



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Isabela Warmling Bezerra

Projeto sustentável de residência unifamiliar: Implementação de sistema de aquecimento solar de água e aproveitamento de água pluvial

Florianópolis

2024

Isabela Warmling Bezerra

Projeto sustentável de residência unifamiliar: Implementação de sistema de aquecimento solar de água e aproveitamento de água pluvial

Trabalho de Conclusão do Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Enedir Ghisi, Ph.D.

Florianópolis

2024

**Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela
BU/UFSC.**

Dados inseridos pela própria autora.

Bezerra, Isabela Warmling

Projeto sustentável de residência unifamiliar :
Implementação de sistema de aquecimento solar de água e
aproveitamento de água pluvial / Isabela Warmling Bezerra
; orientador, Eneid Ghisi, 2024.

100 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Projeto de instalações
hidráulicas. 3. Água pluvial. 4. Aquecimento solar. I.
Ghisi, Eneid. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Isabela Warmling Bezerra

PROJETO SUSTENTÁVEL DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 3 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. EneDir Ghisi, PhD

Orientador

Prof^a. Liseane Padilha Thives, Dr^a.

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Igor Catão Martins Vaz, Me.

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rute e Francisco, pelo amor e apoio incondicional. Pela oportunidade de ser quem sou e pelo incentivo desde sempre. Pela dedicação à família, por nunca deixar faltar. Pelo cuidado, carinho e presença. Pela infância. Pela vida.

À minha irmã, Geovana, por ser minha melhor amiga desde o primeiro dia. Pela companhia nas noites sem dormir. Por estar sempre aqui e crescer comigo. Pelo colo. Por cuidar de mim.

Ao meu namorado, Vinicius, pelo amor leve. Pelo carinho e dedicação. Por me acompanhar e me manter firme. Pela ajuda. Por acreditar em mim. Pelo aconchego e mãos dadas. Pelo futuro.

Às minhas amigas, Helena, Hérica, Isabel e Marie. Por cada almoço na universidade, por cada noite de jogos. Por cada desabafo. Por cada aniversário. Por cada uma de vocês. Pelos 9 anos. Pela amizade.

Aos meus amigos Micael e Renan, por não me deixarem desistir. Por cada jogo bobo, por cada conversa na madrugada. Pela distância indiferente. Por não me deixarem abrir mão de quem sou. Pela arte.

Obrigada. Eu não seria quem sou sem vocês.

RESUMO

No Brasil, o setor residencial é responsável por 27,5% do consumo total de energia elétrica e cerca de 25% da água potável das redes públicas de abastecimento. O uso intensivo desses recursos em edificações contribui significativamente para os impactos ambientais e socioeconômicos do país. Nesse contexto, a redução do consumo é essencial para mitigar impactos ambientais e socioeconômicos associados ao uso de fontes convencionais de água e energia, além de promover o desenvolvimento de edificações mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de aquecimento solar de água e aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar. O dimensionamento dos sistemas foi realizado com base em parâmetros técnicos normativos, considerando a radiação solar e os índices pluviométricos da região de estudo. Os projetos foram compatibilizados no *software* Revit, garantindo a integração dos sistemas com a arquitetura e estrutura. Foram avaliados dois cenários principais para o sistema de aproveitamento de água pluvial, utilizando o programa Netuno, versão 4, para dimensionamento dos reservatórios. O Cenário 1 considerou uso de água pluvial em vasos sanitários e irrigação, enquanto o Cenário 2 incluiu a máquina de lavar roupas. Os resultados demonstraram que o Cenário 2 oferece maior potencial de economia, de 35,6%, com adoção de reservatório inferior de 3000L e superior de 500L. Para o sistema de aquecimento solar de água, o dimensionamento resultou em reservatório de 400L e quatro placas coletoras com área total de 5,84m², abastecendo todos os chuveiros da residência. Os resultados mostraram que ambos os sistemas propostos são tecnicamente viáveis. A análise econômica considerou três cenários de instalação, para os sistemas isolados e combinados, e comprovou que os investimentos iniciais são recuperáveis em médio prazo. O cenário com adoção do sistema de aquecimento solar isolado foi o único que não se mostrou economicamente viável nos parâmetros analisados. Diante disso, a utilização desses sistemas em residências unifamiliares se apresenta como estratégia viável para promover a sustentabilidade no setor residencial, reduzindo impactos ambientais associados ao uso de recursos naturais e contribuindo para a eficiência hídrica e energética em edificações.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Aquecimento solar. Potencial de economia de água. Viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Demanda hídrica brasileira projetada para 2023	17
Figura 2.2. Uso final da água no Brasil por tipo de edificação	20
Figura 2.3. Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial	30
Figura 2.4. Fontes de energia elétrica no Brasil em 2024.....	35
Figura 2.5. Mapa do total anual de irradiação direta no Brasil	36
Figura 2.6. Percentual de consumo de energia elétrica por tipo de aparelho no Brasil em 2019	37
Figura 2.7. Sistema de aquecimento de termossifão	39
Figura 3.1. Objeto de estudo	41
Figura 3.2. Croqui da residência objeto de estudo, sem escala.....	42
Figura 4.1. Croqui de distribuição do barrilete de água fria, sem escala.....	58
Figura 4.2. Croqui da cobertura da residência sem escala	64
Figura 4.3. Precipitação mínima, média e máxima entre os anos de 1961 e 2018	65
Figura 4.4. Disposição das calhas e condutores verticais de água pluvial, sem escala..	65
Figura 4.5. Disposição dos condutores horizontais de água pluvial, sem escala	67
Figura 4.6. Potencial de economia por volume de reservatório para cenários 1 e 2	68
Figura 4.7. Croqui de distribuição do barrilete de água pluvial, sem escala	70
Figura 4.8. Croqui de distribuição do barrilete de água quente, sem escala.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Uso de água em duas residências em Palhoça, SC	18
Tabela 2.2. Uso de água em dois apartamentos em Joinville, SC	19
Tabela 2.3. Uso de água em residência em Caçador, SC	19
Tabela 2.4. Potencial de economia de água potável por região geográfica brasileira	25
Tabela 2.5. Parâmetros mínimos de qualidade para uso na NBR 15527	32
Tabela 2.6. Parâmetros mínimos de qualidade para Classe 1 segundo ANA.....	33
Tabela 3.1. Pesos relativos nos pontos de utilização	43
Tabela 3.2. Pressão dinâmica mínima nos pontos de utilização.....	45
Tabela 3.3. Valores tarifários da CELESC e SAMAE para Palhoça, em 2024.....	53
Tabela 4.1. Cômodos da residência objeto de estudo	57
Tabela 4.2. Perda de carga e pressão disponível nos pontos críticos de utilização de água fria	59
Tabela 4.3. Tempo de utilização dos aparelhos do Tipo 1.....	60
Tabela 4.4. Frequência de uso dos equipamentos do Tipo 2	60
Tabela 4.5. Vazão dos aparelhos do Tipo 1	61
Tabela 4.6. Consumo de água nos vasos sanitários	61
Tabela 4.7. Consumo de água nos eletrodomésticos	62
Tabela 4.8. Consumo médio diário de água por morador	62
Tabela 4.9. Percentual de consumo por aparelho e de substituição por água pluvial.....	63
Tabela 4.10. Coeficiente de <i>runoff</i> médios	64
Tabela 4.11. Áreas de captação e vazões por trecho de calha	66
Tabela 4.12. Características da calha Aquapluv.....	66
Tabela 4.13. Parâmetros usados no dimensionamento no Netuno	67
Tabela 4.14. Volume do reservatório superior e potencial de economia para cada cenário de projeto.....	69
Tabela 4.15. Perda de carga e pressão disponível (mca) nos pontos de utilização de água pluvial	71
Tabela 4.16. Perda de carga e pressão disponível nos pontos críticos de utilização de água quente.....	74
Tabela 4.17. Custo do consumo de água na residência em 2024	75
Tabela 4.18. Custo mensal do consumo de energia total e dos chuveiros na residência	75
Tabela 4.19. Investimento inicial, valor presente líquido, tempo de retorno e taxa interna de retorno para os três cenários	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Graus de purificação conforme área de coleta.....	31
Quadro 2.2. Tratamento necessário para uso da água.....	32

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
1.1. Objetivos.....	13
1.1.1. Objetivo geral	13
1.1.2. Objetivos específicos	13
1.2. Estrutura	14
2. Revisão de literatura	15
2.1. Água potável.....	15
2.1.1. Uso e disponibilidade no Brasil	15
2.1.2. Uso domiciliar.....	18
2.1.3. Desperdício e medidas de conscientização	21
2.2. Água pluvial	22
2.2.1. Uso no setor residencial brasileiro	24
2.2.2. Legislação nacional e políticas de incentivo.....	28
2.2.3. Captação e aproveitamento da água pluvial	29
2.2.4. Qualidade da água pluvial.....	31
2.3. Energia solar.....	34
2.3.1. Energia e aquecimento solar de água no Brasil.....	35
2.3.2. Sistema de aquecimento solar	38
2.4. Considerações finais	40
3. Método	41
3.1. Objeto de estudo	41
3.2. Instalações de água fria.....	42
3.2.1. Dimensionamento do reservatório.....	42
3.2.2. Dimensionamento das tubulações	43
3.3. Água pluvial	45
3.3.1. Usos finais na edificação.....	46
3.3.2. Área de captação	47
3.3.3. Dados pluviométricos	47

3.3.4. Dimensionamento de calhas e condutores	47
3.3.5. Dimensionamento do reservatório.....	48
3.4. Instalações de água quente.....	49
3.4.1. Dimensionamento do reservatório.....	50
3.4.2. Coletores solares	51
3.5. Análise do potencial de economia	52
4. Resultados e discussões	57
4.1. Dimensionamento do reservatório de água fria	57
4.2. Dimensionamento das tubulações de água fria	58
4.3. Água pluvial	59
4.3.1. Usos finais na edificação.....	60
4.3.2. Área de captação	63
4.3.3. Dados pluviométricos	64
4.3.4. Dimensionamento de calhas e condutores	65
4.3.5. Dimensionamento do reservatório pluvial	67
4.3.6. Dimensionamento do reservatório de descarte inicial	69
4.3.7. Dimensionamento das tubulações	70
4.4. Instalações de água quente.....	71
4.4.1. Dimensionamento do reservatório.....	71
4.4.2. Coletores solares	72
4.4.3. Dimensionamento das tubulações	73
4.5. Análise do potencial de economia	74
5. Conclusão.....	77
5.1. Limitações do trabalho.....	78
5.2. Sugestão para trabalhos futuros.....	78
Referências	79
ANEXO A – Ficha técnica dos reservatórios de água fria Tigre	87
ANEXO B – Ficha técnica da motobomba de água pluvial Schneider	88
ANEXO C – Ficha técnica do reservatório Slim da Fortlev	89

ANEXO D – Ficha técnica dos coletores solares Komeco	90
ANEXO E – Ficha técnica reservatório de água quente Komeco.....	91
ANEXO F – Ficha técnica da cisterna de água pluvial Fortlev	92
APÊNDICE A – Tabela de perda de carga das tubulações de água fria	93
APÊNDICE B – Tabela de perda de carga das tubulações de água pluvial.....	94
APÊNDICE C – Tabela de perda de carga das tubulações de água quente.....	95
APÊNDICE D – Apresentação do projeto da residência	96

1. Introdução

A água, elemento vital para a humanidade e imprescindível na construção civil, representa não apenas uma necessidade básica, mas também um desafio para a sustentabilidade. Desde os primeiros assentamentos humanos até as metrópoles contemporâneas, a disponibilidade de recursos hídricos e posteriormente energéticos foi um fator determinante na localização e prosperidade dos primeiros centros urbanos (McCool, Clark, Stankey, 2008).

O avanço da engenharia hidráulica possibilitou a distribuição de água para populações urbanas cada vez maiores por meio de aquedutos e sistemas de canalização. Do mesmo modo, o uso de energia também desempenhou papel crucial no crescimento das cidades, seja a partir da força humana, animal, hidráulica, térmica ou elétrica (Malanima, 2014).

Com a ascensão das fábricas durante a Revolução Industrial, fontes de energia mais eficientes foram desenvolvidas, permitindo a expansão das cidades e criando uma dependência cada vez maior dos sistemas de abastecimento de água e energia para a população. O interesse por práticas de conservação e uso consciente de recursos surge como resposta ao consumo exponencial dos grandes centros urbanos (McCool, Clark, Stankey, 2008).

A busca por soluções sustentáveis cresce junto à preocupação com o uso consciente da água. Estudos recentes, como o da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), destacam o crescimento significativo do uso urbano da água ao longo das últimas décadas, evidenciando a necessidade da adoção de medidas que promovam a eficiência hídrica em edificações.

Teston *et al.* (2018) realizaram uma revisão de literatura sobre coleta de água pluvial em edificações brasileiras e mostraram que em média 46,6% da água é destinada a usos não potáveis no setor residencial. Algumas das estratégias para controlar o consumo de água potável nas edificações residenciais são o aproveitamento de água pluvial, uso de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza (Oliveira; Gonçalves, 1999).

De maneira paralela aos desafios de gestão da água, alternativas para o consumo de energia também se destacam. No Brasil, o setor residencial representa uma parcela significativa de 27,5% do consumo total de energia elétrica, ressaltando a importância de adotar práticas mais eficientes e sustentáveis no âmbito das residências (Brasil, 2024).

A utilização de sistemas de aquecimento de água por meio de energia solar se apresenta como alternativa para reduzir a dependência de fontes não renováveis de energia elétrica (Kalogirou, 2009). O setor residencial tem potencial significativo para a adoção dessa tecnologia, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a promoção de um modelo energético mais limpo e sustentável (Pereira *et al.*, 2017; Brasil, 2024).

Essas medidas não apenas contribuem para a preservação dos recursos naturais, como também geram impactos socioeconômicos positivos – visto que a indústria da construção é reconhecida como o setor com maior possibilidade de economia de energia e redução de emissões de dióxido de carbono (Kylili; Ilic; Fokaides, 2017).

Dessa forma, este estudo busca investigar a implementação de sistemas de aquecimento água utilizando placas solares e aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar, visando a promoção de um modelo de habitação mais sustentável.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o projeto de instalações de uma residência unifamiliar, abrangendo o sistema hidráulico com aquecimento da água por meio de placas solares e o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial.

1.1.2. Objetivos específicos

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral determinado para o trabalho, foram determinados os seguintes objetivos específicos: [retirei 1. Realizar rev. de literatura]

I. Estimar a capacidade adequada para os reservatórios de água pluvial e água quente;

II. Elaborar o projeto de instalações hidráulicas de água fria e quente, incluindo o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis;

III. Estimar a quantidade de placas solares necessárias para aquecer a água da edificação;

IV. Realizar análise de viabilidade econômica para instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e aquecimento solar de água em uma residência unifamiliar;

V. Compatibilizar os projetos elaborados utilizando a ferramenta Autodesk Revit.

1.2. Estrutura

O trabalho se apresenta em cinco capítulos. O primeiro capítulo é a introdução sobre o assunto a ser discutido, bem como o objetivo geral e os específicos a serem alcançados.

O segundo capítulo contém a revisão de literatura sobre a disponibilidade e uso da água no mundo e no Brasil, além de um contexto histórico do aproveitamento de água pluvial e utilização de placas solares para aquecimento de água. Apresenta também os critérios de qualidade de água potável para utilização e o potencial de economia, discutido no decorrer do capítulo.

O terceiro capítulo apresenta o método utilizado no dimensionamento e desenvolvimento do projeto hidráulico e de aquecimento solar de água. As normativas regulamentadoras de cada projeto também estão discutidas.

O quarto capítulo apresenta os resultados e dimensionamentos obtidos, além do projeto hidráulico elaborado, sua compatibilização e detalhamentos. O quinto capítulo contém a conclusão, as limitações do trabalho e sugestões para futuros trabalhos. Por fim, estão apresentados as referências, anexos e apêndices, onde estão os projetos elaborados.

2. Revisão de literatura

2.1. Água potável

A água é um direito humano e recurso fundamental para a vida no planeta, sendo essencial para diversos processos vitais, além da produção de alimentos, atividades industriais e geração de energia. Ela desempenha papéis cruciais na sustentabilidade ambiental e bem-estar humano, regulando o clima global, transportando nutrientes, mantendo o equilíbrio de ecossistemas e preservando a biodiversidade (Shiklomanov, 1993).

Apesar de ser a substância mais facilmente encontrada no planeta, apenas 2,53% da água é doce, e apenas 0,3% dessa porcentagem se refere às águas superficiais – encontradas em rios e lagos (UNESCO, 2003). A distribuição geográfica, assim como o consumo e demanda desiguais são alguns dos motivos para que menos da metade da população tenha acesso à água potável durante todo o ano (IPCC, 2023).

Relatórios indicam que a demanda e a distribuição do uso da água potável por setor variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico do país, mas que no âmbito global a agricultura se mantém como a responsável pela maior parcela. O consumo doméstico representa aproximadamente 12% do uso da água potável no mundo, com aumento anual de pouco menos de 1% nos últimos 100 anos (UNESCO, 2023).

Este aumento no consumo não foi acompanhado pela quantidade de água potável disponível para uso (UnWater, 2024), indicando a importância da gestão dos recursos hídricos e da adoção de medidas racionais, como a redução no consumo e o aproveitamento de água pluvial.

2.1.1. Uso e disponibilidade no Brasil

Aproximadamente 12% de toda a água doce mundial está presente no Brasil, mas, assim como observado globalmente, a distribuição dos recursos hídricos no país é desigual (MMA, 2024). Entre as doze grandes regiões hidrográficas do país, a Bacia Amazônica situada na região Norte se destaca por ser a bacia mais extensa, concentrando sozinha cerca de 71% da disponibilidade hídrica brasileira (MMA, 2024; Tucci; Hespanhol; Netto, 2001). No entanto, o Norte abriga apenas 8,5% da população

brasileira, enfatizando o contraste entre a abundância de água e a escassez enfrentada em outras regiões do país (IBGE, 2023).

A distribuição desigual da população urbana, que representa 78,37% do total, agrava a disparidade hídrica nacional. A região Nordeste sofre com limitações significativas no fornecimento de água potável devido às condições semiáridas do clima local, onde são comuns períodos de seca prolongados e frequentes. No Nordeste, é evidente que a demanda supera a oferta de água — abrigando 26,9% da população brasileira, a região conta com apenas 3% da disponibilidade hídrica nacional (Tucci; Hespanhol; Netto, 2001; Castro, 2022).

Essa desigualdade se destaca ainda mais ao comparar a densidade populacional e a disponibilidade de água entre as regiões Sul e Sudeste e a região Norte. O Sudeste concentra cerca de 42% da população do país e o Sul 15%, juntas as regiões dispõem de apenas 12% dos recursos hídricos brasileiros e enfrentam desafios devido à alta densidade populacional. A região Sul também enfrenta desafios devido à atividade agrícola de cultura de arroz e soja. Este aumento da demanda por água que acompanha o crescimento populacional urbano pode levar a conflitos pelo uso dos recursos hídricos em períodos de seca (IBGE, 2023; Castro, 2022).

No Centro-Oeste, a expansão do agronegócio também tem transformado a dinâmica dos recursos hídricos. Em 2023, a área desmatada do cerrado representou mais de 60% do total da área desmatada no país, com grande parte sendo convertida em campos de agricultura — aumentando a demanda por irrigação. A região abriga 15% da disponibilidade hídrica nacional e 8% da população brasileira (MapBiomas, 2022; Castro, 2022).

Historicamente, os primeiros esforços para administrar a gestão dos recursos hídricos datam do período colonial e possuíam caráter econômico, buscando garantir o monopólio da Coroa sobre os caminhos para as minas de ouro, feitas por via fluvial. A primeira legislação brasileira sobre a água foi o Decreto nº 26.643 de 1934, o “Código das Águas”, criado para regulamentar a utilização para energia elétrica e agrícola (Rosa; Guarda, 2019).

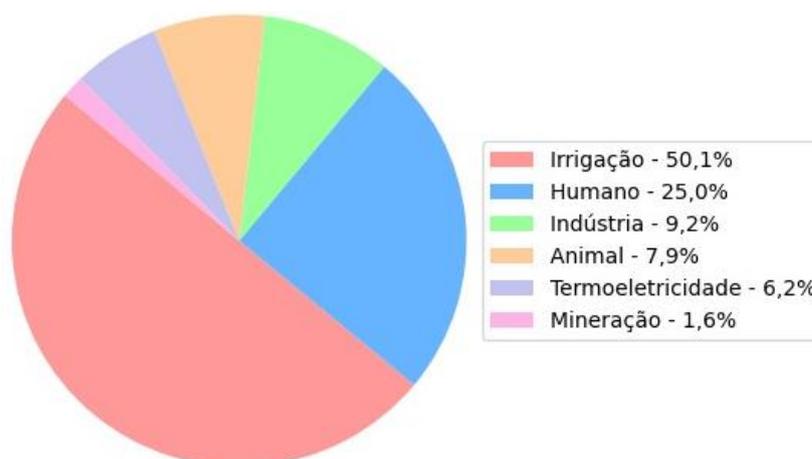
A Constituição Federal de 1934 determinou como competência da União legislar sobre as águas, ainda com um caráter mais econômico que ecológico sobre a exploração dos recursos hídricos. As primeiras ideias de gestão integrada de recursos hídricos só tomaram destaque no fim dos anos 70, resultando na aprovação da Lei nº 6.938/1981 que deu origem à Política Nacional do Meio Ambiente. Essa política busca

a preservação de forma única dos recursos naturais, iniciando um sistema integrado de proteção ao meio ambiente (Rosa; Guarda, 2019; Castro, 2022).

O grande marco da participação popular nas políticas sociais de gestão dos recursos naturais foi a Constituição Federal de 1988, quando o domínio das águas se tornou público. Além disso, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituída em 1997 para o controle e proteção das águas (Rosa; Guarda, 2019). Em 2000, a Lei Federal nº 9.984 determinou a criação da ANA, consolidando a reforma institucional hídrica do país e dando autonomia à entidade para garantir a quantidade e qualidade da água no Brasil (Castro, 2022).

Há certa dificuldade em estimar o uso da água no país devido à escala espacial do Brasil e à variabilidade temporal dos dados. A coleta é esparsa e dificulta a elaboração de um inventário preciso (ANA, 2019). A demanda hídrica do uso dos setores sociais é atualmente dividida de acordo com a Figura 2.1, onde está apresentada a projeção para o ano de 2023 presente no último relatório pleno publicado pela ANA (2021). O relatório cobre os anos de 2021 a 2024 e os informes anuais publicados pela agência desde então não avaliam os dados de consumo por setor. A grande porcentagem destinada à irrigação é justificada pelo Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de produtos agrícolas como café, cana-de-açúcar, cacau, laranja e milho (Tucci; Hespanhol; Netto, 2001).

Figura 2.1. Demanda hídrica brasileira projetada para 2023



Fonte: Adaptado de ANA, 2021

No país, cerca de 25% de toda a água potável é destinada para o abastecimento domiciliar (ANA, 2021) da crescente população de 203 milhões de brasileiros, onde 83,8% das residências são abastecidas pela rede geral de água (IBGE, 2023).

2.1.2. Uso domiciliar

Dentro da porcentagem do consumo humano é importante determinar a distribuição dos usos finais da água nas edificações para que a conservação de água possa ser adotada, desenvolvendo o consumo consciente, diminuindo perdas e permitindo a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Um estudo realizado por Ghisi e Oliveira (2007) avaliou o potencial de economia de água potável em duas residências em Palhoça, Santa Catarina, analisando a distribuição do uso da água. O uso de água pluvial para abastecer aparelhos que não necessitam de água potável pode gerar economia de pelo menos 30% no consumo de água em cada residência. A Tabela 2.1 mostra o uso da água por aparelho, onde o chuveiro apresenta o maior consumo em ambas as residências, imediatamente seguido do vaso sanitário.

Tabela 2.1. Uso de água em duas residências em Palhoça, SC

Aparelho	Residência 1		Residência 2	
	Volume (L)	Consumo (%)	Volume (L)	Consumo (%)
Chuveiro	5284,3	32,8	3102,0	45,6
Vaso sanitário	4893,2	30,4	1742,2	25,6
Torneira (cozinha)	4515,0	28,0	921,6	13,5
Lava roupas	1000,0	6,2	560,0	8,2
Lavatório	298,7	1,9	178,3	2,6
Barba	130,8	0,8	300,0	4,4

Fonte: Adaptado de Ghisi e Oliveira (2007)

Outro estudo, realizado por Garcia, Garcia, Kalbusch e Henning (2019), analisou comparativamente o consumo de água em dois apartamentos localizados em

Joinville, Santa Catarina. A Tabela 2.2 indica os consumos mensais encontrados para cada aparelho, em porcentagem.

Tabela 2.2. Uso de água em dois apartamentos em Joinville, SC

Aparelho	Consumo mensal apartamento 1 (%)	Consumo mensal apartamento 2 (%)
Chuveiro	30,9	59,9
Vaso sanitário	22,0	15,7
Lavatório	18,4	4,1
Torneira (cozinha)	16,3	8,4
Lava roupas	11,1	11,9
Tanque	1,3	-

Fonte: Adaptado de Garcia *et al.* (2019)

Um estudo mais recente de Scolaro e Ghisi (2021) indicou uma tendência diferente destes citados, onde o vaso sanitário foi o principal responsável pelo consumo da residência analisada. O uso final da água está indicado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Uso de água em residência em Caçador, SC

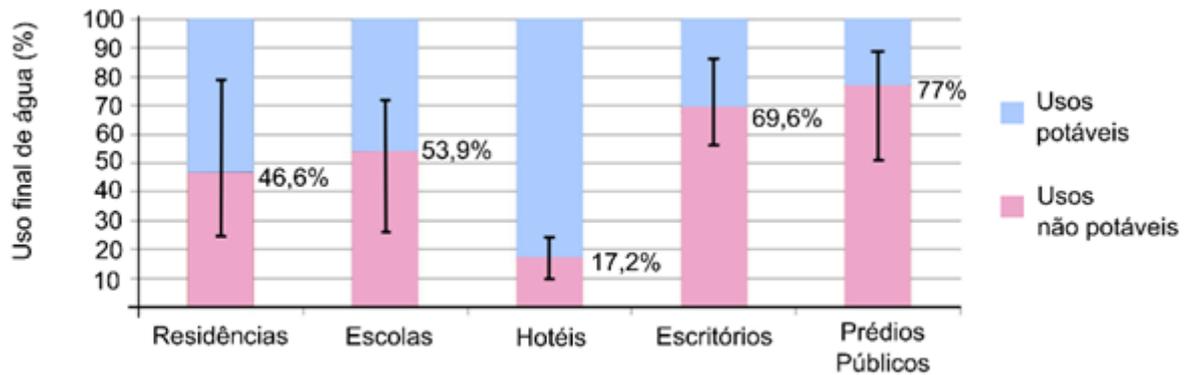
Aparelho	Consumo diário (%)
Vaso sanitário	35,4
Lava roupas	26,8
Chuveiro	12,1
Torneira (cozinha)	8,4
Lavatório	2,8
Tanque	2,5

Fonte: Adaptado de Scolaro e Ghisi (2021)

Ainda que existam divergências sobre o maior contribuinte, a porcentagem de consumo nos aparelhos que podem operar com água não potável é considerável e justifica a adoção de medidas como a utilização de água pluvial para

máquina de lavar roupas, tanque e vaso sanitário (Scolaro; Ghisi, 2021). Teston *et al.* (2018) determinaram as porcentagens médias de uso final da água para consumos não potáveis em diferentes setores de edificações brasileiras, ilustrados da Figura 2.2.

Figura 2.2. Uso final da água no Brasil por tipo de edificação



Fonte: Adaptado de Teston *et al.* (2018)

Os hábitos dos moradores e o modelo de cada aparelho utilizado nas análises têm impacto direto na contribuição de cada dispositivo nas residências avaliadas. Dispositivos economizadores instalados nos pontos de consumo de água se mostram como uma boa solução para reduzir o consumo de água sem depender da ação ou da mudança de hábitos do consumidor, desde que o sistema não apresente perda por vazamento. Esses dispositivos funcionam ao introduzir ar no fluxo de água, mantendo a pressão enquanto reduzem a quantidade de água (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), com objetivo de promover campanhas educativas e conscientizar a população, comparou o potencial de economia de equipamentos economizadores com equipamentos convencionais. Os resultados mostram que a adoção de aparelhos como vasos sanitários com caixa acoplada e descarga, chuveiros com restritores de vazão e torneiras com restritores, arejadores e reguladores de vazão resultaram em economia de consumo de até 76%. A pesquisa indicou não apenas a efetiva redução no uso da água, mas um potencial de economia nas despesas domésticas, sem modificar hábitos ou prejudicar o uso dos consumidores (SABESP, 2024).

2.1.3. Desperdício e medidas de conscientização

A utilização excessiva de água em relação ao necessário para desempenho de uma determinada atividade configura como desperdício, que engloba também perdas. Dentre as perdas, a com maior incidência em sistemas hidráulicos prediais é a por vazamento nos pontos de utilização (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005; Oliveira; Gonçalves, 1999). Dados apontam que, devido às perdas inerentes da distribuição de água, em média apenas 62,2% da água disponibilizada pelos prestadores de serviço chega aos consumidores, com perdas de até 46,7% na região Nordeste. Essa porcentagem não inclui vazamentos, ligações clandestinas e falhas nos dispositivos de medição (Brasil, 2023a).

O desperdício, além de aumentar custos operacionais de abastecimento, reduz a quantidade de água disponível para consumo e contribui diretamente para a escassez hídrica. É fundamental que a correção de vazamentos seja a primeira ação a ser tomada para a redução do consumo de água, visto que é a de maior impacto. Os equipamentos que apresentam vazamentos mais frequentes são as torneiras e vasos sanitários, que podem ser corrigidos pelos próprios consumidores — destacando a importância da conscientização e da realização de campanhas que mostrem a importância de reparar vazamentos e equipamentos defeituosos (Oliveira; Gonçalves, 1999).

Incentivos econômicos têm se mostrado eficazes para a adoção de práticas de conservação pela população. Em 2014, durante uma crise hídrica, o Governo do Estado de São Paulo aprovou um programa de conscientização que previa penalização financeira para usuários que aumentassem o consumo de água durante o período previsto e desconto na tarifa para aqueles que o reduzissem. Um estudo de Sousa (2016) mostrou que o programa foi eficaz e contribuiu para a redução do consumo hídrico, principalmente na população de classe mais elevada.

Outro exemplo acontece em Brasília, a partir da Lei Estadual nº 4.341/2009, que recompensa todos os consumidores que reduzem seu consumo de água em relação ao mesmo mês do ano anterior com um desconto de 20% sobre a economia realizada.

Políticas públicas de incentivo ao uso de economizadores de água também são importantes para a redução do desperdício de água. A Lei nº 13.647 de 2018 estabelece a obrigatoriedade da instalação de equipamentos economizadores para

evitar o desperdício de água em todos os banheiros em edificações de uso público no Brasil.

2.2. Água pluvial

A água pluvial é a principal fonte de água para todos os usos humanos e processos ecológicos naturais. Cerca de 8% da água doce anual renovável é retirada para consumo. A estimativa para a metade do século é que entre dois e sete bilhões de pessoas sofram com escassez de água em mais de 48 países (UnWater, 2024).

Os sistemas de água pluvial têm a função de coletar, armazenar e distribuir a água das chuvas para fins não potáveis, como descargas em vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem de carros. A captação da água pluvial, além de permitir uma alternativa à escassez de água, reduz o escoamento superficial que abastece o sistema de drenagem urbano, colaborando para a redução de alagamentos e inundações (Gonçalves, 2006).

O aproveitamento de água pluvial é uma prática que historicamente acompanha o desenvolvimento humano. Na região da ilha de Creta há registros arqueológicos de reservatórios pluviais escavados em rochas anteriores a 3000 a.C., voltados para o consumo e para a descarga em vasos sanitários no palácio de Knossos. Existem registros do uso de reservatórios para água pluvial pelos Incas, Astecas e Maias por toda a América Latina, além de registros na Mesopotâmia, em Roma e em muitos outros lugares onde os humanos desenvolveram tais tecnologias de maneira simultânea através da história (Tomaz, 2010).

No México, ao sul de Oaxaca existem registros das tecnologias Maias do século X, onde a água da chuva era a base para a agricultura regional pré-colombiana. As cisternas eram conhecidas por *Chultuns* e possuíam cerca de cinco metros de diâmetro, com capacidade entre 20 e 45 mil litros, escavadas no calcário. Nos vales maias existiam também as *Aguadas* que armazenavam até 150 milhões de litros, abastecendo bosques e garantindo o fornecimento de água em secas inesperadas por meio do manejo integrado de água. Com a invasão espanhola do século XVI, foi imposto um novo sistema de agricultura, com plantas e tecnologias de construção europeias. As práticas eram adaptadas para zonas climáticas diferentes e, com a ênfase na construção e desenvolvimento de sistemas de irrigação encanada, os sistemas de colheita de água pluvial foram deixados de lado (Gnadlinger, 2000).

O aproveitamento de água pluvial foi essencialmente abandonado até a década de 1950, principalmente pela tecnologia disponível que permitia transportar água de áreas remotas, da possibilidade de utilizar águas subterrâneas até então abundantes, fornecendo quantidades constantes de água pelas redes hídricas (Yannopoulos *et al.*, 2019).

Na Índia, a pressão do sistema britânico para a colheita de tributos fez com que o sistema centenário de abastecimento de água pluvial comunitário presente na região fosse forçado a ser abandonado nos vilarejos. A água disponível deixou de ser suficiente para abastecer todos seus habitantes e a região entrou em crise hídrica. Em 2002, o governo de Tamil Nadu estabeleceu uma lei que obrigava a utilização de sistemas de coleta de água pluvial em todas as edificações do estado devido ao esgotamento dos reservatórios subterrâneos de água. Uma forte campanha para a instalação de sistemas residenciais de aproveitamento de água pluvial foi essencial para a recuperação das reservas subterrâneas e da qualidade de vida da população local (Vivek, 2016).

No contexto contemporâneo, a prática do aproveitamento de água pluvial está distribuída globalmente e se beneficia do uso de novas tecnologias. Alguns países oferecem compensação financeira para habitantes que adotam sistemas de aproveitamento em suas residências. De um modo geral, o uso da água pluvial é essencialmente aplicado em áreas de grande pluviosidade ou em áreas que sofrem com estiagem extrema (Peters, 2006).

Na Austrália, um sistema de captação que utilizava caminhos paralelos de solo compactado foi precursor no desenvolvimento das tecnologias atuais de captação e aproveitamento de água pluvial na década de 1950. O uso da água era voltado principalmente para fins agrícolas, visto que o país passava por longos períodos de seca. Atualmente o país se destaca como um dos poucos países desenvolvidos que utiliza a água pluvial para fins potáveis por meio de tratamento, e é considerado pioneiro da tecnologia. A cidade de Sydney possui leis que estabelecem que toda nova edificação construída deve possuir sistema de reserva e aproveitamento de água pluvial (Yannopoulos *et al.*, 2019).

A Alemanha desenvolveu em 1980 seus sistemas, focando no controle de drenagem da água pluvial para redução de inundações e enchentes, passando a aproveitar a água coletada para irrigação, descarga de vasos sanitários, máquinas de lavar roupa e para uso industrial. Atualmente uma a cada três residências possui cisterna para captação de água pluvial (Yannopoulos *et al.*, 2019).

Em países como a França, Reino Unido, Estados Unidos, e Canadá, o aproveitamento de água pluvial iniciou a ter destaque, mas ainda não é obrigatório e se limita a descargas de vasos sanitários e irrigação externa. Em outros, como a Malásia e Taiwan, a necessidade da instalação de sistemas de captação é determinada pela área da edificação (Yannopoulos *et al.*, 2019).

Seguindo a tendência apontada por Yannopoulos *et al.* (2019) na avaliação dos sistemas de água pluvial de diversos países, o interesse pelo aproveitamento de água pluvial é global e se destaca por ser uma alternativa com pouco impacto ambiental, pouca necessidade de tratamento e que permite o controle de inundações. Os autores alertam que o regime de chuvas pode mudar nos próximos anos devido às mudanças climáticas. Além disso indicam como estratégia promissora para superar a escassez hídrica a construção de sistemas descentralizados de aproveitamento de água pluvial em pequena escala, onde houver viabilidade hídrica.

2.2.1. Uso no setor residencial brasileiro

No cenário nacional, a instalação mais antiga oficialmente registrada é a construída por militares na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943, que abastece a população até os dias de hoje. Há relatos da utilização de água pluvial na região nordestina desde o século XX (Melo, 2007).

Nas últimas décadas o assunto começou a ser discutido em pautas de programas governamentais, mas ainda se mantém voltado principalmente à região Nordeste. Como é comum a ocorrência de longos períodos de estiagem devido ao clima semiárido da região, a utilização de cisternas é uma das técnicas mais utilizadas no local, armazenando a água pluvial para consumo humano, animal e produção de alimentos (Lopes, 2003).

Na região sul, o primeiro registro do uso de água pluvial é do estado de Santa Catarina, na fortaleza de Ratones, situada em uma ilha em Florianópolis, no século XVIII. A água dos telhados era coletada e armazenada em uma cisterna, que abastecia o consumo das tropas instaladas no local (Piazza, 1983 *apud* Oliveira, 2004). O método de abastecimento por cisternas também se mostrou amplamente utilizado nas outras regiões brasileiras, mas assim como ocorreu em outras partes do mundo que o adotavam, entrou em desuso com a praticidade e disponibilidade do fornecimento de água encanada (Peters, 2006).

Ghisi (2006) estimou o potencial de economia de água potável a partir da disponibilidade hídrica nas diferentes regiões do país quando utilizada água pluvial. A Tabela 2.4 mostra esse potencial em cada uma das cinco regiões geográficas, comparando o volume de água pluvial disponível e a demanda de água potável. O estudo também considerou a população, precipitação, porcentagem de residências unifamiliares ou multifamiliares.

Tabela 2.4. Potencial de economia de água potável por região geográfica brasileira

Região	Volume de água pluvial (m³/hab/ano)	Demanda de água potável (m³/hab/ano)	Potencial de economia (%)
Norte	38.419	32.120	100
Sul	35.000	42.705	82
Centro-Oeste	32.608	43.800	74
Nordeste	21.457	35.405	61
Sudeste	27.953	57.670	48

Fonte: Adaptado de Ghisi (2006)

A região norte apresenta o maior potencial de economia de água potável. Uma análise entre 40 cidades da região da Amazônia Ocidental (composta pelos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima) mostrou que o potencial anual médio de economia chegou a 76% (Lima *et al.*, 2011). O estudo destaca a influência da sazonalidade da estação chuvosa na região norte, pois durante o período de chuvas o potencial de economia atingiu 100%, enquanto na estação seca algumas das cidades analisadas registraram valores próximos de zero (Lima *et al.*, 2011).

A região sul também apresenta elevado potencial de economia de água potável com a adoção de sistemas de aproveitamento de água pluvial. De acordo com Carvalho (2010), a análise de um estudo de caso na região de Londrina, Paraná, mostrou que o sistema de aproveitamento pluvial teve seu custo inicial e de manutenção amortizado em cinco anos. O potencial de economia de água potável estimado para uma residência na região foi de 44,2%.

No estudo de Ghisi e Ferreira (2007) foi analisado o potencial de economia para três blocos em um condomínio residencial localizado em Florianópolis, Santa Catarina. O potencial estimado de economia de água potável baseado nos usos finais

de água foi de 14,7%, 15,6% e 17,7% para cada um dos blocos, quando levada em consideração a capacidade máxima de armazenamento dos reservatórios. O retorno financeiro do investimento foi estimado para um período menor do que cinco anos.

Em Ghisi e Oliveira (2007) foram encontrados potenciais de economia de água potável de 36,6% e 30,4% para duas casas analisadas no município de Palhoça, Santa Catarina. O tempo de retorno encontrado se mostrou elevado devido ao padrão de cobrança da concessionária do município — CASAN no ano da pesquisa e SAMAE atualmente — onde o mínimo considerado é de 10m³ de água mesmo que o consumo seja menor, como observado em uma das residências (SAMAE, 2024).

Peters (2006) avaliou a viabilidade da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis, Santa Catarina, analisando a chuva da região durante doze meses. O volume de chuva necessário para atender a demanda no vaso sanitário da residência foi alcançado em todos os meses com exceção de junho, mostrando que o regime pluvial da região é ideal para a instalação de sistemas de abastecimento pluvial.

O Nordeste brasileiro apresenta baixas médias anuais de precipitação devido à irregularidade da quantidade e distribuição das chuvas no semiárido. Apesar da insegurança hídrica, há um potencial de aproveitamento de água pluvial significativo. Silva, Júnior e Moura (2024) analisaram o potencial de economia de água potável em uma residência em Olinda, Pernambuco, concluindo que o aproveitamento de água pluvial proporcionaria economia de apenas 21%, cerca de R\$31,00 por mês. Foi avaliada também a viabilidade econômica por meio do período de retorno da instalação do sistema, estimado em cinco anos e dez meses.

Dias (2007) realizou um estudo da viabilidade econômica e técnica da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial em três modelos de residências de João Pessoa, Paraíba, baseando-se no perfil econômico dos moradores. A análise mostrou que é possível substituir 84,62% da demanda de água não potável para residências de padrão popular, 87,65% para as de padrão médio, e 89,63% de padrão alto.

Um estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar na cidade do Rio de Janeiro apontou a economia de 32,6% da água potável consumida (Oliveira, 2020). O sistema se mostrou economicamente viável com o tempo de retorno do investimento estimado de cinco anos e nove meses e vida útil de vinte anos.

Na região centro-oeste, assim como no sudeste e nordeste brasileiros, o aproveitamento de água pluvial é essencial para o abastecimento da população, visto que essas regiões têm sofrido com crises de abastecimento cada vez mais intensas nos últimos anos, em especial a região metropolitana de São Paulo (Nascimento *et al.*, 2023).

Silva (2023) realizou a avaliação do potencial de economia de água potável na Moradia Universitária do Cerrado, da Universidade Federal de Catalão, localizada em Goiás. A pesquisa mostrou que um reservatório de 5.000 L permitiria uma economia de 26,52% no consumo de água potável, atendendo à demanda durante 19% do ano. Silva (2023) também realizou a análise da viabilidade econômica do sistema de abastecimento dos vasos sanitários e irrigação de jardim, obtendo tempo de retorno estimado em 36 meses.

Ainda que a região sudeste apresente o menor potencial de economia de água potável, 48% representa quase metade do consumo da região. Por se tratar da região geográfica com o maior número de habitantes do país, a porcentagem representa um valor expressivo de economia e não inviabiliza o investimento.

Silva (2022) avaliou o potencial de economia de água potável em habitações de interesse social no Vale da Paraíba e Litoral Norte de São Paulo, mostrando a diferença na verticalização das residências. A utilização de água pluvial gerou economia de 21,1% em residências unifamiliares e de 4,6% em edifícios, destacando que a diferença acontece pelo aumento do número de habitantes e redução da área de cobertura disponível para captação de água. O estudo de Silva (2022) também avaliou que o uso de água pluvial pode gerar economia energética anual de 352,2 MWh no sistema de abastecimento de água central da região, equivalente ao consumo anual de 148 residências em São Paulo no ano de 2020.

Uma análise da viabilidade do aproveitamento de água pluvial em Belo Horizonte, Minas Gerais, foi realizada por Cardoso (2009) com o objetivo de avaliar a qualidade da água da chuva e verificar a aceitação dos moradores à utilização para fins não potáveis. O estudo mostrou que há consciência e interesse por parte da população, mas que muitos possuem receio quanto à contaminação da água devido à poluição atmosférica dos centros urbanos.

Além disso, o desconhecimento do funcionamento dos sistemas e o custo de instalação e operação se mostraram como barreira para aderência de grande parte dos entrevistados. Dias (2007) obteve resultados semelhantes nos questionários sobre aceitação ao aproveitamento de água pluvial. As principais justificativas para a

não utilização foram a falta de incentivos públicos e a falta de interesse em conhecer as técnicas e normativas.

Cardoso (2009) também ressalta a importância da divulgação de pesquisas e de incentivos governamentais para a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial nas residências brasileiras.

2.2.2. Legislação nacional e políticas de incentivo

O aproveitamento da água pluvial tem se tornado novamente relevante no contexto brasileiro, mas exige uma gestão sustentável com respaldo em legislação nacional. A norma técnica que fornece as diretrizes em território nacional para o aproveitamento de água pluvial no Brasil é a NBR 15.227 “Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis” (May, 2009; ABNT, 2019a).

Algumas cidades, como Florianópolis, São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro e Porto Alegre, por exemplo, possuem regulamentação própria que define a captação e uso de água pluvial nas edificações de maneira específica, buscando minimizar inundações devido à pavimentação de vias e implementar os sistemas de captação do modo que mais se adequa às características locais (May, 2009).

No início dos anos 2000 foi desenvolvido pela Articulação “Semiárido Brasileiro” (ASA) o Programa Um Milhão de Cisternas, com o objetivo de atender as necessidades básicas de água potável da população rural do Semiárido. Até o ano de 2019 foram construídas mais de 1,14 milhão de cisternas de placas de cimento pré-moldadas, com capacidade para abastecer famílias de seis pessoas, armazenando dezesseis mil litros de água pluvial (ASA, 2023).

Para dar continuidade ao programa, em 2007 foi desenvolvido o Programa Uma Terra e Duas Águas, ampliando o estoque de água das comunidades para que possuam estrutura para estoque de água para plantio, criação animal e consumo. O programa busca também dar capacitação para as famílias, além da estrutura de cisternas adequada para cada residência (ASA, 2023).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é uma das maiores políticas brasileiras de gestão do uso sustentável da água e teve sua primeira versão instituída em 1997 pela Lei das Águas (Lei nº 9.433). Sua versão mais recente menciona o uso de água pluvial e o aumento de áreas urbanas com cobertura vegetal como estratégias para evitar escassez de água e enchentes em áreas urbanas. Foi estabelecida uma meta de médio prazo para desenvolver estudos sobre o aproveitamento de água de

chuva, além de uma de curto prazo para desenvolver ações para promoção do seu uso (Teston *et al.*, 2018; Brasil, 2022).

Em abril de 2023 foi sancionada a Lei nº 14.546, que altera a Lei nº 11.445 de janeiro de 2007 (Lei do Saneamento Básico) e estabelece medidas menos restritivas de aproveitamento de água de chuva, discutindo a prevenção de desperdício e o reuso de água cinza. A Lei também define como compromisso da União estimular o uso da água pluvial em novas edificações e outros fins (Brasil, 2023b).

Além desta Lei nacional, existem diversas leis e decretos nos âmbitos estaduais e municipais espalhadas pelo território brasileiro. Tais regulamentações usualmente preveem a implantação de coletor e reservatório de água pluvial para novas edificações que possuam área acima de uma determinada dimensão ou um certo número de pavimentos, que varia de acordo com o local da legislação. Para São Paulo, a Lei Municipal nº 16.402/2016 determina como obrigatória a reservação de água pluvial para lotes com área superior a 500m².

No Rio de Janeiro, está em vigor a Lei nº 4.393/2004 que determina a obrigatoriedade de coletores e reservatório de água pluvial para empreendimentos residenciais onde morem mais de 50 famílias ou empreendimentos comerciais com área superior a 50m².

As leis brasileiras sobre sistemas de utilização de água pluvial são recentes e estão começando a se desenvolver e ocupar espaço nas políticas públicas do país. Muitas das iniciativas ainda estão voltadas para a região do semiárido e residências unifamiliares, com pouco mais de dez cidades apresentando legislação sobre o assunto até 2018 (Teston *et al.*, 2018).

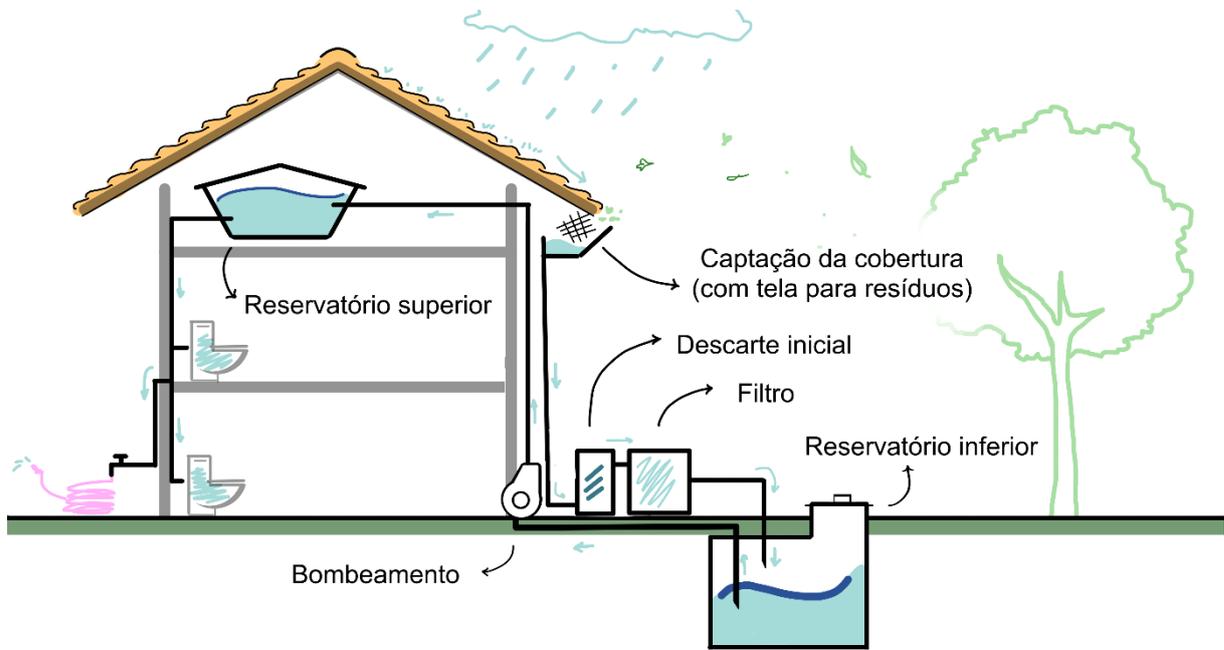
2.2.3. Captação e aproveitamento da água pluvial

O sistema de aproveitamento engloba a captação, armazenamento e utilização da água precipitada e é composto pela área de captação, condutores horizontais e verticais, calhas, filtros e reservatórios de descarte e de armazenamento (FIEMG, 2016).

O funcionamento deste sistema em residências consiste, em geral, na captação da água que cai sobre os telhados ou lajes, seu transporte através de calhas e condutores verticais até o filtro e em seguida até o local de armazenamento. O tipo de reservatório mais comumente encontrado nas residências brasileiras que possuem o sistema de reaproveitamento de água pluvial é a cisterna subterrânea, de onde a água

é bombeada mecanicamente para um reservatório elevado e então distribuída para os pontos de utilização de água não potável (Carvalho, 2010), conforme mostrado na Figura 2.3.

Figura 2.3. Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Adaptado de Group Raindrops, 2002

A área de captação consiste na projeção horizontal da área de cobertura impermeável onde a água pluvial é captada, considerando incrementos devido a paredes que interceptem a chuva e à inclinação da cobertura da edificação (ABNT, 2019a; ABNT, 1989). Os condutores horizontais e verticais devem ser projetados com período de retorno mínimo de 25 anos observando a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica local (ABNT, 2019a).

A norma exige que a água pluvial passe por pré-tratamento antes da reservação por meio de dispositivo durável e de fácil manutenção. É indicado também a instalação de dispositivos que removam detritos, desde que estes não interfiram no desempenho das calhas e condutores, mantendo sua seção e vazão (ABNT, 2019a).

Os reservatórios de água pluvial devem ser separados dos reservatórios de água potável, impedindo o contato entre as águas. O volume dimensionado leva em consideração a demanda, área de captação e intensidade pluviométrica da região, baseando-se em critérios econômicos, técnicos e ambientais. O volume não aproveitável de água pluvial deve ser lançado na rede de coleta pluvial pública ou

infiltrado, quando não houver perigo de contaminação de reservas hídricas subterrâneas (ABNT, 2019a).

As tubulações, válvulas, conexões e demais componentes devem possuir indicação clara de diferenciação das tubulações de água potável — recebendo pintura ou identificação gráfica, conforme a NBR 15.527 (ABNT, 2019a).

2.2.4. Qualidade da água pluvial

O local onde é feita a captação da água pluvial interfere diretamente na sua qualidade. O Quadro 2.1 apresenta categorias de purificação de acordo com a área onde foi coletada. É importante notar que os graus C e D são considerados não adequados para uso não potável sem que a água seja tratada (Group Raindrops, 2002). Apesar do que é mostrado no uso do grau A, a norma NBR 15.527 (ABNT, 2019a) prevê apenas o uso não potável para o aproveitamento da água pluvial.

Quadro 2.1. Graus de purificação conforme área de coleta

Área de coleta	Grau	Uso
Telhados (lugares não ocupados por animais ou pessoas)	A	Lavar banheiros, regar plantas, usos potáveis se filtrada
Telhados, sacadas e terraços (lugares ocupados por animais ou pessoas)	B	Lavar banheiros e regar plantas, usos não potáveis
Pisos impermeabilizados	C	Usos não potáveis, se tratada
Estradas	D	Usos não potáveis, se tratada

Fonte: Adaptado de Group Raindrops, 2002

É importante que o início da precipitação seja descartado para melhor qualidade da água armazenada. O fluxo inicial de água de chuva é impróprio para armazenamento nas cisternas, por carregar as partículas em suspensão da atmosfera, poeira e sujeira acumulada na superfície de captação durante estações secas, insetos, entre outros resíduos poluentes. Assim, a intensidade e frequência das chuvas, e o nível de poluição do local interferem diretamente na quantidade de água de limpeza do telhado a ser descartada (Nóbrega, 2011).

A norma da ABNT (2019a) NBR 15.527 recomenda que seja instalado dispositivo automático de descarte da água de escoamento inicial dimensionado com base no tamanho da área de captação, adotando o descarte de 2mm por metro quadrado quando o projetista não dispõe de outras informações expressivas.

A qualidade da água também depende da sua utilidade. Para o uso em descargas de vasos sanitários, lavagem de carros e lavagem de roupas, previstos na norma, é necessário tratamento higiênico, pois há a possibilidade de contato do corpo humano com a água durante a utilização (Group Raindrops, 2002). O Quadro 2.2 mostra os tratamentos necessários de acordo com o uso da água, indicando que quando o uso é mais restritivo há parâmetros de qualidade a ser controlados.

Quadro 2.2. Tratamento necessário para uso da água

Uso	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Manutenção frequente dos equipamentos
Paisagismo, descarga, lavagem de roupas e veículos	Tratamento higiênico (possível contato com a água)
Banho, piscina, consumo e preparo de alimentos	Desinfecção (consumo direto e indireto)

Fonte: Adaptado de Group Raindrops, 2002

Para os usos aprovados pela norma, o tratamento higiênico é suficiente desde que observados alguns parâmetros, como turbidez, pH e presença de bactérias (ABNT, 2019a). A Tabela 2.5 descreve tais parâmetros.

Tabela 2.5. Parâmetros mínimos de qualidade para uso na NBR 15527

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

Fonte: Adaptado de ABNT (2019a)

A Agência Nacional de Águas (ANA) define outros parâmetros, mais específicos e restritivos quanto à qualidade da água pluvial para uma classe de uso semelhante ao citado na NBR 15527 (ABNT, 2019a).

A Tabela 2.6 contém os parâmetros esperados para a Classe 1 de água de reuso, que consiste no uso em descargas de vasos sanitários, fins ornamentais e lavagem de pisos, roupas e veículos (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005).

Tabela 2.6. Parâmetros mínimos de qualidade para Classe 1 segundo ANA

Parâmetro	Valor
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
Turbidez	≤ 2,0µT
pH	6,0 a 9,0
Cor (UH)	≤ 10UH
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas	≤ 1mg/L
DBO ²	≤ 10mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato	≤ 10mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20mg/L
Nitrito	≤ 1mg/L
Fósforo total ⁴	≤ 0,1mg/L
Sólido suspenso total (SST)	≤ 5mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (STD)	≤ 500mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.

2. O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, etc.

5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

Fonte: Adaptado de ANA (2005)

Como em diversas das atividades aprovadas pela NBR 15527 e presentes na Classe 1 da ANA há o contato direto entre a água e o usuário, os parâmetros mais restritivos garantiriam um menor risco de infecção ou contaminação por vírus e bactérias. A Cartilha de Aproveitamento de Água Pluvial (FIEMG, 2016) recomenda que seja realizada uma caracterização físico-química e microbiológica no início da captação da água, além de inspeção visual periódica da água e do sistema de aproveitamento.

2.3. Energia solar

A origem e a prosperidade dos seres humanos estão fundamentalmente baseadas na energia solar. Processos naturais essenciais que sustentam a vida na Terra, como a fotossíntese e o ciclo hidrológico, são movidos pelo sol. No entanto, apenas nas últimas quatro décadas energia solar começou a ser captada por meio de equipamentos especializados e utilizada como uma fonte alternativa de energia, destacando-se por ser uma solução gratuita e não agressiva ao meio ambiente (Kalogirou, 2009).

Ainda que fontes fósseis de energia se destaquem no decorrer da história da evolução humana, a energia solar tem sido usada de diversas maneiras ao longo do tempo – do plantio de comida à geração de energia elétrica, passando pelo aquecimento de ambientes e de água, entre outras finalidades (Kalogirou, 2009).

A matriz energética mundial tem passado por transformações significativas, marcadas principalmente pelo crescimento da adoção de fontes de energia renovável. As fontes de energia tradicionais, como carvão, petróleo e gás natural ainda representam parcela considerável da produção global de energia, mas mostram uma tendência negativa, dando espaço para outras matrizes, como a solar e eólica. A matriz energética que mais cresceu em 2022 foi a solar pelo 18º ano consecutivo e aumentou 24% no ano citado, segundo o relatório global de energias renováveis (Ren21, 2023; IEA, 2023).

O rápido crescimento da fabricação de equipamentos e painéis solares está superando o da implantação de energia solar fotovoltaica, criando riscos de desequilíbrios, mas possibilitando o desenvolvimento de novas oportunidades para acelerar a adoção de energia solar em escala global, contribuindo para transições energéticas mais rápidas e sustentáveis. Com o cenário atual onde as temperaturas globais já alcançaram 1,2°C acima das registradas antes do desenvolvimento

industrial, transições mais rápidas para fontes limpas de energia são fundamentais para o controle do aquecimento global (IEA, 2023).

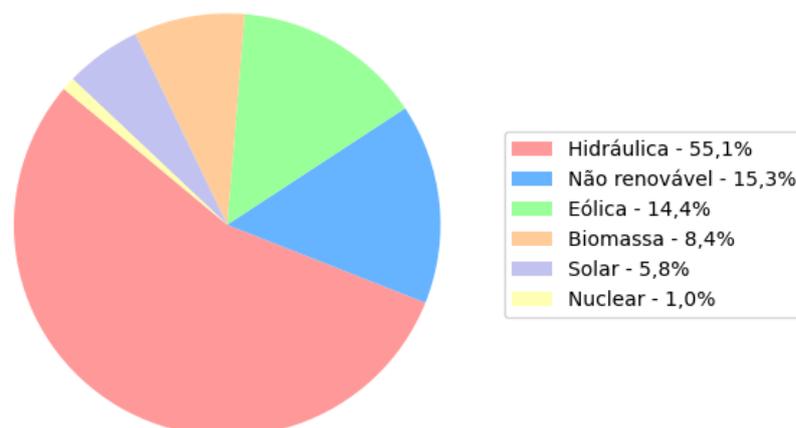
Para diversos países, como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Espanha, Austrália, China e França, as políticas governamentais resultaram no aumento significativo da energia solar gerada. De forma geral, tais políticas incluem subsídios públicos, isenção no pagamento de impostos e outros incentivos por parte do governo. Globalmente, as análises de políticas governamentais têm se concentrado cada vez mais nos efeitos públicos negativos da qualidade ambiental, saúde humana e desenvolvimento econômico (Solangi *et al.*, 2011).

2.3.1. Energia e aquecimento solar de água no Brasil

O crescimento da economia brasileira impôs uma demanda de energia que acompanha o aumento populacional do país. A melhoria da qualidade de vida, resultado da evolução da renda do brasileiro, também contribuiu para o aumento consistente do consumo de energia no país (Pereira *et al.*, 2017). Entre os anos de 2014 e 2023, o consumo de eletricidade por habitante aumentou em 28%, com 27,5% do uso final de eletricidade registrado somente no setor residencial (Brasil, 2024).

A matriz elétrica do Brasil é baseada principalmente nas hidrelétricas, conforme mostra a Figura 2.4. As principais usinas hidrelétricas incluem a Usina de Itaipu, Belo Monte, Tucuruí e Jirau, que contribuem significativamente para a produção de energia elétrica. No total, a energia hidráulica representa cerca de 55% da capacidade instalada do país em 2024 (Brasil, 2024).

Figura 2.4. Fontes de energia elétrica no Brasil em 2024



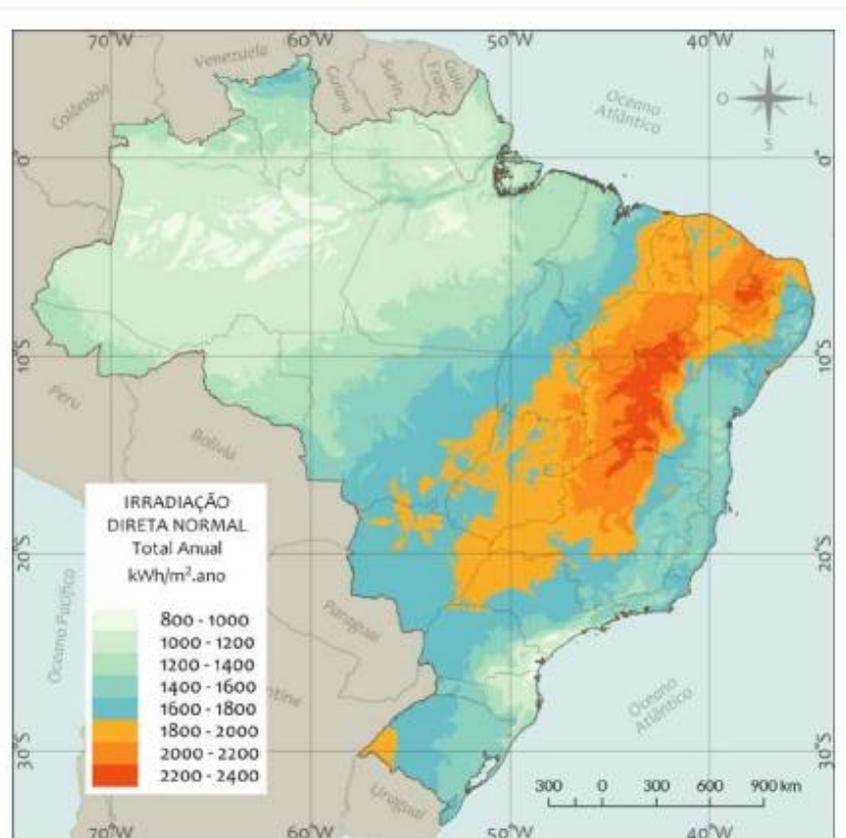
Fonte: Adaptado de Brasil, 2024.

No entanto, a capacidade de geração vem reduzindo a cada ano e abrindo espaço para outros meios renováveis, como a energia solar (Pereira *et al.*, 2017). A Agência Internacional de Energia (IEA) estimou em 2023 que os projetos de energia solar fotovoltaica (de escala utilitária e distribuída) representarão quase 70% de todas as novas instalações de geração de energia nos próximos anos.

Geograficamente, o Brasil recebe índices altos e relativamente uniformes de radiação solar em todo o seu território, novamente se destacando como um país que se beneficia da matriz energética (Brasil, 2020). A Figura 2.5 mostra o total anual de irradiação solar direta no Brasil.

O uso térmico da energia solar para o aquecimento de água para uso doméstico é atualmente a aplicação da energia solar mais comum no Brasil. A substituição de sistemas de aquecimento a gás ou elétrico de chuveiros é o principal contribuinte para a estatística, visto que os gastos com o aquecimento da água chegam a até 24% do total da energia elétrica consumida (Eletrobrás, 2019).

Figura 2.5. Mapa do total anual de irradiação direta no Brasil

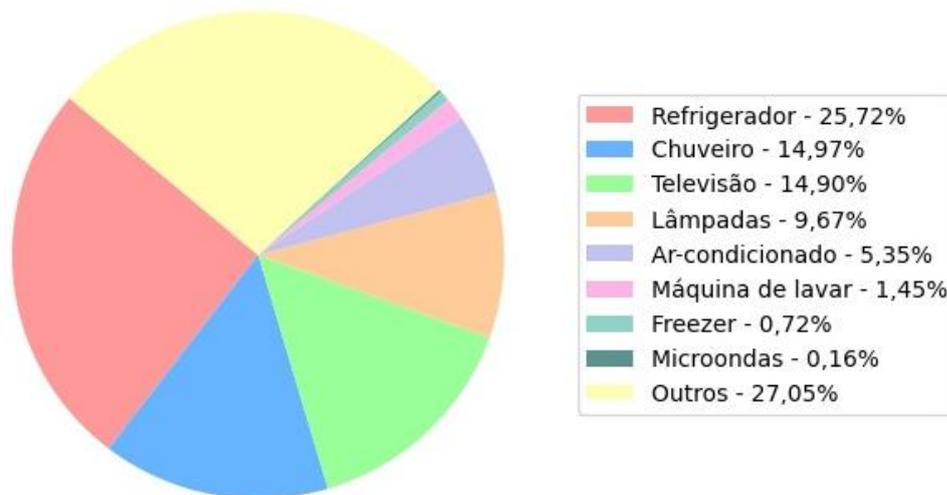


Fonte: Pereira *et al.* (2017)

O setor residencial é responsável por 27,5% do uso final da energia elétrica no Brasil, com crescimento constante. Só entre os anos de 2022 e 2023 houve um aumento de 9,06% do consumo de energia elétrica no setor. Em 2023, o consumo final de energia solar térmica pelo setor residencial foi de 9.949 GWh, equivalente a 79% do total consumido de 12.484 GWh (Brasil, 2024).

A Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial realizada pela Eletrobras (2019) indicou que o aparelho responsável pela maior parte do consumo de energia elétrica nas residências é o refrigerador, seguido de chuveiros elétricos e televisores, conforme ilustrado na Figura 2.6. Considerando a porcentagem significativa de consumo do chuveiro elétrico, a utilização de sistemas de aquecimento solar de água se mostra como solução sustentável alternativa para economia de energia elétrica.

Figura 2.6. Percentual de consumo de energia elétrica por tipo de aparelho no Brasil em 2019



Fonte: Adaptado de Eletrobras, 2019

Um estudo realizado por Basso *et al.* (2010) avaliou a viabilidade de um protótipo construído no campus da Faculdade Assiz Gurgacz, em Cascavel - PR, de modo a simular um sistema de aquecimento de água comumente utilizado em residências unifamiliares. O equipamento se mostrou tecnicamente viável ao alcançar a temperatura mínima para banho de 35°C na maioria dos dias estudados.

Outra análise, realizada por Napolini (2012) em Florianópolis - SC estudou a viabilidade de um equipamento de baixo custo comercial voltado para a utilização em habitações de baixa renda, resultando em até 9% de redução no valor pago no ano para uma residência com hábitos de banho majoritariamente noturnos. A autora

mostrou que embora os benefícios do aquecimento solar de água sejam claros, a adoção do sistema enfrenta barreiras como a comodidade do aquecimento elétrico e a falta de incentivos que cubram o gasto inicial com os coletores.

Uma simulação de instalação de aquecedor solar com apoio elétrico baseada no programa EnergyPlus foi realizada por Altoé, Filho e Carlo (2012) em Viçosa – MG, onde avaliaram a eficiência energética do sistema em uma residência unifamiliar. A substituição do chuveiro elétrico resultou na redução em 70% do consumo de energia elétrica para aquecimento de água e 36% do consumo de energia elétrica geral.

Rodrigues e Sowmy (2021) avaliaram a viabilidade da instalação de um sistema de aquecimento solar de água, com apoio em sistema a gás, em um edifício residencial de dezesseis pavimentos na Zona Leste de São Paulo. O dimensionamento mostrou que devido à falta de espaço disponível para instalação dos coletores solares na cobertura, apenas 76 dos 132 apartamentos poderiam ser atendidos. Apesar de não englobar todos os moradores, o estudo mostrou que a previsão de retorno do investimento seria menor que dois anos, com custos inferiores a 1% do orçamento inicial da obra para a construtora.

Estes estudos mostram que o uso do aquecimento solar de água possui vantagens econômicas e ambientais significativas, especialmente quando aplicado a residências unifamiliares, onde a área de cobertura para instalação dos coletores é maior que em edifícios multifamiliares verticais. A expansão do uso de tecnologias solares não apenas pode reduzir a dependência de fontes não-renováveis, como promover a sustentabilidade e a eficiência energética em todo o país.

2.3.2. Sistema de aquecimento solar

A NBR 15.569 (ABNT, 2020a) estabelece que os três principais componentes do Sistema de Aquecimento Solar (SAS) são os coletores solares, reservatórios térmicos e sistemas de aquecimento auxiliar.

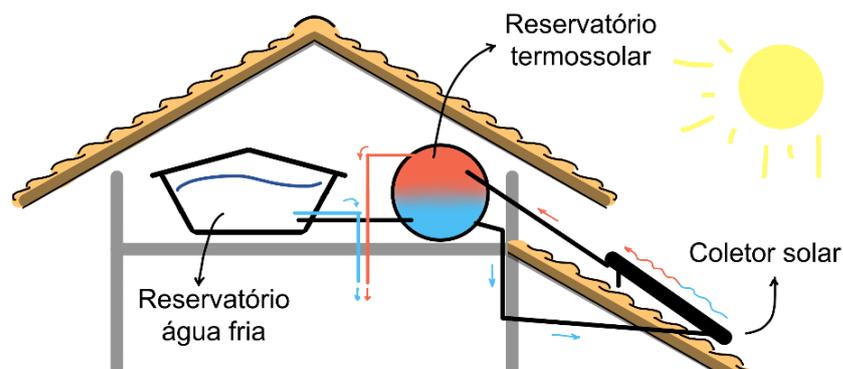
O coletor solar é responsável pela absorção da radiação solar e sua conversão em energia térmica, que é transmitida para a água que circula em seu interior, provocando seu aquecimento. O tipo de coletor a ser utilizado depende da aplicação e temperatura desejada – coletores abertos são comumente utilizados em piscinas, enquanto tubos de vácuo são mais eficientes em situação onde trabalham com temperaturas mais elevadas, como em processos industriais ou de refrigeração solar. Os coletores fechados planos são os mais utilizados para fins sanitários na maioria

dos países, atingindo temperaturas maiores que 80°C durante seu funcionamento (Procobre, 2009).

Para dimensionar os coletores são levadas em consideração características de instalação como localidade, inclinação, sombreamento e orientação. No hemisfério Sul os coletores devem ser posicionados voltados para o Norte geográfico, com desvio de, no máximo, 30°. O ângulo de inclinação com a superfície horizontal deve ser o mesmo da latitude local acrescido de 10°. Outro detalhe importante que deve ser considerado é a presença de estruturas construídas ou de vegetação que possam projetar sombras na superfície dos coletores (ABNT, 2020a).

O reservatório termossolar é responsável por armazenar a energia térmica na forma da água aquecida. Em um SAS de circulação natural ou termossifão, ilustrado na Figura 2.7, a movimentação da água quente entre o coletor e o reservatório ocorre somente devido a mudança de densidade que ela sofre com a mudança de temperatura. Um SAS de circulação forçada, por outro lado, exige a instalação de bomba para gerar pressão e movimentar a água (ABNT, 2020a).

Figura 2.7. Sistema de aquecimento de termossifão



Fonte: Adaptado de ABNT (2020a)

O sistema auxiliar de aquecimento é instalado para suprir a demanda térmica complementar do SAS quando necessário. A instalação deve ser de tal maneira que o equipamento priorize o aquecimento solar. A demanda pode ser suprida por energia elétrica ou por aquecedores de passagem a gás, por exemplo. Sua instalação garante que a água atinja a temperatura desejada mesmo em dias de pouca incidência solar (ABNT, 2020a; Rodrigues; Sowmy, 2021).

Para uma residência unifamiliar pequena, o sistema de aquecimento solar mais indicado é o de circulação natural ou termossifão, devido à baixa necessidade de manutenção, maior confiabilidade e instalação simplificada. Além disso, é um sistema autorregulado, com maiores velocidades de circulação em dias de maior radiação solar (Basso et al., 2010; Procobre, 2009).

2.4. Considerações finais

Neste capítulo foram abordados os temas de água potável, água pluvial e aquecimento solar de água, destacando a importância de cada um desses recursos e suas aplicações no contexto de uma residência sustentável.

A água é um recurso fundamental para a vida e atividades humanas e apesar de ser abundante no planeta, apenas uma pequena fração está disponível para consumo humano, o que torna crucial sua gestão e uso consciente.

A utilização dos sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial se mostra como alternativa eficaz para reduzir o consumo de água potável em residências, contribuindo para a sustentabilidade ambiental de maneira econômica.

O aquecimento solar de água é uma alternativa promissora para diminuir a dependência de fontes não renováveis de energia. O setor residencial tem grande potencial para adoção deste sistema, promovendo habitações com maior eficiência energética e menor impacto ambiental.

O projeto de implementação destes sistemas em uma residência unifamiliar permitirá avaliar a viabilidade da instalação de coletores solares e o potencial de economia de água potável, desenvolvendo uma edificação sustentável e que contribui para a preservação dos recursos hídricos.

3. Método

Este capítulo descreve os procedimentos e normas utilizados no desenvolvimento do projeto hidráulico com aproveitamento de água pluvial e aquecimento solar de uma residência unifamiliar de um pavimento localizada no município de Palhoça, em Santa Catarina.

O projeto visa a aplicação dos sistemas de modo a promover o uso sustentável de recursos hídricos e energéticos, sendo modelado no software REVIT a partir dos projetos arquitetônico e estrutural originais da residência, fornecidos pelo engenheiro responsável.

3.1. Objeto de estudo

O objeto de estudo é a residência unifamiliar localizada na Rua Servidão Catarina Claudina Espíndola, nº 150, no bairro Aririú da Formiga. A edificação possui um único pavimento composto por três banheiros, quatro quartos, um closet e um escritório. A área social inclui uma sala de estar e uma sala de jantar, duas varandas externas, cozinha, despensa e área de serviço. Na área externa há garagem e churrasqueira com pia. A Figura 3.1 mostra a edificação.

Figura 3.1. Objeto de estudo



A residência foi construída em 2003 e conta com área total construída de 228 m² em um terreno de 1440 m². Seu abastecimento hoje é indireto, realizado por meio de dois reservatórios superiores. Atualmente em uso, a edificação possui dezessete pontos de água: três chuveiros, três lavatórios e três vasos sanitários com válvula de descarga, uma ducha higiênica, uma pia na cozinha e uma na área da churrasqueira,

uma máquina de lavar louça, uma máquina de lavar roupa, um tanque e duas torneiras externas. A Figura 3.2 ilustra a disposição dos cômodos.

Figura 3.2. Croqui da residência objeto de estudo, sem escala



O sistema hidráulico da residência foi dimensionado para atender as necessidades da família, as normas técnicas e ao Código de Obras do município. O projeto previu a captação e armazenamento de água da chuva para ser utilizada nos vasos sanitários, máquina de lavar roupa e torneiras externas, visando a redução do consumo de água potável. A água quente é fornecida por meio do sistema de aquecimento solar, projetada para atender os chuveiros, lavatórios e a pia da cozinha.

3.2. Instalações de água fria

As instalações de água fria da residência foram dimensionadas de acordo com as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 2020b) e orientações do fabricante (Tigre, 2021a) para garantir o abastecimento adequado e eficiente de água potável. O abastecimento pela rede pública é realizado pela concessionária do município, SAMAE.

3.2.1. Dimensionamento do reservatório

De acordo com as diretrizes da NBR 5626 (ABNT, 2020b), o volume mínimo de água a ser armazenado no reservatório de uma edificação deve ser suficiente para atender ao consumo médio diário da edificação por um período de 24 horas.

O Código de Obras do município de Palhoça, no artigo 194, estima o dimensionamento dos reservatórios a partir do consumo mínimo diário por tipo de edificação, estabelecendo o consumo de 100 litros/dia por compartimento habitável de longa permanência para unidades residenciais (Palhoça, 1993). A concessionária não aborda o consumo diário, a população habitante na residência ou métodos de dimensionamento para reservatórios, estabelecendo apenas que a NBR 5626 deve ser atendida (SAMAE, 2024).

Entre os cômodos da residência objeto de estudo, os compartimentos considerados como de longa permanência incluem escritório, dormitórios, cozinha, sala de estar e jantar, conforme determina o artigo 242 do Código de Obras (Palhoça, 1993).

3.2.2. Dimensionamento das tubulações

Para a garantia do abastecimento de água nos pontos de utilização, a vazão de cada trecho do sistema foi dimensionada utilizando o critério do consumo máximo provável, que se baseia na probabilidade de uso simultâneo dos aparelhos sanitários conectados a um mesmo trecho de tubulação.

O método adotado para o cálculo da vazão foi o método da soma dos pesos, conforme descrito pelo manual do fabricante (Tigre, 2021a). O peso relativo de cada aparelho sanitário alimentado pela rede interna está indicado no Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Pesos relativos nos pontos de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto(L/s)	Peso relativo
Vaso sanitário	Válvula de descarga	1,70	32,0
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador	0,15	0,3
Pia	Torneira ou misturador	0,25	0,7
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim	Torneira	0,20	0,4

Fonte: Adaptado de Tigre (2021a)

A vazão é calculada a partir da soma destes pesos seguindo a Equação 3.1.

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P} \quad (3.1)$$

Onde:

Q é a vazão estimada na seção considerada (L/s);

ΣP é a soma dos pesos relativos alimentados pela seção considerada.

Com a vazão determinada, o diâmetro pôde ser estabelecido a partir o limite máximo de velocidade estabelecido pela NBR 5626 como 3 m/s (ABNT, 2020b). A velocidade da água na tubulação foi calculada por meio da Equação 3.2.

$$V = \frac{4000 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (3.2)$$

Onde:

V é a velocidade da água (m/s)

Q é a vazão (L/s)

D é o diâmetro interno da seção transversal da tubulação (mm)

Com o diâmetro determinado de forma a atender o critério da velocidade máxima, a perda de carga e a pressão nas tubulações puderam ser avaliadas. O manual de hidráulica (Netto; Fernández, 2015) apresenta a equação de Fair-Whipple-Hsiao como opção para o cálculo da perda de carga em tubulações, representada na Equação 3.3.

$$J = 8,69 \times 10^5 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (3.3)$$

Onde:

J é a perda de carga unitária (mca/m);

Q é a vazão na seção considerada (L/s);

d é o diâmetro interno da seção da tubulação (mm).

Para a perda de carga nas conexões foi utilizado o Método dos Comprimentos Equivalentes, os valores das conexões não citadas na NBR 5626 foram retirados do catálogo disponível no manual técnico da Tigre (2021a).

A perda de carga total foi calculada para o ponto de abastecimento de aparelho sanitário mais distante da caixa d'água, somando a perda nas conexões e ao longo da tubulação. Com a perda total de carga na tubulação, a pressão dinâmica mínima pôde ser analisada na rede e pontos de distribuição.

A NBR 5626 (ABNT, 2020b) estabelece a pressão estática máxima de 40 mca como proteção à golpe de aríete e a pressão dinâmica mínima de 1 mca em qualquer ponto da instalação. A Tabela 3.2 indica a pressão dinâmica mínima de utilização de cada aparelho, que também deve ser obedecida.

Tabela 3.2. Pressão dinâmica mínima nos pontos de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Pressão dinâmica mínima (mca)
Vaso sanitário	Válvula de descarga	1,5
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	1,0
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador	1,0
Pia	Torneira ou misturador	1,0
Tanque	Torneira	1,0
Torneira de jardim	Torneira	1,0

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (ABNT, 2020b)

Com esses métodos foram calculados os diâmetros das tubulações de abastecimento de água fria do barrilete, colunas, ramais e sub-ramais, atendendo as exigências da norma ABNT.

3.3. Água pluvial

As instalações de água pluvial da residência foram dimensionadas de acordo com as recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989) e NBR 15527 (ABNT, 2019a) para garantir a drenagem da água e o cumprimento dos requisitos para o seu aproveitamento. O aproveitamento da água pluvial visa abastecer os pontos de uso não potável da água da residência: vasos sanitários e torneiras de irrigação e lavagem externas.

3.3.1. Usos finais na edificação

Buscando potencializar a economia de água potável por meio da estimativa dos usos finais mais significativos dentro da residência, foram analisados os hábitos de consumo dos moradores utilizando relatório sobre o uso de cada aparelho. Os moradores registraram a quantidade de vezes e o tempo de uso dos aparelhos hidrossanitários durante uma semana.

Foram realizadas visitas na residência para verificação dos tipos e modelos de cada equipamento. A partir do informado pelos fabricantes dos aparelhos foi possível determinar o consumo de água em cada ciclo da máquina de lavar roupas e da máquina de lavar louças.

Para fins de registro, os aparelhos foram divididos entre dois tipos: Tipo 1, que inclui os chuveiros e as torneiras dos lavatórios, pias, tanque e mangueiras, onde foram anotados os tempos de funcionamento dos aparelhos sanitários; e Tipo 2 para os vasos sanitários e as máquinas de lavar roupa e de lavar louça, onde foi anotada a quantidade de utilizações.

A vazão dos equipamentos do Tipo 1 foi obtida por meio do registro do tempo necessário para encher um recipiente com volume de 500 mL, tomando como vazão a média de três medições. O procedimento foi realizado em todos os aparelhos do Tipo 1, com exceção do Chuveiro 1 onde não foi registrado nenhuma utilização pelos moradores.

Por não ser possível verificar o modelo das válvulas de descarga dos vasos sanitários, não foram realizadas medições do volume de água e a vazão adotada foi de 1,7 L/s, conforme a vazão de projeto recomendada para vasos sanitários pela NBR 5626 (ABNT, 2020b). O tempo de acionamento das válvulas de descargas foi obtido tomando o tempo médio entre três medições e os moradores registraram apenas o número de descargas.

O consumo semanal de cada aparelho do Tipo 1 foi determinado multiplicando o tempo de uso total na semana pela vazão medida. Para os aparelhos do Tipo 2 o consumo foi calculado a partir do número de utilizações na semana, multiplicando pelo consumo de água em um ciclo.

O uso total de água na residência em uma semana foi calculado pela somatória dos consumos semanais de todos os aparelhos. A fim de verificação de dados, o consumo estimado foi comparado ao consumo médio registrado pela concessionária de água por meio de consulta às faturas de água dos meses anteriores. Os usos finais

das descargas, mangueiras e máquina de lavar roupas indicam o percentual da demanda que pode ser atendida com água pluvial na residência.

3.3.2. Área de captação

A determinação da área de captação da cobertura é fundamental para o cálculo da vazão de projeto. A cobertura da residência é constituída por telhas de cerâmica esmaltada, com superfícies que seguem a mesma inclinação. Como o volume de água de chuva que precipita não é o mesmo que pode ser aproveitado, utilizou-se o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) que representa a razão entre a água que escoia superficialmente pelo total de água precipitada (Tomaz, 2010).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a), a área de captação compreende a área projetada na horizontal à cobertura onde há captação de água pluvial. Como não há circulação de pessoas sobre a cobertura, toda a água captada pôde ser utilizada para o aproveitamento após o descarte inicial de 2 mm (ABNT, 2019a).

3.3.3. Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial foram obtidos da Estação Pluviométrica de código 83897, monitorada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024).

Os valores de precipitação são registrados diariamente na estação localizada na cidade de Florianópolis, com latitude -27,60, longitude -48,62 e altitude de 4,64 m. Os dados correspondem à precipitação total diária, em milímetros, medida a partir do início de operação da estação em 01/07/1961 até 01/07/2018.

Para a intensidade pluviométrica foi utilizada a Tabela 5 da NBR 10.844 (ABNT, 1989) com período de retorno de 25 anos. O local utilizado como referência para os dados de chuvas intensas foi a cidade de Florianópolis, SC, a mais próxima de onde a residência objeto de estudo está localizada.

3.3.4. Dimensionamento de calhas e condutores

As calhas da residência foram fixadas sob a extremidade da cobertura, com inclinação mínima de 0,5% e cantos arredondados, conforme indicado na NBR 10844 (ABNT, 1989). Os condutores verticais foram projetados em prumadas únicas, fixados

externamente à residência. Os condutores horizontais obedeceram à declividade mínima de 0,5%, com inclinação uniforme.

A área de contribuição da cobertura foi calculada levando em consideração o incremento devido à cada inclinação, de acordo com a definição da NBR 18844 (ABNT, 1989).

O dimensionamento dos condutores verticais e horizontais foi realizado de acordo com os ábacos da NBR 10844 (ABNT, 1989), a partir da vazão de projeto, obtida por meio da Equação 3.4.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (3.4)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h);

A é a área de contribuição (m²).

Para o dimensionamento das calhas a norma indica a fórmula de Manning-Strickler, representada na Equação 3.5.

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (3.5)$$

Onde:

Q é vazão de projeto (L/min);

K é uma constante igual a 60000;

S é área da seção molhada (m²);

n é o coeficiente de rugosidade;

R_H é o raio hidráulico (m);

i é a declividade da calha (m/m).

3.3.5. Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório de água pluvial foi realizado por meio do programa Netuno, versão 4, uma ferramenta desenvolvida para simular sistemas de

captação de água pluvial (Ghisi; Cordova, 2014). O programa permitiu analisar diferentes cenários com base em variáveis climáticas e características específicas da edificação, fornecendo o potencial de economia de água potável em sistemas de aproveitamento de água da chuva para diferentes capacidades do reservatório.

O cálculo considerou uma série de variáveis de entrada, incluindo dados históricos de precipitação pluviométrica da região, data de início dos registros, a área de captação da cobertura, o descarte inicial da precipitação, o coeficiente de *runoff*, o número de ocupantes da edificação e o consumo médio diário de água potável por morador. O programa também permitiu simular diferentes percentuais de substituição de água potável por água pluvial, considerando cenários variados para suprir as necessidades de consumo da edificação.

Foram considerados dois cenários de aproveitamento de água pluvial, com e sem utilização na máquina de lavar roupas (cenários 1 e 2, respectivamente). Os percentuais equivalentes a cada cenário foram obtidos da análise do uso final da água na residência. O dimensionamento do consumo foi realizado considerando o maior número de ocupantes na residência, totalizando oito habitantes, dois por dormitório.

O volume do reservatório superior onde é armazenada a água pluvial tratada foi dimensionado pelo programa de forma a atender a demanda diária de água não potável e não ultrapassar o volume de consumo de dois dias, assim o armazenamento não é prolongado e são evitados riscos de prejuízo à qualidade da água, conforme especificado pela NBR 16.783 (ABNT, 2019b).

O reservatório inferior teve seu volume ajustado em intervalos de 250L até atingir o ponto de otimização, onde o aumento no volume não traz ganhos significativos no potencial de economia de água. Assim, o volume e dimensões do reservatório puderam ser definidos para atender a demanda sem gerar custos desnecessários com superdimensionamento, oferecendo o melhor equilíbrio entre economia de água potável e viabilidade técnica e arquitetônica.

3.4. Instalações de água quente

As instalações de água quente da residência foram dimensionadas de acordo com as recomendações da NBR 7198, NBR 5626 e NBR 15569 (ABNT, 1993, 2020a, 2020b) para garantir o abastecimento com vazão e temperatura ideais em todos os pontos de utilização. O dimensionamento das tubulações foi realizado com os mesmos métodos de cálculo e verificações que as tubulações de água fria vistos na Subseção 3.2.2.

O aquecimento auxiliar foi projetado para ser realizado por um aquecedor elétrico instalado dentro do próprio reservatório de água quente, que será acionado caso a temperatura da água não alcance a temperatura mínima determinada no aparelho. O fabricante recomenda temperaturas entre 30 e 40°C no verão e 45 e 50°C no inverno (Komeco, 2021). Para fins de cálculo, a temperatura de reserva adotada foi de 45°C.

3.4.1. Dimensionamento do reservatório

O reservatório de água quente foi dimensionado a partir do consumo diário de água quente na residência, de maneira a atender as necessidades dos moradores. O volume de consumo foi determinado para abastecer a residência por um dia, adotando os valores de consumo diário sugerido pela P-NB-128 de 45L (ABNT, 1972).

Para a determinação do volume de armazenamento do reservatório de água quente, a NBR 15569 (ABNT, 2020a) determina que o cálculo seja realizado por meio da Equação 3.6.

$$V_s = V_c \cdot \frac{(T_c - T_m)}{(T_a - T_m)} \quad (3.6)$$

Onde:

V_s é o volume do sistema de armazenamento (L);

V_c é o volume de consumo diário (L);

T_c é a temperatura de consumo de utilização (°C);

T_a é a temperatura de armazenamento da água (°C);

T_m é a temperatura ambiente média anual do local de instalação (°C).

A temperatura de consumo recomendada pela normativa é de 42°C e a temperatura média anual do local foi obtida pela média dos últimos vinte anos a partir dos dados da estação meteorológica (ANA, 2024). A temperatura de armazenamento, conforme mencionado, é de 45°C (Komeco, 2021).

3.4.2. Coletores solares

As placas coletoras foram projetadas respeitando as recomendações da NBR 15569 (ABNT, 2020a) quanto à inclinação e orientação geográfica. Os coletores foram posicionados respeitando o ângulo máximo em relação ao norte geográfico, com inclinação horizontal de 37° devido à latitude de 27° local, acrescida de 10° conforme a indicação normativa.

Não há sombreamento sobre a área da cobertura onde as placas foram posicionadas e a ligação entre os coletores foi feita em paralelo, funcionando por meio da circulação normal.

Para o dimensionamento da área coletora necessária, a NBR 15569 (ABNT, 2020a) estabelece o cálculo da demanda de energia útil utilizando a Equação 3.7.

$$E_u = \frac{V_A \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_A - T_M)}{3600} \cdot 30 \text{ dias} \quad (3.7)$$

Onde:

E_u é a energia útil (kWh/mês);

V_s é o volume do sistema de armazenamento (L);

ρ é a massa específica da água (kg/L);

C_p é o calor específico da água (kJ/kg.°C)

T_a é a temperatura de armazenamento da água (°C);

T_m é a temperatura ambiente média anual do local de instalação (°C).

A partir da energia útil, a área coletora foi determinada por meio da Equação 3.8, utilizando o valor da irradiação global média anual do local de instalação, fornecido no Anexo D da NBR 15569 (ABNT, 2020a). Para as placas coletoras, optou-se por adotar o modelo Ambient da Komeco, recomendado para climas frios. A produção média mensal de energia específica foi informada pelo fabricante das placas coletoras utilizadas como 80,6 kWh/mês.m².

$$A_c = \frac{1,15 \cdot E_u \cdot FC_i \cdot 4,89}{PMEE \cdot I_G} \quad (3.8)$$

Onde:

A_c é a área coletora (m²);

E_u é a energia útil (kWh/mês);

FC_i é o fator de correção da orientação;

PMEE é Produção Média Mensal de Energia Específica (kWh/mês.m²);

I_G é a irradiação global média anual diária (kWh/m²).

O FC_i é encontrado utilizando a Equação 3.9 descrita na NBR 15.569 (ABNT, 2020a) para correção da inclinação e orientação do coletor solar quanto à posição do norte geográfico e ao módulo da latitude local.

$$FC_i = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_o)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \cdot \gamma^2]} \quad (3.9)$$

Onde:

FC_i é o fator de correção para orientação e inclinação dos coletores;

β é a inclinação do coletor em relação ao plano horizontal;

β_o é a inclinação ótima do coletor (°C);

γ^2 é o ângulo de orientação dos coletores em relação ao norte (°C);

3.5. Análise do potencial de economia

Buscando verificar a viabilidade econômica da instalação dos sistemas de aquecimento solar de água e de aproveitamento de água pluvial, foi realizada a análise econômica sem considerar custos de reforma.

O período de operação analisado foi de 21 anos, simulando uma residência construída no mesmo ano em que a utilizada como objeto de estudo. Os custos considerados foram os de operação e instalação dos materiais e equipamentos, enquanto os benefícios foram calculados a partir do potencial de economia de energia e de consumo de água que provém da concessionária. A economia efetiva foi determinada pela diferença entre os custos e benefícios.

Foram analisados três cenários: um considerando a instalação somente do sistema de aproveitamento de água pluvial, o segundo apenas a instalação do sistema de aquecimento solar e o terceiro considerando a instalação de ambos os sistemas.

Os valores tarifários do m³ de água por faixa de consumo e do kWh foram retirados dos sites das concessionárias de água e energia do município de Palhoça: Samae e Celesc, respectivamente e estão apresentados na Tabela 3.3. Foram

considerados ajustes anuais nas tarifas de luz e energia e nos custos de operação dos sistemas adotando o valor da inflação acumulada nos últimos 12 meses, de 4,76% (IBGE, 2024).

Tabela 3.3. Valores tarifários da CELESC e SAMAE para Palhoça, em 2024

Concessionária	Faixa de consumo	Tarifa
CELESC	-	R\$ 0,61791 /kWh
	Até 10 m ³	R\$ 47,19
SAMAE	11 – 25 m ³	R\$ 8,69 /m ³
	26 – 50 m ³	R\$ 12,08 /m ³
	Acima de 50 m ³	R\$ 14,93 /m ³

Fonte: Adaptado de SAMAE (2024) e CELESC (2024)

O consumo de água potável na residência foi obtido pela média de consumo diário determinada pelo Código de Obras para o projeto, de 2400 L por mês. A tarifa de água apresenta cobrança fixa até 10 m³ de água e cobrança variável por m³ de água consumida para as demais faixas, portanto o custo mensal de água para análise do primeiro cenário foi calculado conforme a Equação 3.10. A SAMAE também cobra uma taxa de esgoto referente a 80% do valor de cada faixa de consumo.

$$C_m = t_f + (1 + t_e) \cdot [(v_1 \cdot t_1) + (v_2 \cdot t_2) + (v_3 \cdot t_3)] \quad (3.10)$$

Onde:

C_m é o custo mensal do consumo de água (R\$/mês);

t_f é a tarifa fixa;

t_e é a taxa de esgoto (%);

v_1 é o volume consumido na primeira faixa de consumo (m³);

t_1 é a tarifa da primeira faixa de consumo (R\$/m³);

v_2 é o volume consumido na segunda faixa de consumo (m³);

t_2 é a tarifa da segunda faixa de consumo (R\$/m³);

v_3 é o volume consumido na terceira faixa de consumo (m³);

t_3 é a tarifa da terceira faixa de consumo (R\$/m³).

Foi avaliada a diferença entre o custo mensal do consumo de água potável atual na residência e o consumo com a instalação do sistema de aproveitamento

pluvial. Também foi considerado o valor mensal de operação e manutenção do sistema. A Equação 3.11 demonstra o cálculo da economia mensal.

$$E_m = C_m - (C_{mp} + C_o) \quad (3.11)$$

Onde:

E_m é a economia mensal com utilização do sistema de água pluvial (R\$/mês);

C_m é o custo mensal de consumo de água potável (R\$/mês);

C_{mp} é o custo mensal de consumo com utilização do sistema de água pluvial (R\$/mês);

C_o é o custo mensal de operação e manutenção do sistema de água pluvial (R\$/mês).

O custo mensal de operação da motobomba foi determinado pelo programa Netuno, versão 4, através dos dados fornecidos de potência unitária, rendimento, vazão e tarifa de energia elétrica. Foi considerado que a bomba será acionada quando o volume de água do reservatório superior alcançar 50% do seu volume. O custo de manutenção do sistema também considerou o valor das pastilhas de cloro utilizadas no tratamento da água.

Para análise do segundo cenário foram obtidos dados do consumo médio de energia por morador entre os meses de outubro de 2023 e 2024, através do histórico de consumo fornecido pela CELESC para a residência. O consumo foi projetado para simular a presença de 8 moradores na residência, conforme demais parâmetros do projeto.

O valor de energia economizado com a instalação do sistema de aquecimento solar foi obtido considerando o consumo dos chuveiros elétricos como 24% do total (Eletrobrás, 2019). O consumo das pias e lavatórios não foi considerado no cálculo de economia de energia, por serem menos expressivos em relação ao consumo dos chuveiros elétricos.

Para análise da viabilidade econômica foram avaliados os parâmetros econômicos de valor presente líquido, tempo de retorno do investimento e taxa interna de retorno. O valor presente líquido atualiza a data do fluxo de caixa do projeto para zero, representando a diferença entre as entradas e saídas do investimento nos valores atuais monetários. A Equação 3.12 apresenta o cálculo do parâmetro.

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{FC}{(1 + TMA)^i} - I_0 \quad (3.12)$$

Onde:

VPL é o valor presente líquido (R\$);

n é o período final de análise;

i é o período de análise avaliado;

FC é o fluxo de caixa (R\$);

TMA é a taxa mínima de atratividade (%);

I_0 é o investimento inicial (R\$).

A taxa mínima de atratividade adotada foi o valor da taxa SELIC do mês de outubro de 2024, de 0,93% ao mês. A taxa SELIC representa o rendimento dos investimentos mais comuns no Brasil (BCB, 2024). Para a instalação dos sistemas de aquecimento solar e aproveitamento de água pluvial serem considerados economicamente viáveis, o valor presente líquido total avaliado no final do período deve ser positivo.

O investimento inicial foi calculado considerando o valor dos materiais, equipamentos e mão de obra para instalação de cada sistema, obtido com base nas tabelas de insumos e de composições de serviços no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil para o mês de outubro (SINAPI, 2024). A quantidade dos materiais foi obtida através das tabelas de quantitativos geradas pelo software Revit para o projeto elaborado.

O tempo de retorno indica o tempo necessário para que a economia gerada pelos sistemas ultrapasse o valor do investimento inicial. O tempo de retorno foi calculado por meio da análise do valor presente líquido em cada período, sendo determinado quando o valor presente líquido foi maior que zero.

A taxa interna de retorno mostra o retorno financeiro mensal gerado por cada cenário avaliado, sendo definida quando o valor presente líquido for igual a zero. Para que os sistemas sejam considerados economicamente viáveis ela deve ser maior que a taxa mínima de atratividade. A Equação 3.13 mostra o cálculo realizado.

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{FC}{(1 + TIR)^i} - I_0 \quad (3.13)$$

Onde:

n é o período final de análise;

i é o período de análise avaliado;

FC é o fluxo de caixa (R\$);

TIR é a taxa interna de retorno (%);

I_0 é o investimento inicial (R\$).

4. Resultados e discussões

Este capítulo descreve os resultados obtidos no desenvolvimento do projeto hidráulico com aproveitamento de água pluvial e aquecimento solar da residência unifamiliar objeto de estudo. O projeto seguiu o procedimento de cálculo e dimensionamento descritos anteriormente, além das leis e normas vigentes. As plantas do projeto estão apresentadas no Apêndice D.

4.1. Dimensionamento do reservatório de água fria

O dimensionamento das instalações de água fria seguiu o método descrito na Seção 3.2. Os cômodos da residência estão descritos na Tabela 4.1, totalizando oito compartimentos de longa permanência.

Tabela 4.1. Cômodos da residência objeto de estudo

Cômodo	Permanência	Quantidade
Sala de estar	Longa	1
Sala de jantar	Longa	1
Cozinha	Longa	1
Escritório	Longa	1
Dormitório	Longa	4
Área de serviço	Curta	1
Despensa	Curta	1
Closet	Curta	1
Banheiro	Curta	3

Para garantir o consumo de água da residência optou-se por adotar o período de reserva de dois dias, que junto ao consumo de 100 litros/dia por compartimento habitável de longa permanência define o volume diário de água consumido na edificação. O volume mínimo do reservatório foi definido utilizando a Equação 3.1, totalizando 1.600 litros de água.

Foram adotadas caixas d'água de polietileno de 1.000 litros e 750 litros da marca Tigre (2021a), totalizando 1.750 litros. As fichas técnicas contendo as dimensões das caixas d'água estão no Anexo A.

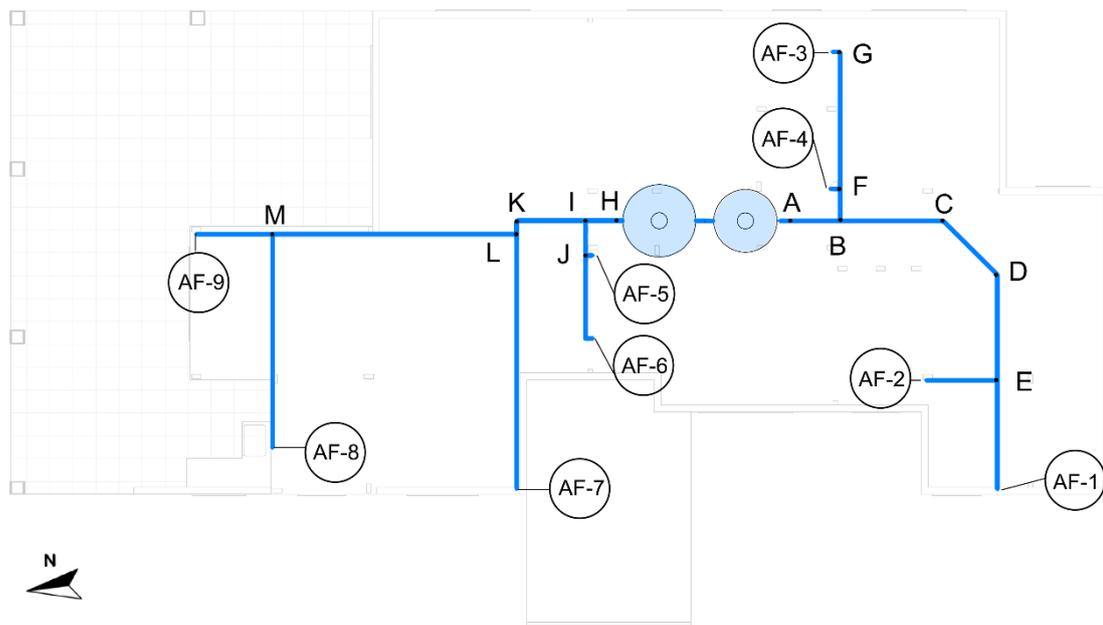
4.2. Dimensionamento das tubulações de água fria

As tubulações de água fria em PVC foram dimensionadas conforme o método descrito na Subseção 3.2.2, avaliando a perda de carga e a pressão disponível em cada ponto de utilização.

De acordo com a recomendação da concessionária de abastecimento, o alimentador predial teve o diâmetro definido em 25mm e o extravasor em 32mm – um diâmetro acima do alimentador.

O projeto de instalações de água fria foi realizado sem a passagem das tubulações pelos pilares do projeto estrutural da residência. A rede de distribuição foi projetada com nove prumadas de água fria, conforme mostra o croqui do barrilete de água fria, ilustrado na Figura 4.1.

Figura 4.1. Croqui de distribuição do barrilete de água fria, sem escala



Os pontos mais críticos do projeto são aqueles mais distantes dos reservatórios e os mais elevados. Na residência objeto de estudo, esses pontos são a pia externa (AF-8) e o chuveiro do banheiro 3 (AF-1).

A Tabela 4.2 mostra o memorial simplificado do cálculo realizado referente à tais pontos, o cálculo completo dos trechos e pontos de utilização está disposto no Apêndice A.

Tabela 4.2. Perda de carga e pressão disponível nos pontos críticos de utilização de água fria

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diam. (mm)	Vel. (m/s)	C. Real	C. Equiv.	C. Total	Perda (mca/m)	mca
CX-A	1,5	0,37	40	0,38	1,25	6,2	7,45	0,051	1,42
A-B	1,5	0,37	40	0,38	1,12	0	1,12	0,008	1,41
B-C	0,8	0,27	32	0,44	2,2	2,78	4,98	0,060	1,35
C-D	0,8	0,27	32	0,44	1,64	0,7	2,34	0,028	1,32
D-E	0,8	0,27	32	0,44	2,28	0	2,28	0,027	1,30
E-AF1	0,4	0,19	32	0,31	2,34	2,4	4,74	0,031	1,27
AF-CH	0,4	0,19	25	0,52	3,06	16,4	19,46	0,42	1,76
CX-H	3,8	0,58	40	0,60	1,06	6,2	7,26	0,111	1,33
H-I	3,4	0,55	40	0,57	0,62	0	0,62	0,009	1,33
I-K	3,1	0,53	40	0,54	1,46	2	3,46	0,044	1,29
K-L	3,1	0,53	40	0,54	0,25	0	0,25	0,003	1,29
L-M	2,4	0,46	40	0,48	5,21	5	10,21	0,105	1,18
M-AF8	0,7	0,25	32	0,41	4,62	6,38	11,00	0,118	1,06
AF-PI	0,7	0,25	25	0,68	2,82	1,4	4,22	0,15	3,13

Por questões construtivas e de economia de material, optou-se por padronizar os ramais e colunas de distribuição onde possível, adotando os diâmetros de 25, 32 e 40 mm para os trechos. As verificações nos pontos de abastecimento foram realizadas com o volume mínimo e máximo de água no reservatório e as exigências normativas foram atendidas.

4.3. Água pluvial

O sistema de aproveitamento de água pluvial foi dimensionado com base na cobertura da edificação e nos dados pluviométricos da região, conforme a Seção 3.3. O projeto foi elaborado de modo a garantir o transporte, armazenamento, tratamento e distribuição da água pluvial para os pontos de utilização de água não potável da residência objeto de estudo.

4.3.1. Usos finais na edificação

Os usos finais de água na residência foram definidos a partir dos hábitos de consumo dos moradores, para isso foi registrada a quantidade de vezes e o tempo de uso durante uma semana. A Tabela 4.3 apresenta o tempo de uso de cada aparelho.

Tabela 4.3. Tempo de utilização dos aparelhos do Tipo 1

Aparelho	Tempo de uso (s)							Total (s)
	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	
Lavatório 1	70	61	82	102	87	93	97	592
Chuveiro 1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavatório 2	73	69	146	84	68	144	79	663
Chuveiro 2	987	1340	1214	968	1384	1180	1059	8132
Lavatório 3	91	72	59	104	124	87	73	610
Chuveiro 3	575	434	504	513	462	509	627	3624
Ducha higiênica	48	40	0	0	13	0	97	198
Pia cozinha	540	420	1008	1082	1234	1340	1272	6896
Pia externa	0	0	0	0	0	0	36	36
Tanque	30	71	63	0	196	124	39	523
Mangueira 1	424	735	183	690	195	168	259	2654
Mangueira 2	0	225	0	0	238	0	0	563

A Tabela 4.4 mostra o número de utilizações dos vasos sanitários e aparelhos eletrodomésticos de lavagem de roupa e louça.

Tabela 4.4. Frequência de uso dos equipamentos do Tipo 2

Aparelho	Número de utilizações							Total
	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	
Vaso sanitário 1	7	5	7	9	8	9	9	54
Vaso sanitário 2	7	6	8	8	6	5	8	48
Vaso sanitário 3	7	9	6	5	6	9	7	49
Lava louças	1	1	0	0	0	0	0	2
Lava roupas	0	1	3	0	4	1	1	10

Para determinar a vazão de cada aparelho foi utilizada a média dos três tempos registrados e a medida de volume do recipiente. A Tabela 4.5 apresenta os tempos de enchimento cronometrados, o tempo médio e a vazão obtida para cada aparelho sanitário.

Tabela 4.5. Vazão dos aparelhos do Tipo 1

Aparelho	Tempo para enchimento de recipiente (s)				Vazão (L/s)
	T1	T2	T3	Média	
Lavatório 1	9,82	9,36	9,48	9,55	0,052
Chuveiro 1	-	-	-	-	-
Lavatório 2	10,50	10,39	10,32	10,40	0,048
Chuveiro 2	4,12	4,32	4,19	4,21	0,119
Lavatório 3	12,58	12,17	12,37	12,37	0,040
Chuveiro 3	4,49	4,52	4,37	4,46	0,112
Ducha higiênica	11,14	10,98	11,22	11,11	0,045
Pia cozinha	9,22	9,77	9,12	9,37	0,053
Pia externa	5,62	5,66	5,47	5,58	0,089
Tanque	8,06	8,13	8,14	8,11	0,062
Mangueira 1	2,62	2,43	2,39	2,48	0,202
Mangueira 2	2,14	2,37	2,32	2,28	0,220

Para estimar o volume médio de água por acionamento dos vasos sanitários, foi medido o tempo de descarga de cada unidade e calculada a média entre as três medidas. A Tabela 4.6 apresenta os tempos de acionamento cronometrados, o tempo médio e o consumo por descarga nos três vasos sanitários.

Tabela 4.6. Consumo de água nos vasos sanitários

Vaso sanitário	Tempo de descarga (s)				Consumo por descarga (L)
	T1	T2	T3	Média	
1	6,61	6,49	6,51	6,54	11,112
2	6,12	6,98	7,07	6,72	11,430
3	7,05	6,89	6,76	6,90	11,730

Para o consumo de água na lava roupas e na lava louças, foi avaliado o modelo de cada uma e o consumo considerado foi o do ciclo básico de cada aparelho, indicado nos manuais de instruções fornecidos pelos moradores e listado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Consumo de água nos eletrodomésticos

Aparelho	Modelo	Consumo por ciclo (L)
Lava roupas	Turbo: BWM08ABBNA00	172
Lava louças	Ative: BLF08	15,3

A Tabela 4.8 apresenta o consumo médio diário de água por morador, conforme o uso de cada aparelho. Nela são indicados os consumos semanais e diários, permitindo identificar os aparelhos com maior impacto no consumo de água. A Tabela também apresenta o total de consumo não potável para duas hipóteses de projeto, uma a partir da soma dos vasos sanitários, torneiras externas e máquina de lavar (Cenário 1) e outra que não inclui a máquina de lavar (Cenário 2).

Tabela 4.8. Consumo médio diário de água por morador

Aparelho	Consumo		Consumo médio diário por morador (L/hab.dia)
	Semanal (L/sem)	Diário (L/dia)	
Lavatórios	87,01	12,43	3,11
Chuveiros	1.373,60	196,23	49,06
Vasos sanitários	1.723,46	246,21	61,55
Ducha higiênica	8,91	1,27	0,32
Pias	368,69	52,67	13,17
Lava louças	30,60	4,37	1,09
Lava roupas	1.720,00	245,71	61,43
Tanque	32,43	4,63	1,16
Mangueiras	637,97	91,14	22,79
Total não potável Cenário 1	4.081,43	583,06	145,77
Total não potável Cenário 2	2.361,43	337,35	84,34
Total	8.640,95	1.234,42	213,67

O consumo de água medido para os aparelhos hidrossanitários que podem utilizar água pluvial totalizou 583,06 L por dia. O percentual de consumo de cada aparelho sanitário está apresentado na Tabela 4.9, assim como a porcentagem de consumo que pode ser substituído por água pluvial nos dois cenários de projeto avaliados.

Esses dados permitem identificar quais aparelhos têm maior impacto no uso diário de água e destacam o potencial de economia ao utilizar água pluvial.

Tabela 4.9. Percentual de consumo por aparelho e de substituição por água pluvial

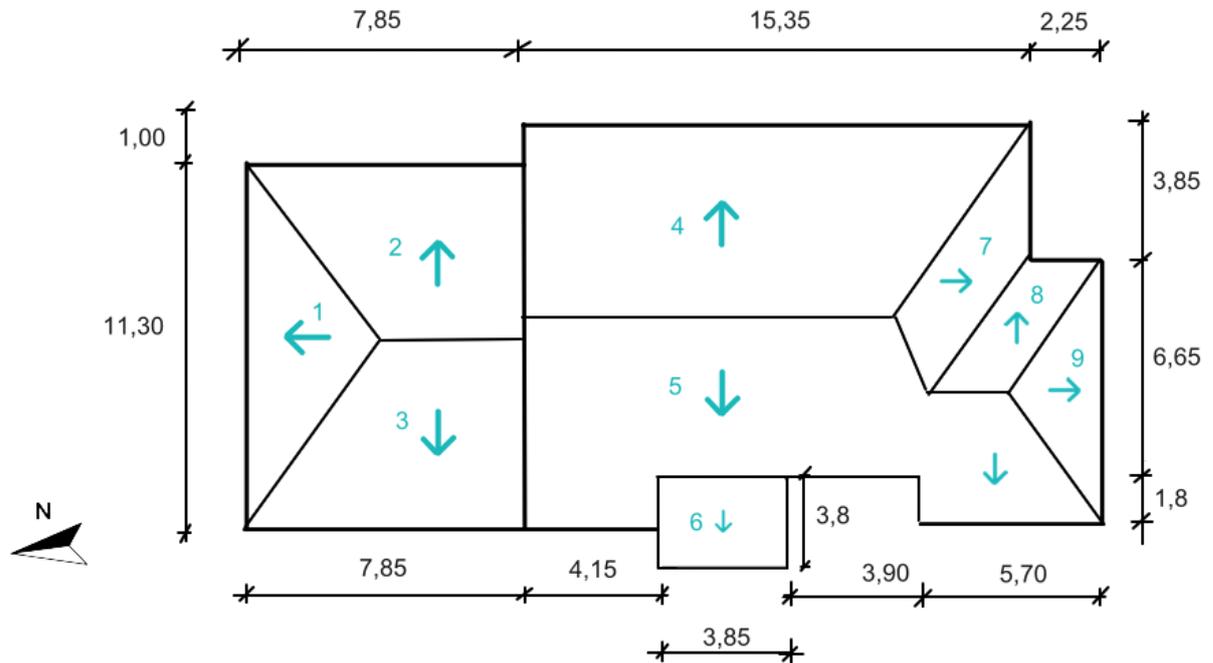
Aparelho	Porcentagem de consumo (%)
Lavatórios	1,01
Chuveiros	15,90
Vasos sanitários	19,95
Ducha higiênica	0,10
Pias	4,27
Lava louças	0,35
Lava roupas	19,91
Tanque	0,38
Mangueiras	7,38
Porcentagem de substituição pluvial - Cenário 1	47,24
Porcentagem de substituição pluvial - Cenário 2	27,33

O consumo médio diário registrado pela SAMAE nos seis meses anteriores foi de 448,28 L, como apenas dois dos moradores estavam presentes na residência durante o período, o consumo médio diário foi de 224,14 L por habitante. A diferença entre valores poderia ser explicada devido a variações no comportamento de consumo dos moradores ausentes nos meses anteriores ou à amostra temporal pequena, de apenas uma semana.

4.3.2. Área de captação

A área de captação foi calculada conforme descrito na Subseção 3.3.2, com as dimensões das projeções do telhado descritas no croqui da planta de cobertura da residência, ilustrado na Figura 4.2. O cálculo da área de captação de água pluvial da residência resultou em 294,94 m².

Figura 4.2. Croqui da cobertura da residência sem escala



A cobertura é composta por telhas de cerâmica esmaltada com o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) de 0,95, conforme valor sugerido por Tomaz (2010) para diferentes materiais, indicados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Coeficiente de *runoff* médios

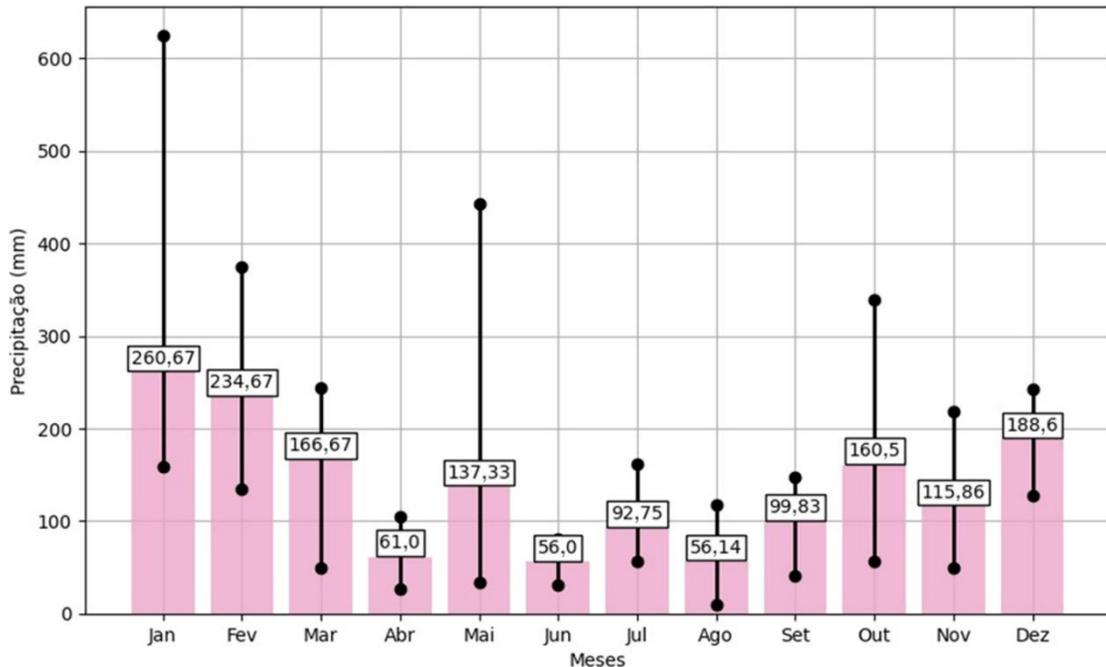
Material	Coeficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico	0,80 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010)

4.3.3. Dados pluviométricos

A partir dos dados de precipitação média diária e mensais fornecidos pelo INMET (2024), foi possível estabelecer a distribuição de valores médios mensais entre os anos de 1945 e 2023, conforme representado na Figura 4.3. A figura também mostra os valores máximos e mínimos de precipitação registrados em cada mês durante todo o período amostral.

Figura 4.3. Precipitação mínima, média e máxima entre os anos de 1961 e 2018

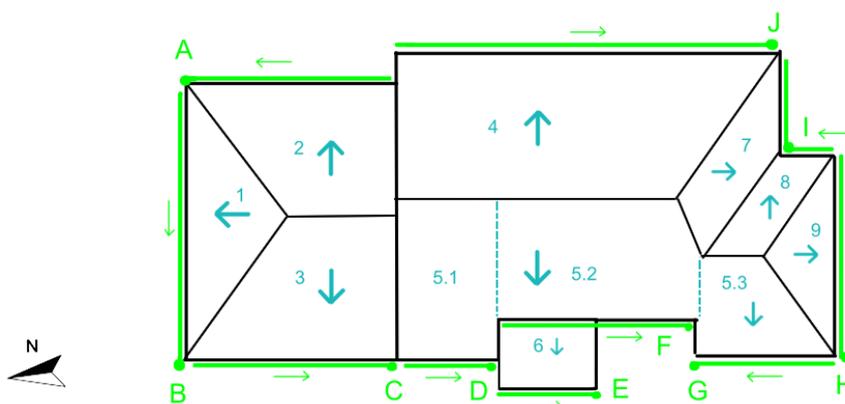


As maiores médias de precipitação foram observadas nos meses mais quentes, a precipitação média diária foi de 4,53 mm e a anual foi registrada em 1.544,05 mm/ano. A intensidade pluviométrica da região é de 144 mm/h, conforme indicado na Tabela 5 da NBR 10.844 para período de retorno de 25 anos (ABNT, 1989).

4.3.4. Dimensionamento de calhas e condutores

O dimensionamento seguiu o método descrito na Subseção 3.3.4. Para fins de cálculo, a cobertura da residência objeto de estudo foi dividida em 9 áreas com inclinação de 40%, a divisão das áreas para o cálculo e a disposição das calhas e condutores horizontais estão indicadas na Figura 4.4.

Figura 4.4. Disposição das calhas e condutores verticais de água pluvial, sem escala



O dimensionamento das calhas foi feito a partir da vazão de projeto, obtida utilizando a Equação 3.7. A Tabela 4.11 contém as vazões de projeto referentes a cada trecho das calhas.

Tabela 4.11. Áreas de captação e vazões por trecho de calha

Seção	Área (m ²)	Trecho	Vazão (L/min)
1	38,28	A→B	91,87
2	33,94	→A	81,46
3	33,94	B→C	81,46
4	90,53	→J	217,27
5.1	30,61	→D	73,46
5.2	42,70	→F	102,48
5.3	18,19	H→G	43,66
6	10,24	→E	24,58
7	23,97	J→I	57,53
8	11,41	→I	27,38
9	21,42	→H	51,41

A calha adotada foi a de PVC com diâmetro de 124,5 mm, da linha Aquapluv da marca Tigre (2021b). A Tabela 4.12 apresenta as informações do catálogo técnico utilizadas na Equação 3.8 para verificação da vazão máxima.

A vazão calculada da calha é de 521,5 L/min, superior à maior vazão de projeto da residência, podendo ser adotada para todos os trechos de captação.

Tabela 4.12. Características da calha Aquapluv

Calha Aquapluv Tigre 124,5mm	
Seção molhada (m ²)	0,00608
Coefficiente de rugosidade PVC	0,011
Raio hidráulico (m)	0,06225
Declividade (m/m)	0,01
Vazão máxima (L/min)	521,50

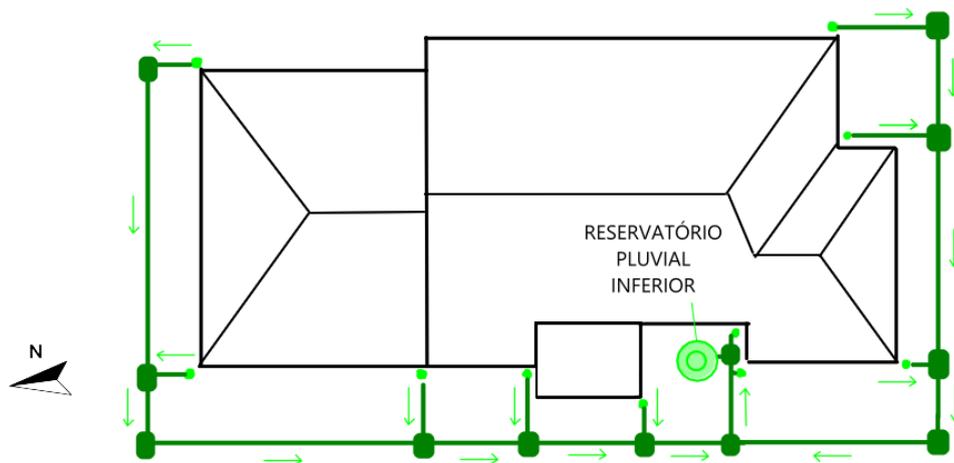
Fonte: Adaptado de Tigre (2021b)

Os condutores verticais foram dimensionados de acordo com o ábaco da NBR 10844 (ABNT, 1989) para saídas em arestas vivas, totalizando dez colunas de água

pluvial de diâmetro mínimo de 70 mm. Para o projeto, o modelo escolhido foi o do mesmo padrão das calhas, que é comercializado com diâmetro interno de 84,6 mm.

Para os condutores horizontais, a inclinação escolhida foi a de 1%, atendendo o mínimo recomendado pela norma. O diâmetro foi determinado por meio da Tabela 4 da NBR 10.844 (ABNT, 1989), onde o condutor horizontal de 100 mm seria capaz de atender a vazão máxima do projeto, sendo adotado para tal. A Figura 4.5 mostra a disposição dos condutores horizontais até o reservatório inferior de água pluvial.

Figura 4.5. Disposição dos condutores horizontais de água pluvial, sem escala



4.3.5. Dimensionamento do reservatório pluvial

O volume do reservatório de água pluvial foi determinado por meio do programa Netuno, versão 4, conforme descrito na Subseção 3.3.5. A Tabela 4.13 apresenta os dados utilizados durante a simulação.

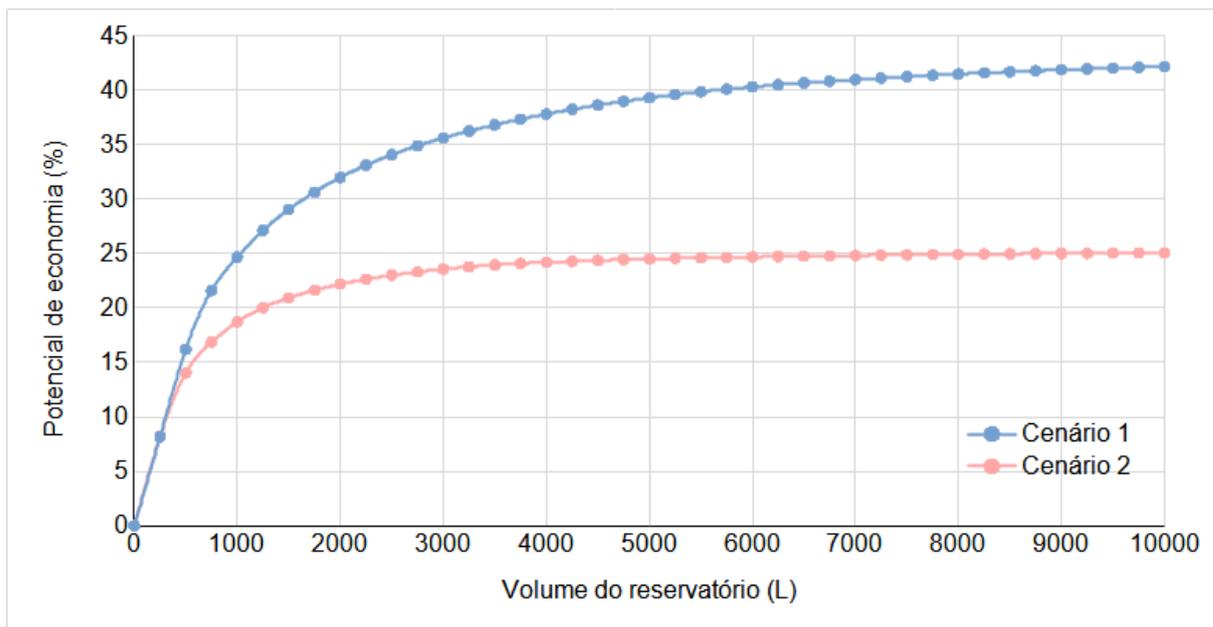
Tabela 4.13. Parâmetros usados no dimensionamento no Netuno

Parâmetro	
Data inicial	01/07/1961
Descarte inicial (mm)	2
Área de captação (m ²)	294,94
Demanda total de água (L/hab.dia)	100
Volume máximo (L)	10.000
Intervalo entre volumes (L)	250
Diferença entre potenciais (%/m ³)	5

Foram considerados dois cenários de aproveitamento de água pluvial, com e sem utilização da reserva na máquina de lavar roupas (cenários 1 e 2, respectivamente). O dimensionamento do consumo foi realizado considerando o maior número de ocupantes na residência, totalizando oito habitantes, dois por dormitório. Como, de acordo com os parâmetros do Código de Obras de Palhoça, o consumo diário da residência foi definido em 800L, equivalente a 100L por morador.

A Figura 4.6 mostra as curvas de potencial de economia para os cenários analisados. No primeiro cenário o reservatório ideal seria o de 3500L, enquanto para o segundo cenário, um reservatório de 2750L seria mais adequado. Pensando na viabilidade construtiva e econômica da instalação do reservatório inferior, foi adotado o de 3000L da Fortlev (2023), pois o próximo modelo comercial disponível acima de 3000L seria de 5000L. A ficha técnica do reservatório está no Anexo F.

Figura 4.6. Potencial de economia por volume de reservatório para cenários 1 e 2



Para o reservatório superior foi adotado o volume igual à demanda diária de água pluvial, obedecendo as recomendações da norma de não ultrapassar o volume de demanda de dois dias em reserva.

A Tabela 4.14 mostra os possíveis volumes para o reservatório superior e o potencial de economia de água potável para cada cenário analisado.

Tabela 4.14. Volume do reservatório superior e potencial de economia para cada cenário de projeto

Cenário	Vol superior (L)	Potencial economia (%)
Cenário 1	378,4	35,08
Cenário 2	218,4	23,32
Volume adotado	500	35,6

Optou-se por escolher o modelo comercial disponível imediatamente acima do maior valor indicado pelo Netuno entre os dois cenários, de 378,4L. Portanto, o volume comercial do reservatório superior de água pluvial adotado foi de 500L. A ficha técnica do reservatório superior está descrita no Anexo A.

Para as dimensões adotadas nos dois reservatórios e considerando a utilização de água pluvial na máquina de lavar roupas, o sistema de aproveitamento de água pluvial atende completamente a demanda em 73,4% dos dias. O potencial de utilização de água pluvial é de 35,6%, não atendendo em apenas 23,4% dos dias.

A conexão entre os reservatórios inferior e superior prevê a instalação de motobomba para o abastecimento da água pluvial até a cobertura. O modelo adotado foi o BC-92 S 1 CV, recomendado pela ferramenta digital de busca do site do fabricante, devido à altura manométrica e utilização (Schneider, 2024). A ficha técnica da motobomba está no Anexo B.

Visando a facilidade do acesso ao reservatório, a água passará por desinfecção no reservatório inferior utilizando pastilhas de cloro. Para manter a concentração entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L são necessárias três pastilhas de 10 g, visto que o recomendado é uma a cada 1000L. As pastilhas devem ser repostas conforme o consumo e reposição da água do reservatório ou a cada 5 dias (Clorin, 2024).

4.3.6. Dimensionamento do reservatório de descarte inicial

Antes de ir para o reservatório, a água pluvial recolhida pelas calhas é conduzida até o reservatório de descarte inicial. O modelo de cisterna adotado foi Tanque Slim da Fortlv por possuir separador de folhas incluído na instalação, permitindo uma maior qualidade de água antes da reserva.

A cisterna não pode ser enterrada, por isso o projeto prevê área subterrânea fechada, onde o reservatório pode ser instalado com segurança. Para a determinação do volume de descarte inicial foi utilizada a área de captação de 294,94m² e a altura

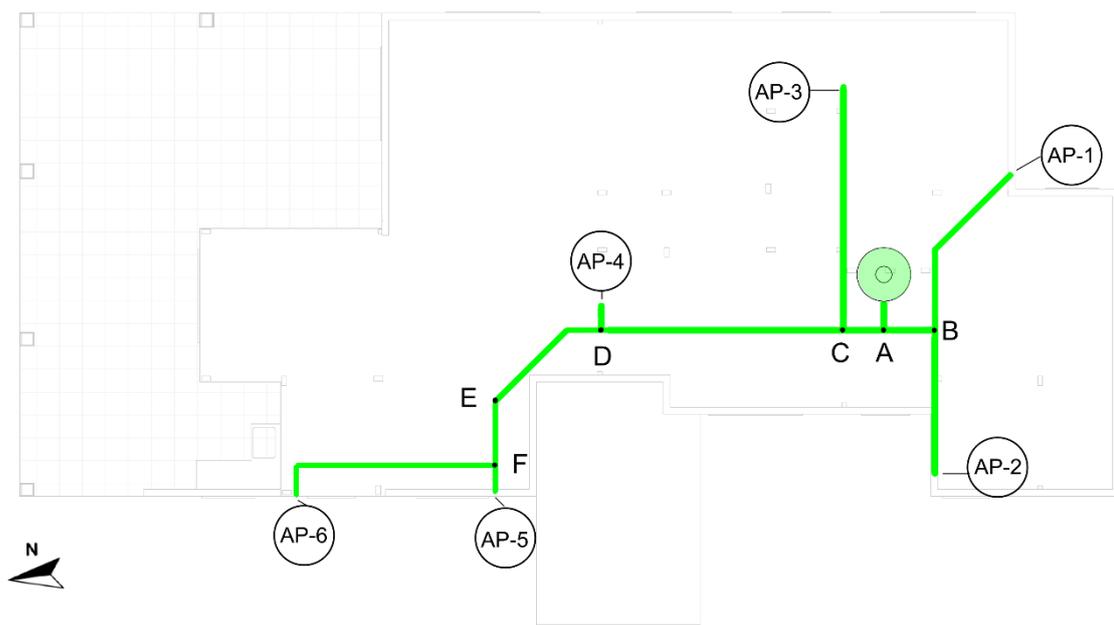
de lâmina d'água de 2mm, resultando em 589,88L. O modelo adotado foi o de 600L, cuja ficha técnica está no Anexo C.

A conexão entre o reservatório de descarte e o reservatório pluvial inferior é dotada de freio aerador, que evita turbilhonamento e permite a decantação de material no fundo do reservatório (Fortlev, 2020).

4.3.7. Dimensionamento das tubulações

As tubulações em PVC foram dimensionadas de acordo com o modelo de cálculo do manual técnico da Tigre (2021) para determinação da perda de carga e da velocidade. O projeto de instalações de água pluvial foi realizado sem a passagem das tubulações pelos pilares do projeto estrutural da residência. A Figura 4.7 mostra a distribuição das seis colunas de água pluvial na residência.

Figura 4.7. Croqui de distribuição do barrilete de água pluvial, sem escala



A Tabela 4.15 mostra o memorial do cálculo realizado referente ao ponto mais distante de utilização, o cálculo dos demais pontos está disposto no Apêndice B.

Tabela 4.15. Perda de carga e pressão disponível (mca) nos pontos de utilização de água pluvial

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diam. (mm)	Vel. (m/s)	C. Real	C. Equiv.	C. Total	Perda (mca/m)	mca
CX-A	32,4	1,71	85	0,38	1,12	8,50	9,62	0,0255	1,22
A-C	65,4	2,43	75	0,70	0,84	8,40	9,24	0,0826	1,14
C-D	33,4	1,73	75	0,50	5,15	2,40	7,55	0,0375	1,10
D-E	1,4	0,35	60	0,16	2,90	5,95	8,85	0,0078	1,10
E-F	1,4	0,35	50	0,23	1,37	0,45	1,82	0,0040	1,09
F-AP6	0,4	0,19	50	0,12	4,90	14,45	19,35	0,0143	1,08
AP6-MN	0,4	0,19	32	0,31	2,70	3,60	6,30	0,0413	3,74

Assim como no sistema de água fria, optou-se por padronizar os ramais e colunas de distribuição onde possível, adotando os diâmetros semelhantes para os trechos. As verificações nos pontos de abastecimento foram realizadas apenas com o volume máximo de água no reservatório e as exigências normativas foram atendidas.

4.4. Instalações de água quente

As instalações de água quente da residência foram dimensionadas de acordo com as recomendações normativas e seguindo os mesmos métodos de cálculo e verificações que as tubulações de água fria vistos na Subseção 3.2.2.

4.4.1. Dimensionamento do reservatório

O reservatório de água quente foi dimensionado a partir do consumo diário de água quente do maior número de habitantes na residência. O volume de consumo foi determinado para abastecer a residência por um dia, adotando os valores normativos de 45L de água quente por pessoa por dia em residências. Com o total de oito moradores temos um consumo diário de 360L.

Para a determinação do volume de armazenamento do reservatório de água quente, a temperatura de armazenamento adotada foi a mínima recomendada pelo fabricante para o inverno – 45°C.

Para a temperatura ambiente média anual do local de instalação foi calculada a média dos dados obtidos entre os anos de 1990 e 2020 pela mesma estação do INMET da qual foram retirados os dados pluviométricos, resultando em 21,07°C. Portanto, utilizando a Equação 3.10, o volume do reservatório de água quente necessário é de 314,87L. O modelo de reservatório adotado foi o de 400L da Komeco, sua ficha técnica está apresentada no Anexo D.

4.4.2. Coletores solares

As placas coletoras foram projetadas respeitando as recomendações da NBR 15569 (ABNT, 2020a) quanto à inclinação e orientação geográfica. Os coletores foram posicionados voltados para o oeste geográfico, pois a fachada norte apresentou dificuldades de adaptação de projeto devido à altura disponível entre a laje e o telhado.

As placas coletoras foram instaladas com ângulo de inclinação em relação à horizontal igual a 37° e respeitando o limite máximo de 45° em relação ao norte geográfico, possuindo 30° de inclinação contra o Norte. O sistema funciona por meio da circulação normal.

Para o dimensionamento da área coletora necessária, foi utilizada a Equação 3.11 para obter a energia útil mensal a partir da temperatura de armazenamento, da temperatura ambiente média e do volume de armazenamento. A energia útil do sistema foi determinada em 416,78 kWh/mês.

Devido ao posicionamento das placas em relação ao norte geográfico, foi considerado o fator de correção da orientação definido por meio da Equação 3.13 como 0,969.

A partir da energia útil a área coletora foi determinada por meio da Equação 3.12, com a irradiação local de 5,4 kWh/m². e a produção média mensal de energia específica de 80,6 kWh/mês.m² informada pelo fabricante das placas coletoras (Komeco, 2021).

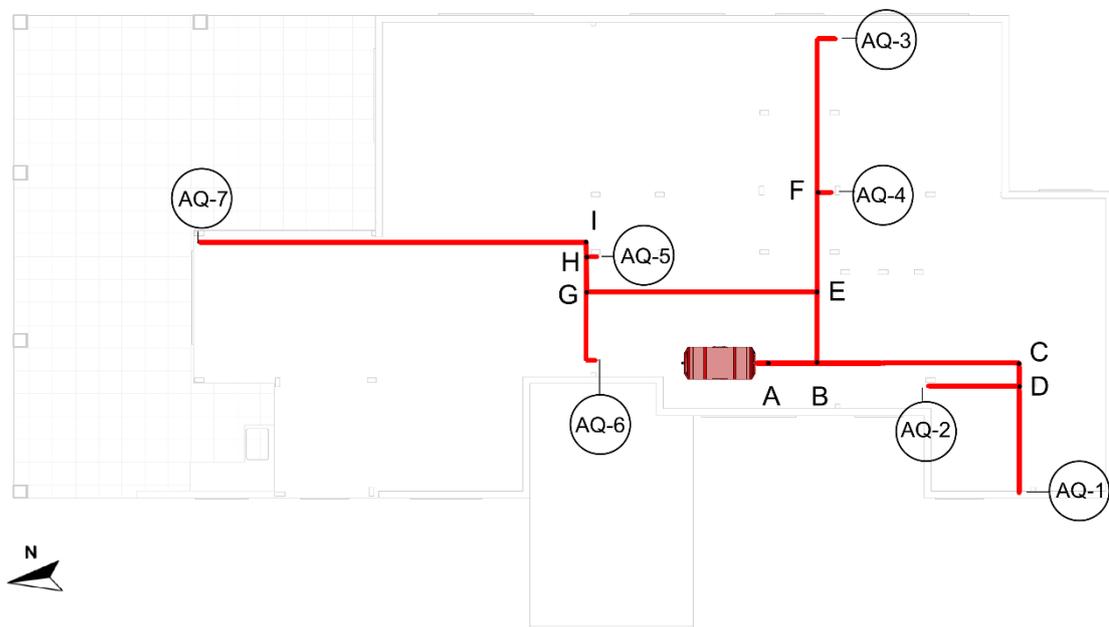
A área coletora necessária para aquecer a água da residência é de 5,22 m² e a partir das dimensões das placas disponíveis optou-se pelo modelo KOCS AB 1.5, de 1,46 m². Assim, foram utilizadas quatro placas coletoras no projeto do sistema de aquecimento solar. A ficha técnica das placas com as informações fornecidas pelo fabricante está disponível no Anexo E.

4.4.3. Dimensionamento das tubulações

As tubulações foram dimensionadas baseadas na linha *Aquatherm* da Tigre, em CPVC, seguindo a sequência de cálculo demonstrada no manual técnico do fabricante (Tigre, 2021) para determinação da perda de carga e da velocidade.

O projeto de instalações de água quente foi realizado sem a passagem das tubulações pelos pilares do projeto estrutural da residência. A Figura 4.8 mostra a distribuição das sete colunas de água quente na residência.

Figura 4.8. Croqui de distribuição do barrilete de água quente, sem escala



Os pontos mais críticos do projeto são o mais distante do reservatório e o mais elevado. Na residência objeto de estudo, esses pontos são a pia da cozinha (AQ-7) e o chuveiro do banheiro 3 (AQ-1).

Assim como nos sistemas de água fria e de água pluvial, optou-se por padronizar os ramais e colunas de distribuição onde foi possível. A Tabela 4.16 mostra o memorial do cálculo realizado em tais pontos, o cálculo completo dos demais pontos está disposto no Apêndice C.

Tabela 4.16. Perda de carga e pressão disponível nos pontos críticos de utilização de água quente

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diam. (mm)	Vel. (m/s)	C. Real	C. Equiv.	C. Total	Perda (mca/m)	mca
CX-A	2,9	0,51	54	0,33	1,70	10,4	12,10	0,050	1,35
A-B	2,9	0,51	54	0,33	1,06	0,0	1,06	0,004	1,35
B-C	0,8	0,27	42	0,29	4,35	5,3	9,65	0,042	1,30
C-D	0,8	0,27	35	0,42	0,40	0,3	0,70	0,007	1,30
D-AQ1	0,4	0,19	35	0,30	2,28	3,5	5,78	0,033	1,26
AQ1-A'	0,4	0,19	28	0,46	2,08	12,8	14,88	0,250	2,91
A'-CH	0,4	0,19	22	0,76	0,98	3,6	4,58	0,250	1,68
B-E	2,1	0,43	42	0,47	1,58	8,1	9,68	0,098	1,21
E-G	1,4	0,35	42	0,38	4,97	7,3	12,27	0,088	1,12
G-H	1,0	0,30	42	0,32	0,70	8,0	8,70	0,046	1,07
H-I	0,7	0,25	42	0,27	0,28	5,4	5,68	0,022	1,05
I-AQ7	0,7	0,25	42	0,27	8,25	5,4	13,65	0,053	1,00
AQ7-PI	1,7	0,39	25	1,07	3,64	8,6	12,24	0,944	2,64

As verificações nos pontos de abastecimento foram realizadas apenas com o volume máximo de água no reservatório e as exigências normativas foram atendidas.

4.5. Análise do potencial de economia

Buscando verificar a viabilidade econômica da instalação dos sistemas de aquecimento solar de água e de aproveitamento de água pluvial, foi realizada a análise econômica.

Foram analisados três cenários: um considerando a instalação somente do sistema de aproveitamento de água pluvial, o segundo apenas a instalação do sistema de aquecimento solar e o terceiro considerando a instalação de ambos os sistemas.

O custo mensal do consumo de água potável antes e depois da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi calculado por meio da Equação 3.10 e está apresentado na Tabela 4.17. O total de consumo de água potável analisado foi de 24 m³, para 8 moradores. O consumo com utilização de água pluvial considerou o aproveitamento de 35,6% obtido pelo Netuno para o projeto, resultando 64,4% do consumo de água potável, ou 15,46 m³.

Tabela 4.17. Custo do consumo de água na residência em 2024

Consumo	Faixa	Vol (m³)	Custo (R\$)	Esgoto (R\$)	Total (R\$)
100% potável	Até 10 m³	10,0	47,19	37,75	84,94
	11 – 25 m³	14,0	121,66	97,33	218,99
64,4% potável	Até 10 m³	10,0	47,19	37,75	84,94
	11 – 25 m³	5,46	47,45	37,96	85,41
Total 100% água potável	-	24,0	168,85	135,08	303,93
Total 64,4% água potável	-	15,46	94,64	75,71	170,35

Para o custo mensal de operação, o custo do consumo de energia elétrica pela motobomba foi determinado pela média dos valores fornecidos pelo programa Netuno para o período analisado, de R\$ 0,76. Também foi considerado o gasto com pastilhas de cloro da marca Clorin, para reservatórios de água pluvial. O consumo necessário é de 18 pastilhas por mês e o custo unitário é de aproximadamente R\$ 1,80, totalizando R\$ 32,40 mensais.

O custo mensal total de operação é de R\$ 33,16 e a economia mensal do primeiro cenário, com utilização do sistema de água pluvial, calculada utilizando a Equação 3.11 é de R\$ 100,42.

Para análise do segundo cenário foi utilizado o consumo de energia por morador no último ano, de 64,81 kWh. O consumo mensal para o projeto com 8 moradores foi de 518,5 kWh e valor de energia economizado com a instalação do sistema de aquecimento solar considerando o consumo dos chuveiros elétricos como 24% foi de 124,44 kWh. O custo do consumo de ambos está disposto na Tabela 4.18.

Tabela 4.18. Custo mensal do consumo de energia total e dos chuveiros na residência

Consumo	Energia (kWh)	Custo (R\$)
Total	518,5	320,39
Chuveiros	124,44	76,89

Como não foi avaliado o custo mensal de operação do sistema, a economia mensal calculada para o segundo cenário, com apenas a adoção do sistema de aquecimento solar, é de R\$ 76,89.

A economia mensal para o cenário três, que combina os sistemas de aproveitamento de água pluvial e aquecimento de água solar é a soma da economia dos dois outros cenários. Portanto, a economia do cenário três é de R\$ 177,32.

Para análise da viabilidade econômica foram avaliados os parâmetros econômicos de valor presente líquido, tempo de retorno do investimento e taxa interna de retorno. Os parâmetros calculados para os três cenários estão apresentados na Tabela 4.19.

Tabela 4.19. Investimento inicial, valor presente líquido, tempo de retorno e taxa interna de retorno para os três cenários

Cenário	Investimento inicial (R\$)	VPL (R\$)	Tempo de retorno (meses)	TIR (%)
1	6.626,00	6.849,89	55	1,83
2	12.412,22	- 2.093,86	109	0,75
3	19.038,22	4.756,03	82	1,18

Para os cenários serem considerados economicamente viáveis o valor presente líquido total avaliado em todo o período deve ser positivo e a taxa interna de retorno deve ser maior que a taxa mínima de atratividade, de 0,93%. Para o projeto avaliado, o cenário onde foi instalado apenas o sistema de aquecimento solar de água não se mostrou economicamente viável. Os demais cenários possuem retorno positivo na avaliação econômica.

5. Conclusão

Este trabalho alcançou o objetivo proposto de elaborar o projeto hidráulico com sistema de aquecimento solar de água e aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar.

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial, foram avaliados dois cenários principais. O cenário 1 utilizou água pluvial para abastecimento de vasos sanitários, enquanto o cenário 2 incluiu também a máquina de lavar roupas. O dimensionamento dos reservatórios foi realizado por meio do programa Netuno, versão 4, resultando em um reservatório inferior de 3.000L e um superior de 500L. O projeto apresentou potencial de economia de 35,6% no consumo de água potável da residência, demonstrando a viabilidade do sistema e reforçando seu papel na conservação hídrica.

Quanto ao sistema de aquecimento solar de água, foi projetado um reservatório térmico de 400 litros de modo a suprir a demanda de 45L por dia por morador, sendo necessária a instalação de quatro placas coletoras com área coletora total de 5,84 m². Este sistema garantiu o aquecimento da água dos três chuveiros da residência. O projeto demonstrou que o sistema de aquecimento solar é tecnicamente viável e apresenta potencial significativo para a redução do consumo de energia elétrica das residências brasileiras.

Os resultados da análise econômica evidenciaram que investimentos nos sistemas sustentáveis avaliados são recuperáveis. Para os cenários analisados, o tempo de retorno do investimento no sistema de aproveitamento de água pluvial foi de 55 meses, no sistema de aquecimento de água foi 109 meses e na adoção de ambos foi de 82 meses. Apesar do projeto de aquecimento solar de água não ter se mostrado economicamente viável para os parâmetros analisados, o sistema é extremamente importante para economia de energia e preservação dos recursos naturais.

A elaboração do projeto hidráulico no Revit foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho, garantindo a integração dos sistemas hidráulicos com a arquitetura e a estrutura da residência. Essa etapa não apenas possibilitou identificar e corrigir conflitos entre os elementos, como também otimizou o layout das tubulações e reservatórios, minimizando interferências e facilitando a execução do projeto. O uso do Revit também proporcionou maior confiabilidade nos cálculos e quantitativos, além de mais clareza na visualização tridimensional dos sistemas.

Os resultados alcançados comprovaram que é possível integrar sistemas de aproveitamento de água pluvial e aquecimento solar de água de maneira eficiente em projetos residenciais, mas existem limitações. Enquanto os cálculos mostram potencial de economia, o impacto depende de fatores como variabilidade climática e hábitos de consumo da residência. Este trabalho trouxe aprendizados sobre a integração dos sistemas, destacando que a sustentabilidade em edificações exige não apenas uma concepção técnica, mas também um planejamento funcional de adaptação às particularidades de cada edificação, usuário e região.

5.1. Limitações do trabalho

Apesar dos resultados positivos alcançados, este trabalho apresenta limitações que devem ser consideradas para a análise de sua aplicabilidade.

As perdas térmicas nas tubulações de água quente não foram consideradas. Os hábitos de consumo de água quente também não foram avaliados e podem afetar diretamente a eficiência do sistema, pois estão ligados ao uso de água ao longo do dia, quando há incidência solar suficiente para o aquecimento.

As análises de dados pluviométricos e de radiação solar foram avaliadas localmente e podem não refletir variações climáticas extremas ou padrões meteorológicos de outras regiões. A aplicabilidade dos resultados para edificações multifamiliares, comerciais, escolas e outras edificações é limitada devido a características e demandas de consumo diferentes.

A viabilidade econômica foi calculada considerando custos iniciais estimados e retorno financeiro sem flutuações no custo de equipamentos ou incentivos fiscais. Também não foram considerados custos de limpeza e manutenção técnica.

5.2. Sugestão para trabalhos futuros

Futuras pesquisas podem explorar a aplicação dessas tecnologias em edificações multifamiliares e considerar a inclusão de tecnologias complementares, como reúso de águas cinzas, instalação de telhados verdes e painéis fotovoltaicos, e seu impacto na eficiência geral da edificação.

Ainda, recomenda-se a realização de uma análise econômica mais detalhada, incluindo o impacto de incentivos fiscais, quando aplicáveis, bem como os custos de limpeza e manutenção técnica dos sistemas.

Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- _____. **NBR 7.198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.
- _____. **NBR 15.527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019a.
- _____. **NBR 16.783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019b.
- _____. **NBR 15.569**. Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Requisitos de projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2020a.
- _____. **NBR 5.626**: Sistemas prediais de água fria e água quente: Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020b.
- ALTOÉ, L.; FILHO, D. O.; CARLO, J. C. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 75-87, jul./set. 2012
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SINDUSCON SP - Sindicato da Indústria da Construção de São Paulo. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019. 75 p.
- _____. **Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMWE2ZTE1NmItOGUyZS00ZTc1LTljMzUtNDgwYjVhODcyNW11liwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGI0NDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: mai. 2024.
- ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. **Ações**. 2021. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: jun. 2024.
- BASSO, L. H.; SOUZA, S. N. M.; SIQUEIRA, J. A. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; SANTOS, R. F. Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 14-21, jan./fev. 2010.

- BCB. **Banco Central do Brasil**. Taxa Selic. 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: nov. 2024.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico temático: Serviços de água e esgoto**. Rio de Janeiro: CIDADES/SNSA, 2023. 108 p. 2023a.
- _____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2024. 275 p. 2024.
- _____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020. 243p. 2020.
- _____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Plano de Ação**. Brasília: MDR/SINGREH, 2022. 108 p. 2022.
- _____. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 14.546**, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, 2023b.
- _____. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 13.647**, de 9 de abril de 2018. Estabelece a obrigatoriedade da instalação de equipamentos para evitar o desperdício de água em banheiros destinados ao público. Diário Oficial da União, 2018.
- CARDOSO, M. P. **Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas**: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG. 2009. 192 p. Dissertação (Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**. 2010. 53 p. Monografia (Pós-graduação em Construção de Obras Públicas). Apucarana: Universidade Federal do Paraná, 2010.
- CASTRO, C. N. Capítulo 1: Histórico da ação estatal em recursos hídricos no Brasil. *In: Água, Problemas Complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: 2022. 1 ed., v.1, p. 1-25-61, 2022.
- CELESC. **Centrais Elétricas de Santa Catarina**. Tarifas de Energia. 2024. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/tarifas-de-energia>. Acesso em: set. 2024.
- CLORIN. Pastilhas para reservatórios. Disponível em: <https://lojaclorin.com.br/produtos/clorin-1-000-pastilhas-para-limpeza-de-agua-em-reservatorios/>. Acesso em: nov. 2024.

- DIAS, I. C. S. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2007.
- DISTRITO FEDERAL (Estado). Governo do Distrito Federal. **Lei nº 4.341**, de 22 de junho de 2009. Dispõe sobre o incentivo à redução do consumo de água no Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2018.
- ELETROBRAS. Procel INFO: **PPH 2019**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: jun. 2024.
- FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2016. **Aproveitamento de Água Pluvial: Conceitos e Informações gerais**. Minas Gerais. 23 p.
- FORTLEV. **Catálogo técnico: Tanque Slim Fortlev**. 2020. Disponível em: https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/02/9000000581_Manual_Tanque_Slim_14.8x21cm_digital.pdf. Acesso em: nov. 2024. 2020.
- _____. **Catálogo técnico: Cisterna Fortlev**. 2023. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2023/07/Manual-Catalogo-Tecnico-Cisterna-Fortlev.pdf>. Acesso em: nov. 2024. 2023.
- GARCIA, J.; GARCIA, J.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Estimativa dos usos finais de água em dois apartamentos localizados em Joinville/SC. *In: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais*, XIII, 2019, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019.
- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n.11, p.1544-1550, 2006.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**, Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014. Acesso em: set. 2024.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v.42, p.1731-1742, 2007.
- GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-story residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v.42, p.2512-2522, 2007.
- GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. IRPAA. Juazeiro. 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda, 2000.

- GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006, v. 1, 352p.
- GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba, 2002, 1 ed. Organic Trading, 196 p.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo 2022. 2023. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: mai. 2024.
- _____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Inflação. 2024. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: nov. 2024.
- IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. Acesso em: jun 2024.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Banco de dados meteorológicos. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: set. 2024.
- IPCC, 2023: **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34
- KALOGIROU, S. **Solar energy engineering: processes and systems**. Estados Unidos, 2009, 1. ed. Elsevier, 756 p.
- KOMECO. **Manual do usuário e de instalação: Sistema de aquecimento solar**. 2021. Disponível em: <https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/aquecimento-solar/reservatorio-termico/manual-reservatorio-termico.pdf>. Acesso em: nov. 2024.
- KYLILI, A.; ILIC, M.; FOKAIDES, P. A. Whole-building Life Cycle Assessment (LCA) of a passive house of the sub-tropical climatic zone. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 116, p.169-177, jan. 2017.
- LIMA, J. A.; DAMBROS, V. R., ANTONIO, M. A. P. M., MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2011, v. 16, n. 3, p. 291-298.
- LOPES, P. R. C. **Alternativas de manejo de solo e água para o semi-árido brasileiro**. 2003.
- MALANIMA, P. Energy in History. In: AGNOLETTI, M.; SERNERI S. N. **The Basic Environmental History**. Heidelberg: Springer, 2014. p.1-29
- MAPBIOMAS. **RAD2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil**. São Paulo, 2024.154 p

- MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- MCCOOL, S. F.; CLARK, R. N.; STANKEY, G. H. **Water and people: challenges at the interface of symbolic and utilitarian values**. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2008. 246 p.
- MELO, L. R. C. **Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação**. 2007. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Água. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua>. Acesso em: abr 2024.
- NASCIMENTO, J. F.; RAMOS, H. R.; CÔRTEZ, P. L.; NASCIMENTO, A. P. Avaliação do Potencial de Reúso de Água no Abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. *In: Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 19, n. 1, p.116-130, 2023.
- NASPOLINI, H. F. **Agregação da energia solar térmica ao aquecimento da água para o banho na moradia popular no Brasil**. 2012. 261 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 9.ed. São Paulo: Blucher, 2015. 632 p. 2015.
- NÓBREGA, R. L. B. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p.81-93, 2011.
- OLIVEIRA, F. G. **Análise da viabilidade de um sistema domiciliar de aproveitamento de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro**. 2020. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 366 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- OLIVEIRA, Y. V. **Uso do balanço hídrico seriado para o dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos**. 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

- PALHOÇA (Município). **Lei nº 17**, de 07 de abril de 1993. Institui o Código de Obras e Edificações para o município de Palhoça. Palhoça. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/p/palhoca/lei-ordinaria/1993/2/17/lei-ordinaria-n-17-1993-institui-o-codigo-de-obras-e-edificacoes-para-o-municipio-de-palhoca>. Acesso em: ago 2024.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80 p.
- PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- PIAZZA, W. F. **Santa Catarina: sua história**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1983, 748 p.
- PROCOBRE. Instituto Brasileiro do Cobre. **Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar: Boas práticas**. São Paulo, 2009. 44 p.
- REN21. **Renewables 2024 Global Status Report**. Paris: REN21, 2024. 51 p.
- RJ. Governo do Rio de Janeiro. **Lei nº4.393**, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2004.
- RODRIGUES, F. L.; SOWMY, D. S. Implantação de sistema de aquecimento solar de água em edifícios verticais de habitação de interesse social. *In*: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais - Gestão, Eficiência e Sustentabilidade, XIV, 2021, Catalão. **Anais [...]**. Editora da Universidade Federal de Catalão, 2021.
- ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. *In*: **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, maio/ago 2019. P. 197-220, 2019.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Equipamentos Economizadores**. Disponível em <http://site.sabesp.com.br/Pages/UsoracionalAgua/EquipamentosEconomizadores.aspx>. Acesso em: jun. 2024.
- SAMAE. **Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto**. Serviços. Disponível em: <https://www.samaepalhoca.com.br/servico/ligacao-de-agua>. Acesso em: jul. 2024.

- SCHNEIDER. Calculadora. Disponível em: <https://fe-case.com.br>. Acesso em: nov. 2024.
- _____. Motobombas Monoestágio: Série BC-92. Disponível em: <https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/204971/folder-bc-92-web.pdf>. 2015. Acesso em: nov. 2024. 2015.
- SCOLARO, T. P.; GHISI, E. Usos finais de água e potencial de economia de água potável em uma residência unifamiliar. *In: Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis*, VI., 2021, Porto Alegre. **Anais [...]**. Toledo: GFM, 2021.
- SHIKLOMANOV, I. A. World's Fresh Water Resources. *In: GLEICK, P. H. Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. New York: Oxford University Press, 1993. p 13-24.
- SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: ago. 2024.
- SILVA, A. C. R. S. **O nexa água-energia no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em habitações de interesse social**: análise na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo. 2022. 128 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica em Energia) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2022.
- SILVA, D. F. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em moradia universitária**. 2023. 133 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás/ Universidade Federal de Catalão, Catalão, 2023.
- SILVA, E. G. M.; JUNIOR, A. C. L.; MOURA, M. R. F. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residência: estudo de caso. *In: Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 2024, v 20, n. 2, p 1-15. 2024.
- SOLANGI, K. H.; ISLAM, M. R.; SAIDUR, R.; RAHIM, N. A.; FAYAZ, H. A review on global solar energy policy. *In: Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, v 15, p. 2150-2161. 2011.
- SOUSA, C. O. M. Incentivos econômicos para redução do consumo de água: Estudo de caso sobre o Estado de São Paulo. *In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, XVIII, 2016, São Paulo. 2016.
- TESTON, A.; GERALDI, S. M.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. *In: Water*, 2018, v 10, n 4: 471. 2018.
- TIGRE. **Manual técnico Tigre**: Orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais. 2021. Disponível em:

<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021%2F10%2FManual-Tecnico-Tigre.pdf>.

Acesso em: nov. 2024. 2021a.

_____. **Linha drenagem**: Catálogo técnico e produtos. 2021. Disponível em:

[https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-](https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf)

[DRENAGEM_2022-baixa.pdf](https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf). Acesso em: out. 2024. 2021b.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Plínio Tomaz, 2010. 486p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. de M. C. **Gestão da Água no Brasil**.

Brasília: UNESCO, 2001. 178 p.

UNESCO. **Water for People Water for Life**: Executive Summary. Paris: UNESCO

Publishing, 2003. 36 p.

UNWATER, **United Nations**, The United Nations World Water Development. Report

2024: Water for Prosperity and Peace. Paris: UNESCO. 174 p.

VIVEK, V. Rainwater Harvesting In Chennai: What Made It Work? Indian Institute of

Management Kozhikode. **Society & Management Review**, v. 5, n. 1, p 91-106, ago. 2016.

YANNOPOULOS, S.; GIANNOPOULOU, I.; KAIKIFA-SAROPPOULOU, M.

Investigation of the Current Situation and Prospects for the Development of

Rainwater Harvesting as a Tool to Confront Water Scarcity Worldwide. **Water**

Supply and Water Scarcity, v. 11, n. 10, 16 pg., out. 2019.

ANEXO A – Ficha técnica dos reservatórios de água fria Tigre

Caixas d'Água



Função e Aplicação

Caixas d'água de polietileno para armazenagem de água potável em residências, comércio e indústrias. Fabricadas com material atóxico, não passam cheiro nem gosto à água.

Características Técnicas

- Matéria-prima: PEBD - Polietileno de Baixa Densidade.
- Processo de fabricação: Rotomoldagem.
- Sistema de fechamento total e seguro: a tampa possui uma aba que se encaixa perfeitamente ao corpo.
- Marcação para furos no corpo da caixa: garantia de furação sem erro.
- Manual de instrução: adesivo colado no corpo do produto.

NORMAS DE REFERÊNCIA

São fabricadas de acordo com a norma NBR 14799 – Reservatório poliolefinico para água potável de volume nominal de até 2000 litros - Requisitos.

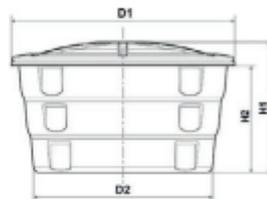
Para reservatórios acima de 2000 litros, de acordo com a norma NBR 15682 – Tanque estacionário rotomoldado em polietileno (PE) para acondicionamento de águas – Requisitos.

Modelo	Pesos e Volumes			
	Espessura (mm)	Vol. Nominal (L)	Vol. Efetivo (L)	Peso com Tampa (Kg)
310	2,4	310	336,1	7,5
500	2,4	500	522,0	10,1
750	2,7	750	741,5	13,8
1000	2,8	1000	969,4	17,0
1500	3,0	1500	1450,7	24,5
2000	3,6	2000	1895,9	34,7
3000	4,1	3000	3061,1	54,7
5000	6,3	5000	5100,7	113,4

*Valores aproximados

Itens da Linha de Caixas d'Água

Caixa d'Água Aberta

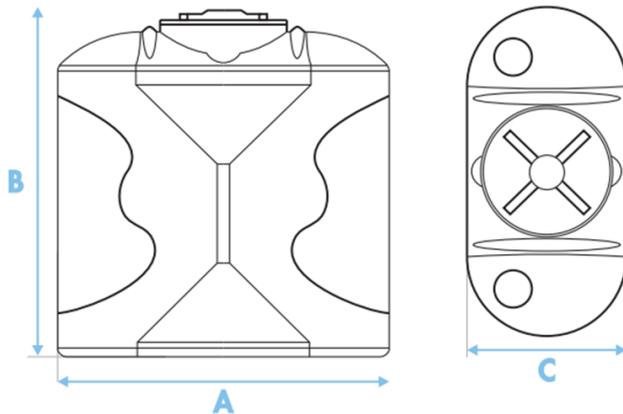


Dimensões (mm)

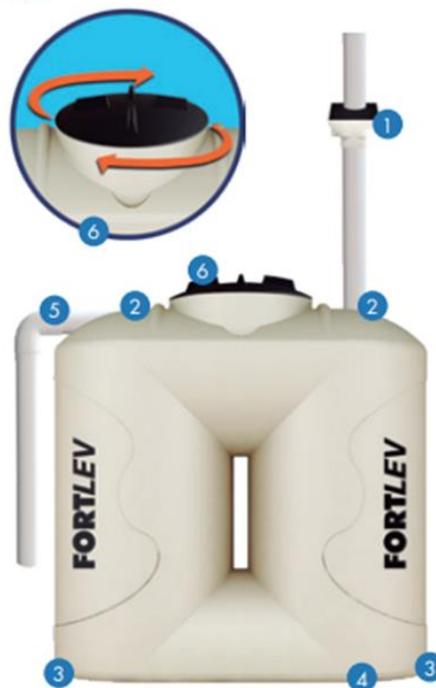
Cotas	310	500	750	1000
D1	1039,0	1212,0	1309,1	1440,0
D2	810,3	978,3	1053,9	1145,7
h1	657,6	729,2	861,7	951,4
h2	533,4	583,6	702,7	775
Código	22993119	22993143	22993313	22993348

Cotas	1500	2000	3000	5000
D1	1702,2	1821,5	2155,0	2334,0
D2	1419,4	1520,3	1721,7	1823,6
h1	988,5	1113,7	1380,0	1905,0
h2	783,2	892,8	1124,1	1620,0
Código	22993372	22992058	22992066	22992074

ANEXO C – Ficha técnica do reservatório Slim da Fortlev

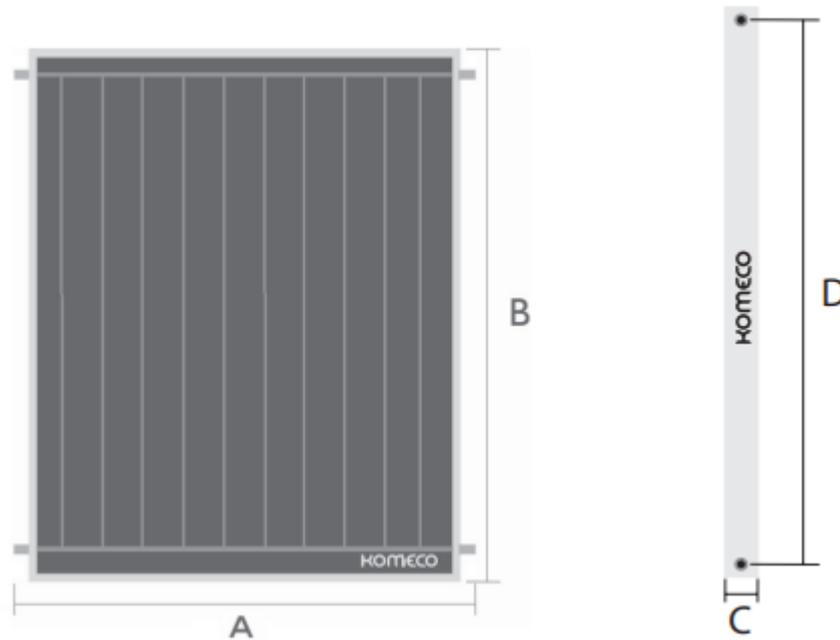
DIMENSÕES**A** Largura do Total**B** Altura**C** Diâmetro

Dimensões (em metros)		
A	B	C
1,20	1,30	0,60

COMPOSIÇÃO

- 1** Separador de folhas.
- 2** Painéis disponíveis para tubulação de entrada, DN 100.
- 3** Pontos para limpeza, DN 25.
- 4** Saída de água, ponto para diâmetro da torneira de $\frac{3}{4}$ ".
- 5** Tubo extravasor, DN 100. Caso queira instalar mais de um Tanque Slim, utilize esse painel para realizar a interligação dos produtos.
- 6** Tampa roscável de $\frac{1}{4}$ de volta com 30 cm.

ANEXO D – Ficha técnica dos coletores solares Komeco

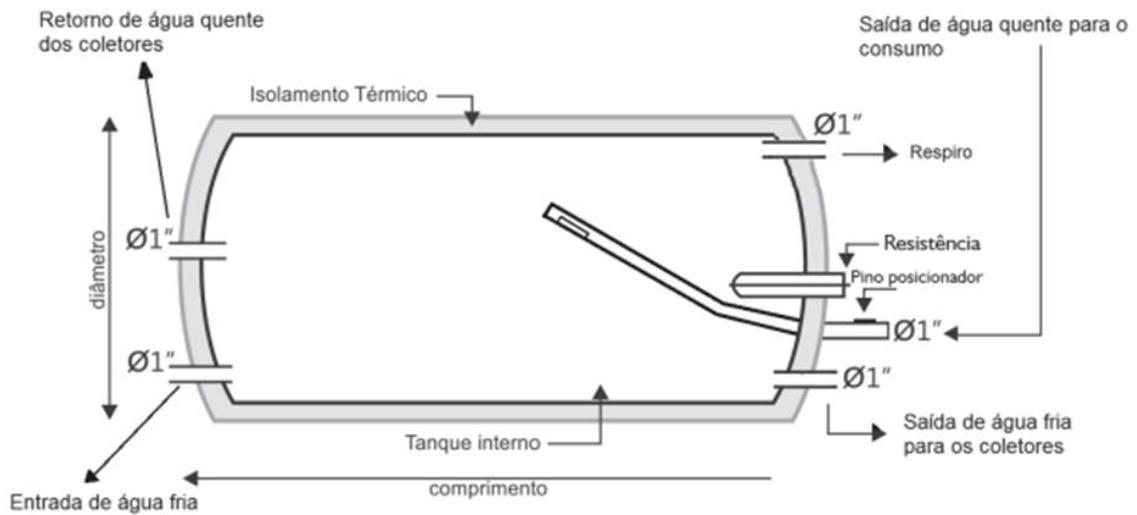
**LINHA AMBIENT ALTA RESISTÊNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS 10 TUBOS**

MODELO	CLASSIFICAÇÃO	PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO	ÁREA EXTERNA (M ²)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA	PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA POR M ² DE COLETOR (kWh/mês.m)	PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA POR COLETOR (kWh/mês)	REGISTRO DE OBJETO
KOCS AB 1.0	A	40 m.c.a.	0,96	58,90%	80,6	77,4	006839/2023
KOCS AB 1.5	A	40 m.c.a.	1,46	58,90%	80,6	117,7	006839/2023
KOCS AB 2.0	A	40 m.c.a.	1,96	58,90%	80,6	157,8	006839/2023

- Alta resistência a impactos e vida útil prolongada através de pintura especial;
- Indicado para regiões de clima frio ou com águas corrosivas;
- Isolamento em lã de PET;
- Serpentina do coletor com maior resistência ao congelamento da água;
- Serpentina de inox com 10 tubos de elevação;
- Vidro de **Alta Resistência**.

Ficha Técnica dos Coletores Solares Komeco				
Modelo		1,0m ²	1,5m ²	2,0m ²
		N/A	KOCS PR 1.5	KOCS PR 2.0
Dimensões (mm)		A	1073	1073
		B	960	1460
		C	58	58
		D	917,7	1417,7
Diâmetro dos tubos (mm)		22	22	22
Pressão de trabalho (m.c.a)		Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40
Massa (Peso)		N/A	KOCS PR 1.5 - (18,6kg) 182,3N	KOCS PR 2.0 - (24,5kg) 240,1N
		KOCS AB 1.0 - (15,6kg) 152,9N	KOCS AB 1.5 - (23,0kg) 225,4N	KOCS AB 2.0 - (28,5kg) 279,3N
		KOCS MX 1.0 - (11,9kg) 116,6N	KOCS MX 1.5 - (17,3kg) 169,5N	KOCS MX 2.0 - (26,5kg) 259,7N

ANEXO E – Ficha técnica reservatório de água quente Komeco



Ficha Técnica dos Reservatórios Térmicos Komeco											
Modelo		BP POPULAR Ø700MM	200 BP/AP	300 BP/AP	400 BP/AP	500 BP/AP	600 BP/AP	800 BP/AP	1000 BP/AP		
Dimensões (mm)	A	BP	700	700	700	700	700	700	880	880	
		AP	N/A	700	700	700	700	700	880	880	
	B	BP	150	150	265	350	350	350	350	285	
		AP	N/A	150	265	350	350	350	350	285	
	C	BP	450	450	540	680	1000	1300	920	1450	
		AP	N/A	450	550	720	1025	1350	950	1480	
	BP - Baixa Pressão	D	BP	950	970	1285	1595	1910	2215	1920	2320
			AP	N/A	970	1290	1635	1950	2280	1950	2350
	AP - Alta Pressão	E	BP	700	700	700	700	700	700	910	910
			AP	N/A	700	700	700	700	700	700	910
		F	BP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	780
			AP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	780
Diâmetro da saída e retorno para coletores (pol)		3/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"		
Diâmetro entrada e saída de água (pol)		3/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1.1/4"		
Resistência Elétrica	Tensão (V)	N/A	220	220	220	220	220	220/380	220/380		
	Potência (W)	N/A	3000	3000	3000	3000	3000	6000	6000		
	Corrente (A)	N/A	13,64	13,64	13,64	13,64	13,64	27,27/9,12	27,27/9,12		
Pressão de Trabalho		kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)	kPa(m.c.a.)		
Baixa Pressão		49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)	49,03 (5)		
Alta Pressão		N/A	392 (40)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	392 (40)	392 (40)		
Massa (Peso*)		Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)	Kg(N)		
Baixa Pressão (Vazio)		20 (196,1)	20,1 (197,1)	24 (235,36)	27 (264,78)	33 (323,61)	37 (362,84)	49 (480,5)	60 (588,4)		
Alta Pressão (Vazio)		N/A	28 (274,59)	35 (343,23)	44 (431,49)	50 (490,3)	58 (568,79)	80 (784,53)	95 (931,63)		

ANEXO F – Ficha técnica da cisterna de água pluvial Fortlev

DIMENSÕES

- A** Altura até o tampo
- B** Altura total
- C** Diâmetro da tampa
- D** Diâmetro da base



Tabela 1: Dimensões Cisterna Fortlev.

Capacidade em litros	Dimensões em metros			
	A	B	C	D
3.000	0,88	1,29	0,60	1,90
5.000	1,09	1,51	0,60	2,25

Escavação

Recomenda-se fazer um levantamento das proximidades, verificando instalações hidráulicas, elétricas ou de gás, para evitar acidentes por rompimento destas na escavação. Também devem ser observadas edificações próximas, fundações e/ou áreas de influência. Realize a escavação construindo um talude com inclinação de acordo com o tipo de solo (a inclinação deverá ser dimensionada pelo responsável técnico da obra).

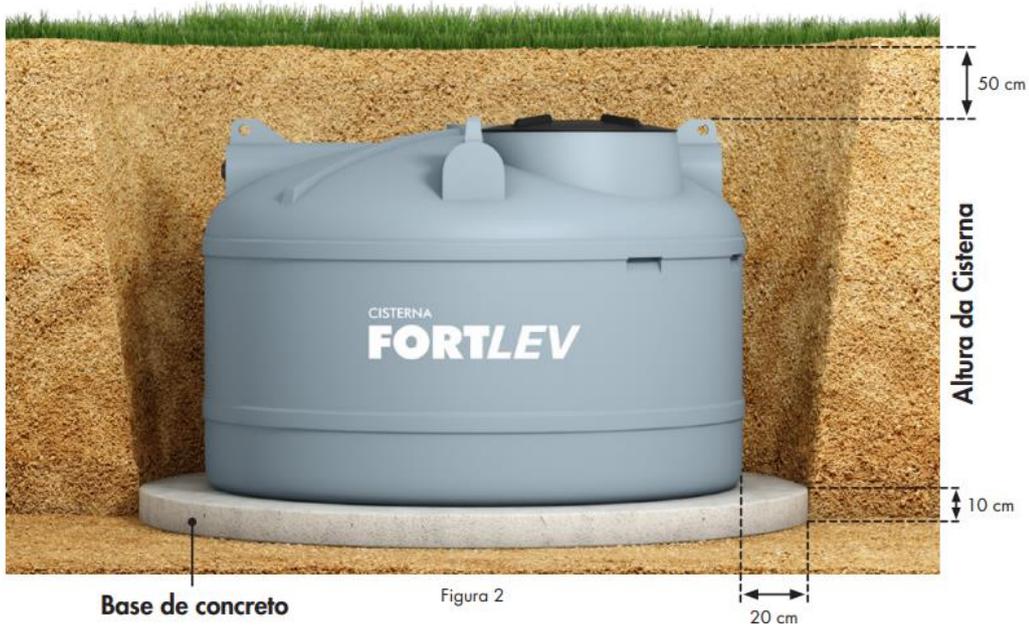


Figura 2

APÊNDICE A – Tabela de perda de carga das tubulações de água fria

Trecho	Peso	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)			Perda de carga (m/m)		Pressão disponível (mca)
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
Caixa-A	1,5	0,3674	40	0,378	1,25	6,20	7,45	0,0068	0,0506	1,419
A-B	1,5	0,3674	40	0,378	1,12	0,00	1,12	0,0068	0,0076	1,412
B-C	0,8	0,2683	32	0,442	2,2	2,78	4,98	0,0120	0,0599	1,352
C-D	0,8	0,2683	32	0,442	1,64	0,70	2,34	0,0120	0,0281	1,324
D-E	0,8	0,2683	32	0,442	2,28	0,00	2,28	0,0120	0,0274	1,296
E-AF1	0,4	0,1897	32	0,313	2,34	2,40	4,74	0,0066	0,0311	1,265
AF1-Chuveiro	0,4	0,1897	25	0,518	3,06	16,40	19,46	0,0217	0,4229	1,762
E-AF2	0,4	0,1897	32	0,313	1,5	4,60	6,10	0,0066	0,0400	1,256
AF2-Tê	0,4	0,1897	25	0,518	3	1,40	4,40	0,0217	0,0956	3,736
Tê-Lavatório	0,3	0,1643	25	0,448	0,17	3,60	3,77	0,0169	0,0637	3,503
Tê-Ducha higiênica	0,1	0,0949	25	0,259	1,01	2,00	3,01	0,0065	0,0194	3,717
B-F	0,7	0,2510	32	0,414	0,65	4,88	5,53	0,0107	0,0592	1,353
F-AF4	0,3	0,1643	32	0,271	0,17	4,60	4,77	0,0051	0,0243	1,328
AF4-Lavatório	0,3	0,1643	25	0,448	3,9	3,80	7,70	0,0169	0,1301	3,404
F-G	0,4	0,1897	32	0,313	2,95	2,40	5,35	0,0066	0,0351	1,318
G-AF3	0,4	0,1897	32	0,313	0,12	1,50	1,62	0,0066	0,0106	1,307
AF3-Chuveiro	0,4	0,1897	25	0,518	3,06	16,40	19,46	0,0217	0,4229	1,650
Caixa-H	3,8	0,5848	40	0,601	1,06	6,20	7,26	0,0153	0,1112	1,334
H-I	3,4	0,5532	40	0,568	0,62	0,00	0,62	0,0139	0,0086	1,325
I-J	0,7	0,2510	32	0,414	0,71	5,18	5,89	0,0107	0,0630	1,262
J-AF5	0,3	0,1643	32	0,271	0,11	4,60	4,71	0,0051	0,0240	1,238
AF5-Lavatório	0,3	0,1643	25	0,448	3,01	3,80	6,81	0,0169	0,1151	3,598
J-AF6	0,4	0,1897	32	0,313	1,88	3,90	5,78	0,0066	0,0379	1,224
AF6-Chuveiro	0,4	0,1897	25	0,518	3,06	16,40	19,46	0,0217	0,4229	1,721
I-K	3,1	0,5282	40	0,543	1,46	2,00	3,46	0,0128	0,0444	1,289
K-L	3,1	0,5282	40	0,543	0,25	0,00	0,25	0,0128	0,0032	1,286
L-AF7	0,7	0,2510	32	0,414	5,48	3,58	9,06	0,0107	0,0969	1,189
AF7-Tanque	0,7	0,2510	25	0,685	2,16	2,60	4,76	0,0355	0,1688	2,897
L-M	2,4	0,4648	40	0,478	5,21	5,00	10,21	0,0102	0,1046	1,182
M-AF8	0,7	0,2510	32	0,414	4,62	6,38	11,00	0,0107	0,1177	1,064
AF8-Pia externa	0,7	0,2510	25	0,685	2,82	1,40	4,22	0,0355	0,1497	3,161
M-AF9	1,7	0,3912	32	0,644	1,61	3,28	4,89	0,0232	0,1137	1,068
AF9-Tê	1,7	0,3912	25	1,067	3,56	1,40	4,96	0,0771	0,3823	3,291
Tê-Pia	0,7	0,2510	25	0,685	0,27	3,60	3,87	0,0355	0,1372	2,884
Tê-Lava louças	1	0,3000	25	0,819	1,32	3,20	4,52	0,0485	0,2190	2,245

APÊNDICE B – Tabela de perda de carga das tubulações de água pluvial

Trecho	Peso	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)			Perda de carga (m/m)		Pressão disponível (mca)
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
Caixa-A	32,4	1,7076	85	0,380	1,12	8,50	9,62	0,0026	0,0255	1,225
A-B	32,4	1,7076	75	0,490	1,06	9,30	10,36	0,0048	0,0501	1,174
B-AP1	0,4	0,1897	60	0,085	4,05	13,20	17,25	0,0003	0,0051	1,169
AP1-Mangueira fundo	0,4	0,1897	50	0,125	2,70	3,45	6,15	0,0007	0,0046	3,865
B-AP2	32,0	1,6971	75	0,487	3,00	11,50	14,50	0,0048	0,0693	1,105
AP2-Vaso sanitário	32,0	1,6971	50	1,116	1,85	4,15	6,00	0,0342	0,2055	2,814
A-C	65,4	2,4261	75	0,696	0,84	8,40	9,24	0,0089	0,0826	1,142
C-AP3	32,0	1,6971	75	0,487	5,22	12,40	17,62	0,0048	0,0842	1,058
AP3-Vaso sanitário	32,0	1,6971	50	1,116	1,85	4,15	6,00	0,0342	0,2055	2,702
C-D	33,4	1,7338	75	0,498	5,15	2,40	7,55	0,0050	0,0375	1,105
D-AP4	32,0	1,6971	75	0,487	0,44	12,40	12,84	0,0048	0,0614	1,043
AP4-Vaso sanitário	32,0	1,6971	50	1,116	1,85	4,15	6,00	0,0342	0,2055	2,688
D-E	1,4	0,3550	60	0,158	2,90	5,95	8,85	0,0009	0,0078	1,097
E-F	1,4	0,3550	50	0,233	1,37	0,45	1,82	0,0022	0,0040	1,093
F-AP5	1,0	0,3000	50	0,197	0,54	5,95	6,49	0,0017	0,0107	1,082
AP5-Lava roupas	1,0	0,3000	32	0,494	2,42	6,80	9,22	0,0146	0,1347	3,147
F-AP6	0,4	0,1897	50	0,125	4,90	14,45	19,35	0,0007	0,0143	1,078
AP6-Mangueira jardim	0,4	0,1897	32	0,313	2,70	3,60	6,30	0,0066	0,0413	3,741

APÊNDICE C – Tabela de perda de carga das tubulações de água quente

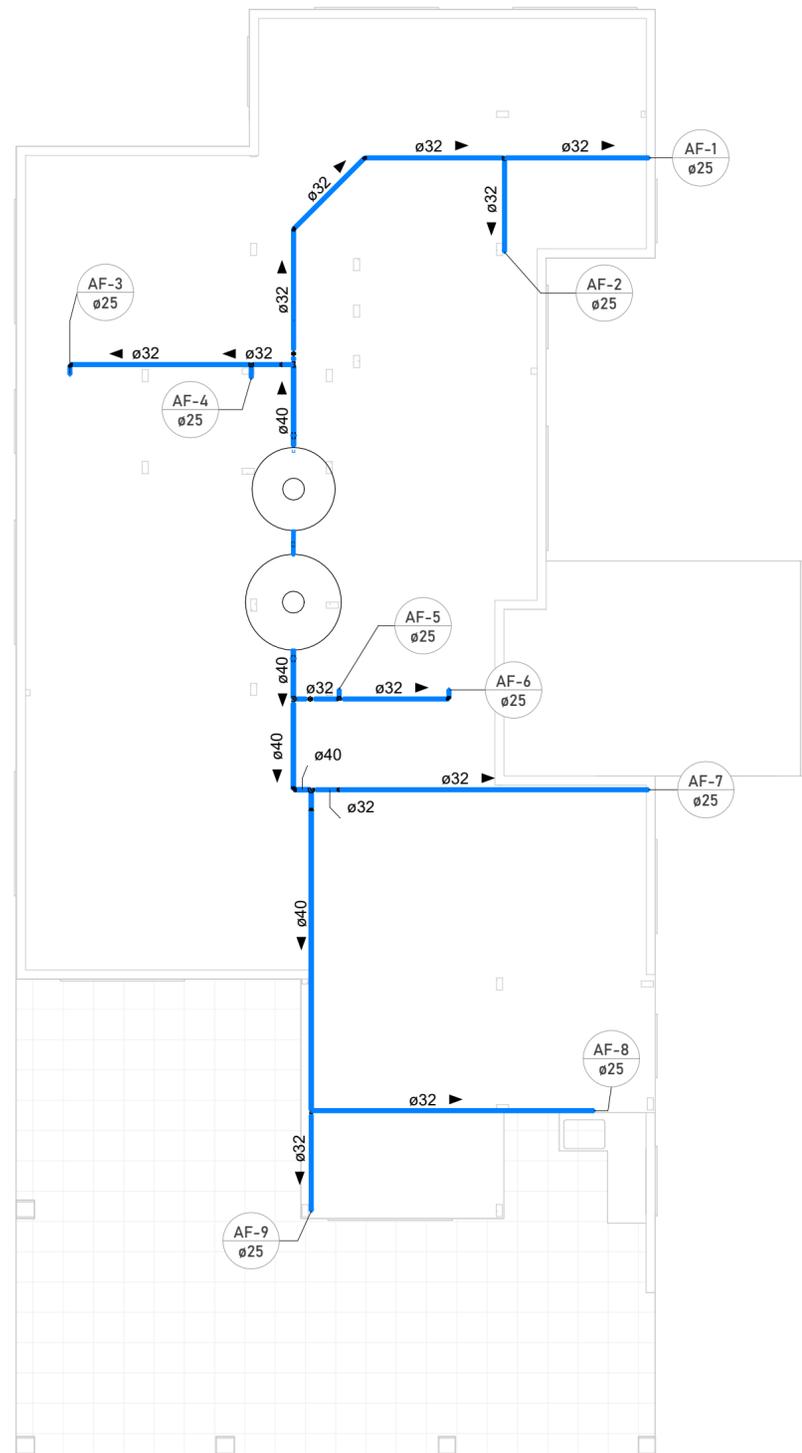
Trecho	Peso	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)			Perda de carga (m/m)		Pressão disponível (mca)
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
Caixa-A	2,9	0,5109	54	0,333	1,70	10,40	12,10	0,0041	0,0496	1,350
A-B	2,9	0,5109	54	0,333	1,06	0,00	1,06	0,0041	0,0043	1,346
B-C	0,8	0,2683	42	0,289	4,35	5,30	9,65	0,0044	0,0422	1,304
C-D	0,8	0,2683	35	0,418	0,40	0,30	0,70	0,0105	0,0074	1,297
D-AQ1	0,4	0,1897	35	0,295	2,28	3,50	5,78	0,0057	0,0331	1,263
AQ1-Misturador	0,4	0,1897	28	0,465	2,08	12,80	14,88	0,0168	0,2501	2,913
Misturador-Chuveiro	0,4	0,1897	22	0,762	0,98	3,60	4,58	0,0545	0,2495	1,684
D-AQ2	0,4	0,1897	35	0,295	1,92	6,60	8,52	0,0057	0,0488	1,248
AQ2-Lavatório	0,4	0,1897	28	0,465	3,08	3,80	6,88	0,0170	0,1160	3,730
B-E	2,1	0,4347	42	0,468	1,58	8,10	9,68	0,0102	0,0984	1,205
E-F	0,7	0,2510	35	0,391	2,16	2,20	4,36	0,0093	0,0408	1,165
F-AQ3	0,4	0,1897	35	0,295	3,69	5,50	9,19	0,0057	0,0526	1,112
AQ3-Misturador	0,4	0,1897	28	0,465	2,08	12,80	14,88	0,0168	0,2501	2,762
Misturador-Chuveiro	0,4	0,1897	22	0,762	0,98	3,60	4,58	0,0545	0,2495	1,532
F-AQ4	0,3	0,1643	35	0,256	0,27	6,60	6,87	0,0045	0,0306	1,134
AQ4-Lavatório	0,3	0,1643	28	0,402	3,52	3,80	7,32	0,0131	0,0957	3,438
E-G	1,4	0,3550	42	0,382	4,97	7,30	12,27	0,0071	0,0875	1,118
G-H	1	0,3000	42	0,323	0,70	8,00	8,70	0,0053	0,0462	1,072
H-AQ5	0,3	0,1643	35	0,256	0,16	6,90	7,06	0,0045	0,0314	1,040
AQ5-Lavatório	0,3	0,1643	28	0,402	3,46	3,80	7,26	0,0131	0,0949	3,450
G-AQ6	0,4	0,1897	35	0,295	1,58	9,00	10,58	0,0057	0,0606	1,057
AQ6-Misturador	0,4	0,1897	28	0,465	2,08	12,80	14,88	0,0168	0,2501	2,707
Misturador-Chuveiro	0,4	0,1897	22	0,762	0,98	3,60	4,58	0,0545	0,2495	1,478
H-I	0,7	0,2510	42	0,270	0,28	5,40	5,68	0,0039	0,0221	1,050
I-AQ7	0,7	0,2510	42	0,270	8,20	5,40	13,60	0,0039	0,0529	0,997
AQ7-Pia	1,7	0,3912	22	1,572	3,64	8,60	12,24	0,1933	2,3654	1,218

APÊNDICE D – Apresentação do projeto da residência

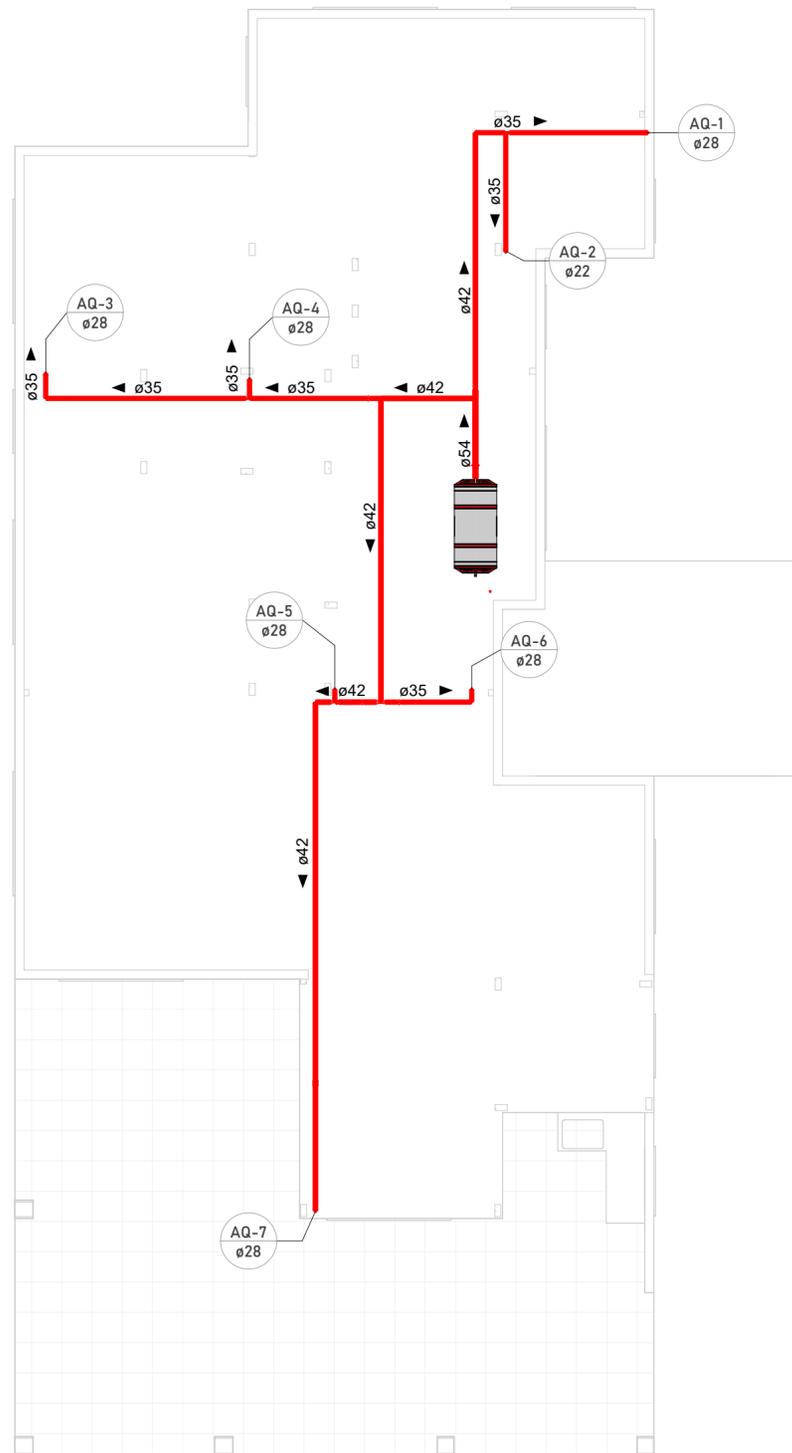
LEGENDA

- TUBULAÇÃO PVC ÁGUA FRIA
- TUBULAÇÃO CPVC ÁGUA PLUVIAL
- TUBULAÇÃO PVC ÁGUA QUENTE
- AF COLUNA DE ÁGUA FRIA
- AQ COLUNA DE ÁGUA QUENTE
- AP COLUNA DE ÁGUA PLUVIAL
- LV LAVATÓRIO
- VS VASO SANITÁRIO
- DH DUCHA HIGIÊNICA
- TQ TANQUE
- LR MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS
- LL MÁQUINA DE LAVAR LOUÇAS
- PI PIA
- MN MANGUEIRA
- RG REGISTRO DE GAVETA
- RP REGISTRO DE PRESSÃO
- VD VÁLVULA DE DESCARGA

Diâmetros em milímetros
Dimensões em metros



1 DISTRIBUIÇÃO AF
1 : 75



2 DISTRIBUIÇÃO AQ
1 : 75

PROJETO HIDRÁULICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - ECV

ENDEREÇO: SERV. CATARINA CLAUDINA ESPÍNDOLA, 150 - ARIRIU DA FORMIGA - PALHOÇA, SC

CONTEÚDO: PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO ÁGUA FRIA E QUENTE

ISABELA WARMLING BEZERRA

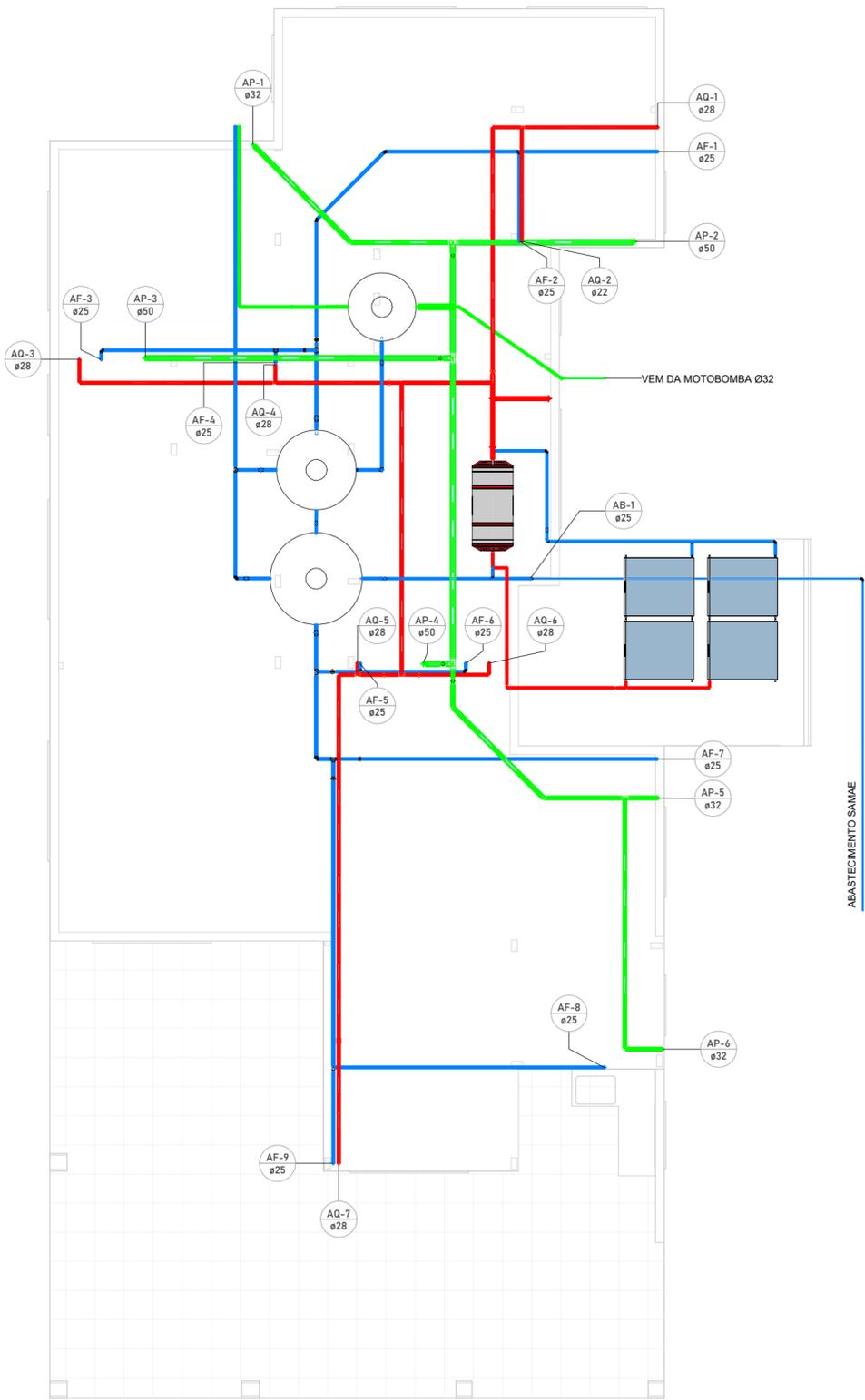
DATA: 03/12/2024

ESCALA: 1:75

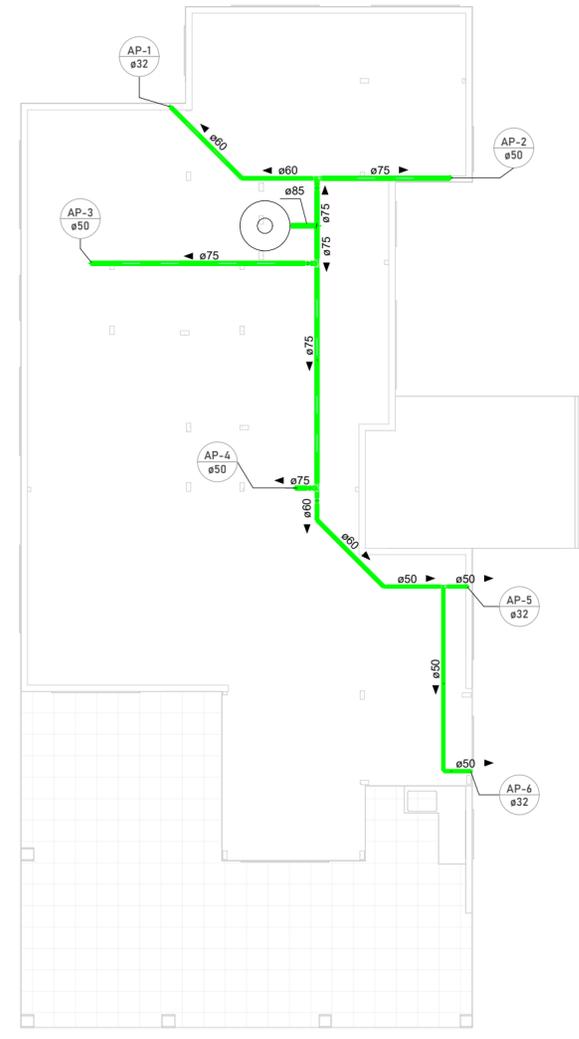
MATRÍCULA: 1920277

PRANCHA:

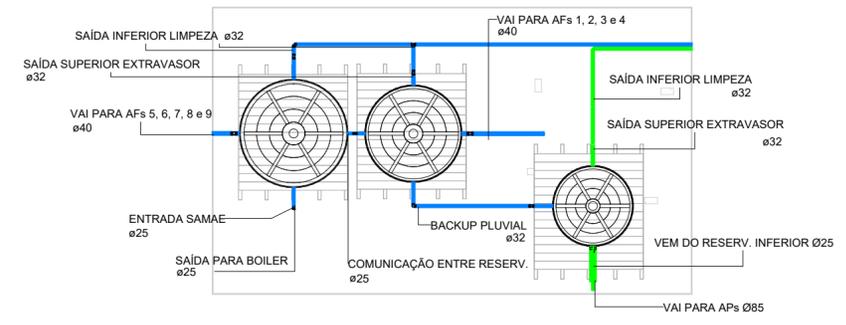
1/3



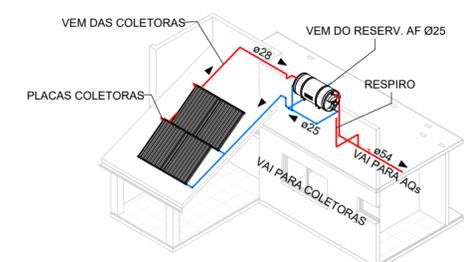
3 DISPOSIÇÃO GERAL
1:50



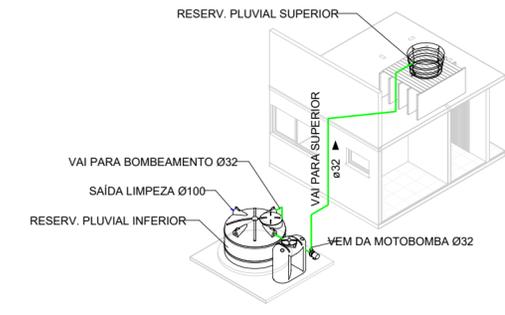
4 DISTRIBUIÇÃO AP
1:75



5 RESERVATÓRIOS AF AP
1:100



6 RESERVATÓRIO AQ
1:100

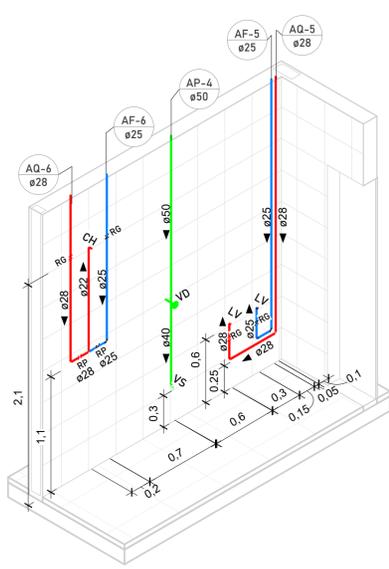


7 RESERVATÓRIO AP
1:100

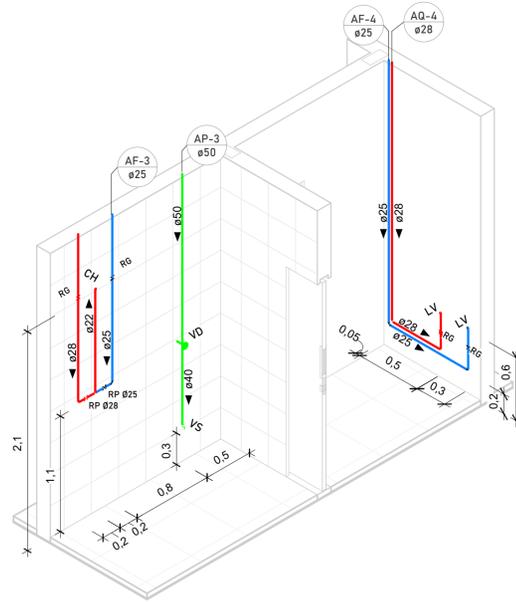
- LEGENDA**
- TUBULAÇÃO PVC ÁGUA FRIA
 - TUBULAÇÃO CPVC ÁGUA PLUVIAL
 - TUBULAÇÃO PVC ÁGUA QUENTE
 - AF COLUNA DE ÁGUA FRIA
 - AQ COLUNA DE ÁGUA QUENTE
 - AP COLUNA DE ÁGUA PLUVIAL
 - LV LAVATÓRIO
 - VS VASO SANITÁRIO
 - DH DUCHA HIGIÊNICA
 - TQ TANQUE
 - LR MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS
 - LL MÁQUINA DE LAVAR LOUÇAS
 - PI PIA
 - MN MANGUEIRA
 - RG REGISTRO DE GAVETA
 - RP REGISTRO DE PRESSÃO
 - VD VÁLVULA DE DESCARGA
- Diâmetros em milímetros
Dimensões em metros

PROJETO HIDRÁULICO

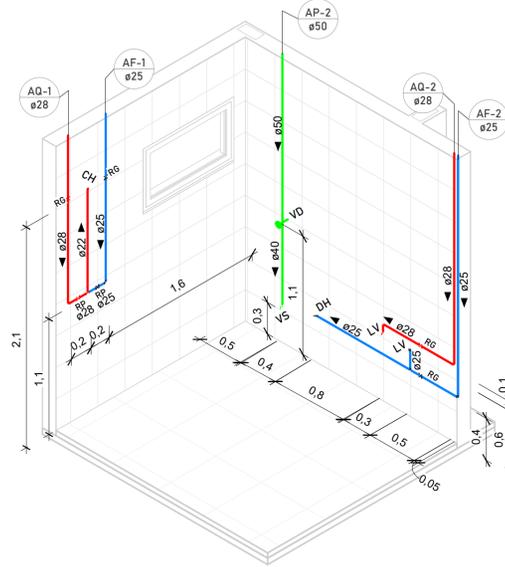
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - ECV		DATA:	03/12/2024
ENDEREÇO:	SERV. CATARINA CLAUDINA ESPINDOLA, 150 - ARIRIU DA FORMIGA - PALHOÇA, SC		
CONTEÚDO:	ESCALA:	Indicada	PRANCHAS:
PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO ÁGUA PLUVIAL, DISPOSIÇÃO GERAL E DETALHES RESERVATÓRIOS	MATRÍCULA:	1920277	
ISABELA WARMING BEZERRA			2/3



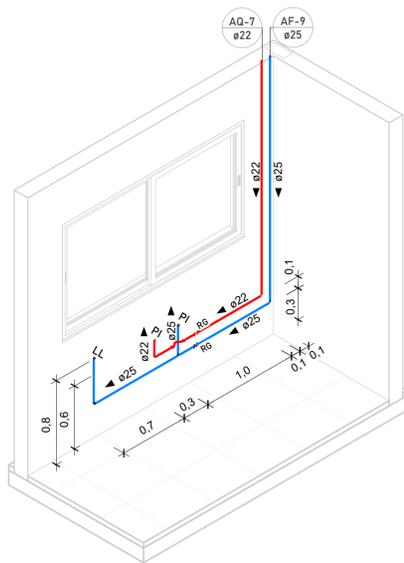
8 BWC 1
1:25



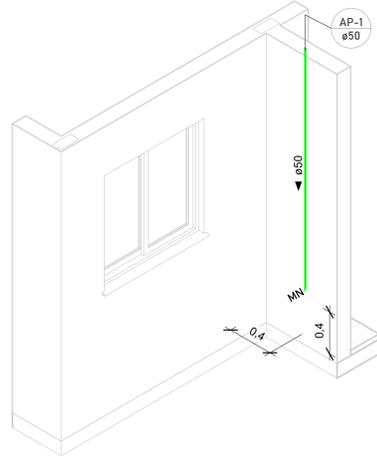
9 BWC 2
1:25



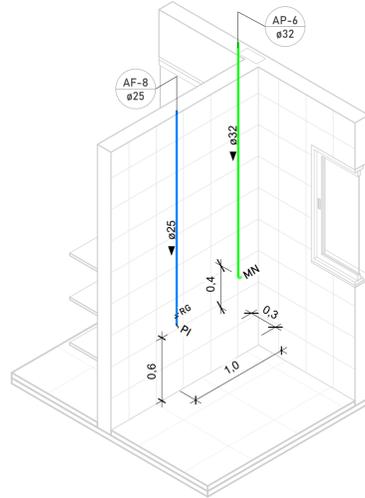
10 BWC 3
1:25



12 Cozinha
1:25



5 Externo fundos
1:25



13 Externo jardim
1:25



14 Serviço
1:25

- LEGENDA
- TUBULAÇÃO PVC ÁGUA FRIA
 - TUBULAÇÃO CPVC ÁGUA PLUVIAL
 - TUBULAÇÃO PVC ÁGUA QUENTE
 - AF COLUNA DE ÁGUA FRIA
 - AQ COLUNA DE ÁGUA QUENTE
 - AP COLUNA DE ÁGUA PLUVIAL
 - LV LAVATÓRIO
 - VS VASO SANITÁRIO
 - DH DUCHA HIGIÊNICA
 - TQ TANQUE
 - LR MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS
 - LL MÁQUINA DE LAVAR LOUÇAS
 - PI PIA
 - MI MANGUEIRA
 - RG REGISTRO DE GAVETA
 - RP REGISTRO DE PRESSÃO
 - VD VÁLVULA DE DESCARGA
- Diâmetros em milímetros
Dimensões em metros

Comprimento	Descrição	Diâmetro	Material
75,0		25	
51,0	Tubulação - AF	32	PVC
12,0		40	
6,0		25	
15,0		32	
3,0		40	PVC
18,0		50	
9,0		60	
18,0		75	
3,0		85	
15,0		22	
18,0		28	
21,0	Tubulação - AQ	35	CPVC
3,0		42	
		54	

ÁGUA PLUVIAL			
Quantidade	Descrição	Diâmetro	Material
3	Válvula de descarga	50-40	PVC
1		32	PVC
1	Registro de gaveta	60	PVC
3		75	PVC
3	Joelho 45°	60	PVC
8		32	PVC
3		40	PVC
2	Joelho 90°	50	PVC
1		60	PVC
1		75	PVC
2		50-32	PVC
2		60-50	PVC
3	Bucha de redução	75-50	PVC
2		75-60	PVC
1		85-75	PVC
4		75	PVC
1	Tê	60	PVC

ÁGUA FRIA			
Quantidade	Descrição	Diâmetro	Material
9		25	PVC
4	Registro de gaveta	32	PVC
1		40	PVC
3	Registro de pressão	25	PVC
2	Joelho 45°	32	PVC
19		25	PVC
6	Joelho 90°	32	PVC
5		40	PVC
6	Joelho de redução 90°	32-25	PVC
3	Bucha de redução	40-32	PVC
2		25	PVC
7	Tê	32	PVC
4		40	PVC

ÁGUA QUENTE			
Quantidade	Descrição	Diâmetro	Material
1		22	CPVC
6		28	CPVC
2	Registro de gaveta	35	CPVC
2		42	CPVC
1		54	CPVC
3	Registro de pressão	28	CPVC
1		28-22	CPVC
1		35-28	CPVC
1	Bucha de redução	42-22	CPVC
4		42-35	CPVC
2		54-42	CPVC
1	Curva de transposição	22	CPVC
5		22	CPVC
9		28	CPVC
2	Joelho 90°	35	CPVC
2		42	CPVC
4		54	CPVC
6	Joelho de redução 90°	35-28	CPVC
2		35	CPVC
4	Tê	42	CPVC
2		54	CPVC
3	Tê misturador	22	CPVC
1	Luva	42	CPVC

PROJETO HIDRÁULICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - ECV

ENDEREÇO: SERV. CATARINA CLAUDINA ESPINDOLA, 150 - ARIRIU DA FORMIGA - PALHOÇA, SC

CONTEÚDO: ISOMÉTRICOS E TABELA DE QUANTITATIVOS

ESCALA: 1:25

MATRÍCULA: 19200277

ISABELA WARMING BEZERRA

DATA: 3/12/2024

FRANCHA:

3/3