir

6. RESULTADOS

Com o emprego das metodologias de cálculo de cada um dos quatro métodos de dimensionamento escolhidos para estudo, foram obtidos quatro volumes diferentes de reservatórios para armazenamento de água pluvial.

Esses volumes foram simulados no software Netuno 4, que retornou informações relevantes possibilitando a análise comparativa entre eles para se verificar qual ou quais são os métodos que melhor atende à demanda de nossa residência fictícia.

Na utilização do Netuno, os dados de precipitações diárias para a cidade de Goiânia, a data inicial, o valor do descarte de escoamento inicial, a área de captação, a demanda per capita por água potável, o número de moradores, o percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial e o coeficiente de escoamento superficial não sofreram alterações em todas as quatro simulações realizadas.

Para o reservatório superior, foi adotado o volume de 168,41 litros, que foi calculado da seguinte forma:

- **Reservatório Superior** = n° de habitantes da residência X consumo de água potável “per capita” por dia X percentual de substituição de água potável por água da chuva.
- **Reservatório Superior** = $5 \times 153,10 \times 0,22 = 168,41$ Litros.

A figura 11 traz a aba do programa Netuno em que foi inserido o valor calculado para o reservatório superior e também o percentual de volume em que o mesmo deve apresentar para dar início ao recalque de água da chuva armazenada no reservatório inferior para completar sua capacidade.

Figura 11 – Dados utilizados para o reservatório superior.

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)

168,41

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

84,205

☒ Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque

50

Concluir

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

- **Método de Rippl**

Para o emprego deste método, foram empregadas series históricas de precipitações médias mensais, $P(t)$, no período compreendido entre os anos de 2001 e 2015.

Os dados de precipitação da cidade de Goiânia coletados pela Estação Convencional da Universidade Federal de Goiás fornecidos para este estudo se encontram registrados de forma diária, então para possibilitar a aplicação destes dados no método de Rippl mensal, os registros foram manuseados de forma a obter as precipitações médias mensais para cada mês do ano de 2001, e depois fazendo o mesmo manuseio para os anos seguintes, até chegar ao ano de 2015.

Em seguida, foram agrupadas as precipitações ocorridas nos meses de janeiro a dezembro dos anos de 2001 a 2015, chegando assim, aos valores das precipitações

médias mensais características de cada mês que foram empregadas nos cálculos deste método.

A área de captação (A), utilizada foi um telhado constituídos de telhas cerâmicas de 300 metros quadrados. Como dito anteriormente, a telha cerâmica possui um coeficiente de escoamento superficial (C), de 0,80 pois leva em consideração perdas por absorção e evaporação da água escoada. Este valor também necessário nos cálculos do método.

Quanto ao consumo de água de chuva, D(t), no período de tempo t, foi considerado o período de um mês, com cinco habitantes na residência fictícia, resultando em um total de 5.122,5 litros mensais.

Para se chegar a esse consumo, foram efetuados os seguintes cálculos:

1° - Consumo anual de água potável da residência = 153,10 litros/hab.dia x 5 hab x 365 dias = 279.408 litros/ano;

2° - Consumo de água de chuva no período de um ano = consumo de água potável em um ano x porcentagem a ser substituída, ou seja, 279.408 x 0,22 = 61.470 litros;

3° - Consumo de água de chuva mensal = $\frac{61.470 \text{ litros/ano}}{12 \text{ meses}} = 5.122,5 \text{ litros/mês}$

O volume de chuva captada, Q(t), resultou da multiplicação da precipitação média mensal apuradas para os meses de janeiro a dezembro entre 2001 a 2015, pela área de captação e pelo coeficiente de escoamento superficial.

Para se chegar aos volumes de água de chuva nos reservatórios, S(t), foi realizada a subtração da demanda mensal de água de chuva pelo volume de chuva captada em cada mês.

Alguns meses resultaram em valores negativos, pois o volume de chuva captada é maior do que a demanda por água de chuva mensal da residência. Esses valores negativos não entram no cálculo final para o volume resultante do reservatório, uma vez que o método faz a somatória somente de valores de água de chuva no reservatório maiores que zero.

As tabelas 4 e 5 abaixo apresentam as informações necessárias na execução do método de Rippl mensal e também o volume final de 12.216,30 litros ou 12.22 m³ para um reservatório que será utilizado para armazenamento de água de chuva.

Tabela 4 – Aplicação do Método de Rippl.

MESES	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL 2001 A 2015 (mm)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M2)	(C) - COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (ADIMENSIONAL)	(D) - DEMANDA MENSAL DE ÁGUA DE CHUVA (LITROS)
JANEIRO	243,07	300,00	0,80	5.122,50
FEVEREIRO	197,81			
MARÇO	241,10			
ABRIL	118,93			
MAIO	32,11			
JUNHO	7,67			
JULHO	1,58			
AGOSTO	3,88			
SETEMBRO	56,05			
OUTUBRO	128,33			
NOVEMBRO	201,92			
DEZEMBRO	245,76			

Fonte: Autora.

Tabela 5 – Continuação da aplicação do Método de Rippl.

(Q) - VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA (LITROS)	(S) - VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA NO RESERVATÓRIO (LITROS)	VOLUME RESULTANTE DO RESERVATÓRIO (LITROS)	VOLUME RESULTANTE DO RESERVATÓRIO (M3)
58336,8	-53.214,30	12.216,30	12,22
47474,4	-42.351,90		
57864	-52.741,50		
28543,2	-23.420,70		
7706,4	-2.583,90		
1840,8	3.281,70		
379,2	4.743,30		
931,2	4.191,30		
13452	-8.329,50		
30799,2	-25.676,70		
48460,8	-43.338,30		
58982,4	-53.859,90		

Fonte: Autora.

Com o volume de reservatório conhecido proveniente da aplicação do método em questão, partimos para a simulação no software Netuno 4 para verificar o potencial de utilização de água pluvial caso esse volume seja utilizado no sistema de captação que atenderá a residência.

Na figura 12 está a simulação feita para este volume de reservatório.

Figura 12 – Simulação Método de Rippl.

The screenshot displays the Netuno 4 software interface. The main window is titled 'Netuno 4' and contains several tabs: 'Simulação', 'Ajuda', 'Citação', 'Validação', and 'Sobre'. The 'Simulação' tab is active, showing a form for inputting simulation data. On the right side, there is a summary panel with the results of the simulation.

Simulation Parameters (Left Panel):

- Carregar simulação previamente salva:** Button to load a saved simulation.
- Carregar dados de precipitação:** Button to load precipitation data.
- Estação Convencional:** Station type.
- Número de registros:** 5478.
- Data inicial (dd/MM/yyyy):** 01/01/2011.
- Descarte escoamento inicial (mm):** 2,00.
- Área de captação (m²):** 300.
- Demanda total de água (litros per capita/dia):** 153,10. Button: Variável...
- Número de moradores:** 5. Button: Variável...
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial:** Dropdown menu set to 'Outro valor' with a value of 22.
- Coefficiente de escoamento superficial:** 0,8 (80% de aproveitamento).
- Observações:** MÉTODO DE RIPPL MENSAL.

Simulation Results (Right Panel):

- Reservatório superior:** Selected.
- Reservatório inferior:**
 - ☒ Simulação para reservatório com volume conhecido
 - ☐ Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Simulação:**
 - Volume do Reservatório inferior (litros):** 12216,30
 - Potencial de utilização de água pluvial: 19,22%**
 - Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:**
 - Completamente: 87,19%
 - Parcialmente: 0,44%
 - Não atende: 12,38%
 - Valores mensais:** Button to view monthly values.
- Buttons:** Simular, Salvar simulação atual, Limpar campos, and Análise Econômica.

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

Para o volume de 12.216,30 litros, o potencial de utilização de água pluvial foi de 19,22%. O potencial de dias de atendimento total da demanda por água da chuva no período de análise foi de 87,19%. Já o percentual referente aos dias em que o reservatório não atende ao consumo da residência ficou em 12,38%.

A figura 13 traz em detalhes os resultados da simulação ao longo dos meses do ano. O acesso a esse resultado mensal é possível através da opção “Valores mensais” presente imediatamente anterior a opção “Simular” como pode ser visto na figura 12. Porém esta opção aparece somente após o termino da simulação feita pelo programa Netuno.

Figura 13 – Detalhamento da simulação realizada.

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	22,00	168,41	597,09	1630,08	100,00	0,00	0,00	2,00
Fevereiro	22,00	168,41	597,09	1492,09	100,00	0,00	0,00	2,00
Março	22,00	168,41	597,09	1672,66	100,00	0,00	0,00	2,00
Abril	22,00	168,41	597,09	784,54	100,00	0,00	0,00	2,00
Maio	22,00	168,41	597,09	148,83	100,00	0,00	0,00	2,00
Junho	21,86	167,30	598,20	31,67	99,33	0,22	0,44	1,99
Julho	14,97	114,57	650,93	0,00	67,53	1,51	30,97	1,35
Agosto	5,38	41,20	724,30	0,00	23,23	2,15	74,62	0,48
Setembro	13,37	102,35	663,15	142,68	60,44	0,89	38,67	1,21
Outubro	21,43	164,08	601,42	658,08	97,20	0,43	2,37	1,95
Novembro	22,00	168,41	597,09	1435,38	100,00	0,00	0,00	2,00
Dezembro	22,00	168,41	597,09	1732,70	100,00	0,00	0,00	2,00
Média	19,22	147,14	618,36	807,45	87,19	0,44	12,38	1,75
Total ano		53708	225700	294719				

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

- **Método Azevedo Neto ou Prático Brasileiro**

A tabela 6 mostra cada uma das variáveis necessárias nesta metodologia de cálculo, e traz também o volume resultante de reservatório citado anteriormente.

Tabela 6 – Aplicação do Método Azevedo Neto.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL 2001 A 2015 (mm)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M2)	NUMERO DE MESES DE POUCA CHUVA	VOLUME RESULTANTE DO RESERVATÓRIO (LITROS)	VOLUME RESULTANTE DO RESERVATÓRIO (M3)
1.478,21	300,00	5,00	93.127,23	93,13

Fonte: Autora.

A simulação do volume de 93.127,93 litros obtido pelo método Azevedo Neto apontou um potencial de dias de atendimento completo da demanda de 100%, ou seja, este volume de reservatório supriu totalmente a demanda por água da chuva da residência em todos os meses do ano.

Nas figuras 14 e 15 são apresentados os resultados da simulação para o método de Azevedo Neto.

Figura 14 – Simulação Método Azevedo Neto.

The screenshot displays the 'Netuno 4' software window with the following sections:

- Menu:** Simulação, Ajuda, Citação, Validação, Sobre.
- Buttons:** Carregar simulação previamente salva.
- Data Entry Table:**

Carregar dados de precipitação	Estação Convencional
Número de registros	5478
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/2011
Descarte escoamento inicial (mm)	2,00
- Inputs:**
 - Área de captação (m²): 300
 - Demanda total de água (litros per capita/dia): 153,10 (Variável...)
 - Número de moradores: 5 (Variável...)
 - Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 22 (Dropdown: Outro valor)
 - Coefficiente de escoamento superficial: 0,8 (80% de aproveitamento) (Dropdown)
- Observações:** MÉTODO AZEVEDO NETO OU PRÁTICO BRASILEIRO
- Reservatório superior:** (Empty)
- Reservatório inferior:**
 - ☒ Simulação para reservatório com volume conhecido
 - ☐ Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Simulação Results:**
 - Volume do Reservatório inferior (litros): 93127,93
 - Potencial de utilização de água pluvial: 22,00%**
 - Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:
 - Completamente: 100,00%
 - Parcialmente: 0,00%
 - Não atende: 0,00%
 - Valores mensais (Empty)
- Buttons:** Simular, Salvar simulação atual, Limpar campos, Análise Econômica.

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

Figura 15 – Detalhamento gerado pela simulação.

Resultado mensal da simulação								X
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	22,00	168,41	597,09	1575,32	100,00	0,00	0,00	2,00
Fevereiro	22,00	168,41	597,09	1407,10	100,00	0,00	0,00	2,00
Março	22,00	168,41	597,09	1630,91	100,00	0,00	0,00	2,00
Abril	22,00	168,41	597,09	784,54	100,00	0,00	0,00	2,00
Mai	22,00	168,41	597,09	148,83	100,00	0,00	0,00	2,00
Junho	22,00	168,41	597,09	31,67	100,00	0,00	0,00	2,00
Julho	22,00	168,41	597,09	0,00	100,00	0,00	0,00	2,00
Agosto	22,00	168,41	597,09	0,00	100,00	0,00	0,00	2,00
Setembro	22,00	168,41	597,09	120,15	100,00	0,00	0,00	2,00
Outubro	22,00	168,41	597,09	453,73	100,00	0,00	0,00	2,00
Novembro	22,00	168,41	597,09	1410,34	100,00	0,00	0,00	2,00
Dezembro	22,00	168,41	597,09	1732,70	100,00	0,00	0,00	2,00
Média	22,00	168,41	597,09	771,47	100,00	0,00	0,00	2,00
Total ano		61470	217938	281586				

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

• Método Prático Alemão

As tabelas 7 e 8 trazem os dados usados neste método de dimensionamento. Nela é possível notar que o volume adotado para o reservatório foi de 3.688,20 litros. Para chegar neste volume, é multiplicada a demanda anual de água não potável por 0,06 (6%), pois a demanda era o menor valor em comparação com o volume anual de chuva aproveitável captada.

Tabela 7 – Aplicação do Método Prático Alemão.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL 2001 A 2015 (mm)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M2)	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA (ADIMENSIONAL)	VOLUME ANUAL DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA (LITROS)
1.478,21	300,00	0,70	310.424,10

Fonte: Autora.

Tabela 8 – Continuação da aplicação do Método Prático Alemão.

DEMANDA ANUAL DE ÁGUA NÃO POTÁVEL (LITROS)	VOLUME ADOTADO PARA O RESERVATÓRIO (LITROS)	VOLUME ADOTADO PARA O RESERVATÓRIO (M3)
61.470,00	3688,20	3,69

Fonte: Autora

Realizada a simulação no Netuno, este volume de reservatório apresentou um potencial de atendimento de dias completos de 72,42% e um potencial de utilização de 16,01%. Já o percentual de não atendimento é o maior entre os métodos, ficando em 26,89%.

A figura 16 mostra o resultado da simulação do volume no Netuno.

Figura 16 – Simulação Método Prático Alemão.

The screenshot displays the Netuno 4 software interface. The main window is titled 'Netuno 4' and has a menu bar with 'Simulação', 'Ajuda', 'Citação', 'Validação', and 'Sobre'. Below the menu bar, there are several input fields and buttons for configuring the simulation.

Simulation Parameters:

- Carregar simulação previamente salva:** A button to load a previously saved simulation.
- Carregar dados de precipitação:** A table with two columns: 'Estação Convenc' and 'Número de registros'. The data shows 5478 records, starting from 01/01/2011, with an initial discharge of 2,00 mm.
- Área de captação (m²):** A text box with the value 300.
- Demanda total de água (litros per capita/dia):** A text box with the value 153,10 and a 'Variável...' button.
- Número de moradores:** A text box with the value 5 and a 'Variável...' button.
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial:** A dropdown menu set to 'Outro valor' and a text box with the value 22.
- Coefficiente de escoamento superficial:** A dropdown menu set to '0,8 (80% de aproveitamento)'.
- Observações:** A text box containing 'MÉTODO ALEMÃO'.

Simulation Results:

- Reservatório superior:** A button to select the upper reservoir.
- Reservatório inferior:** A section with two radio buttons: 'Simulação para reservatório com volume conhecido' (selected) and 'Simulação para reservatórios com diversos volumes'.
- Simulação:** A section showing the 'Volume do Reservatório inferior (litros): 3688,20' and the 'Potencial de utilização de água pluvial: 16,01%'. Below this, it lists the percentage of days the demand is met: 'Completamente: 72,42%', 'Parcialmente: 0,69%', and 'Não atende: 26,89%'. There is a 'Valores mensais' button.
- Buttons:** At the bottom, there are buttons for 'Simular', 'Salvar simulação atual', 'Limpar campos', and 'Análise Econômica'.

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

A figura 17 demonstra o resultado detalhado mês a mês da simulação realizada.

Figura 17 – Detalhamento da simulação.

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	22,00	168,41	597,09	1648,42	100,00	0,00	0,00	2,00
Fevereiro	22,00	168,41	597,09	1492,09	100,00	0,00	0,00	2,00
Março	22,00	168,41	597,09	1672,66	100,00	0,00	0,00	2,00
Abril	21,79	166,84	598,66	784,76	98,89	0,44	0,67	1,98
Maio	14,37	110,03	655,47	155,81	64,09	2,58	33,33	1,29
Junho	9,63	73,69	691,81	35,68	42,22	2,67	55,11	0,86
Julho	0,73	5,58	759,92	0,00	3,01	0,43	96,56	0,06
Agosto	1,90	14,51	750,99	0,84	8,17	0,65	91,18	0,17
Setembro	13,37	102,35	663,15	274,51	60,44	0,89	38,67	1,21
Outubro	20,96	160,47	605,03	808,37	95,05	0,65	4,30	1,90
Novembro	22,00	168,41	597,09	1435,38	100,00	0,00	0,00	2,00
Dezembro	22,00	168,41	597,09	1732,70	100,00	0,00	0,00	2,00
Média	16,01	122,53	642,97	833,62	72,42	0,69	26,89	1,45
Total ano		44725	234683	304271				

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

- **Método Prático Inglês**

A tabela 9 apresenta os valores utilizados na metodologia de cálculo do método prático Inglês e o volume resultante para o reservatório.

Tabela 9 – Aplicação do método prático inglês.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL 2001 A 2015 (mm)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M2)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (LITROS)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (M3)
1.478,21	300,00	22173,15	22,17

Fonte: Autora.

De acordo com a simulação, este método apresentou 98,87% de potencial para atendimento de dias completos. Quanto ao potencial de utilização de água pluvial, ficou em 21,76%, atendendo quase que por completo a demanda por água de chuva da residência.

Figura 18 – Simulação Método Prático Inglês.

The screenshot displays the Netuno 4 software interface, which is used for water simulation. The window has a title bar 'Netuno 4' and a menu bar with options: 'Simulação', 'Ajuda', 'Citação', 'Validação', and 'Sobre'.

Left Panel (Inputs):

- A button: 'Carregar simulação previamente salva'.
- A table for data loading:

Carregar dados de precipitação	Estação Convencional
Número de registros	5478
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/2011
Descarte escoamento inicial (mm)	2,00
- Input fields for:
 - Área de captação (m²): 300
 - Demanda total de água (litros per capita/dia): 153,10 (with a 'Variável...' button)
 - Número de moradores: 5 (with a 'Variável...' button)
 - Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 'Outro valor' dropdown, 22
 - Coefficiente de escoamento superficial: 0,8 (80% de aproveitamento) dropdown
- Observações: A text area containing 'MÉTODO INGLÊS'.

Right Panel (Results and Simulation):

- Buttons: 'Reservatório superior' and 'Reservatório inferior'.
- Simulation options for 'Reservatório inferior':
 - ☒ Simulação para reservatório com volume conhecido
 - ☐ Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Simulation results:
 - Volume do Reservatório inferior (litros): 22173,15
 - Potencial de utilização de água pluvial: 21,76%**
 - Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:
 - Completamente: 98,87%
 - Parcialmente: 0,11%
 - Não atende: 1,02%
- Buttons: 'Valores mensais', 'Simular' (highlighted with a blue border), 'Salvar simulação atual', 'Limpar campos', and 'Análise Econômica'.

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

Figura 19 – Detalhamento da simulação.

Resultado mensal da simulação								X
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	22,00	168,41	597,09	1608,66	100,00	0,00	0,00	2,00
Fevereiro	22,00	168,41	597,09	1492,09	100,00	0,00	0,00	2,00
Março	22,00	168,41	597,09	1672,66	100,00	0,00	0,00	2,00
Abril	22,00	168,41	597,09	784,54	100,00	0,00	0,00	2,00
Mai	22,00	168,41	597,09	148,83	100,00	0,00	0,00	2,00
Junho	22,00	168,41	597,09	31,67	100,00	0,00	0,00	2,00
Julho	22,00	168,41	597,09	0,00	100,00	0,00	0,00	2,00
Agosto	21,87	167,43	598,07	0,00	99,35	0,22	0,43	1,99
Setembro	19,29	147,63	617,87	120,15	87,11	1,11	11,78	1,75
Outubro	21,95	168,05	597,45	473,57	99,78	0,00	0,22	2,00
Novembro	22,00	168,41	597,09	1412,00	100,00	0,00	0,00	2,00
Dezembro	22,00	168,41	597,09	1732,70	100,00	0,00	0,00	2,00
Média	21,76	166,59	598,91	786,19	98,87	0,11	1,02	1,98
Total ano		60805	218603	286959				

Fonte: Adaptado do programa computacional Netuno 4, (2022).

Após a aplicação da metodologia de cálculo dos quatro métodos de dimensionamento presentes neste estudo, e após a realização de simulações dos respectivos volumes obtidos através destes no programa computacional Netuno 4, segue-se para a análise comparativa entre os métodos de dimensionamento para reservatório utilizando água pluvial.

A tabela 10 apresenta um resumo dos volumes, tanto em litros como em metros cúbicos, e também o potencial de utilização de água da chuva retornada pelas simulações.

Tabela 10 – Volumes para o reservatório e seus resultados após simulação no Netuno.

MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO	VOLUME (LITROS)	VOLUME (M3)	POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA
RIPPL	12.216,30	12,22	19,22%
AZEVEDO NETO	93.127,30	93,13	22,00%
PRÁTICO ALEMÃO	3.688,20	3,69	16,01%
PRÁTICO INGLÊS	22.173,15	22,17	21,76%

Fonte: Autora.

Diante dos resultados expostos com as simulações dos volumes, é possível notar que o método Azevedo Neto ou método Prático Brasileiro como também é conhecido, apresentou o melhor resultado em relação ao potencial atendimento de dias completos ao longo dos meses do ano, suprimindo o percentual de 22% de água da chuva necessários. Porém, também foi o método que apresentou o maior volume de todos, 93.127,93 litros ou 93,13 metros cúbicos para atender a consumo de água não potável somente na bacia sanitária e na torneira do jardim.

Segundo estudos realizados por Brandão e Marcon (2018), o método Azevedo Neto realmente é o melhor a ser utilizado se levarmos em consideração apenas a eficiência de atendimento da demanda por água da chuva. Ele é o único que consegue garantir 100% de atendimento do consumo ao longo de todo o ano. Entretanto, também consideram seu volume exagerado para utilização em locais de pequena demanda.

De acordo com o exposto, o volume de reservatório inferior retornado por este método de dimensionamento é claramente inviável, tanto no que se refere a parte econômica como na parte técnica de execução, considerando que o mesmo vai atender somente as demandas de abastecimento de uma residência unifamiliar com cinco habitantes.

O segundo melhor resultado em relação ao potencial de utilização foi o volume calculado pelo método Prático Inglês, 22.173,15 litros, que apresentou um total de 21,76% de abastecimento de água pluvial que a residência consome por mês. Todavia, como no método Azevedo Neto, é um volume muito grande para ser implantado como componente do sistema de captação e armazenamento de água da chuva.

O volume encontrado através do método de Rippl mensal, 12.216,30 litros, apresentou 19,22% de potencial de fornecimento de água da chuva para o uso na residência. Um tamanho ainda considerado exagerado para o objeto deste trabalho.

Em estudo produzido por Heberon et al (2009), onde também foi considerado como base de estudo uma residência com cinco moradores localizada na cidade de Goiânia, este método de dimensionamento apresenta um potencial de atendimento a

demanda por água da chuva e um volume para o reservatório inferior bem próximo ao encontrado, inclusive verificando também que o volume do mesmo ainda é consideravelmente grande para a sua implantação no sistema de captação e armazenamento de água pluvial.

O método que se mostrou mais adequado para atender a demanda por água da chuva utilizada em substituição a água potável é o Prático Alemão. Ele possui capacidade para armazenamento de 3.688,20 litros de água e seu potencial de atendimento a demanda ficou em 16,01%. É o menor percentual de atendimento obtido, porém não fica muito distante dos demais resultados. Além de apresentar um volume de reservatório razoável para ser implantado na residência.

Nos dois estudos mencionados anteriormente, o método Prático Alemão se mostrou igualmente viável no que se refere a dimensão do reservatório, possibilitando o atendimento a demanda de água não potável, ao mesmo tempo em que torna praticável a implantação de todo o sistema de captação e armazenamento para a residência unifamiliar fictícia de cinco habitantes localizada na cidade de Goiânia.

7. CONCLUSÃO

A implementação de sistemas de captação para armazenamento de água da chuva para uso em fins não potáveis é uma alternativa que deve ser incentivada. A adoção dessa prática em residências, prédios públicos e empresas contribui com a redução do consumo e do desperdício de água potável pela população.

O componente mais caro de todo o sistema é o reservatório, mas com um dimensionamento preciso deste item, seja por um dos métodos expostos neste trabalho ou por qualquer outro existente é possível implantar um sistema capaz de atender a demanda água de chuva pelo período desejado e com um custo total viável.

A análise comparativa efetuada entre os métodos de Rippl, Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático Inglês nos mostrou volumes bem distintos um do outro. Isso se deve ao fato de que cada um tem sua metodologia de cálculo, utilizando diferentes variáveis de dimensionamento em cada um, multiplicando por coeficientes ou levando em consideração a diferença entre variáveis.

É importante ressaltar que não se deve extrapolar os resultados obtidos neste estudo para todo e qualquer sistema de captação e armazenamento de água pluvial a ser implantado. É necessário avaliar o regime pluviométrico do local, a demanda por água não potável, a área de captação adotada bem como o coeficiente de escoamento superficial, entre outros dados.

Portanto, para esta análise que considera uma residência unifamiliar fictícia de cinco habitantes, com substituição da água potável somente na bacia sanitária e na torneira de jardim, o volume obtido pelo método prático Alemão é o mais adequado em termos de capacidade devido às condições do local de implantação.

Neste estudo não foi abordado a parte econômica da implementação do sistema de captação e armazenamento de água pluvial. Então para estudos futuros a serem realizados por outros pesquisadores é sugerido o estudo da viabilidade econômica, contribuindo assim com os conhecimentos a respeito dessa alternativa para redução do consumo da água potável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. S. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Disponível em:<<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/5359/3284>>. Acesso em: 04 set. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em:< <https://gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

BRANDÃO, J, L, B; MARCON, P. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**. Eng Sanit Ambient I, v. 23, n.6, São Carlos, São Paulo, 2018. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/esa/a/kCz967pDWf5YKpbKTZyBj5p/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

CARDOSO, C. E. N. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. Guaratinguetá, 2013. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124187/000805970.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

COHIM, E; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.[2008]. Disponível em:<http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf>. Acesso em: 04 set. 2018.

COLLA, L. L. **Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva**. Sorocaba-São Paulo, 2008. Disponível em:< https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008_pdf.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

DAPIEVE, A. R. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva no município de Caçador/SC**. Santa Catarina, 2014. Disponível em:<https://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6209/1/MD_GAMUNI_VI_2014_2.pdf>. Acesso em: 06 set. 2018.

DALSENTER, M, E, V. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC**. Florianópolis, 2016. Disponível em:<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/164543/TCC%20MART A%20DALSENTER_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 abr. 2022.

FAVRETTO, C. R.; CASTRO, A.S.; QUADRO, M. S.; LEANDRO, D.; DAMÉ, R. C. **Dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água pluvial: Estudo de caso no município de Bento Gonçalves (RS)**. Pelotas, RS, UFPel-Ceng, 2016. Disponível em: <<https://periodics.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

FONSECA, V. L. A.; MENEZES FILHO, F. C. M. de. **Estudo comparativo entre métodos de dimensionamento para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais**. Holos Environment, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 287–303, 2019. DOI: 10.14295/holos.v19i2.12326. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/12326>. Acesso em: 19 jun. 2022.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. **Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2014. Acesso em: 02 fev. 2022.

HEBERSOM, A. S.; MARCÓRIO, I. A.; RIBEIRO, A. Z. **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**. Goiânia, 2009. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_DE_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO_DE_RESERVAT%C3%93RIOS_DE_APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA.pdf>. Acesso em: 12 out. 2018.

KARLINSKI, T. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em edificações de ensino: Estudo de caso em São Luiz Gonzaga – Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/1685>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

LEITE, A. C.; SANTOS, F. S. **Dimensionamento preliminar de reservatório de águas pluviais para o prédio do instituto de recursos naturais (Irn- Unifei)**. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v.4, p. 42- 52, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/44154/pdf_76>. Acesso em: 20 out. 2018.

LOMEU, A. A. **Aproveitamento de águas pluviais: Avaliação preliminar do custo-benefício da implantação de um sistema na Universidade Federal de Juiz de Fora –MG**. Minas Gerais, 2017. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Aproveitamento-de-%C3%A1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

MARINOSKI, D, L.; GHISI, E.; GÓMEZ, L, A. **Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: Estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis**. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Deivis-Marinowski/publication/300006296_Aproveitamento_de_agua_pluvial_e_dimensionamento_de_reservatorio_para_fins_nao_potaveis_estudo_de_caso_em_um_conjunto_residencial_localizado_em_FlorianopolisSC/links/5a78954faca2722e4df30d26/Aproveitamento-de-agua-pluvial-e-dimensionamento-de-reservatorio-para-fins-naopotaveis-estudo-de-caso-em-um-conjunto-residencial-localizado-em-Florianopolis-SC.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

NETO, E. L. C. **Estudo de um sistema de captação de águas pluviais para uso não potável em moradias sociais em Campo Mourão – PR**, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5881/1/CM_COECI_2014_1_12.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PÊGO, C. S.; JUNIOR, M. E. **Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no 006Dunício de Campos dos Goytacazes, RJ**, 2012. Disponível em: <<https://seer.perspectivasonline.com.br>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 25 mai. 2022,

SOUZA, R, L. **Análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais: Estudo de caso Hospital Federal do Andaraí/RJ**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1520.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ZARDINI, C, S. **Aproveitamento de água de chuva – Estudo de viabilidade em diferentes capitais brasileiras**. Goiânia, 2014. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA_ESTUDO_DA_VIABILIDADE_EM_DIFERENTES_CAPITAIS_BRASILEIRAS.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2022.