



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Mateus Gustavo Araújo Lima

**CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO EM
UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO PARA
UMA RESIDÊNCIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
ITABIRITO - MG**

Ouro Preto

2022

Captação da água da chuva para utilização em uma edificação unifamiliar:
Estudo de caso para uma residência localizada no município de Itabirito - MG

Mateus Gustavo Araújo Lima

Trabalho Final de Curso apresentado
como parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Engenheiro
Civil na Universidade Federal de
Ouro Preto.

Data da aprovação: 20/06/2022

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr^a Ana Letícia Pilz De Castro – UFOP

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L732c Lima, Mateus Gustavo Araujo.

Captação da água da chuva para utilização em uma edificação unifamiliar [manuscrito]: estudo de caso para uma residência localizada no município de Itabirito - MG. / Mateus Gustavo Araujo Lima. - 2022. 76 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Ana Letícia Pilz De Castro.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Captação de água pluvial. 2. Escassez hídrica. 3. Reservatório. I. Castro, Ana Letícia Pilz De. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 628.16

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Mateus Gustavo Araújo Lima

Captação da água da chuva para utilização em uma edificação unifamiliar: Estudo de caso para uma residência localizada no município de Itabirito - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovada em 20 de junho de 2022.

Membros da banca

Dra. Ana Letícia Pilz de Castro (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Múcio André dos Santos Alves Mendes (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Mila Correa Sampaio - (Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará)

Ana Letícia Pilz de Castro, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 27/06/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Letícia Pilz de Castro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/06/2022, às 10:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0351866** e o código CRC **COCC36BE**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, em especial à minha mãe Maria, ao meu pai Gonçalo, à minha irmã Michele e ao meu irmão Miguel, por todo o apoio e motivação ao longo da graduação e principalmente, da vida. À Universidade Federal de Ouro Preto e a todos que à mantém operante por tornarem possível esse sonho.

Agradeço à Prof. Dr^a Ana Letícia Pilz De Castro pela orientação e ajuda na conclusão desta do trabalho, à fundação Gorceix e ao Pré Universitário Humanista por me possibilitar ministrar aulas ao decorrer de dois anos da graduação, à Civil Júnior por oportunizar meu primeiro contato com a área de engenharia e a todos que participaram dessa jornada, dentro e fora da universidade.

RESUMO

O potencial hídrico para consumo humano diminuiu muito nos últimos tempos, isso porque não apenas as fontes diretas e superficiais de água potável encontram-se comprometidas, mas também a disponibilidade hídrica de potabilidade comprometida, encontram-se em processo de escassez, no Brasil e também no mundo. Nesse sentido, um bom método para minimizar esse dano é agir de modo local, a partir da promoção de métodos alternativos, para suprir a demanda por esse recurso. Assim, a captação da água de chuva para utilização em edificações é uma alternativa viável de ser implementada. O impacto econômico e cultural que essa estratégia possui é muito relevante e fora demonstrado nesse trabalho a partir de um estudo de caso na cidade de Itabirito, interior de Minas Gerais, no que tange o aproveitamento de água a partir de sistema de captação de água pluvial para utilização em edificações que comportem até uma família, considerando métodos de dimensionamento regulamentados pela norma brasileira. Verificou-se que o investimento varia de muito baixo a baixo, de modo que foram reaproveitadas as características e estruturas da residência, necessárias à implementação do sistema. A partir desses resultados concluiu-se que a análise técnico econômica é indispensável para certificar a viabilidade do investimento.

Palavras-chaves: Captação de água pluvial; Escassez hídrica; Reservatório.

ABSTRACT

The water potential for human consumption has decreased a lot in recent times, because not only the direct and superficial sources of drinking water are compromised, but also the water availability of compromised potability, are in scarcity process, in Brazil and also in the world. In this sense, a good method to minimize this damage is to act locally, from the promotion of alternative methods, to meet the demand for this resource. Therefore, rainwater harvesting for use in buildings is a viable alternative. Accordingly, the economic and cultural potential, that this strategy has, it is very relevant and was demonstrated in this work from a case study in the city of Itabirito, in the interior of Minas Gerais, Brazil, regarding the use of rainwater from a capture system for use in buildings that hold up one Family, considering methods of dimensioning regulated by the Brazilian standard. It was found that the investment varies from very low to low, considering that the characteristics and structures of the residence, essential for the implementation of the system, were reused. Based on these results, there was concluded that technical and economic analysis is necessary to guarantee the viability of the investment.

Keywords: Rainwater harvesting; Water scarcity; Tank.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da disponibilidade Hídrica por região Brasileira.....	6
Figura 2 – Croqui sistema de captação de água da chuva	15
Figura 3 – Variedade de materiais aplicados na fabricação de telhas	17
Figura 4 - Calha e Condutor de metal galvanizado.....	18
Figura 5 - Calhas e condutores de PVC	18
Figura 6 - Representação de Filtro e dispositivo de descarte de água inicial	19
Figura 7 – Modelo alemão de filtro comercial	20
Figura 8 - Reservatório sob o solo	21
Figura 9 - Reservatório sobre o solo.....	22
Figura 10 - Reservatório Suspenso	22
Figura 11 - Localização de Itabirito no Mapa de Minas Gerais.	29
Figura 12 - Localização da estação pluviométrica Itabirito – Linígrafo.....	31
Figura 13 - Volumes e dimensões de reservatórios Fortlev.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abastecimento Urbano.....	4
Tabela 2 – Abastecimento de água potável no Brasil versus desperdício	5
Tabela 3 – Registros Pluviométricos em Itabirito/MG (mm) - 2000 a 2020.....	32
Tabela 4 – Coeficientes de Runoff.....	35
Tabela 5 - Consumo total de água potável da residência	36
Tabela 6 - Demanda residencial de água potável em áreas externas	37
Tabela 7 - Dimensionamento pelo método de Rippl	39
Tabela 8 - Método da Simulação	40
Tabela 9 – Cálculo de demanda de água pluvial	43
Tabela 10 - Percentual de água potável a ser substituída	43
Tabela 11 - Dimensionamento pelo método de Rippl	44
Tabela 12 - Dimensionamento pelo método da Simulação (3 m ³)	45
Tabela 13 - Dimensionamento pelo método da Simulação (2,5 m ³)	46
Tabela 14 - Dimensionamento pelo método da Simulação (2,0 m ³)	47
Tabela 15 - Custo estimado conforme volume do reservatório.....	49
Tabela 16 - Tarifas de Água e Esgoto - SAAE Itabirito	50
Tabela 17 - Comparativo de gastos com abastecimento de água	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação total Anual - 2000 à 2020.....	33
Gráfico 2 - Precipitação Média Mensal	34

LISTA DE SIGLAS

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

EBC - Empresa Brasil de Comunicações

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

PVC - Policloreto de Vinila

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SAAE - Serviço Autônomo de água e Esgoto

ARISB-MG - Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo Geral.....	3
2.1.1	Objetivos Específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	Disponibilidade hídrica no Brasil.....	4
3.2	Escassez hídrica no Brasil.....	7
3.3	Distribuição e impactos do uso de água	8
3.4	Aproveitamento de água.....	10
3.5	Qualidade da água	12
3.6	Sistema de Captação	14
3.6.1	Área de Captação	16
3.6.2	Condutores e Calhas	17
3.6.3	Filtros	19
3.6.4	Reservatórios	20
3.7	Métodos de Dimensionamento	23
3.7.1	Método de Rippl.....	24
3.7.2	Método da Simulação	24
3.7.3	Método de Azevedo Neto.....	25
3.7.4	Método Prático Alemão.....	26
3.7.5	Método Prático Inglês	27
3.7.6	Método Prático Australiano	27

4	Metodologia.....	29
4.1	Local de Estudo.....	29
4.2	Características da residência	30
4.3	Determinação da precipitação de Itabirito - MG.....	30
4.4	Área de captação.....	35
4.5	Coeficiente de escoamento superficial – runoff (C)	35
4.6	Demanda de água pluvial	36
4.7	Dimensionamento do reservatório	37
4.8	Método de Rippl.....	38
4.9	Método da Simulação	40
5	RESULTADOS.....	42
5.1	Dimensionamento do Reservatório.....	42
5.1.1	Área de captação	42
5.1.2	Demanda de água pluvial.....	42
5.1.3	Percentual da demanda de água pluvial a ser substituída.....	43
5.1.4	Método de Rippl.....	43
5.1.5	Método da Simulação	45
5.2	Viabilidade Econômica	48
5.2.1	Custo para implantação	48
5.2.2	Tarifas de Água e Esgoto.....	49
5.2.3	Resultados e Discussões da Viabilidade Econômica.....	51
6	CONCLUSÃO	52
7	REFERÊNCIAS.....	54
	Apêndices e anexos.....	60

Anexo A	60
Anexo B	61

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a vida animal, vegetal e humana. Contudo, nas últimas décadas, a situação em que o mundo se encontra é de esgotamento desse recurso, devido ao uso demasiado da água de origem superficial e contaminação não apenas desse recurso direto, mas também do lençol freático.

É importante ressaltar que o Brasil é evidenciado mundialmente no que tange a disponibilidade hídrica, isso porque dispõe de 12% do montante de água doce disponível no mundo, 53% no continente sul-americano e a maior parte da Amazônia encontra-se em território brasileiro (REBOLÇAS, 2015).

Em âmbito nacional, essa situação é analisada pela Agência Nacional das Águas que visa garantir a segurança hídrica brasileira. Isso ocorre a partir do Plano Nacional de Segurança Hídrica, responsável pelo Índice de Segurança Hídrica que na região de Itabirito, Minas Gerais, varia de mínimo à médio, haja vista que em outras regiões brasileiras esse índice chega a alcançar níveis de alto à máximo (PNSH, 2021).

O município de Itabirito, local de estudo da pesquisa, situa-se a sudeste da capital mineira Belo Horizonte, tendo apresentado, segundo o IBGE (2022), constante evolução no Índice de Desenvolvimento Humano nas últimas décadas, resultando em patamar equivalente a 0,73 no censo de tal indicado em 2010. Somado a isso, de acordo com o SAEE, até o ano de 1934 a cidade era abastecida apenas por três pequenos mananciais de água e, atualmente, é reconhecida como uma das pioneiras da região no tratamento de esgoto e resíduos, o que, por sua vez, contribui para a evolução do município.

A captação de água pluvial ocorre da seguinte maneira: primeiro, coleta-se de telhados e áreas superiores de vedação a água da chuva, em seguida, é direcionada à reservatórios de armazenamento a partir de tubos, e, por fim quando necessário, a água é tratada (SOARES *et al.*, 1997).

Nesse sentido, o presente estudo visa aplicar a metodologia supracitada localmente em residências unifamiliares, para que agindo pontualmente se alcance um resultado global. Não obstante, ressalta-se que a relevância da presente pesquisa está potencialmente na diminuição de consumo de água potável, do escoamento superficial, da economia financeira e melhoria da disponibilidade hídrica (MAY, 2004).

O trabalho foi estruturado em cinco tópicos, de modo que contempla: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Discussão e Resultados e Conclusões. O trabalho baseou-se na literatura técnica científica para alcançar o objetivo principal de realizar um estudo de caso no município de Itabirito, Minas Gerais a fim de dimensionar um sistema de captação de água de chuva, a partir do que regulamenta a norma brasileira regulamentadora (NBR).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é dimensionar um sistema de captação de água pluvial para uma residência unifamiliar localizada no município de Itabirito-MG.

2.1.1 Objetivos Específicos

Para este trabalho foram pontuados os seguintes objetivos:

- Estudar o sistema de captação de água pluvial especificado na NBR 15527 – 2007 e NBR 15527 – 2019.
- Realizar um estudo comparativo entre diferentes situações apresentadas para o sistema de captação.
- Analisar a viabilidade técnica e econômica para a implementação do sistema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Disponibilidade hídrica no Brasil

A disposição de água no planeta é regida pelo ciclo hidrológico. Essa habilidade cíclica faz com que o recurso se encontre em movimentação constante e, por isso, é considerada um bem renovável. Contudo, a demanda pela água cresce com a intensificação do consumo, porém a disponibilidade hídrica não aumenta e isso a torna um recurso natural exaurível (PINTO, 2018).

Para Marengo (2008) o ciclo anual pluvial e de vazão é variável e isso deve-se não apenas ao clima, mas também a fenômenos naturais como ao El Niño, a La Niña e a variação de temperatura na superfície do mar que podem gerar alterações climáticas, o que produz um regime de secas.

Nessa perspectiva, o potencial hídrico brasileiro é considerado abundante, visto que possui o maior depósito de água doce do planeta (UNIAGUA, 2012). A cada ano, a ANA, divulga dados diagnósticos do consumo de água no Brasil, desse modo, em relação ao abastecimento de água afere-se que:

Tabela 1 – Abastecimento Urbano

Demandas médias para abastecimento urbano						
Ano	Demanda por região geográfica (m ³ /s)					Total Brasil (m ³ /s)
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
2005	34	115	33	247	65	494
2015	45	136	39	275	75	570
2025	54	151	44	298	83	630

Fonte: Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (2007)

Daí avalia-se que o consumo nos centros urbanos é crescente, isso porque de 2005 para 2015 em todas as regiões brasileiras o abastecimento de água doce aumentou e a projeção para 2025 segue a mesma tendência.

Segundo dados diagnósticos do SNIS (2021) pode-se relacionar o abastecimento de água tratada com as perdas da seguinte maneira:

Tabela 2 – Abastecimento de água potável no Brasil versus desperdício

Região Brasileira	Abastecimento doméstico	Nível de Perda
Norte	58,90%	51,20%
Nordeste	74,90%	46,30%
Sudeste	91,30%	38,10%
Sul	91%	36,70%
Centro-Oeste	90,90%	34,20%

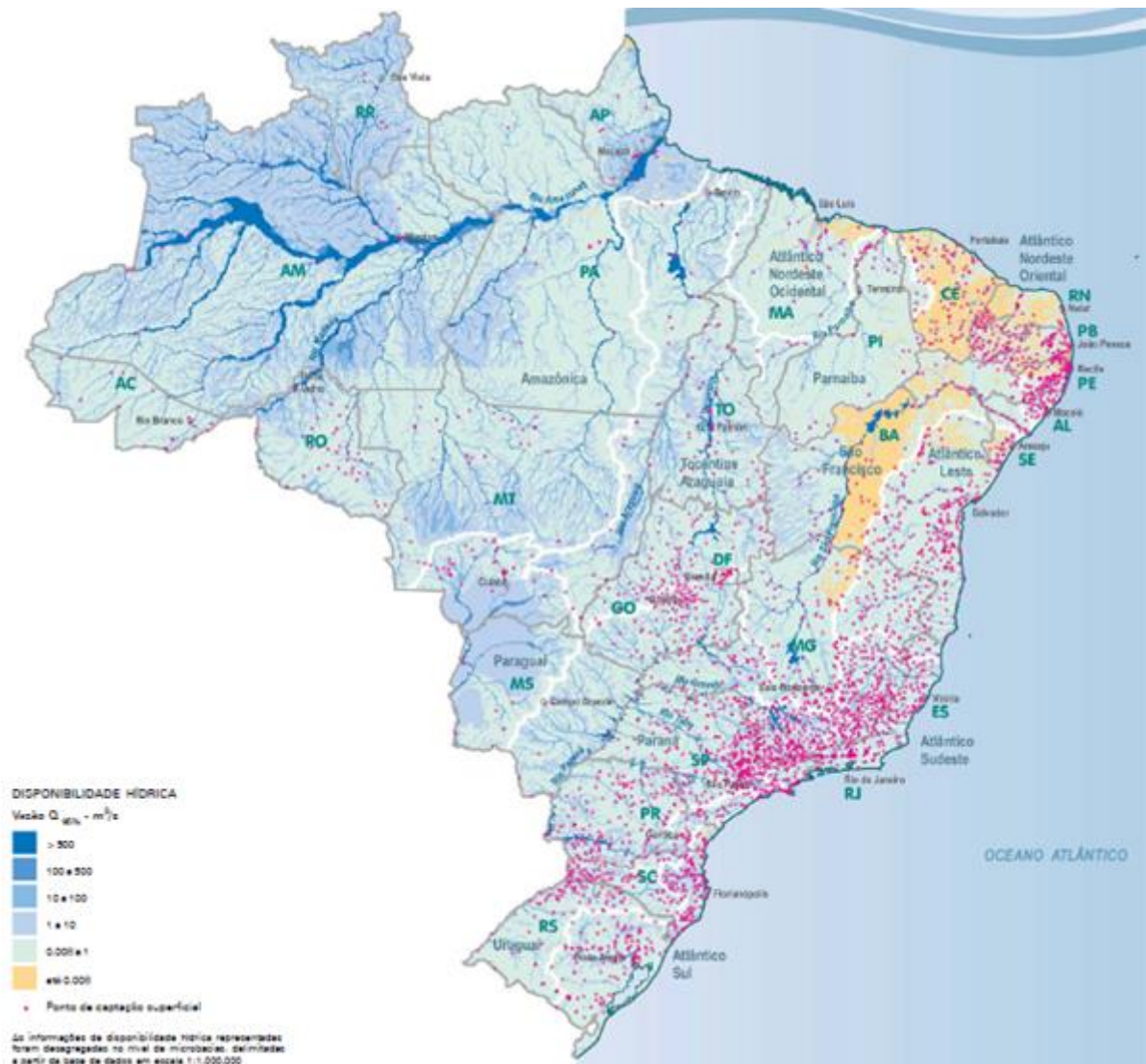
Fonte: SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2021)

O que se percebe é que ao se analisar as duas tabelas, percebe-se um aumento exponencial de consumo de água potável no Brasil. Observa-se que, ao avaliar-se pelos parâmetros do abastecimento, os dados supracitados do SNIS revelam que o abastecimento em 2021 segue a projeção proposta pelo Atlas Brasil. Além disso, há uma considerável perda de água tratada em todas as regiões e ela ocorre de modo mais expressivo nas mais desfavorecidas economicamente.

De acordo com Augusto *et al.* (2012), 11,6% da água em superfície mundial é brasileira, mas 70% do recurso localiza-se na Amazônia, região de menor ocupação populacional do país; o Nordeste é a região com o maior índice de pobreza, concentra 30% da população e apenas 5% da água doce localiza-se nessa área; no Sul e Sudeste, tem-se 60% dos habitantes, mas apenas 12,5% de água doce disponível.

Essa disponibilidade hídrica potável para consumo pode ser verificada através do mapa, abaixo:

Figura 1 - Mapa da disponibilidade Hídrica por região Brasileira



Assim, observa-se que os Estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso concentram a maior parcela da disponibilidade hídrica do Brasil e abrange quase a metade do país. Portanto, o desafio de abastecimento brasileiro está em suprir a necessidade de consumo da população que se concentra fora da maior região com potencial superficial de água do país.

Sabe-se que a produção média de águas pelos rios brasileiros é de 168.790 m³/s. Na Bacia Amazônica, apenas a parcela hídrica que se encontra no território nacional, produz uma vazão de 89.000 m³/s, e cobre mais da metade da extensão de

terras brasileira. Com isso, o total de disponibilidade hídrica do Brasil é de 257.790 m³/s (TUCCI *et al.*,2001).

Nesse sentido, é possível observar que a água é uma garantia de todos no Brasil e que, de acordo com o balanço hídrico supracitado, o país concentra a maior disponibilidade mundial e há diversidade hidrológica no território, porém em locais mais populosos há menor concentração de água doce superficial e isso caracteriza escassez hídrica em diversas dessas regiões.

3.2 Escassez hídrica no Brasil

A água, recurso natural essencial à vida, é um Direito de todos, haja vista que de acordo com o art. 5º da Constituição Federal a vida é uma garantia inviolável de todos os brasileiros e estrangeiros residentes no País. Se para manter a vida é necessário a água, sem esta, a vida se torna impossível.

A escassez hídrica é uma preocupação recente, visto que não era entendida pelas civilizações passadas que tinham a ideia de que o recurso era infinito. Nesse sentido, o que se vivencia na atualidade é o início da discussão de uma disputa mundial pelo recurso. Por isso, a partir do século XX a água é relacionada com o valor do petróleo e recebe, para alguns estudiosos a nomenclatura: “ouro azul” que configura uma disputa política hídrica mundial (BECKER, 2003).

Somado a isso, Costa (2003) entende que a insuficiência hídrica quando associada à distribuição desproporcional é devida à dificuldade de acesso entre as pessoas e favorecimento do acesso pelas classes com maior poder aquisitivo. Esse cenário torna a água doce um recurso econômico em ascensão e valorização, a ponto de ser vista como um commodity, o que contradiz os princípios da ONU e da Legislação brasileira, supracitada, que afirmam que a água é um direito universal.

E, ainda, que toda a questão da desigualdade é decorrente de uma precária distribuição hídrica mundial que se associa à incapacidade do recurso se renovar para

suprir a demanda e isso gera uma questão que configura pautas de geopolítica, economia política e geoeconomia.

Com isso, é evidente que o aumento da demanda universal pela água de qualidade e em quantidade satisfatória para fins industriais, doméstico e da agropecuária, deve-se à incapacidade que o recurso tem de atender tais finalidades sem altos custos e com ausência de disputas.

No âmbito brasileiro, Cerqueira (2015) entende que a questão hídrica se apresenta vulnerável, pois possui escasso número de barragens necessárias para suprir a demanda da população. Afirma, também, que de acordo com a Comissão Internacional de Grandes Barragens, órgão técnico responsável por diagnosticar tal situação em âmbito mundial, a relação dos países detentores de barramentos operativos que armazenam mais de 3 milhões em m³ de capacidade para armazenamento chega à casa dos 200.

É importante evidenciar, também, que segundo o pesquisador acima, a Lei das Águas institui parâmetros, para que seja implementada uma Política Nacional de Recursos Hídricos que abrange, estrategicamente, o âmbito nacional e estadual, de maneira a definir as normativas a serem seguidas pelos Estados e pelo país, de modo que se tornam referências de como atuar de modo favorável na utilização, correção e conservação das bacias em proteção às eventuais problemáticas de ocorrência natural. Além disso, enseja que a cobrança pelo uso de água seja sessada; incentiva o uso racional hídrico e antevê fundos monetários para financiar projetos. Assim, o objetivo é vislumbrar a disponibilidade hídrica de qualidade para suprir a demanda atual e futura.

3.3 Distribuição e impactos do uso de água

Em relação ao consumo hídrico brasileiro sabe-se que 70% de toda a água consumida no Brasil é destinada à agricultura, onde há o maior índice de desperdício e, ainda, que se ocorresse a redução de 10% dessa perda conseguira-se abastecer duas vezes a população mundial que, atualmente, é de 7,9 bilhões de pessoas. (REBOUÇAS, 2003; WORLDOMETER, 2022).

A matéria-prima principal da agricultura é a água. Entretanto, a população no Brasil e no mundo aumenta exponencialmente, e isso exige maior disponibilidade hídrica de qualidade e com potabilidade garantida, tanto para o consumo humano, quanto para produção alimentícia.

Além disso, os processos industriais são responsáveis por consumir 7% da água potável disponível, com pequenas perdas e quando não há concessão, pelos órgãos públicos, arcam com os custos do volume de água captado. No geral, as maiores fontes de perdas são devidas à ausência de reparos nas tubulações, bem como à falta de gestão adequada nas concessionárias de saneamento (TSUTIYA, 2005).

Outro ponto importante é o uso da água para atividades relacionadas ao turismo. Esse uso é devido à busca pela diversão, lazer e relaxamento em reservas de água artificial ou natural.

Nesse sentido, a ANA (2005), elaborou um documento para auxiliar na gestão do curso hídrico com essa finalidade, contemplando o setor do turismo com atividades praticadas em água, tais quais: o ecológico, na extensão de todo o litoral do Brasil; o pesqueiro, como forma de lazer em lagos artificiais, por exemplo advindos de barragem (FERREIRA, 2012).

Em conformidade, tanto o turismo pesqueiro, quanto o ecológico são atividades que se tornaram principais fontes de renda na região em que ocorrem. Assim, em relação à atividade do turismo no litoral, sabe-se que, de acordo com Brasil (2005), a prática tem problemas que decorrem de ausência ou quase nenhuma presença eficiente de esgoto sanitário tratado, isso compromete o parâmetro dito balneabilidade, visto que as praias se tornam impróprias para os banhistas.

Em conformidade com isso, a mineração é outra atividade que utiliza água em grande escala na produção. Assim, ANA (2006), relata que desde a década de 70, a preocupação ambiental tornou-se alvo do setor minerário, por isso aprofundou-se as técnicas de gerenciamento do ambiente focado em recursos hídricos a partir de estudos que colocam em destaque as origens naturais da água e do abastecimento.

Na atividade mineradora, a água é fundamental em muitas das cadeias produtivas. Primeiramente, encontra-se na fase de pesquisa mineral, pois antes de estabelecer-se uma mina é necessário esse reconhecimento. Em seguida, faz-se presente nas fases de lavra, tratamento e extração (CIMINELLI *et al.*, 2006).

Sabe-se que a geração de energia é também uma utilidade da água e, em relação ao que afirmam Abbud e Tancredi (2010), o Brasil tem grande capacidade para isso, devido ao fato de que sua disposição hídrica é favorável. Essa prática é, no entanto, um pouco inexplorada, visto que apenas 50% de seu potencial é utilizado, mas, ainda assim, a matriz energética brasileira corresponde à maior do mundo. A exploração quando realizada por meio da energia hidráulica é uma importante fonte de energia renovável, visto que tem potencial poluidor muito baixo e é barata, ao ser comparada com outras.

Ações mitigatórias são importantes para atuar na diminuição de impactos gerados pela construção das usinas, visto que cada rio têm um tipo de população natural que são afetadas diretamente, bem como o ciclo da água e vegetação nativa (VIEIRA & VAINER, 2010).

É necessário entender que os rios possuem características únicas, tanto da fauna e flora, quanto da vazão e ciclo. Contudo, apesar da coerência nos estudos ambientalistas, verifica-se acima que há impactos gerados pela invasiva construção de usinas para geração da energia hidrelétrica.

3.4 Aproveitamento de água

Sabe-se que para haver vida, é necessário a água, visto que é um recurso fundamental para tal. Nesse sentido, preservá-la e promover o uso racional dessa, por meio de aparatos sustentáveis é importante para conservá-la e um meio para alcançar esse objetivo é investir em sistemas de captação de água da chuva.

Por isso, May (2004), aborda que há diversos benefícios em aproveitar a água pluvial, entre eles, diminuir a utilização de água potável promove redução no valor da

água advinda de concessionárias de abastecimento hídrico, o que reduz a possibilidade de ocorrência de enchentes, bem como promove maior disponibilidade hídrica.

Em conformidade, ao reutilizar água de chuva, tem-se também vantagens como possibilidade de aproveitar-se os aspectos locais construtivos disponíveis, tais quais: telhados e lajes. Além disso, há também baixo impacto ambiental associado à prática; a água necessita pouco tratamento, o que a torna um recurso de qualidade; é um complemento do sistema de abastecimento público; possibilidade de haver uma reserva extra de água em situações emergenciais como: seca e escassez de abastecimento convencional. (SIMIONI *et al.*, 2014).

Para ocorrer a efetivação de um sistema de reuso de água pluvial, é necessário haver: 1. Estudo de precipitação local, para a viabilidade de implementação do sistema; 2. Área de captação de água de chuva como, por exemplo, uma rampa; 3. Demanda local por água. 4. Favorabilidade ambiental e climática local; 5. Condições econômicas para a execução e manutenção do sistema; 6. Entender a finalidade para uso da água (MARINOSKI, 2007).

Assim, May & Prado, 2004, apresentam que a água de captação pluvial pode ser utilizada com finalidades não potáveis, como exemplo:

- Residências: aparelhos hidrossanitários, lavadoras de roupas, sistema de combate a incêndio, limpeza geral da casa, carros e no jardim;
- Agricultura: Irrigação do plantio;
- Indústrias: empregada em processos de resfriamento, lavadoras, climatização, limpeza geral do ambiente e das máquinas, lava-jatos.

Aliado a isso, é necessário a sensibilidade quanto ao consumo consciente da água, bem como a verificação de existência de vazamentos em tubulações, boia do armazenamento, em reservatórios e em torneiras (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A metodologia foi estudada por Marinoski (2007), em Florianópolis, Santa Catarina, em uma instituição educacional, denominada SENAI, em que avaliou o

potencial local de economizar-se água potável. Aferiu que 63,5% do recurso hídrico era empregado em aparelhos hidrossanitários, para limpeza, lavagem de automóveis e nos jardins. Assim, definiu que esse percentual correspondia a um consumo de 5.561 litros de água por dia a ser substituído por água captada da chuva.

Somado a isso, na Universidade Federal de Uberlândia, Salla *et al.*, 2013, analisou técnicas para implementar um sistema de abastecimento pluvial, com finalidade não potável em um prédio. Para isso, analisou o ambiente de forma quantitativa, para verificar a viabilidade de abastecimento frente à demanda e qualitativa, sabendo que os milímetros iniciais da captação devem ser descartados. Em relação à quantidade, prevê que o sistema é eficaz e passível de acumulação de 7,9m³ de água, com economia de 18,2% e para 18,2m³ o aproveitamento é de 53,2% do recurso hídrico.

Em Ouro Preto, Minas Gerais, Pinto, (2016), avaliou a possibilidade de abastecimento pluvial em uma residência, de modo técnico e prevendo a economia que isso iria gerar. Assim, não apenas previu a captação de água e o modo que seria armazenada, mas também a manutenção, para aferir a viabilidade econômica do projeto, de acordo com as tarifas de água na região estudada. Concluiu-se que parâmetros como: distribuição de precipitação, quantidade de água, taxa da concessionária local sob a água de abastecimento público e aparelho construtivos disponíveis na edificação são essenciais para a implementação eficaz.

3.5 Qualidade da água

A escassez hídrica é um problema não apenas de ausência de disponibilidade de um recurso, mas também a falta deste com condições qualitativas de potabilidade satisfatórias ao consumo ou não potáveis em processos correlatos a este fim. A qualidade da água é uma responsabilidade da área de saneamento que tem o objetivo de efetuar processos, para que a disponibilidade hídrica ocorra com qualidade à população, atendendo aos parâmetros: economia, eficiência e sustentabilidade. (SHUBO, 2003).

Conforme apresentado por PINTO, (2018), os parâmetros de qualidade da água da chuva para utilização restritiva não potável da água são regidos pela NBR 15527/2007, que realiza a análise semestralmente de: Coliformes totais e coliformes termotolerantes e mensalmente de: Cloro residual livre, turbidez, cor aparente e ajuste de PH. E, para padrões de qualidade mínimos da água pluvial, tem-se a regulamentação da NBR 15527/2007 que prevê as variações na qualidade hídrica pluvial no sistema de coleta, tal como:

- Locais em que não há fluxo de pessoas ou animais: caso a água seja purificada, é considerada potável.
- Locais onde há animais ou pessoas transitando: utilidade apenas para uso não potável;
- Estacionamentos, pisos e estradas: necessário tratar até em usos não potáveis;

A problemática brasileira, como disserta SHUBO, (2003), *apud* BLOCH, (2022), no que tange a qualidade de água é variante de acordo com o afluente de cada região. No rio São Francisco, a água disponível encontra-se degradada em relação à qualidade e quantidade. Isso porque, no rio das Velhas, o maior afluente do São Francisco, há despejamento de esgoto, não apenas da região de Belo Horizonte, mas também advindos de cinquenta outros municípios de Minas Gerais, bem como a presença de efluentes despejados pelas indústrias. Não obstante, atravessa um distrito com atividade mineradora, por isso há presença de metais pesados na água, tais quais: cromo, zinco ou arsênio, muito perigosos à saúde. No corpo hídrico da bacia São Francisco, há presença de: “animais mortos, esgoto, plástico, lixo e substâncias químicas de industriais, garimpos e empreendimentos agrícolas”.

Como disserta PINTO, (2018), *apud* MANO & SCHMITT, (2004), a água pluvial pode ser classificada quanto à destinação de sua utilização, tal qual: parcial ou total. Em relação ao uso dito total da água de origem da chuva, é aquela que se destina ao consumo humano, como: ingerir, cozinhar e para cuidados de higiene, no sentido em que o uso parcial é aquele, em que não ocorre contato direto com a possibilidade de ingestão, ou seja, abastecimento de aparelhos hidrossanitários, limpeza e irrigação, são exemplos.

Nesse sentido, é importante observar que a qualidade hídrica da água de reuso, prevê uma melhor potabilidade, o que difere da água captada de mananciais, pois a análise de qualidade hídrica, nesse processo, é dispendiosa, pela característica presença de materiais e substâncias despejadas sob esses locais (SHUBO, 2003).

Portanto, caso a necessidade de qualidade hídrica seja alta é preciso que seja tratada e, isso, pode inviabilizar a captação pluvial como fonte alternativa de abastecimento, haja vista que a demanda financeira será elevada, o que não condiz com as vantagens do sistema.

3.6 Sistema de Captação

Na região metropolitana do Rio de Janeiro, Salla *et al.*, 2013, estudou a eficiência no uso do consumo hídrico, objetiva reduzir o desperdício, na medida em que aponta técnicas sustentáveis de reuso de água potável a serem adotadas em casas e empreendimentos. Aponta que apesar da água captada ser tratada, não é bem aproveitada, e, isso se deve ao fato de que há perdas e desperdícios que, se corrigidos, irão favorecer o meio ambiente, a disponibilidade hídrica e a economia. De acordo com os dados amostrais apresentados no estudo, a região Sudeste é a que mais desperdiça água, na medida em que o Estado do Rio de Janeiro é o que está com o pior índice de uso hídrico brasileiro, com maior consumo de água.

Em conformidade, Shubo, 2003, aponta que outro parâmetro a ser considerado para reduzir perdas no sistema de abastecimento é a produtividade, visto que a demanda e as exigências de qualidade do consumidor crescem a todo tempo. A produtividade ocorre quando há aumento no consumo associado à diminuição de perdas e bom aproveitamento do que foi investido, associado à prosperidade financeira.

O autor supracitado, infere, ainda, sobre os impactos no abastecimento urbano, destaca que ocorre a degradação tanto de fontes de água superficial, quanto subterrânea, isso porque os contaminantes são lançados superficialmente sem tratamento sob os leitos dos rios e contaminam o lençol freático. Além disso, outro

fator preponderante é a urgência da demanda em grandes centros que vêm do processo desordenado de urbanização.

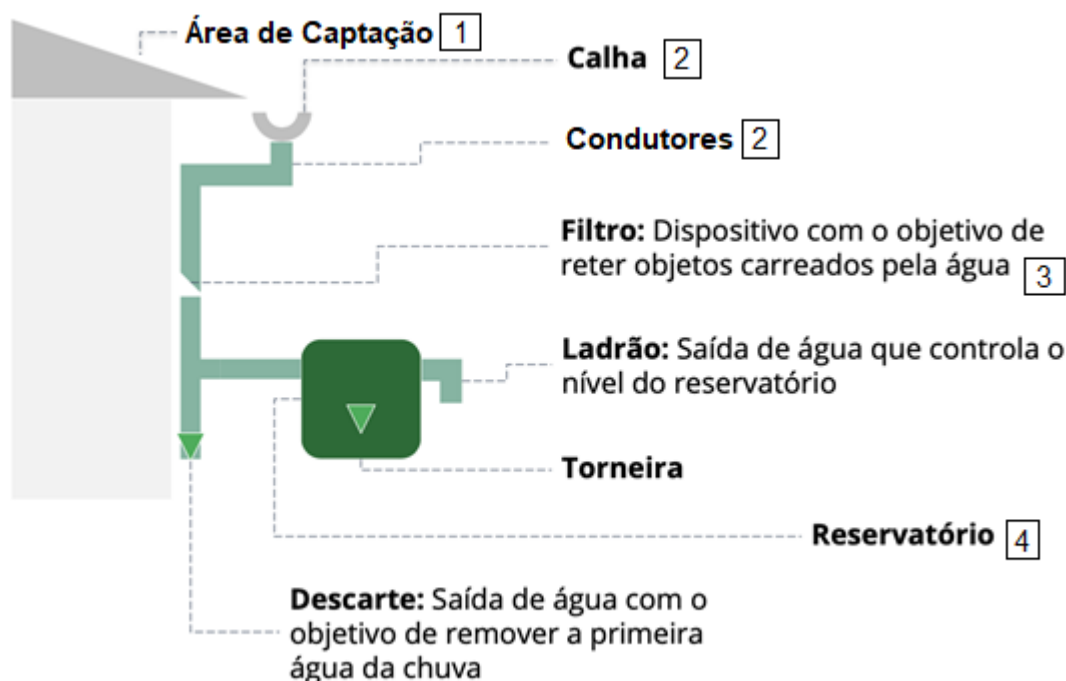
Por fim, entende-se que a água, recurso natural essencial à sobrevivência humana, é um bem em escassez que deve ser preservado pela sociedade, de modo a obter o consumo eficiente e sustentável, reduzindo perdas, desperdícios e utilizando-se de fontes alternativas para captação e reuso hídrico.

No que tange o abastecimento hídrico e esgoto sanitário, sabe-se que o crescimento desordenado é associado à falta de investimento financeiro nesses setores, esse cenário torna-se um desafio para disponibilização de água de qualidade à população (SHUBO, 2003).

O disposto na resolução CONAMA nº20/86 estabelece parâmetros dos mananciais para abastecimento, contendo requisitos mínimos para água salobra, doce e salinas brasileiras (CONAMA, 1986).

O sistema de captação de água da chuva prevê como principais componentes os descritos na Figura 2.

Figura 2 – Croqui sistema de captação de água da chuva



Fonte: Adaptado de Engenheiros sem Fronteiras (ESF, 2019)

1. Área de captação: é onde inicia-se o processo, isso porque a água da chuva incide sob as áreas impermeabilizantes, tal como o telhado;
2. Condutores e calhas: são os instrumentos que atuam como ligações entre a área de captação e o destino seguinte;
3. Filtros: atuam como elementos que retêm as impurezas maiores que são carregadas com a água da chuva, tal como: folhas, objetos ou qualquer material;
4. Reservatório de acumulação: a água é, então, armazenada em reservatórios fabricados de material não tóxico.

3.6.1 Área de Captação

Segundo a NBR 10844, a área de captação ou contribuição são definidas como a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação. O telhado pode estar inclinado, pouco inclinado ou plano. Os materiais empregados na fabricação das telhas e telhados podem ser cerâmicas, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, plástico ou até mesmo concreto armado, revestimento asfáltico, entre outros, conforme ilustrados na Figura 3 (TOMAZ, 2009).

A área de captação é fornecida em metros quadrados (m^2) e é a projeção do telhado sobre o terreno. Para calculá-la considera-se a inclinação do telhado e, caso existam, considera-se também as superfícies das platibandas. A NBR 10844 apresenta uma fórmula para cada tipo de telhado.

Figura 3 – Variedade de materiais aplicados na fabricação de telhas



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

3.6.2 Condutores e Calhas

Os condutores e calhas são responsáveis por captar e direcionar o fluxo d'água em direção ao reservatório. O material utilizado na confecção das calhas são diversos, podendo variar de alumínio, metal galvanizado (Figura 4) ou de PVC (Figura 5). Dos materiais citados, o alumínio é sugerido devido sua resistência à corrosão, porém possui preço elevado se comparado ao metal galvanizado, em contrapartida o PVC apresenta custo inferior e bom desempenho para pequenas áreas de captação.

Superfícies de concreto, cerâmicas, polycarbonato e fibra de vidro também são utilizados para a captação da precipitação. É indicado, portanto, que as calhas e

condutores sejam fabricadas e revestidas exclusivamente por materiais inertes, mitigando as possibilidades de contaminação por partículas tóxicas oriundas de tais elementos (COLLA, 2008).

É relevante reforçar que, segundo NBR 15527/2019, calhas e condutores horizontais e verticais necessitam estar em conformidade com a ABNT NBR 10844.

Figura 4 - Calha e Conductor de metal galvanizado



Fonte: <https://calhaspessuti.com.br/>

Figura 5 - Calhas e condutores de PVC



Fonte: <https://www.guiadaengenharia.com/>

3.6.3 Filtros

Conforme a NBR 15527 (2019), a instalação de um dispositivo responsável pela remoção de detritos, tais como grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213, é necessária. O dispositivo será responsável pela separação entre a água e os resíduos como, por exemplo, galhos, folhas, pequenos animais mortos, entre outros elementos presentes na área de captação, calhas e condutores. Outra maneira de impedir a passagem de detritos é a utilização de filtros próprios para os sistemas de captação.

Além disso, é solicitada também a instalação de um dispositivo para descarte da água de escoamento inicial (Figura 6) e, caso não haja dados suficientes para dimensionar com exatidão o volume de descarte, deve ser arbitrado um valor mínimo de 2 mm da precipitação inicial. A fim de certificar a eficiência do sistema, em termos de manutenção, a NBR 15527 (2019) determina uma inspeção mensal e uma limpeza trimestral para o dispositivo de filtragem e uma limpeza mensal para o dispositivo de descarte inicial.

Figura 6 - Representação de Filtro e dispositivo de descarte de água inicial



Fonte: <https://www.sempresustentavel.com.br/>

No Brasil existem variados modelos de filtros comercializados, destacam-se os de patente alemã (Figura 7) que são compactos, autolimpantes, possuem fácil manutenção e retém sólidos com diâmetros superiores à 0,27mm, porém apresentam alto custo, não sendo opção viável em todas situações (TOMAZ, 2009).

Figura 7 – Modelo alemão de filtro comercial



Fonte: <https://www.ecosoli.com.br/>

3.6.4 Reservatórios

O dimensionamento do reservatório retrata a maior parte do investimento em um sistema de aproveitamento de água da chuva (MARTINSON; THOMAS, 2005). Tal qual pode ser considerado o item de maior relevância, dessa forma, se torna imprescindível a adoção de um método de dimensionamento apropriado a fim de viabilizar técnica e economicamente a captação de águas pluviais.

É entendido que os reservatórios têm como função reter e armazenar a água captada, o que não expressa que toda água precipitada poderá ser coletada, seja por questões normativas, econômicas ou espaciais. É importante ressaltar que sempre há precipitação suficiente para atender a demanda, visto que, segundo Marinoski (2007), o dimensionamento depende, principalmente, da área de captação, demanda solicitada, e precipitações locais.

É possível alocar os reservatórios de variadas maneiras, sejam enterrados no solo (Figura 8), apoiados ao chão (Figura 9) ou elevados por meio de estruturas (Figura 10). Diversos materiais são utilizados para sua fabricação como, por exemplo, concreto armado, plástico, alvenaria, alvenaria armada, PVC, poliéster, entre outros (FAVRETTO, 2016).

Figura 8 - Reservatório sob o solo



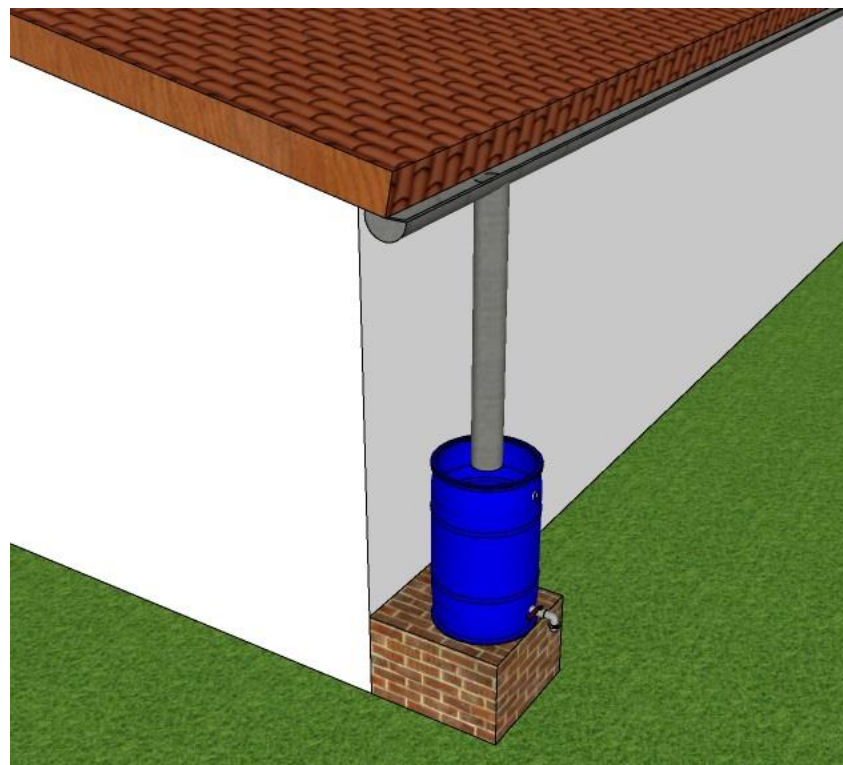
Fonte: <https://www.cec.com.br/>

Figura 9 - Reservatório sobre o solo



Fonte: <https://thorusengenharia.com.br/>

Figura 10 - Reservatório Suspenso



Fonte: <http://www.habitamos.com.br/>

3.7 Métodos de Dimensionamento

Fontes alternativas têm sido exploradas a fim de mitigar as dificuldades relacionadas à disponibilidade hídrica no mundo. Dentre as soluções encontra-se a captação da água das chuvas, técnica que, para ser executada, estabelece que seja efetuado o armazenamento da água em reservatórios, parte indispensável do sistema, que deverá ser corretamente dimensionado. Para tal, é imprescindível ter acesso à área de captação, pluviometria local, coeficiente de aproveitamento da água pluvial e ao volume de água potável a ser substituída.

Assim sendo, não é recomendado que o reservatório do sistema de captação se mantenha inoperante por longos períodos, tal como o mesmo não deve promover desperdício de água ao suprir a demanda devida. Região geográfica, objetivos de implantação e função do sistema são razões responsáveis pela variabilidade do resultado obtido após o dimensionamento. Conforme o volume estabelecido, será possível determinar por qual período o reservatório atuará, buscando-se o maior prazo possível (AMORIM, 2008).

Conforme Soares et al.¹ (2000) *apud* May (2004), é possível subdividir os métodos de dimensionamento de reservatórios em quatro grupos distintos, de acordo com a finalidade de uso dos dados concomitante à introdução aos resultados:

1. métodos determinísticos: analisa-se por meio de uma curva de massa os dados de precipitação pluviométrica e demanda;
2. métodos aproximados: fundamentados por relações empíricas;
3. métodos de modelação: classificados como métodos de transição probabilística da matriz; e
4. métodos de análises de sistemas: utiliza-se de programação linear, não linear ou dinâmica.

Visto a grande diversidade de métodos apresentados pela NBR 15527/07, é necessário avaliar qual o mais adequado à cada caso.

3.7.1 Método de Rippl

Também conhecido como o método do Diagrama de Massas, o procedimento de Rippl é o mais citado pelos autores atuais, bem como o mais utilizado devido sua fácil aplicabilidade. Por meio desse método é possível dimensionar o reservatório de duas maneiras distintas, de forma analítica ou gráfica (AMORIM, 2008).

Contudo, para sua aplicação considera-se que o volume do reservatório consiste na soma acumulada da diferença entre o consumo de água de chuva e o volume de água captável (BRANDÃO, MARCON, 2018). Por meio da Equação 1 é possível representá-lo:

$$V = \sum S(t), \text{ se } S(t) > 0 \text{ (Equação 1)}$$

Sendo: $S(t) = D(t) - Q(t)$; $Q(t) = R \times P(t) \times A \sum D(t) < \sum Q(t)$ (Equação 2)

Em que:

- V = volume do reservatório (m^3);
- $S(t)$ = volume de água no reservatório em t (m^3);
- $D(t)$ = demanda de água em t (m^3);
- $Q(t)$ = volume de chuva aproveitável em t (m^3);
- R = coeficiente de escoamento superficial (runoff);
- $P(t)$ = índice pluviométrico mensal ou diário em t (m^3);
- A = área da superfície de captação de água de chuva (m^2).

3.7.2 Método da Simulação

O método da Simulação Mensal estabelece previamente o volume do reservatório para então analisar o comportamento ao longo dos meses, a partir dos

dados disponíveis. Sendo assim, é possível identificar os intervalos em que reservatório determinado atende ou não à demanda.

O procedimento para o cálculo, de certa forma, se resume à: considera-se que o reservatório está vazio no início da simulação, em seguida é adicionado o volume de água captada no mês analisado e também subtraído o volume de água consumido. Consecutivamente repete-se o procedimento para os meses seguintes (BRANDÃO, MARCON, 2018).

Para o Método da Simulação, os dados pluviométricos não são submetidos à tratamento estatístico, se baseia na equação da continuidade, representada na Equação 3.

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \text{ (Equação 3)}$$

Sendo: $Q(t) = R \times P(t) \times A$; $0 \leq S(t) \leq V$; se $S(t) < 0$, então $S(t) = 0$
(Equação 4)

Em que:

- $S(t)$ = volume de água no reservatório no mês t (m^3);
- $Q(t)$ = volume de chuva no mês t (m^3);
- $S(t-1)$ = volume de água no reservatório no mês $t-1$ (m^3);
- $D(t)$ = consumo ou a demanda no mês t (m^3);
- R = coeficiente de escoamento superficial (runoff);
- $P(t)$ = índice pluviométrico mensal no mês t (m^3);
- A = área da superfície de captação de água de chuva (m^2);
- V = volume do reservatório escolhido (m^3).

3.7.3 Método de Azevedo Neto

Com o método Azevedo Neto, o dimensionamento do reservatório ocorre multiplicando-se as médias dos totais anuais de precipitação pela área de captação

disponível, assim como pelo número de meses de baixa ocorrência de chuva e pelo coeficiente 0,042 conforme indicado na Equação 5 (BRANDÃO, MARCON, 2018). Segundo ANQUIP (2009), o coeficiente existe para garantir que a água fique retida, aproximadamente, 15 dias em um ano.

$$V = 0,042 \times P \times A \times Ms \text{ (Equação 5)}$$

Em que:

- V = volume do reservatório (L);
- P = média dos totais anuais de precipitação (mm);
- A = área da superfície de captação de água de chuva (m²);
- Ms = quantidade de meses com pouca chuva ou seca.

3.7.4 Método Prático Alemão

O procedimento Prático Alemão é um método empírico citado na NBR 15527 (ABNT, 2007), do qual se determina o volume do reservatório como sendo o menor valor entre as seguintes opções: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. Segundo ANQUIP (2009), tem-se o coeficiente 0,06 a fim de reter a água por no máximo 22 dias. Por meio da Equação 6 é possível descrever o cálculo:

$$V = 0,06 \times \text{mínimo} (Da; Va) \text{ (Equação 6)}$$

Sendo: $Va = Pa \times R \times A$

Em que:

- V = volume do reservatório (L);
- Da = demanda anual de água pluvial (L);
- Va = volume de água de chuva aproveitável durante um ano (L);
- Pa = média dos totais anuais de precipitação (mm);
- R = coeficiente de escoamento superficial (runoff);

- A = área da superfície de captação de água de chuva (m^2).

3.7.5 Método Prático Inglês

Para o método Prático Inglês, o dimensionamento do o reservatório ocorre multiplicando-se a média dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e pelo coeficiente 0,05 (BRANDÃO, MARCON, 2018). O coeficiente assegura a retenção da água por até 18 dias no reservatório (ANQUIP, 2009). Por meio da Equação 7 é possível descrever o cálculo:

$$V = 0,05 \times Pa \times A \text{ (Equação 7)}$$

Em que:

- V = volume do reservatório (L);
- Pa = média dos totais anuais de precipitação (mm);
- A = área da superfície de captação de água de chuva (m^2).

3.7.6 Método Prático Australiano

No método Prático Australiano, para dimensionar o reservatório define-se um volume inicial para tal analisando em sequência se será suficiente para a demanda final. A análise é realizada adequando o volume do reservatório por tentativas, até ser definido um volume inicial capaz de suprir o abastecimento solicitado (BRANDÃO, MARCON, 2018). Por meio da Equação 8 é possível descrever o cálculo:

$$Q(t) = R \times \{P(t) - I\} \times A \text{ (Equação 8)}$$

Sendo: $Q(t) = R \times P(t) \times A$; $0 < S(t) < V$; Se $S(t) < 0$, então $S(t) = 0$
(Equação 9)

Em que:

- $Q(t)$ = volume de chuva captável no mês t (m³);
- R = coeficiente de escoamento superficial (runoff);
- $P(t)$ = média pluviométrica mensal multianual para o mês t (m);
- l = perda por interceptação da água na superfície de captação ou por evaporação.

Observando os meses em que o volume do reservatório foi insuficiente, calcula-se a garantia de abastecimento do reservatório por meio da Equação 9:

$$G = 100 * \left(1 - \frac{M_f}{M}\right) \text{ (Equação 10)}$$

Em que:

- G = garantia de abastecimento com o volume do reservatório escolhido;
- M_f = número de meses em que o abastecimento falhou, ou seja, $S(t) \leq 0$;
- M = número total de meses no ano.

4 METODOLOGIA

4.1 Local de Estudo

Itabirito pertence ao Estado de Minas Gerais, é um município cujos 52.996 moradores (Prefeitura de Itabirito, 2021) são chamados de Itabiritenses e proporcionam uma densidade demográfica de 97,7 habitantes por km². A cidade se desdobra por uma área de 542,6 km². Localizado a 902 metros de altitude, dispõe das seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 20° 15' 12" Sul, Longitude: 43° 48' 33" Oeste (Figura 11).

Figura 11 - Localização de Itabirito no Mapa de Minas Gerais.



Fonte: Prefeitura de Itabirito (2014)

Em Itabirito, no período de precipitação a estação é úmida e de céu encoberto enquanto na estação seca é de céu com poucas nuvens. O clima se caracteriza predominantemente pelo tipo Cwa, classificado pela EMBRAPA como subtropical de inverno seco e verão quente, apresentando temperaturas abaixo de 18°C no inverno e acima de 22°C no verão. Esse tipo de clima é típico de regiões serranas no centro e sul de Minas Gerais e também ao norte nas serras do Espinhaço e Cabral. Fora de Minas Gerais é identificado também no sudoeste do Espírito Santo, no Rio Paraíba, Rio de Janeiro; São Paulo e sul do Mato Grosso do Sul (MYR Projetos Sustentáveis, 2013).

4.2 Características da residência

A edificação unifamiliar possui dois pavimentos, e está localizada em um terreno de 365 m², dos quais 198,8 m² correspondem à área construída, sendo 167 m² área de projeção da edificação, 40 m² área permeável e 137 m² de pátio. Dados calculados utilizando o software AutoCAD pelo projeto da edificação, Anexo A. A residência é constituída por três quartos, três banheiros, uma cozinha, um escritório, garagem, área de serviço e varanda. O telhado é de telha cerâmica esmaltada, possui 3 águas com inclinação de 35%, com calhas de metal galvanizado, dimensões 20 cm x 20 cm.

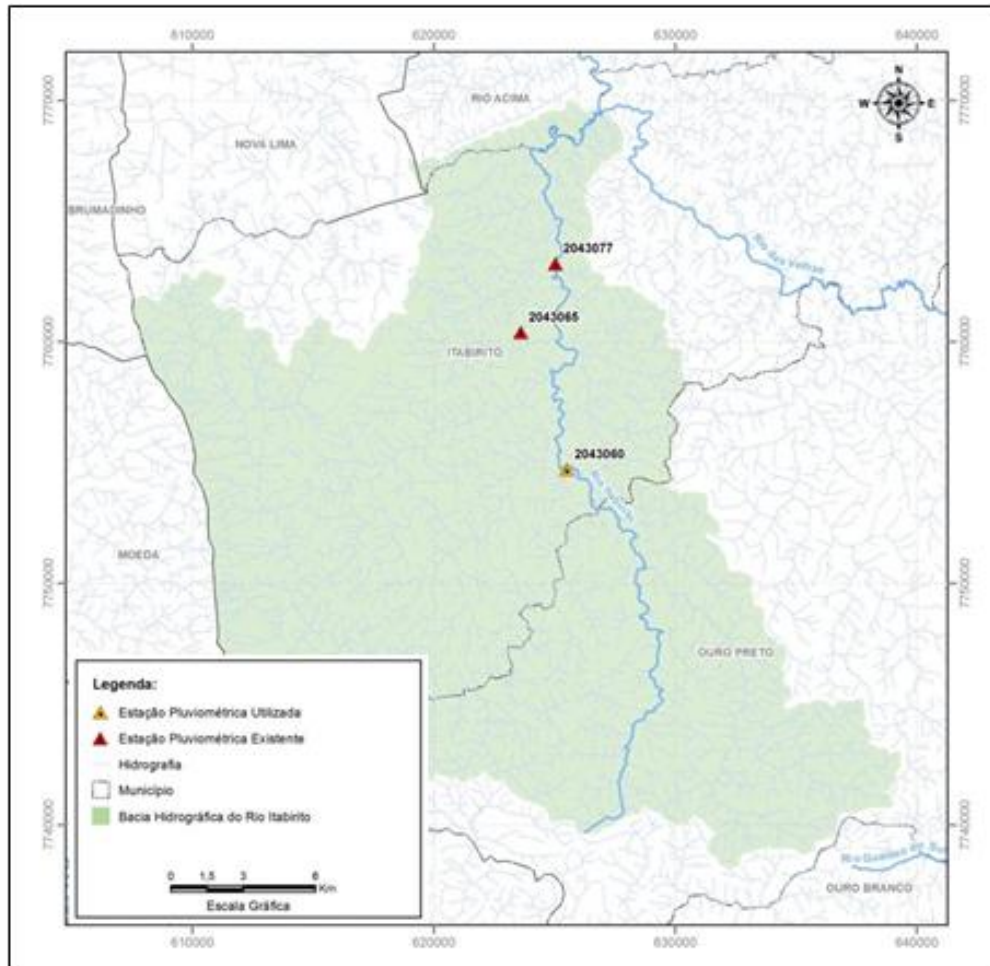
4.3 Determinação da precipitação de Itabirito - MG

Tem-se como objetivo do estudo, da precipitação pluvial, a obtenção de dados para o projeto de meios de coleta e condução das águas de chuva com maior eficácia e velocidade aos cursos d'água, lagos ou oceanos, em busca de efetivar o aproveitamento da água ou evitar inundações. Todo esse processo faz parte da Engenharia de Recursos Hídricos.

A partir do momento em que calhas e condutores recebem toda a precipitação, tais devem ser dimensionados para as chuvas mais críticas, de modo que atendam à demanda necessária. A precipitação é expressa conforme sua intensidade, em milímetros de altura d'água.

Na Tabela 3 são apresentados os dados de precipitação de Itabirito/MG, provenientes de uma série histórica observado entre os anos de 2000 à 2020, por meio de dados da estação pluviométrica Itabirito – Linígrafo (02043060) (Figura 12), presente no banco de dados HidroWeb da ANA. A estação citada está localizada nas proximidades do Rio Itabirito e, entre as estações com dados disponíveis, é a mais próxima da cidade.

Figura 12 - Localização da estação pluviométrica Itabirito – Linígrafo



Fonte: MYR Projetos Sustentáveis (2013)

A Tabela 3 apresenta os registros de precipitação total mensal, anual, máxima e mínima da estação referida.

Tabela 3 – Registros Pluviométricos em Itabirito/MG (mm) - 2000 a 2020

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL
2000	354,00	156,90	147,50	15,30	1,00	0,20	14,40	18,80	80,10	53,20	303,60	269,20	1414,2
2001	168,70	95,60	134,40	11,40	41,20	0,30	3,20	27,90	61,60	91,00	235,90	340,30	1211,50
2002	273,70	212,10	40,90	40,80	35,40	0,00	4,20	5,40	106,80	45,00	265,90	277,30	1307,50
2003	457,00	33,00	177,20	52,10	18,50	0,10	0,00	20,50	9,10	38,60	174,60	303,20	1283,90
2004	252,40	360,80	95,00	85,50	49,00	23,00	33,80	0,00	0,00	83,80	107,40	316,30	1407,00
2005	232,00	152,70	279,30	84,60	58,50	13,90	16,40	27,30	122,00	42,10	270,60	294,10	1593,50
2006	150,90	109,80	234,20	61,30	13,80	5,90	2,50	9,40	77,10	92,30	196,40	228,50	1182,10
2007	340,60	65,80	67,30	80,40	15,30	7,90	11,80	0,00	7,90	91,20	156,00	242,60	1086,80
2008	247,30	140,20	205,40	138,90	0,00	15,60	0,00	39,40	71,80	34,10	229,80	658,50	1781,00
2009	282,50	141,00	449,40	124,80	27,00	59,00	1,00	23,20	60,90	267,40	196,40	396,00	2028,60
2010	111,90	9,30	187,50	53,20	43,70	0,00	0,60	0,00	31,30	155,20	350,10	314,00	1256,80
2011	199,90	69,90	209,60	85,80	3,00	24,20	0,00	0,00	3,00	110,00	302,50	500,60	1508,50
2012	448,70	54,30	194,70	99,90	53,60	29,60	0,00	0,00	31,90	34,90	285,10	59,10	1291,80
2013	336,10	89,70	242,30	92,80	43,80	48,50	0,00	16,70	44,30	67,10	64,00	320,50	1365,80
2014	70,00	35,30	162,70	95,00	11,00	4,30	49,70	10,20	0,30	48,40	176,20	115,70	778,80
2015	56,30	257,60	274,50	56,00	85,80	6,20	3,80	8,10	88,20	43,10	210,90	235,90	1326,40
2016	416,50	97,60	129,30	40,90	5,10	54,50	0,00	10,10	94,00	102,60	223,90	242,20	1416,70
2017	113,70	194,10	92,90	0,40	33,90	70,00	0,00	0,00	2,50	108,60	139,10	237,80	993,00
2018	77,70	289,20	213,00	23,30	3,20	5,00	0,10	40,60	118,60	119,50	-	220,00	1110,20
2019	65,20	228,40	229,70	103,80	21,60	7,10	0,00	1,00	39,10	121,40	228,90	203,90	1250,10
2020	455,80	426,20	240,00	100,50	27,00	0,00	1,30	11,10	0,00	117,20	99,90	-	1479,00

Média	243,38	153,31	190,80	68,89	28,16	17,87	6,80	12,84	50,02	88,89	200,82	275,03	1336,82
Máximo	457,00	426,20	449,40	138,90	85,80	70,00	49,70	40,60	122,00	267,40	350,10	658,50	2028,60
Mínimo	56,30	9,30	40,90	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,10	64,00	59,10	778,80

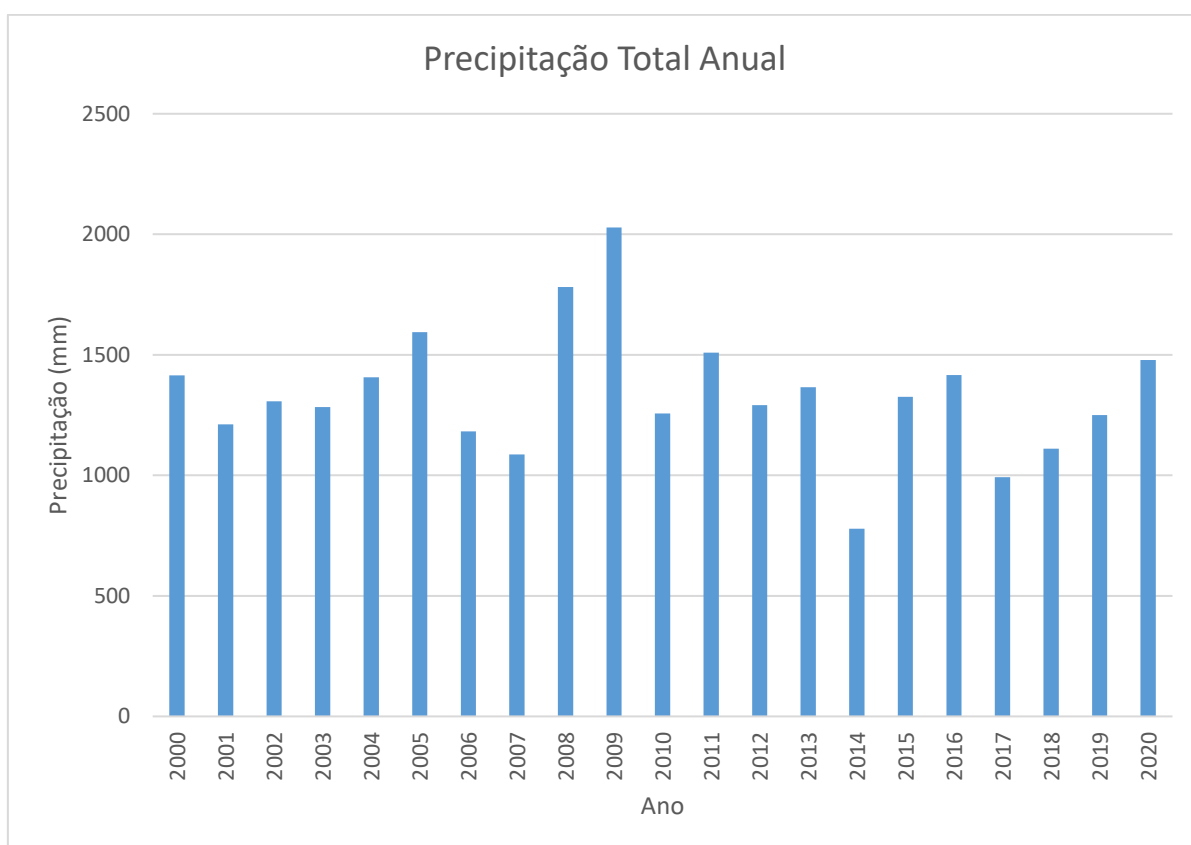
Fonte: Adaptado de ANA (2022)

Analisando-se a Tabela 3 é possível identificar que a precipitação acumulada anual média é de 1336,82 mm, já o mínimo anual ocorreu no ano de 2014, sendo registrados 778,8 mm e o máximo, de 2028,6 mm, ocorreu no ano de 2009. Vale ressaltar que houve falha nos dados apenas em novembro de 2018 e dezembro de 2020, como não foi uma ocorrência que impactaria de forma relevante na média dos

dados, não foram arbitrados valores para preencher esse problema. A partir dos dados da Tabela 3 foi possível elaborar o Gráfico 1 e o Gráfico 2.

Observando o Gráfico 1 é possível visualizar com mais clareza a distribuição da precipitação total acumulada. É possível identificar tanto os períodos mais chuvosos quanto os de maior seca, dados importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Constata-se que o período mais chuvoso se dá entre os meses de novembro a março, com média mensal superior a 150mm e que o período de maior seca se dá entre junho e agosto, com média mensal inferior a 15mm.

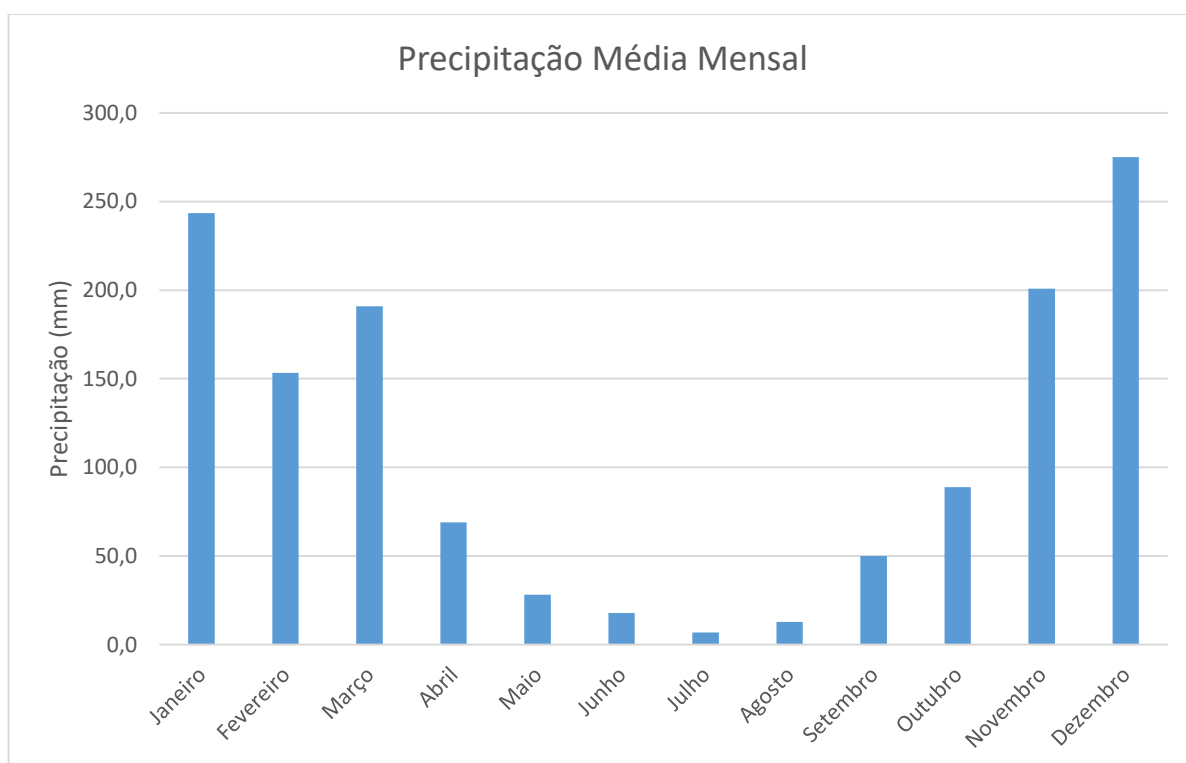
Gráfico 1 - Precipitação total Anual - 2000 à 2020



Fonte: Autoria própria com base em dados de ANA (2022)

Pode-se identificar pelo Gráfico 1, que os totais de pluviosidade dos anos de 2000 a 2020 obtiveram picos nos anos de 2005, 2008, 2009 e 2011, chegando a índices superiores a 1500 mm, caracterizando também, que não acontece uma regularidade na distribuição dos picos das chuvas.

Gráfico 2 - Precipitação Média Mensal



Fonte: Autoria própria com base em dados de ANA (2022)

Referente ao Gráfico 2 é possível verificar que o período chuvoso ocorre entre os meses de novembro à março e entre maio a agosto acontece o período de seca, como apontado anteriormente. Os meses de dezembro e janeiro são caracterizados por apresentarem a maior média acumulada, superando, consecutivamente 250 e 200 mm. Em contrapartida, julho apresenta a menor média mensal, registrando apenas 6,8 mm.

4.4 Área de captação

No projeto de cobertura (Anexa A), estão detalhadas as três caídas de água do telhado, assim como o telhado da varanda e suas respectivas inclinações de 30%. Todo o telhado é composto por telhas do mesmo material, telha cerâmica esmaltada. As áreas foram calculadas por meio do programa AutoCAD.

- Área captação do telhado: 198,8 m²;
- Área de jardim: 40 m²;
- Área impermeável (pátio): 137 m².

4.5 Coeficiente de escoamento superficial – runoff (C)

Tratando-se de cálculos, nem toda a água precipitada é coletada e aproveitada. O coeficiente de escoamento superficial, conhecido por coeficiente de runoff (c), representa a relação entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada (TOMAZ, 2009). Basicamente, isso significa que não é possível captar toda a água precipitada em determinada área. Deve-se, portanto, considerar o coeficiente de runoff, que representa o percentual de água captável em relação à água precipitada.

São apresentados na Tabela 4 diversos materiais e seus respectivos coeficientes de runoff.

Tabela 4 – Coeficientes de Runoff

Material	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: Tomaz (2009)

Conforme citado anteriormente, o telhado é composto por telhas cerâmicas esmaltadas, portanto, será adotado $C = 0,95$ para o Coeficiente de Runoff.

4.6 Demanda de água pluvial

Apesar de ter-se acesso aos dados de consumo mensal de água da residência, abastecida pelo SAAE (Serviço Autônomo de água e Esgoto) que oscila em torno de 27 m^3 ao mês conforme ilustrado na Tabela 5, considerando dados de junho de 2021 a maio de 2022, o mesmo trata-se do consumo total na edificação. No estudo de caso deste trabalho será considerado a substituição de água potável, por água de reuso apenas para fins externos e não potáveis. Para o cálculo da vazão a ser substituída, utilizou-se a metodologia sugerida por Plínio Tomaz, a qual apresenta a demanda residencial de água potável em diferentes usos conforme pode-se observar na Tabela 6.

Tabela 5 - Consumo total de água potável da residência

Mês/Ano	Consumo Metro cúbico (m^3)
Junho/21	10
Julho/21	64
Agosto/21	13
Setembro/21	50
Outubro/21	22
Novembro/21	23
Dezembro/21	30
Janeiro/22	27
Fevereiro/22	29
Março/22	27
Abril/22	28
Maio/22	27
Média	27

Fonte: Autoria própria com base em dados do SAAE (2022)

Destaca-se que, para os meses de junho e agosto de 2021, não houve medição, nesta ocorrência o SAAE estima um valor para o consumo, no caso de 10 m³ e na próxima visita efetua a medição correta, descontando o valor arbitrado.

Tabela 6 - Demanda residencial de água potável em áreas externas

Uso Externo	Unidades	Valores
Casa com piscina	%	0,1
Gramado/Jardim	L/dia/m ²	2
Lavagem de Carros	L/Lavagem/carro	150
Lavagem de Carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim	L/dia	50
Manutenção de piscinas	L/dia/m ²	3
Lavagem de Pátio	L/dia/m ²	1,5

Fonte: Plínio Tomaz (2009)

4.7 Dimensionamento do reservatório

Por se tratar de uma residência unifamiliar cujo objetivo de uso da água captada será exclusivamente para fins não potáveis, será considerado apenas um reservatório inferior. Dessa forma, não haverá bombeamento para um reservatório superior, mitigando não apenas os gastos com o mesmo, mas também gastos energéticos com a bomba.

Há grande variedade de reservatórios comercializados no Brasil, possibilitando encontrar a opção com volume mais próximo do dimensionado ou a mais viável economicamente. Através do catálogo da Fortlev (Figura 13), uma das empresas responsáveis pela produção e venda de reservatórios, observa-se a grande variedade de tanques para armazenamento supracitada.

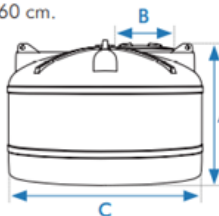
Figura 13 - Volumes e dimensões de reservatórios Fortlev

Características

- Disponível nos volumes 310 L a 20.000 L.
- Proteção UV.
- Com Adaptador (Flange) instalado.
- Tampa de inspeção com diâmetro de 60 cm.

Modelos e Dimensões

- A** Altura total
- B** Diâmetro da tampa de inspeção
- C** Diâmetro total



Capacidade (L)	Código	Dimensão em metros		
		A	B	C
310	0.207.001.9	0,52	0,60	1,00
500	0.207.008.9	0,65	0,60	1,16
1.000	0.207.009.0	0,80	0,60	1,48
2.000	0.207.009.3	1,13	0,60	1,68
2.500	0.207.001.1	1,21	0,60	1,80
3.000	0.207.009.4	1,29	0,60	1,90
5.000	0.207.002.5	1,51	0,60	2,25
10.000	0.207.004.8	1,93	0,60	2,78
15.000	0.207.005.4	2,20	0,60	3,20
20.000	0.207.005.2	2,83	0,60	3,17

Fonte: Fortlev (2020)

Para o dimensionamento do reservatório serão utilizados dois métodos distintos. O Método de Rippl, por se tratar do método mais conhecido e aplicado e o método da simulação, por determinar um volume mais próximo do valor real devido às tentativas realizadas, podendo também ser adaptado aos volumes de reservatórios disponíveis.

4.8 Método de Rippl

O método mais utilizado para sistemas de aproveitamento de água de chuva é o de Rippl. É interessante aplicá-lo por apresentar a demanda extrema necessária, obtendo-se uma referência máxima de dimensionamento.

Esse método pode ser aplicado por meio das Equações 1 e 2, ou utilizando a Tabela 7.

Tabela 7 - Dimensionamento pelo método de Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	milímetros (mm)	metro cúbico (m ³)	metro quadrado (m ²)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2009)

Coluna 1 – Representa o período de tempo (de janeiro a dezembro).

Coluna 2 – Chuvas médias mensais (em milímetro).

Coluna 3 – Demanda mensal determinada (em metros cúbicos).

Coluna 4 – Área de captação da água de chuva (em metros quadrados).

Coluna 5 – Volumes disponíveis de água de chuva. Obtido por meio do seguinte cálculo: (Coluna 2) x (Coluna 4) x (Coeficiente de runoff) x (Coeficiente de eficiência) / (1000) (em metros cúbicos).

Coluna 6 – Diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais (Coluna 3 - Coluna 5). Resultados positivos indicam que o volume da demanda é superior ao volume disponível e resultados negativos apontam que o volume disponível é superior à demanda de água.

Coluna 7 – Diferenças acumuladas da coluna 6 descartando os valores negativos.

Coluna 8 – O preenchimento da coluna 8 é realizado pelas letras E, D e S sendo: E = água escoando pelo extravasor; D= nível de água baixando e S= nível de água subindo.

4.9 Método da Simulação

Segundo Tomaz (2009), o método da análise de simulação é o melhor para avaliar um reservatório. Portanto, esse método pode ser aplicado por meio da equação da continuidade (Equação 3) ou utilizando a Tabela 8.

Tabela 8 - Método da Simulação

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volum e de chuva mensal	Volum e do reservatório fixado	Volum e do reservatório no tempo (t-1)	Volum e do reservatório no tempo (t)	Overflo w	Suprimen to de água externo
	Milímetros (mm)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2009)

Coluna 1 – Representa o período de tempo (de janeiro a dezembro).

Coluna 2 – Chuvas médias mensais (em milímetro).

Coluna 3 – Demanda mensal determinada (em metros cúbicos).

Coluna 4 – Área de captação da água de chuva (em metros quadrados).

Coluna 5 – Volumes disponíveis de água de chuva. Obtido por meio do seguinte cálculo: (Coluna 2) x (Coluna 4) x (Coeficiente de runoff) x (Coeficiente de eficiência) / (1000) (em metros cúbicos).

Coluna 6 – Volume do reservatório pré-estabelecido.

Coluna 7 – Representa o volume do reservatório no início da simulação. Valor de janeiro igual a zero. Se (Coluna 8 do mês anterior) for menor que zero, adotar zero. Se (Coluna 8 do mês anterior) for maior ou igual a zero, adotar o valor.

Coluna 8 – Representa o volume do reservatório ao fim do mês. Valor de janeiro igual o volume do reservatório. Se $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3)$ for maior que $(\text{Coluna } 6)$ adotar o valor da $(\text{Coluna } 6)$. Se $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3)$ for igual ou menor que $(\text{Coluna } 6)$ adotar $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3)$.

Coluna 9 – Relativa ao overflow. Se $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3)$ for maior que $(\text{Coluna } 6)$, adota-se $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3) - (\text{Coluna } 6)$. Se $(\text{Coluna } 5) + (\text{Coluna } 7) - (\text{Coluna } 3)$ for igual ou menor que $(\text{Coluna } 6)$, adotar zero.

Coluna 10 – Indica a reposição de água, caso necessário. A reposição pode ser realizada via serviço de abastecimento, caminhão-tanque, entre outros.

5 RESULTADOS

5.1 Dimensionamento do Reservatório

5.1.1 Área de captação

A área de captação da edificação foi determinada utilizando o software AutoCAD, definindo uma área equivalente à 198,8 m² de cobertura. Todo o telhado é composto por telhas do mesmo material, telha cerâmica esmaltada, portanto, conforme Tabela 4, foi adotado 0,95 para o coeficiente de runoff. A NBR 15527/2019 determina que, para o cálculo do volume disponível, deve-se considerar o coeficiente de eficiência, o qual leva em consideração o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, recomenda-se que seja equivalente a 0,85. Ambos os coeficientes influenciarão no volume de água captada.

5.1.2 Demanda de água pluvial

Considerando a Tabela 6, é possível dimensionar a demanda de água potável a ser substituída por água pluvial. Os cálculos foram realizados por meio de uma planilha de Excel, relacionando os dados disponíveis com as demandas necessárias (jardim, lavagem de pátio e lavagem de automóveis) conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo de demanda de água pluvial

Consumo	Quantidade	Unidade	Consumo (L)	Frequência	Resultado
Área de Jardim	40	m ²	2	5	400
Lavagem de Carro	3	unidade	150	2	900
Mangueira de Jardim	1	L	50	10	500
Pátio	137	m ²	1,5	4	1096
				Total	2896

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Conclui-se, portanto, que a demanda de água pluvial é equivalente à aproximadamente 2900L.

5.1.3 Percentual da demanda de água pluvial a ser substituída

Segundo a Tabela 5, o consumo mensal médio de água tratada da residência é de 27 m³, tem-se também, de acordo com a Tabela 9, que a demanda de água pluvial para as atividades externas equivale a 2900L ou 2,9 m³. O percentual da quantidade de água tratada que será substituída por água da chuva é de 10,74% (Tabela 10).

Tabela 10 - Percentual de água potável a ser substituída

Consumo Total metros cúbicos (m ³)	Demanda de água a ser substituída metros cúbicos (m ³)	Percentual da demanda de água a ser substituída %
27	2,9	10,74%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

5.1.4 Método de Rippl

Sabe-se que a demanda de água potável a ser substituída por água captada das chuvas é de 2,9 m³/mês como apresentado no item 5.1.2 e que área de captação, calculada no AutoCAD e abordada no item 5.1.1, é de 198,8 m². Adotou-se 0,95 para

o coeficiente de runoff, devido às telhas cerâmicas esmaltadas, e 0,85 para o coeficiente de eficiência, como demonstrado no item 4.5. As precipitações médias mensais foram definidas no item 4.3. Utilizando a Tabela 11 é possível realizar o cálculo para o dimensionamento do reservatório.

Tabela 11 - Dimensionamento pelo método de Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	milímetros (mm)	metro cúbico (m³)	metro quadrado (m²)	metro cúbico (m³)	metro cúbico (m³)	metro cúbico (m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	243,38	2,90	198,80	39,07	-36,17	-	E
Fevereiro	153,31	2,90	198,80	24,61	-21,71	-	E
Março	190,80	2,90	198,80	30,63	-27,73	-	E
Abril	68,89	2,90	198,80	11,06	-8,16	-	E
Maiο	28,16	2,90	198,80	4,52	-1,62	-	E
Junho	17,87	2,90	198,80	2,90	0,00	-	E
Julho	6,80	2,90	198,80	1,09	1,81	1,81	D
Agosto	12,84	2,90	198,80	2,06	0,84	2,65	D
Setembro	50,02	2,90	198,80	8,03	-5,13	-	S
Outubro	88,89	2,90	198,80	14,27	-11,37	-	E
Novembro	200,82	2,90	198,80	32,24	-29,34	-	E
Dezembro	275,03	2,90	198,80	44,15	-41,25	-	E
Total	1336,82	34,80		214,63	Volume =	2,65	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Portanto, observa-se que o volume ideal para o reservatório, calculado pelo método de Rippl é de 2,65 m³, consideravelmente pequeno, mas que não surpreende devido à baixa demanda. Como não existe reservatório nessas dimensões para venda, o volume seria aproximado para 3 m³, dimensões mais próximas conforme indicado na Figura 13.

5.1.5 Método da Simulação

Por meio da aplicação desse método é possível desenvolver inúmeras simulações considerando variados volumes de reservatórios. Para tal, os valores da área de captação, demanda mensal, precipitação média anual e coeficiente runoff se mantêm os mesmos utilizados no método de Rippl. Utilizando a Tabela 8 e seguindo a sequência construtiva apresentada na metodologia no item 4.9, realiza-se o cálculo.

Como o método de Rippl já foi executado, é apresentada uma boa referência para determinar os valores de volume pré-fixados para o método da simulação. Para dar início à simulação será fixado o volume do reservatório em 3 m³, como apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Dimensionamento pelo método da Simulação (3 m³)

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de capt.	Volume de chuva mensal	Volum e do reserv fixado	Volume do reserv. no tempo (t-1)	Volume do reserv. no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	milímetros (mm)	metro cúbico (m ³)	metro quadrado (m ²)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	243,38	2,90	198,80	39,07	3	0	3,00	33,17	0,00
Fevereiro	153,31	2,90	198,8	24,61	3	3	3,00	21,71	0,00
Março	190,80	2,90	198,8	30,63	3	3	3,00	27,73	0,00
Abril	68,89	2,90	198,8	11,06	3	3	3,00	8,16	0,00
Maio	28,16	2,90	198,8	4,52	3	3	3,00	1,62	0,00
Junho	17,87	2,90	198,8	2,90	3	3	3,00	0,00	0,00
Julho	6,80	2,90	198,8	1,09	3	3	1,19	0,00	0,00
Agosto	12,84	2,90	198,8	2,06	3	1,19	0,35	0,00	0,00
Setembro	50,02	2,90	198,8	8,03	3	0,35	3,00	2,48	0,00
Outubro	88,89	2,90	198,8	14,27	3	3	3,00	11,37	0,00
Novembro	200,82	2,90	198,8	32,24	3	3	3,00	29,34	0,00
Dezembro	275,03	2,90	198,8	44,15	3	3	3,00	41,25	0,00
Total	1336,82	34,80		214,63				176,83	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Observa-se que para a simulação com o reservatório de 3, não foi necessário suprimento de abastecimento externo (Coluna 10). Essa situação indica que o reservatório atende à demanda. Foi observado também que, apenas nos meses de julho e agosto a captação de água pluvial foi inferior à demanda solicitada, requerendo de forma mais intensa a utilização do reservatório e consequentemente evitando a ocorrência de overflow.

Como as simulações anteriores atenderam à demanda, vale repetir o procedimento com volume inferior. Sendo assim, pré-fixando o volume do reservatório em 2,5 m³ temos a

Tabela 13.

Tabela 13 - Dimensionamento pelo método da Simulação (2,5 m³)

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reserv. fixado	Volume do reserv. no tempo (t-1)	Volum e do reserv. no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	milímetros (mm)	metro cúbico (m ³)	metro quadrado (m ²)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	243,38	2,90	198,8	39,07	2,5	0	2,50	33,67	0,00
Fevereiro	153,31	2,90	198,8	24,61	2,5	2,5	2,50	21,71	0,00
Março	190,80	2,90	198,8	30,63	2,5	2,5	2,50	27,73	0,00
Abril	68,89	2,90	198,8	11,06	2,5	2,5	2,50	8,16	0,00
Mai	28,16	2,90	198,8	4,52	2,5	2,5	2,50	1,62	0,00
Junho	17,87	2,90	198,8	2,90	2,5	2,5	2,50	0,00	0,00
Julho	6,80	2,90	198,8	1,09	2,5	2,50	0,69	0,00	0,00
Agosto	12,84	2,90	198,8	2,06	2,5	0,69	-0,15	0,00	-0,15
Setembro	50,02	2,90	198,8	8,03	2,5	-0,15	2,50	2,48	0,00
Outubro	88,89	2,90	198,8	14,27	2,5	2,5	2,50	11,37	0,00
Novembro	200,82	2,90	198,8	32,24	2,5	2,5	2,50	29,34	0,00
Dezembro	275,03	2,90	198,80	44,15	2,5	2,5	2,50	41,25	0,00
Total	1336,82	34,80		214,63				177,33	-0,15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Pré-fixando o volume do reservatório em 2,5 m³ temos a Tabela 14.

Tabela 14 - Dimensionamento pelo método da Simulação (2,0 m³)

Meses	Chuva média mensal milímetros (mm)	Demanda mensal metro cúbico (m ³)	Área de captação metro quadrado (m ²)	Volume de chuva mensal metro cúbico (m ³)	Volume do reserv. fixado metro cúbico (m ³)	Volume do reserv. no tempo (t-1) metro cúbico (m ³)	Volume do reserv. no tempo (t) metro cúbico (m ³)	Overflow metro cúbico (m ³)	Suprimento de água externo metro cúbico (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	243,38	2,90	198,80	39,07	2	0	2,00	34,17	0,00
Fevereiro	153,31	2,90	198,8	24,61	2	2	2,00	21,71	0,00
Março	190,80	2,90	198,8	30,63	2	2	2,00	27,73	0,00
Abril	68,89	2,90	198,8	11,06	2	2	2,00	8,16	0,00
Mai	28,16	2,90	198,8	4,52	2	2	2,00	1,62	0,00
Junho	17,87	2,90	198,8	2,90	2	2	2,00	0,00	0,00
Julho	6,80	2,90	198,8	1,09	2	2	0,19	0,00	0,00
Agosto	12,84	2,90	198,8	2,06	2	0,19	-0,65	0,00	-0,65
Setembro	50,02	2,90	198,8	8,03	2	-0,65	2,00	2,48	0,00
Outubro	88,89	2,90	198,8	14,27	2	2	2,00	11,37	0,00
Novembro	200,82	2,90	198,8	32,24	2	2	2,00	29,34	0,00
Dezembro	275,03	2,90	198,8	44,15	2	2	2,00	41,25	0,00
Total	1336,82	34,80		214,63				177,83	-0,65

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Verifica-se que, ao contrário das simulações anteriores, para os reservatórios de 2,5 e 2 m³ houve, respectivamente, um déficit de aproximadamente 0,15 m³ e 0,65 m³ no mês de agosto. Tal comportamento evidencia que os reservatórios não atenderiam à demanda solicitada. Vale ressaltar que para os demais meses a insuficiência não ocorre.

5.2 Viabilidade Econômica

Diante da necessidade de o investimento ser viável, é interessante realizar um breve levantamento dos custos para a aplicação do sistema de captação de águas pluviais e sua respectiva economia gerada.

5.2.1 Custo para implantação

A residência, como já informado, é uma edificação já existente. Para a construção do sistema de captação de água da chuva serão realizadas apenas pequenas modificações. Dentre os elementos já existentes estão, a estrutura do telhado, as calhas e os condutores, os quais direcionam a água até a área permeável, sendo assim, será necessário apenas efetuar a ligação desse ponto até o reservatório.

Como a água captada será utilizada apenas para limpeza de pátio, carros e rega de jardim, o sistema hidráulico também não sofrerá modificações, assim como não será necessário a instalação de um reservatório superior. O reservatório será instalado sobre o solo, na parte inferior da residência (Anexo B).

Foi possível identificar a necessidade dos seguintes materiais:

- 1 reservatório.
- 4 filtros autolimpantes, sendo cada um suficiente para 50m² de área de cobertura.
- 18 metros de cano PVC de 100 milímetros (medido por AutoCAD). Suficientes para a execução do extravasor, dispositivo de descarte e direcionamento da água ao reservatório.
- 1 tubo de cola para PVC.
- 4 luvas de PVC 100 mm, para a ligação dos condutores já instalados.
- 1 torneira.

Tendo identificado os materiais necessários para a aplicação do sistema, é possível estimar o custo para as três alternativas de reservatórios dimensionadas, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Custo estimado conforme volume do reservatório

Material	Custo para 3 m³	Custo para 2,5 m³	Custo para 2 m³
1 Reservatório	R\$ 2.309,00	R\$ 1.939,00	R\$ 1.389,00
4 filtros	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
18 m de cano 100mm	R\$ 80,00	R\$ 80,00	R\$ 80,00
Cola	R\$ 24,90	R\$ 24,90	R\$ 24,90
4 Luvas 100mm	R\$ 20,00	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Torneira	R\$ 27,80	R\$ 27,80	R\$ 27,80
Total	R\$ 2.761,70	R\$ 2.415,70	R\$ 1.841,70

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

5.2.2 Tarifas de Água e Esgoto

Na cidade de Itabirito – MG, conforme citado anteriormente, o abastecimento é realizado pelo SAAE. A cobrança da tarifa por metro cúbico de água e esgoto é realizada por faixa de consumo, levando em consideração se o consumidor é residencial, social, comercial, industrial ou público, o que resulta que quanto maior o consumo, maior o valor da conta. Além disso, é aplicada também uma taxa fixa de operação para a água e para o esgoto, sendo o segundo correspondente à 60% do valor da taxa básica cobrada para água.

Os estudos para homologação de reajuste de tarifa são realizados pelo ARISB-MG (Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas gerais), o qual disponibiliza em seu site a tabela de tarifas de água e esgoto, representado na Tabela 16.

Tabela 16 - Tarifas de Água e Esgoto - SAAE Itabirito

TARIFAS					
TARIFA DE CONSUMO DE ÁGUA E ESGOTO					
Faixa de consumo	Social (E)	Residencial (A)	Comercial (B)	Industrial (C)	Pública (D)
Metro cúbico (m³)	Reais por metro cúbico (R\$/m³)	Reais por metro cúbico (R\$/m³)	Reais por metro cúbico (R\$/m³)	Reais por metro cúbico (R\$/m³)	Reais por metro cúbico (R\$/m³)
0 - 5	0,7861	0,7861	1,6044	1,8929	1,3797
6 - 10	0,8983	0,8983	1,8449	2,1818	1,5722
11 - 15	1,7807	1,7807	3,6898	4,3797	3,1443
16 - 20	2,6185	2,6185	5,4735	6,4582	4,6468
21 - 25	4,4302	4,4302	6,0053	7,0883	5,1193
26 - 30	4,883	4,883	6,5959	7,8166	5,6113
31 - 40	5,3554	5,3554	7,2456	8,6041	6,1825
41 - 50	5,9265	5,9265	7,9743	9,4508	6,7929
51 - 75	6,4974	6,4974	8,7814	10,4157	7,4622
76 - 100	7,1473	7,1473	9,6477	11,4394	8,2302
101 - 200	7,856	7,856	10,5731	12,601	9,0374
Acima de 201	8,6436	8,6436	11,6944	13,8415	9,9628
A tarifa básica de esgoto corresponde a 60% do consumo de água para todas as categorias de usuários			Categoria	Água (R\$)	Esgoto (R\$)
			Social (E)	16,2528	9,7517
			Residencial (A)	16,2528	9,7517
			Comercial (B)	21,9253	13,1552
			Industrial (C)	21,9253	13,1552
			Pública (D)	20,128	12,0768

Fonte: ARISB-MG (2021)

Desse modo, a residência estudada enquadra-se em consumidor Residencial (A), tendo consumo médio equivalente a aproximadamente 27 m³ ao mês. É cobrado R\$ 4,883 por metro cúbico de água abastecida, somados das tarifas básicas de água no valor de R\$ 16,2528 e esgoto no valor de R\$ 9,7517.

5.2.3 Resultados e Discussões da Viabilidade Econômica

A Tabela 17 foi desenvolvido para gerar um comparativo de gastos com o abastecimento de água em diferentes situações, a primeira considerando a situação atual da residência, sem reservatórios e as demais considerando os três volumes dimensionados pelo método da simulação, de 3m³, 2,5m³ e 2m³ respectivamente.

Vale ressaltar que, o valor da tarifa cobrada por m³ de água consumida nas situações com reservatório diminuiu. Isso ocorre pois, com a economia mensal de 2,9 m³ gerada pela captação de água da chuva, a faixa de consumo foi alterada de 25/30m³ para 20/25m³. Além disso, como o reservatório de 2 m³ precisaria de um suprimento de 0,3 m³ para atender a demanda, esse valor foi redistribuído, gerando um pequeno acréscimo no consumo mensal.

Tabela 17 - Comparativo de gastos com abastecimento de água

Condição	Consumo	Tarifa por m ³	Tarifa Básica de Água	Tarifa Básica de Esgoto	Valor da conta	Economia média	Economia média anual	Custo do sistema	Tempo de Retorno
	Metro cúbico (m ³)	Reais (R\$)	Reais (R\$)	Reais (R\$)	Metro cúbico (m ³)	Percent. (%)	Reais (R\$)	Reais (R\$)	Anos
Atual	27	R\$ 4,88	R\$ 16,25	R\$ 9,75	R\$ 157,85	-	-	-	-
3 m ³	24,1	R\$ 4,43	R\$ 16,25	R\$ 9,75	R\$ 132,77	15,88%	R\$ 300,88	R\$ 2.785,70	9 anos e 3 meses
2,5 m ³	24,11	R\$ 4,43	R\$ 16,25	R\$ 9,75	R\$ 132,82	15,86%	R\$ 300,88	R\$ 2.415,70	8 anos
2 m ³	24,15	R\$ 4,43	R\$ 16,25	R\$ 9,75	R\$ 132,99	15,74%	R\$ 299,55	R\$ 1.865,70	6 anos e 3 meses

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2022.

Analisando a Tabela 17 percebe-se que o valor total para a construção do sistema foi equivalente a R\$ 2.785,70, para o tanque de 3 m³, a R\$ 2.415,70, para o de 2,5 m³, e, por último, R\$ 1.864,70 para 2 m³. Dessa forma o tempo de retorno de tal investimento seria de 9 anos e 3 meses para o reservatório de 3m³; 8 anos para o reservatório de 2,5m³ e, por fim, de 6 anos e 3 meses para o reservatório de 2m³.

6 CONCLUSÃO

Para o presente trabalho se fez necessário dimensionar um reservatório de aproveitamento de águas pluviais para uma residência unifamiliar na cidade de Itabirito – MG, a partir de métodos apresentados na NBR 15527/2007, visto que na atualização para NBR 15527/2019 houve a remoção dos mesmos. Nesse sentido, dentre os métodos disponíveis, foram utilizados o método de Rippl, uma vez que este não só é o procedimento de maior relevância entre os autores, como também é o mais utilizado devido à sua facilidade de aplicação (TOMAZ,2009); e o método da Simulação, mediante o qual fora possível simular e analisar o comportamento do sistema em situações diversas.

O uso da água pluvial captada será direcionado apenas à lavagem de automóveis, limpeza de pátio, rega e mangueira de jardim, embora pudesse ser destinada também à lavagem de roupas, descargas de banheiros ou outras atividades que não necessitam de tratamento de água, todavia, não tendo sido essas demais aplicações solicitadas.

Os dados necessários para o estudo da precipitação foram coletados de uma série histórica observada, por meio da estação pluviométrica Itabirito – Linígrafo (02043060); entre os anos de 2000 à 2020, os quais estão disponíveis no banco de dados HidroWeb da ANA. A estação ora citada está localizada nas proximidades do Rio Itabirito e é a mais próxima da cidade, contribuindo, assim, para a assertividade dos resultados.

Dentre os métodos de Rippl e da Simulação, utilizados no dimensionamento do volume do reservatório, o segundo apresentou melhor aplicabilidade não só por possibilitar a simulação do dimensionamento a partir de volumes de reservatórios disponíveis no mercado.

A região de Itabirito não apresenta problemas frequentes com secas e desabastecimento de água, independentemente disso, o sistema contribui para mitigar os problemas relacionados ao mal uso da água vivenciados continuamente no Brasil e no mundo. Portanto, o intuito da aplicação do sistema de captação de águas

pluviais direciona-se, principalmente, às questões culturais quanto ao uso incorreto e exacerbado de tal recurso natural, além de possibilitar a economia financeira nas contas de água.

Mediante o comparativo entre os reservatórios simulados, é perceptível que um reservatório de 2m³ gera déficit de, aproximadamente, 0,65 m³ sendo necessário recorrer a meios externos de abastecimento para suprir tal volume, em contrapartida, reservatórios de 2,5m³ praticamente não gera déficit e o de 3m³ é suficiente para a demanda solicitada. Logo, para economizar 0,65 m³ de água por ano seria essencial investir, respectivamente, as quantias de R\$ 550,00 (quinhentos e cinquenta reais) ou R\$ 920,00 (novecentos e vinte reais) para os reservatórios de 2,5m³ e 3m³.

Como os valores da demanda mensal de água potável a ser substituída por água da chuva são baixos, a economia média mensal na conta de água dos três reservatórios dimensionados e analisados foram de, aproximadamente, 15,8% ao mês, logo, significando em torno de R\$ 300,00 (trezentos reais) por ano. Desse modo o tempo de retorno de tal investimento seria de 9 anos e 3 meses para o reservatório de 3m³; 8 anos para o reservatório de 2,5m³ e, por fim, de 6 anos e 3 meses para o reservatório de 2m³.

Diante dos dados apresentados e das tabelas de dimensionamento dos reservatórios, é notório que, em relação ao reservatório de 2m³, apenas no mês de agosto será gerado um déficit de aproximadamente 0,65 m³, o que significa que somente nesse mês será necessário recorrer à meios externos para suprir a demanda de água da chuva. Desse modo, considerando que esse reservatório apresenta tempo de retorno do investimento inferior entre 2 a 3 anos que os demais e que a cidade de Itabirito não apresenta grandes problemas com o abastecimento de água e secas; o mesmo se torna mais interessante, pois, o maior investimento nos demais reservatórios se torna inviável devido às particularidades do local analisado.

7 REFERÊNCIAS

ABBUD, Omar Alves; TANCREDI, Márcio 2010. **Transformações recentes da matriz brasileira de geração de energia elétrica – causas e impactos principais.** Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/ti-pos-de-estudos/textos-para-discussao/td-69-transformacoes-recentes-da-atriz-brasileira-de-geracao-de-energia-eletrica-causas-e-impactos-principais>. Acesso em: 07/04/2022.

AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. (2008) **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.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração.** Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 05. abr. 2022

ARISB-MG - AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MINAS GERAIS. **Diretória Técnica Operacional. Nota técnica ARISB-MG Nº 140/2021, 18 de janeiro de 2021.** Disponível em: <https://arisb.com.br>. Acesso em 31. mai. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15527 - Água da chuva - aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.** Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15527 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos.** Rio de Janeiro 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DE INSTALAÇÕES PREDIAIS (ANQUIP). (2009) ETA 0710: sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP). Coimbra: Associação Nacional para a Qualidade de Instalações Prediais. v. 4. 24 p.

ATLAS BRASIL: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Agência Nacional das águas. **Engecorps/Cobrape** – Brasília: ANA, Cobrape, 2010. 2.v. Disponível em:

<https://www.aris.sc.gov.br/uploads/revista/2735/YXwFOHqcDQSDQEA2bJfi2KfS2Pt-Binw.pdf> Acesso: 05. abr. 2022

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, D. G. I.; CÂMARA NETO, F. H.; MELO, H. C.; COSTA, M. A. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. *Revista Ciência e saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232012000600015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03. abr. 2022.

BECKER, Bertha K. 2005. *Geopolítica da Amazônia*. Estudos Avançados. São Paulo - SP, vol.19, nº 53.

BRANDÃO, J. L. B.; MARCON, P. (2018) **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018129228>

BRASIL, Constituição (1988). In: Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 1988. Acesso em: 04. abr. 2022

CARVALHO, Wallace Silva et al. Consumo e perda de água potável na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 80-89, 2015. Acesso em: 19.abr.22

CIMINELLI, Virginia S. T. SALUM, M. J. G., RUBIO, J., PERES, Q. E. C. Água e Mineração. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha (Org.); BRAGA, Benedito (Org.); TUNDISI, José Galizia (Org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

COLLA, L. L. **Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba/SP 2008

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986. **Resolução nº 20**, 18 de junho de 1986. Ministério do Meio Ambiente. _____, 1986. Acesso em: 19.abr.22

Costa, Ana Cristina. (2003). **Work Team Trust and Effectiveness**. Personnel Review. 32. 605-622. 10.1108/00483480310488360.

DE LIMA, L. F. A. A importância do Brasil em um provável cenário de crise hídrica mundial. **A Defesa Nacional**, v. 107, n. 840, 7 fev. 2020

ESF. Sistema de captação de água da chuva. **Engenheiros sem fronteiras brasil**. 2019. Disponível em: <https://esf.org.br/captacao-de-agua-de-chuva/> Acesso em: 20.abr.22

FERREIRA, Roberta Celestino; LOPES, Wilza Gomes Reis; ARAÚJO, José Luis Lopes. **A água como suporte para atividades de lazer e turismo: possibilidades e limitações da barragem Piracuruca no estado do Piauí (brasil)**. UFPR. 2012 Biblioteca Digital de Periódicos. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v25i0.28007> Acesso em 06. abr. 2022

FORTLEV. **Catálogo de Produtos**. janeiro de 2020. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br>

HESPANHOL, I.; **Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação**; 4ª Edição; Cap. 9 – Água e Saneamento Básico; Pg. 263 – 318; Editora Escrituras; São Paulo; 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24. jun. de 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. s.d. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06. mai. de 2022.

MACINTYRE, A. J. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3ª. ed. [S.l.]: Ltc, 1996.

MARINOSKI, Ana Kelly. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis–SC. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis**, 2007. Acesso em: 19.abr.22

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARTINSON, D.B.; THOMAS, T. **Quantifying the first flush phenomenon**. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 12. nov 2005, New Delhi, India.

MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado). **Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo**, 2004. Acesso em: 19.abr.22

MAY S.; PRADO R. T. A. Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. **CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo - SP, Anais...CD Rom, 2004. Acesso em: 19.abr.22

MYR Projetos Sustentáveis – **Estudos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia do rio itabirito e dos cenários de outorgas de recursos hídricos**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br>. Acesso em: 05. mai. 2022.

OLIVEIRA, T.D., CHRISTMANN, S.S., PIEREZAN, J.B. Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista Gestão e Desenvolvimento em contexto- GEDECON**, edição especial, 2015. Acesso em: 18.abr.22

PINTO, André Augusto Oliveira. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residência: estudo de caso em Ouro Preto - MG. 2016**. 65 f. **Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas**, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Acesso em: 19.abr.22

PINTO, R. D. C. **Dimensionamento de reservatório para armazenamento de água pluvial: Estudo de caso de uma edificação pública em Berilo/MG. 2018**. 62 f. **Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas**, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Acesso em: 16.mar.22

PNSH. 2º Boletim de Monitoramento. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Agência Nacional de águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília. Distrito Federal. 2021

REBOLÇAS. A. C.; **Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação**; 4ª Edição; Cap. 1 – Água Doce no Mundo e no Brasil; Pg. 1 – 36; Editora Escrituras; São Paulo; 2015

REBOUÇAS, C.A. Águas Doces no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, C.A.; BRAGA, B.; TUNDISI, G.J. Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora, v.1, cap. 01, 2006.

SALLA, Marcio Ricardo et al. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v. 13, p. 167-181, 2013. Acesso em: 18.abr.22

SHUBO, Tatsuo. Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana. **Escola Nacional de Saúde Pública. Fund. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil**, 2003. Acesso em: 19.abr.22

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. **CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo - SP, Anais.... CD Rom, 2004. Acesso em: 19.abr.22

SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS SGAN Q.906, Módulo 'F' Bloco 'A' Ed. Celso Furtado, 3º andar. Brasília - DF. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf Acesso em: 03. abr. 2022

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

SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A.; GONÇALVES, O. M. **Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações.** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997 Vitória. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar, 2009.

TOMAZ, Plinio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** São Paulo: Navegar, 2002.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 2ª Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

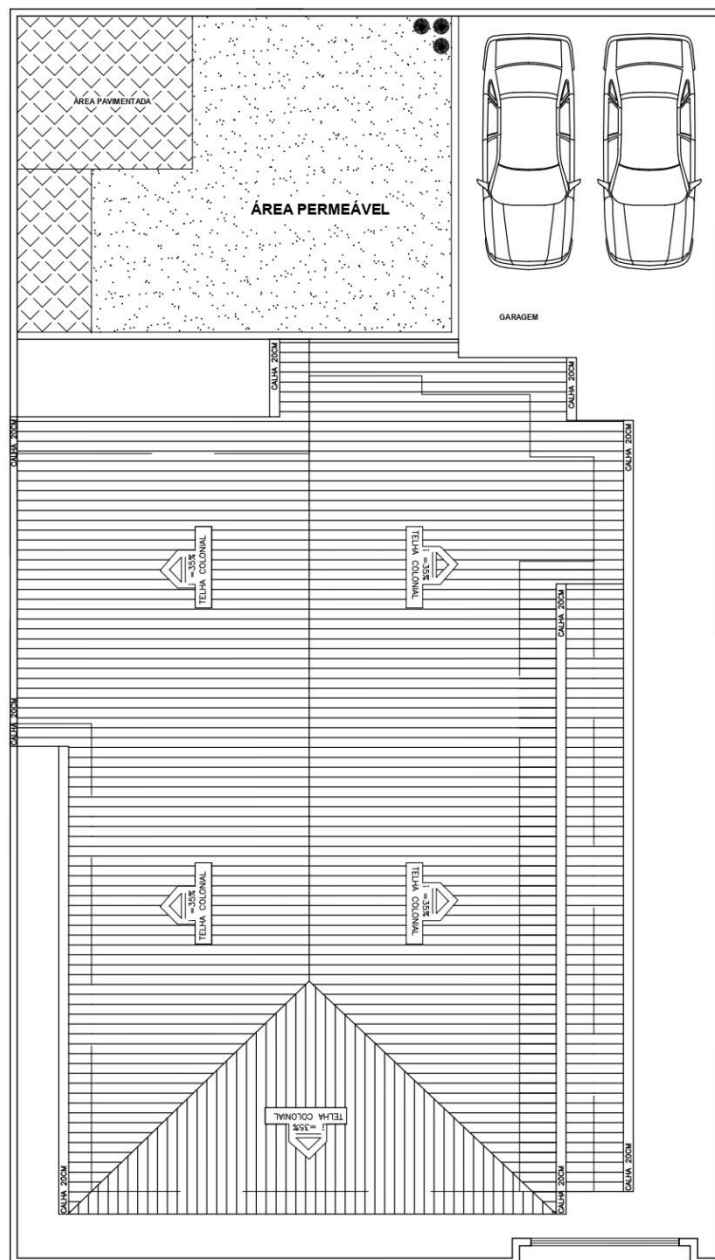
TUCCI, Carlos E. M.; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão da Água no Brasil.** Brasília: Unesco, 2001. 156 p.

UNIÁGUA – Universidade da Água. **Água no Planeta.** Disponível em: <www.uniagua.org.br/aguaplaneta.htm>. Acesso em: 05 abr. 2022.

VIEIRA, Flávia; VAINER, Carlos. 2010 **Manual do Atingido. Impactos Sociais e Ambientais de Barragens.** Manual do Atingido - Impactos Sociais e Ambientais de Barragens. Acesso em: 06/04/2022.

APÊNDICES E ANEXOS

Anexo A



Anexo B

