

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NATÁLIA FERREIRA MARTINS

**Dimensionamento de instalações de água fria e de aproveitamento de  
água da chuva em uma edificação residencial unifamiliar: estudo de caso  
no município de Macaé – RJ.**

Macaé  
2023

NATÁLIA FERREIRA MARTINS

Dimensionamento de instalações de água fria e de aproveitamento de água da chuva em uma edificação residencial unifamiliar: estudo de caso no município de Macaé – RJ.

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Leandro Tomaz Knopp.

Coorientador: Paulo Gedeão Barroso  
Gomes Júnior

Macaé  
2023

## CIP - Catalogação na Publicação

M386

Martins, Natália Ferreira

Dimensionamento de instalações de água fria e de aproveitamento de água da chuva em uma edificação residencial unifamiliar: estudo de caso no município de Macaé / Natália Ferreira Martins - Macaé, 2023.

121 f.

Orientador(a): Leandro Tomaz Knopp.

Coorientador(a): Paulo Gedeão Barroso Gomes Júnior.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2023.

1. Instalações hidráulicas . 2. Água da chuva. 3. águas pluviais – reaproveitamento. I. Knopp, Leandro Tomaz, orient. II. Gomes Júnior, Paulo Gedeão Barroso, coorient. III. Título.

CDD 624

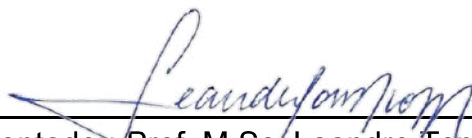
NATÁLIA FERREIRA MARTINS

Dimensionamento de instalações de água fria e de aproveitamento de água da chuva em uma edificação residencial unifamiliar: estudo de caso no município de Macaé – RJ.

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

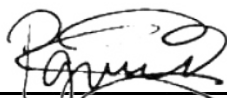
Aprovado em Macaé, 18 de julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA:



---

Orientador: Prof. M.Sc. Leandro Tomaz Knopp  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ Macaé



---

Coorientador: Prof. Paulo Gedeão Barroso Gomes Júnior  
Fundação de Apoio à Escola Técnica – FAETEC/ Macaé



---

Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Monique Amaro de Freitas Rocha Nascimento  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ Macaé



---

Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Beatriz Rohden Becker  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ Macaé

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me concedido força para superar os desafios da graduação e principalmente na conclusão desse trabalho. Além de ter enviado as pessoas maravilhosas que cruzaram meu caminho ao longo desses anos.

Minha gratidão aos meus pais, José Carlos e Cláudia, meu irmão Lucas e minha avó Célia, por todo o amor incondicional e apoio ao longo desses anos. Obrigado por acreditarem em mim mais do que eu mesma acredito e embarcarem nesse sonho comigo desde o início. Obrigado por sempre terem me incentivado a voar, mesmo que isso tenha significado lidar com a distância.

Ao meu marido Lucca, por todo o amor e paciência comigo ao longo dessa árdua trajetória. Eu não tenho palavras para descrever tudo o que você representa, sem você nada disso seria possível. Obrigado por ser meu porto seguro, por ser o abraço de conforto, por ser o sorriso de alegria e a palavra de incentivo de todos meus momentos.

Agradeço as minhas amigas Bruna e Carla por terem passado por essa caminhada comigo. Não sei o que seria dessa experiência sem o apoio e companheirismo de vocês para dividir os momentos de tristeza e alegria. Aos meus bichinhos Granola, Amora, Caju e Castanha obrigado por alegrarem meus dias.

Por fim, agradeço a todos os professores que tive ao longo da graduação, obrigado por todo o conhecimento compartilhado. Agradeço em especial a meu orientador Leandro, por ter aceitado me orientar e ajudar nessa etapa que há tanto tempo eu tento cumprir. Agradeço ao meu coorientador Paulo e aos professores Nathani e Humberto, do técnico em edificações da Faetec, vocês foram fundamentais na minha trajetória, espero um dia ser uma profissional como vocês.

## RESUMO

O estudo de caso discute a importância do acesso ao serviço de abastecimento de água como direito fundamental da população brasileira. O correto dimensionamento de projetos hidrossanitários, de acordo com as normas técnicas, são essenciais para garantir a qualidade e a quantidade de água nas residências. Além disso, o estudo destaca a possibilidade de adotar sistemas de captação de água de chuva como uma alternativa ao abastecimento irregular de água, em regiões com disponibilidade limitada de recursos hídricos. O trabalho objetiva o dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água potável e de água não potável, a partir do dimensionamento de um sistema de captação de água de chuva, para uma edificação residencial unifamiliar em Macaé-RJ, Brasil. O bairro Lagoa, região escolhida para o estudo, está sujeita a intermitência no abastecimento de água, e o projeto visa minimizar o impacto do déficit de abastecimento de água, por meio da proposta de um sistema de captação de água da chuva, associado ao sistema de abastecimento convencional de água fria. O estudo utilizou uma revisão da literatura e aplicou métodos selecionados para dimensionar cada sistema e desenvolver os projetos em CAD. Ao longo do estudo de caso, foi possível dimensionar a demanda de consumo de água potável e não potável da residência. Além disso, foi fundamental estimar o potencial de água da chuva que pode ser captada pela edificação, e a partir do método de Rippl determinar o volume necessário do reservatório de armazenamento de água da chuva. Por fim, o estudo possibilitou analisar a viabilidade técnica e econômica para a implantação do sistema de água da chuva proposto na residência unifamiliar. A análise econômica resultou na estimativa dos custos de implantação do sistema e do tempo de retorno, no qual a economia promovida pela substituição da água da potável pela água não potável é capaz de abater os custos de instalação do sistema a longo prazo.

**Palavras-chave:** Instalação hidráulica. Água da chuva. Águas pluviais - reaproveitamento.

## ABSTRACT

The case study discusses the importance of access to the water supply service as a fundamental right of the Brazilian population. The correct sizing of water and sanitation projects, in accordance with technical standards, is essential to ensure the quality and quantity of water in homes. In addition, the study highlights the possibility of adopting rainwater harvesting systems as an alternative to irregular water supply in regions with limited availability of water resources. The work aims at the sizing of drinking water and non-potable water supply systems, based on the sizing of a rainwater harvesting system, for a single-family residential building in Macaé-RJ, Brazil. The Lagoa neighborhood, the region chosen for the study, is subject to intermittent water supply, and the project aims to minimize the impact of the water supply deficit, through the proposal of a rainwater harvesting system, associated with the conventional cold water supply system. The study used a literature review and applied selected methods to size each system and develop the design sketches in CAD. Throughout the case study, it was possible to dimension the demand for potable and non-potable water consumption of the residence. In addition, it was essential to estimate the potential rainwater that can be captured by the building, and from the Rippl method to determine the necessary volume of the rainwater storage tank. Finally, the study made it possible to analyze the technical and economic feasibility for the implementation of the proposed rainwater system in the single-family residence. The economic analysis resulted in the estimation of the costs of implementing the system and the payback time, in which the savings promoted by the replacement of drinking water by non-potable water is able to reduce the installation costs of the system in the long term.

**Key words:** Hydraulic installation; Rainwater; Rainwater - reuse.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Retirada de água no Brasil em 2019.....	18
Figura 2 – Uso consuntivo da água no Brasil.....	18
Figura 3 - Uso consuntivo da água em Macaé – RJ .....	19
Figura 4 - Indicadores de Segurança Hídrica - Macaé RJ.....	20
Figura 5 - Localização do bairro Lagoa (Macaé, RJ). .....	25
Figura 6 – Planta baixa da edificação – Pavimento térreo .....	27
Figura 7 – Planta baixa da edificação – Pavimento superior.....	28
Figura 8 – Planta de cobertura da edificação.....	29
Figura 9 - Sistema de distribuição externa .....	30
Figura 10 - Sistema de abastecimento indireto com bombeamento. ....	31
Figura 11 - Sistema de distribuição interna .....	31
Figura 12 - Ramal de abastecimento: Ramal predial + alimentador predial.....	35
Figura 13 – Representação do DN e DE na tubulação de PVC.....	36
Figura 14 - Reservatório superior industrializado.....	38
Figura 15 – Barrilete concentrado .....	42
Figura 16 – Barrilete ramificado .....	42
Figura 17 - Esquematização do sistema de bombeamento .....	46
Figura 18 - Representação da altura manométrica .....	47
Figura 19 - Sistema de captação e aproveitamento de água da chuva .....	49
Figura 20 - Dados pluviométricos anuais da cidade de Macaé – RJ.....	51
Figura 21 - Área da superfície inclinada do telhado .....	52
Figura 22 - Altura da lâmina d'água na calha semicircular.....	53
Figura 23 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais. .....	55
Figura 24 - Determinação do DN do ramal de abastecimento pelo ábaco Fair Whipple – Hsiao .....	62
Figura 25 - Dimensão dos reservatórios superiores com capacidade 500L e 1000L.....	63
Figura 26 - Coluna 1 - Distribuição de água fria.....	65
Figura 27 - Coluna 2 - Distribuição de água fria.....	66
Figura 28 - Coluna 3 - Distribuição de água fria.....	67
Figura 29 - Determinação do DN do barrilete pelo ábaco de Fair Whipple – Hsiao .....	70
Figura 30 – Planta dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água fria na edificação .....	71
Figura 31 – Cotas horizontais das tubulações de distribuição de água fria na edificação.....	72
Figura 32 – Esquema vertical dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água fria. ....	72
Figura 33 - Especificação técnica da bomba de água fria.....	79
Figura 34 - Parâmetros K, a, b e c para Macaé-RJ.....	81
Figura 35 – Calha semicircular de plástico DN 125 .....	83
Figura 36 - Dimensionamento do diâmetro do condutor vertical.....	84
Figura 37 - Coluna 4 - Distribuição de água da chuva .....	88
Figura 38 - Coluna 5 - Distribuição de água da chuva .....	89
Figura 39 – Planta dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água da chuva na edificação.....	90
Figura 40 – Cotas horizontais das tubulações de distribuição de água da chuva na edificação.....	91
Figura 41 – Esquema vertical dos reservatórios e tubulações de distribuição de água da chuva.....	91



Figura 42 – Vista superior do reservatório inferior enterrado de água da chuva.  
..... 97

Figura 43 –Cortes AA e BB do reservatório inferior enterrado de água da chuva.  
..... 97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.....	32
Tabela 2 - Estimativa do consumo diário de água. ....	33
Tabela 3 - Determinação do número mínimo de aparelhos sanitários.....	34
Tabela 4 – Tabela de diâmetros de tubo PVC marrom – relação entre DN e DE. .....	36
Tabela 5 - Dimensões do ramal e do cavalete. ....	37
Tabela 6 - Diâmetros mínimos dos sub-ramais por peça de utilização.....	40
Tabela 7 - Vazões máximas dos diâmetros nominais dos sub-ramais.....	40
Tabela 8 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização. ....	41
Tabela 9 - Altura dos pontos dos aparelhos sanitários em relação ao piso ....	43
Tabela 10 - Pressão dinâmica de serviço para cada aparelhos sanitários.....	44
Tabela 11 - Vazões e velocidades máximas nas tubulações.....	44
Tabela 12 - Comprimento equivalente a perdas de carga em tubulações de PVC .....	45
Tabela 13 - Parâmetros para estimativas de demanda residencial interna de água.....	50
Tabela 14 - Parâmetros para estimativas de demanda residencial externa de água.....	50
Tabela 15 - Coeficiente de rugosidade de Manning.....	53
Tabela 16 - Capacidades de calhas semicirculares com coef. de rugosidade 0,011.....	53
Tabela 17 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	56
Tabela 18 - Coeficiente de Runoff médio.....	57
Tabela 19 - Aparelhos sanitários da edificação alimentados por água potável	60
Tabela 20 - Dimensionamento dos sub-ramais de água fria.....	68
Tabela 21 - Dimensionamento dos ramais de água fria.....	68
Tabela 22 - Dimensionamento do barrilete de água fria.....	69
Tabela 23 - Levantamento das conexões e comprimentos equivalentes.....	74
Tabela 24 - Perda de carga nos trechos críticos.....	75
Tabela 25 - Dimensionamento das colunas de água fria.....	76
Tabela 26 - Comprimentos equivalentes referente ao sistema de bombeamento de água fria.....	78
Tabela 27 - Dimensionamento das colunas de sucção e recalque de água fria .....	78
Tabela 28 - Consumo total de água não potável na residência. ....	81
Tabela 29 - Dimensionamento do reservatório de água da chuva pelo método Rippl.....	85
Tabela 30 - Dimensionamento dos sub-ramais de água da chuva.....	89
Tabela 31 - Dimensionamento dos ramais de água da chuva.....	89
Tabela 32 - Levantamento das conexões e comp. equivalentes dos ramais de água não potável.....	93
Tabela 33 - Perda de carga nos trechos críticos dos ramais de água não potável .....	93
Tabela 34 - Dimensionamento das colunas de água da chuva.....	94
Tabela 35 - Comprimentos equivalentes referente ao sistema de bombeamento de água da chuva.....	94

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	12
1.2.	JUSTIFICATIVA .....	13
1.3.	OBJETIVOS .....	13
1.4.	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	14
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1.	SITUAÇÃO HÍDRICA DO BRASIL E DO MUNDO .....	17
2.1.1.	Situação hídrica de Macaé .....	18
2.2.	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS .....	21
2.3.	PROJETOS DE SISTEMAS DE ÁGUA FRIA.....	22
2.4.	PROJETOS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	23
<b>3.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>25</b>
3.1.	OBJETO DE ESTUDO .....	25
3.2.	SISTEMA DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA FRIA .....	30
3.2.1.	Consumo diário (CD).....	32
3.2.2.	Número mínimo de aparelhos sanitários .....	33
3.2.3.	Ramal de abastecimento.....	35
3.2.4.	Reservatório de água fria .....	37
3.2.5.	Sistema de distribuição de água fria.....	39
3.2.5.1.	Sub-ramais e ramais de abastecimento .....	39
3.2.5.2.	Barrilete e colunas de distribuição.....	42
3.2.5.3.	Sistema de bombeamento.....	45
3.3.	SISTEMA DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA DA CHUVA.....	48
3.3.1.	Previsão de consumo de água não potável.....	49
3.3.2.	Diâmetro das calhas.....	50
3.3.3.	Condutores verticais.....	54
3.3.4.	Condutores horizontais.....	55
3.3.5.	Volume de água reaproveitado e reservatórios de água não potável..	56
3.3.6.	Viabilidade econômica do sistema .....	58
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
4.1.	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA.....	60
4.1.1.	Consumo diário (CD).....	60
4.1.2.	Número de aparelhos sanitários alimentados por água potável.....	60
4.1.3.	Ramal de abastecimento.....	61
4.1.4.	Reservatórios de água fria .....	62
4.1.5.	Tubulações do sistema de água fria.....	64
4.1.5.1.	Sub-ramais e ramais de abastecimento .....	64
4.1.5.2.	Barrilete e colunas de distribuição.....	69
4.1.5.3.	Sistema de bombeamento.....	77
4.2.	DIMENSIONAMENTO CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	79
4.2.1.	Previsão de consumo de água não potável.....	79
4.2.2.	Diâmetro das calhas.....	81
4.2.3.	Condutores verticais.....	83
4.2.4.	Condutores horizontais.....	84
4.2.5.	Volume de água reaproveitado.....	84

4.2.6.	Reservatórios de água não potável.....	86
4.2.7.	Tubulações do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	86
4.3.	VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA .....	96
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>104</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>107</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXO A – ÁBACO DE FAIR-WHIPPLE-HSIAO PARA TUBULAÇÕES DE COBRE E PLÁSTICO.....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO B – ÁBACO DE DIAMETROS NOMINAIS E VAZÕES .....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO C – DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS PELO ÁBACO .....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXO D – DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS PELO ÁBACO .....</b>	<b>116</b>
	<b>ANEXO E – DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ÁGUA FRIA E ÁGUA DA CHUVA.....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO F – PRANCHAS DO PROJETO.....</b>	<b>118</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O acesso ao abastecimento de água e o saneamento básico são direitos fundamentais de toda a população brasileira. A falta de acesso a esses serviços básicos pode gerar diversas consequências negativas, desde problemas de saúde pública até a exclusão social. É fundamental, portanto, que o Estado e a sociedade trabalhem em conjunto para garantir a universalização desses serviços.

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cidades que possuem população entre 100.000 e 500.000 habitantes são classificadas como cidades de médio porte (FRANÇA, 2007). O acesso ao abastecimento de água e o saneamento básico em cidades de médio porte, como o município de Macaé, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, que possui 246.391 mil habitantes (IBGE, 2022), é imprescindível para proporcionar qualidade de vida a todos os habitantes. Além da importância de garantir que esses recursos cheguem até as residências, é fundamental que as mesmas tenham sistemas adequados para recebimento e distribuição desses recursos na edificação.

Um ponto que deve ser priorizado, na busca pela qualidade do abastecimento de água e de saneamento básico em residências, é o correto dimensionamento e elaboração de projetos hidrossanitários, em conformidade com as recomendações das normas ABNT. O dimensionamento correto das tubulações, reservatórios, fossas, entre outros componentes, é essencial para proporcionar que a água chegue com a qualidade e quantidade adequada às residências, além de promover o tratamento correto do esgoto gerado.

Além disso, o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva pode ser uma alternativa para edificações localizadas em regiões nas quais a disponibilidade do recurso é limitada ou que sofrem com o abastecimento de água irregular pela concessionária. Ao utilizar a água da chuva para atividades não potáveis, como irrigação de jardins e lavagem de carros, é possível reduzir a demanda por água tratada, tanto em pequenas residências quanto em grandes edifícios, e promover assim a preservação dos recursos hídricos.

Em resumo, o dimensionamento correto dos sistemas, a elaboração de projetos hidrossanitários adequados e a utilização de alternativas voltadas para a captação de água da chuva são medidas adotadas para contribuir com a qualidade de vida dos habitantes de uma edificação, e com a melhoria do abastecimento de água urbano.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O bairro Lagoa localizado no município de Macaé – RJ, escolhido como local de implantação da residência desse estudo, demonstra atualmente um grande potencial de crescimento. Com ocupação majoritariamente residencial, o bairro contará em breve com um complexo de edifícios comerciais já em fase de construção, o qual será um grande atrativo para a região. Entretanto, o crescimento e conseqüentemente o aumento populacional também gera um aumento na demanda de consumo de água potável no bairro.

A região é atendida pelo abastecimento de água da concessionária, porém moradores do bairro relatam que constantemente ocorrem interrupções no abastecimento. Essa situação gera incertezas aos moradores a respeito da frequência de abastecimento e da disponibilidade de água em suas residências. Dessa forma, o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva pode ser pensado como uma forma de minimizar os impactos do abastecimento deficitário da região, e destinar a água fornecida pela concessionária para atividades que de fato demandem a utilização de água potável.

## 1.3. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um projeto de abastecimento de água, que possibilite o abastecimento tanto pela concessionária quanto com água da chuva, para uma edificação residencial de 2 pavimentos, localizada no município de Macaé-RJ. O estudo visa auxiliar a gestão pública a promover o sistema de aproveitamento de água da chuva, como uma alternativa sustentável de abastecimento em edificações residenciais unifamiliares. Além disso, ao longo da elaboração do trabalho, buscou-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Estimativa do potencial de captação de água da chuva na região de estudo;
- Dimensionamento do sistema de captação de água da chuva para utilização em uma residência unifamiliar;
- Dimensionamento das instalações hidráulicas de água da chuva (não potável) de uma residência unifamiliar;
- Dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria (potável) de uma residência unifamiliar;
- Proporcionar um dimensionamento eficiente que atenda as vazões de funcionamento de cada aparelho sanitário;
- Elaboração dos croquis do projeto de água fria e de água da chuva;
- Análise da viabilidade econômica de implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva.

#### 1.4. METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Gil (2002), a pesquisa tem como objetivo buscar respostas aos problemas propostos. Gerhardt e Silveira (2009) descrevem a metodologia como: “(...) o corpo de regras e procedimentos estabelecidos para realizar uma pesquisa;” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 11). Desta forma, é possível inferir que, para executar uma pesquisa é necessário seguir uma metodologia.

Gerhardt e Silveira (2009) destacam que junto com a definição da metodologia de pesquisa, é preciso esclarecer sobre a natureza, o objetivo e a técnica de coleta e análise de dados dessa pesquisa. A presente pesquisa é de natureza aplicada, que conforme descrito por Gerhardt e Silveira (2009), tem como finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de um problema específico.

Quanto ao objetivo, a pesquisa trata-se de uma pesquisa exploratória, que segundo Gerhardt e Silveira (2009), busca uma abordagem do problema através do levantamento de informações. O propósito da pesquisa exploratória é proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2002).

Sobre a metodologia, é utilizado no presente trabalho o estudo de caso. Fleury *et al.* (2012) define a abordagem metodológica de estudo de caso como:

“(...) um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (casos). Essa análise possibilita amplo e detalhado conhecimento sobre o fenômeno, possibilitando, inclusive, a geração de teoria.”. (FLEURY *et al.*, 2012, p. 131)

Esta definição de estudo de caso é corroborada por Gil (2002), que ao descrever sobre metodologia, indica diferentes propósitos para ser utilizado em uma pesquisa, tais como: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; e descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação.

Em relação aos dados da presente pesquisa, serão coletados através de pesquisas bibliográfica, documental e eletrônica, conforme descritos por Gerhardt e Silveira (2009). A técnica para a análise destes dados coletados será a pesquisa quantitativa, pois terá como objetivo “organizar os dados de forma que fique possível o fornecimento de resposta para o problema proposto.”. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.81).

## 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado de modo que o primeiro capítulo consistisse em uma introdução ao tema estudado e da metodologia da pesquisa adotada, juntamente com a apresentação da justificativa e dos objetivos da pesquisa. O segundo capítulo foi dedicado à revisão bibliográfica acerca da situação hídrica no país e no município de Macaé-RJ, os benefícios em utilizar água da chuva para fins não potáveis e as abordagens das principais normas técnicas brasileiras, pertinentes ao projeto de sistemas de abastecimento de água fria e de aproveitamento de água da chuva.

No terceiro capítulo, foi apresentado o objeto de estudo e abordados os métodos utilizados para desenvolver o dimensionamento das instalações de água fria, o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva e do sistema de aproveitamento dessa água não potável, bem como da viabilidade econômica de implantação desse sistema.



O quarto capítulo apresenta os resultados dos cálculos realizados para o dimensionamento dos sistemas, e também os cálculos levantados para analisar a viabilidade econômica de implantar o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. Enquanto o quinto capítulo discute e analisa os principais resultados obtidos no quarto capítulo. Por fim, o sexto capítulo aborda as conclusões obtidas durante a pesquisa, as limitações da pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SITUAÇÃO HÍDRICA DO BRASIL E DO MUNDO

O abastecimento de água e o saneamento básico são recursos vitais e direitos humanos, cujos acessos são essenciais para a saúde, sustentabilidade ambiental e prosperidade econômica (Faculdade de Saúde Pública da USP, 2020). A importância desses recursos fez com que a Organização das Nações Unidas (ONU) estabelecesse, em 2015, na Agenda 2030, o objetivo de garantir o acesso universal à água potável e ao saneamento adequado, melhorar a qualidade e a eficiência do uso da água em todos os setores, bem como a conservação e restauração dos ecossistemas relacionados à água.

Para alcançar esses objetivos, a ONU estabeleceu metas específicas, incluindo a construção de infraestrutura para o abastecimento de água potável e saneamento básico, a promoção da gestão integrada dos recursos hídricos, o apoio à participação das comunidades locais na gestão da água e proteção de ecossistemas relacionados à água, como rios, lagos e aquíferos.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2005), estima-se que a maior parte da água disponível no mundo, cerca de 97,5%, é salgada e não pode ser utilizada para consumo humano ou para irrigação. Dos 2,5% de água doce remanescentes, 69% são encontrados em locais de difícil acesso, como geleiras, e 30% estariam armazenados em aquíferos subterrâneos, sendo apenas 1% da água doce concentrada nos rios.

Embora sejamos um país com riqueza de recursos hídricos, o Índice de Segurança Hídrica Urbano (ISH-U) demonstra que a maior parte da população urbana vive com segurança hídrica média (42%) ou baixa (26%) no abastecimento de água por fragilidades na produção ou na distribuição de água (ou em ambas). Reflete, assim, aspectos tanto de quantidade como de qualidade dos serviços, orientando o planejamento da oferta e do uso da água. (ANA, 2023)

Conforme levantamento realizado em 2019 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), estima-se que no Brasil sejam retirados anualmente, de fontes superficiais e subterrâneas, cerca de 93 trilhões de litros de água (Figura 1). Essa água é retirada para atender aos diversos setores que fazem o uso consuntivo da água, ou seja, quando “a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando diretamente ao corpo d'água.” (ANA, 2019, p. 09). As principais formas de consumo vão

desde o consumo direto pelos seres vivos, à utilização em atividades diversas como irrigação e indústria, ainda o consumo devido à evaporação (Figura 1).

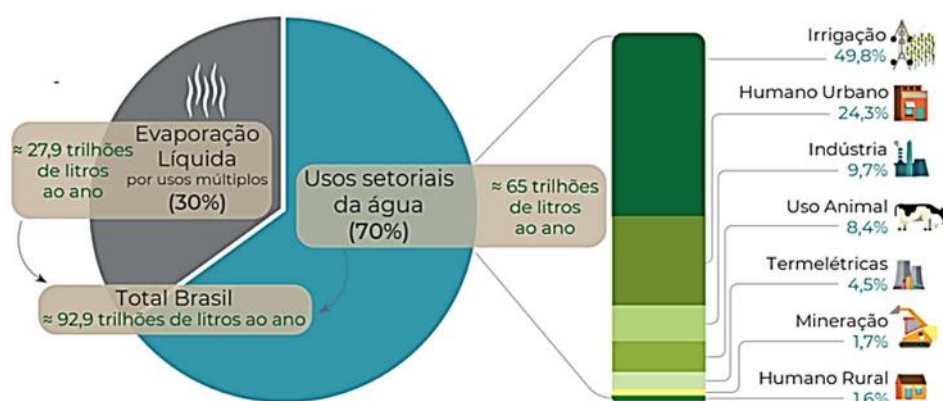


Figura 1 - Retirada de água no Brasil em 2019  
Fonte - ANA (2019)

A maior parte da água retirada é destinada a atividade de irrigação (50,2%), sendo o segundo maior uso destinado ao abastecimento urbano, equivalente a apenas 23,7% do total de água retirada (Figura 2), segundo dados disponibilizados no Painel de usos consuntivos da água no Brasil, coletados pela Agência Nacional de Águas em 2021.

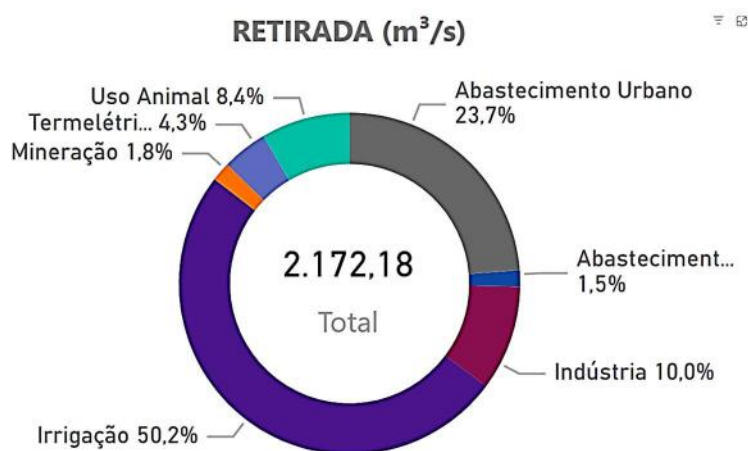


Figura 2 – Uso consuntivo da água no Brasil  
Fonte - ANA (2021)

### 2.1.1. Situação hídrica de Macaé

O município de Macaé, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, possui no total 246.391 mil habitantes (IBGE, 2022). De acordo com o IBGE, uma cidade que possui população entre 100.000 e 500.000 habitantes é denominada como cidade de médio porte (FRANÇA, 2007).

“Em geral, o consumo médio de água, compreendendo os serviços particulares, públicos e industriais, cresce com a importância do núcleo de

população e varia com o clima, o grau de civilização e os costumes locais” (MACINTYRE, 2010, p.10). O autor define que para uma cidade de médio porte, é previsto o dimensionamento da rede pública distribuidora na faixa de 100 a 200 L/habitante/dia.

De acordo com Macintyre (2010), ao se estimar o consumo em 200 L/hab./dia, é possível separar a distribuição para diversos usos. Além da estimativa, segundo Macintyre (2010), a distribuição de 200L/hab./dia pode ser dividida entre: uso doméstico (100 L/hab./dia); uso no local de trabalho (50 L/hab./dia); usos diversos (25 L/hab./dia) e perdas (25 L/hab./dia).

Por se tratar de uma cidade de médio porte, estima-se que para abastecer o município de Macaé sejam demandados em torno de 200 L/hab./dia. Sendo que, desta estimativa, é previsto o consumo de 100 L/hab./dia apenas para o uso doméstico.

A retirada de água para uso consuntivo no município de Macaé é destinada majoritariamente para o abastecimento urbano (74,4%), seguido pelo uso em termelétricas (14,6%) e para uso animal (6,8%), conforme dados de 2021 disponibilizados pela ANA (Figura 3).

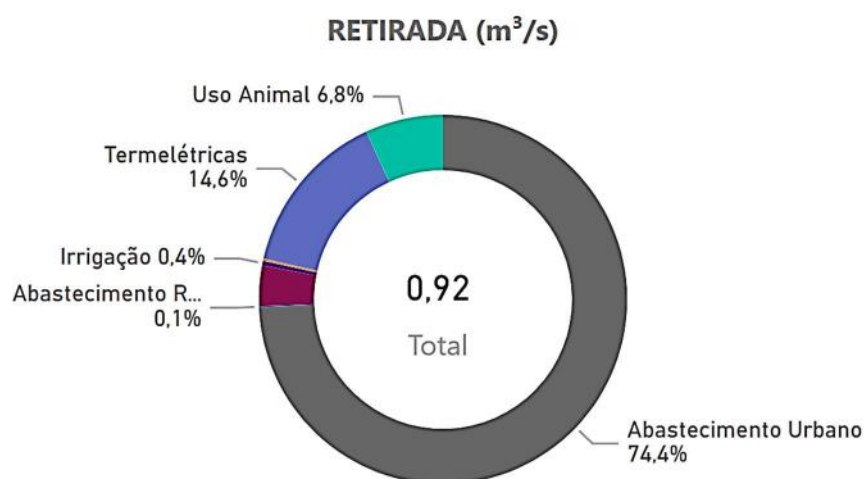


Figura 3 - Uso consuntivo da água em Macaé – RJ  
Fonte - ANA (2021)

Segundo dados da ANA (2020), a população do município de Macaé encontra-se com classificação média em relação à segurança hídrica do

abastecimento. A cidade possui uma alta eficiência da produção de águas, porém uma baixa eficiência da distribuição dessas águas (Figura 4). Dessa forma, os indicadores referentes a cobertura com rede de distribuição e de desempenho técnico da infraestrutura para gerenciamento de perdas são classificados como baixo.

A garantia da Segurança Hídrica no abastecimento urbano depende não apenas da realização de investimentos em infraestrutura (produção e distribuição de água), mas também de medidas de gestão, relacionadas aos recursos hídricos e à prestação dos serviços de saneamento. (ANA, 2021, p. 285)

A baixa eficiência da distribuição de água no município de Macaé conforme destacada na Figura 4, é uma situação que os habitantes da cidade convivem historicamente. Reportagens como de Costa (2014), Fontes (2019), Melo (2022) e Secom (2023), registram a falta de abastecimento de água e a insatisfação dos moradores na região de Macaé em diversos momentos ao longo dos anos.

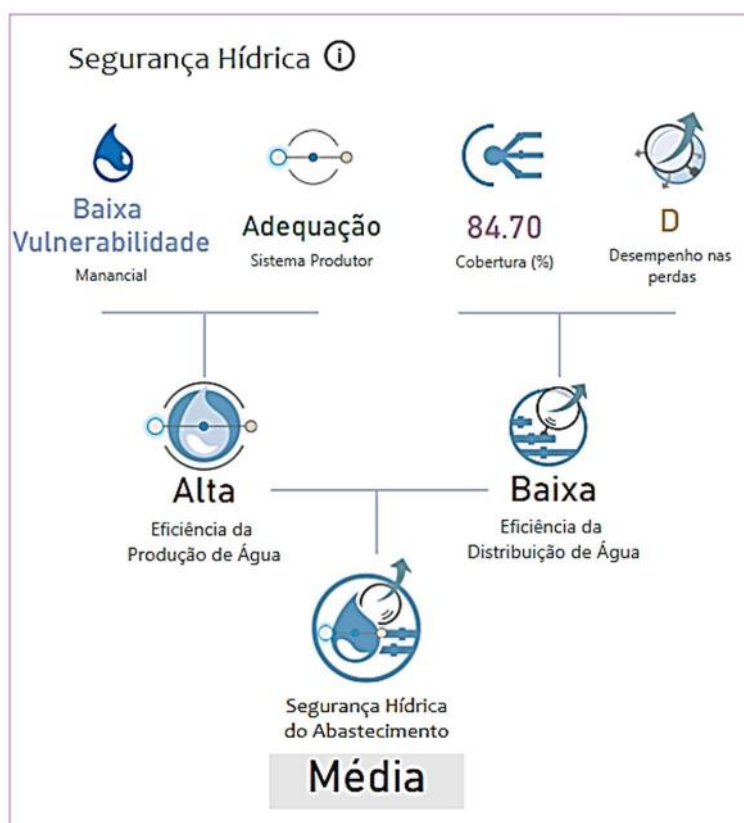


Figura 4 - Indicadores de Segurança Hídrica - Macaé RJ  
Fonte - ANA (2020).

O município de Macaé e diversas edificações que compõem a cidade já foram objetos de estudos de propostas de soluções para combater a baixa eficiência da distribuição de água na região (ANA, 2020). Campos (2019), disserta em seu trabalho sobre a viabilidade de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para o shopping center do município, enquanto Rangel (2016) analisou a possibilidade e capacidade de ser implementado um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no Polo Universitário da cidade.

## 2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Devido ao alto desperdício médio de água no Brasil, em torno de 35% (SILVA, 2012), aliado à baixa segurança hídrica no abastecimento de água (ANA, 2023), é possível encontrar diversos trabalhos e estudos voltados a projetos de aproveitamento da água da chuva em todo o território brasileiro. May (2004) busca em sua dissertação estudar um padrão para a viabilidade econômica da utilização de um sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações.

O Brasil é um país com vasta área territorial, 8.510.418 Km<sup>2</sup> segundo o último censo realizado pelo IBGE (2022), e isto impacta em diferentes características climáticas e de relevo para cada região brasileira. Essa extensão territorial gera a necessidade de projetos de captação e de aproveitamento da água da chuva adaptados especificamente para cada região. Veloso e Mendes (2014) executaram um estudo sobre o aproveitamento da água da chuva nas Ilhas de Belém/PA, Barbosa *et al.* (2017) e Silva, Costa e Teixeira (2019) fizeram em seus respectivos trabalhos projetos de aproveitamento da água de chuva na região de Belo Horizonte/MG, já Silva *et al.* (2021) focam sua pesquisa de captação e aproveitamento da água da chuva em Curitiba/PR.

Além da baixa qualidade de distribuição de água nas cidades do Brasil, a tendência de aumento da demanda de água para abastecer a população e a degradação do recurso hídrico devido à poluição, contribuem para que o recurso se torne cada vez mais escasso. O aproveitamento de água da chuva pode ser uma alternativa viável para suprir parte da demanda, principalmente quando pensada desde a fase de projeto da edificação, podendo ser elaborada em conjunto com o sistema de água potável. A água da chuva recolhida utilizando

as estruturas existentes tem pouco impacto negativo no ambiente em comparação com outras tecnologias para o desenvolvimento dos recursos hídricos. (JUNIOR, 2022, p. 15438).

A maior desvantagem da adoção desse tipo de sistema de reaproveitamento é referente ao aumento dos custos de construção para instalar o sistema, visto que são necessárias tubulações que alimentam os aparelhos da edificação e reservatórios de armazenamento da água. Entretanto, segundo Júnior (2022), o retorno do investimento para a implementação do sistema de captação é em média dois anos e meio. Além disso, parte da estrutura de captação de água da chuva, como telhado, calhas e condutores verticais e horizontais, já existe normalmente em projeto de uma edificação, o que reduz os custos de implantação do sistema e viabiliza sua implantação em edificações residenciais.

### 2.3. PROJETOS DE SISTEMAS DE ÁGUA FRIA

A respeito do dimensionamento do sistema de água fria, têm-se a norma ABNT NBR 5626 (2020) como a principal diretriz a ser adotada. A norma passou em 2020 por uma atualização, porém, muitas bibliografias ainda se baseiam na versão de 1998 da norma.

Segundo a NBR 5626 (2020), o termo “água fria” se refere a “água potável à temperatura do ambiente”, sendo água potável a “água que atende ao padrão de potabilidade determinado por legislação vigente” (ABNT, 2020, p.02). Ainda segundo a norma o sistema predial de água fria é constituído pelo “conjunto de tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes destinados a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização, mantendo o padrão de potabilidade” (ABNT, 2020, p.08).

A norma NBR 5626 (2020) estabelece diretrizes fundamentais que devem ser prezadas na elaboração de um sistema predial de água fria. Dentre elas, o projeto deve ser realizado por profissional habilitado, de forma que preserve a potabilidade da água potável; promova o fornecimento contínuo de água para a edificação, nas pressões, quantidades e vazões adequadas ao funcionamento correto dos aparelhos sanitários; evitando ruídos incômodos aos habitantes da

edificação e proporcionando a localização de peças adequadas à sua utilização e operação.

Para um projeto eficiente de abastecimento de água em uma edificação em conformidade com a NBR 5626 (2020), devem ser previamente analisadas algumas características relevantes. Entre elas, destacam-se as características do consumo predial, tais como volumes, vazões máximas e médias, e perfil de consumo estimado, dentre outras informações pertinentes. Além disso, deve-se considerar as características da oferta de água, como a disponibilidade de vazão, faixa de variação das pressões, constância do abastecimento, características da água, entre outras variáveis que podem influenciar o sistema.

Também deve-se levar em conta os valores estimados do indicador de consumo em função da tipologia do edifício e as necessidades mínimas de reserva. Realizado o levantamento dessas informações, é possível desenvolver um projeto de abastecimento de água que atenda às necessidades do edifício de forma segura e eficiente.

#### 2.4. PROJETOS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

As principais normas que orientam os projetos de captação e aproveitamento de água da chuva são: a NBR 15527 (2019), que especifica os requisitos para aproveitamento de água da chuva precipitada em coberturas, desde que utilizadas para fins não potáveis; e a NBR 10.844 (1989) que especifica os requisitos para dimensionamento das instalações prediais de águas pluviais, sendo mais voltada para os cálculos do sistema. Além disso, NBR 15527 (2019) especifica que o projeto do sistema de coleta de água de chuva deve estar em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 5626 (2020), referente ao sistema de água fria.

Apesar da ABNT 15527 (2019) abordar apenas a captação de água da chuva em coberturas e telhados, Bezerra (2010, p. 223) ressalta que “ em alguns casos a água de chuva pode também ser coletada de outras áreas, incluindo pisos impermeáveis.” Para o caso de captação da água precipitada sobre telhados e coberturas, a NBR 15527 (2019) determina que a área de captação



seja livre de possíveis fontes de contaminação, como a circulação de pessoas, veículos e animais.

A água da chuva captada pela cobertura e telhado é caracterizada como uma água não potável, pois “não atende à legislação vigente para consumo humano” (ABNT, 2020, p.01). A norma NBR 5626 (2020, p.13) destaca que “o sistema predial de água não potável, quando existir, deve ser totalmente independente daquele destinado ao uso da água potável. É vedada qualquer possibilidade de conexão cruzada entre ambos.” A norma NBR 15527 (2019) define como usos não potáveis:

- Sistemas de resfriamento de água;
- Descarga de bacias sanitárias e mictórios;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de pisos;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental;
- Irrigação para fins paisagísticos.

A norma NBR 15527 (2019) destaca que no estudo realizado para a concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva, é necessário realizar uma caracterização geral do local de estudo “e demais informações como precipitação pluviométrica, área de captação, volume de reservatório, (...) demanda a ser atendida e percentual de atendimento estimado desta demanda” (ABNT, 2019, p.03). Além disso é recomendável a realização de análise de viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva a ser implantado.

### 3. MÉTODO

A fim de identificar os métodos adequados de dimensionamento de cada sistema, realizou-se uma revisão bibliográfica dos principais autores e normas técnicas brasileiras relacionadas ao sistema de água fria e de águas pluviais, bem como de demais estudos pertinentes à temática. Posteriormente, aplicou-se os métodos selecionados para o dimensionamento de cada sistema.

#### 3.1. OBJETO DE ESTUDO

Para o estudo de caso foi escolhido um terreno fictício localizado no bairro residencial Lagoa, em Macaé – RJ (Figura 5). O bairro está localizado na Zona Residencial 3 (ZR-3), conforme zoneamento estabelecido na Lei complementar Nº 226/2013 do município de Macaé -RJ.

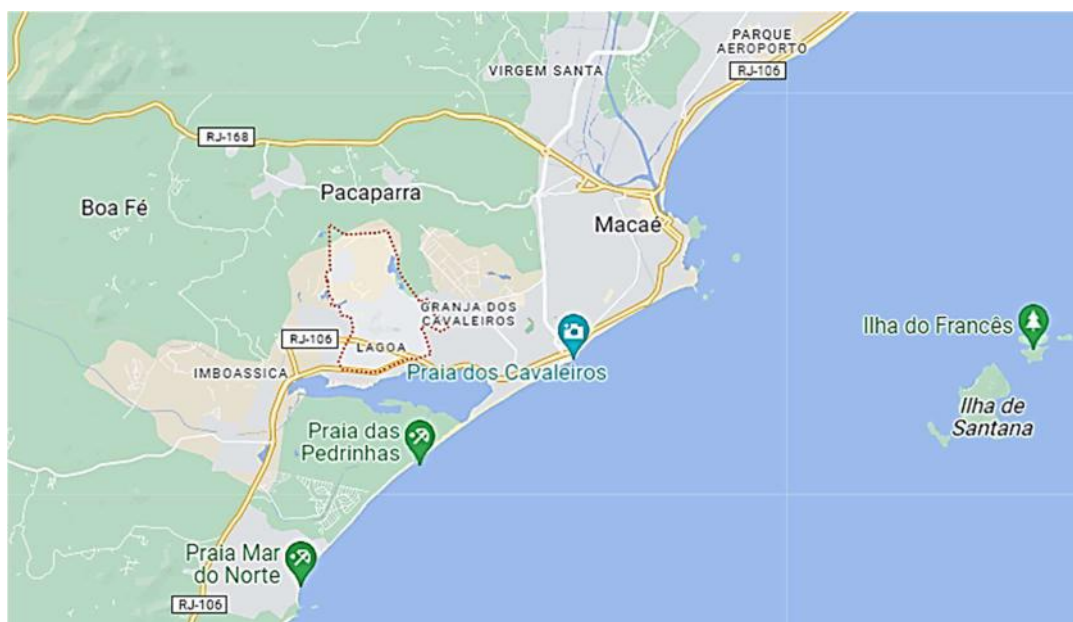


Figura 5 - Localização do bairro Lagoa (Macaé, RJ).  
Fonte - Google Maps (2023).

Em visita à sede da concessionária de água potável que atende ao município, foi informado que o município é dividido em rotas de abastecimento, e a programação de fornecimento de água é realizada conforme essa roteirização. O bairro escolhido para o estudo de caso é abastecido conforme programação da rota, no qual é previsto um dia de abastecimento para três dias sem abastecimento. Não foram fornecidos pela concessionária documento que demonstre como é feita a divisão do município por rotas, nem o cronograma de dias de abastecimento de cada rota.

O terreno retangular possui 15,00 m de largura (frente) e 20,70 m de comprimento (lateral), resultando em uma área aproximada de 310,50 m<sup>2</sup> e 71,40 m de perímetro. O terreno foi dimensionado conforme estabelece a Lei complementar 226 (MACAÉ (RJ), 2013), de modo que sua área total fosse superior a 200 m<sup>2</sup>, área mínima de um lote na ZR-3.

No terreno foi projetada a construção de uma edificação residencial unifamiliar. A edificação possui no pavimento inferior (Figura 6) uma sala, uma cozinha, uma área de serviço, uma área gourmet, dois lavabos e uma garagem para dois veículos.

No pavimento superior (Figura 7) a edificação possui três quartos, dois banheiros, um escritório e duas varandas. A área total coberta por telhado é de aproximadamente 130,40 m<sup>2</sup> (Figura 8). Além disso, o projeto conta na área externa com uma piscina de dimensão 3,00 x 4,00 x 1,5 m e um jardim gramado de 186,34 m<sup>2</sup>.

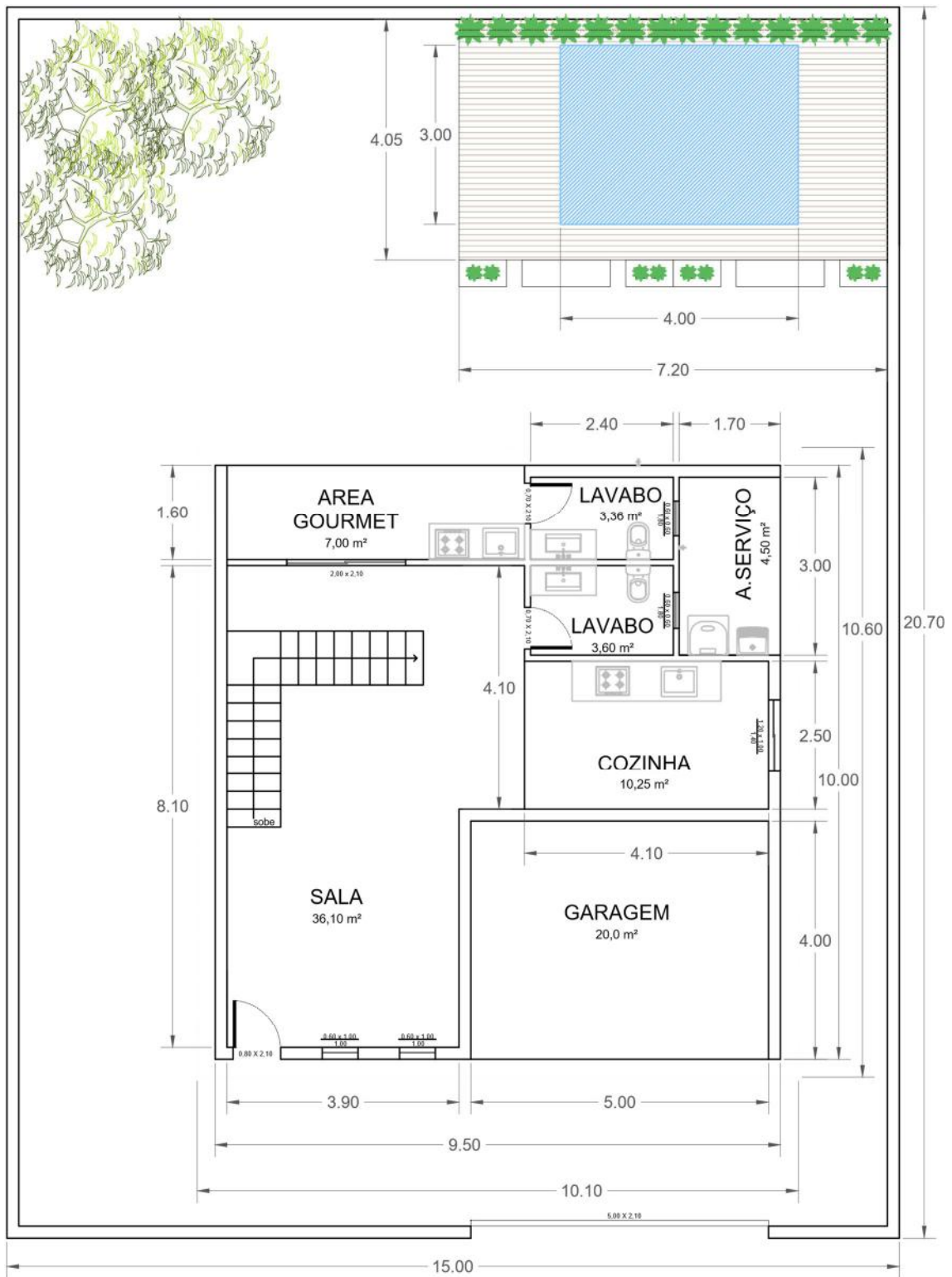


Figura 6 – Planta baixa da edificação – Pavimento térreo  
 Fonte – Próprio autor (2023).

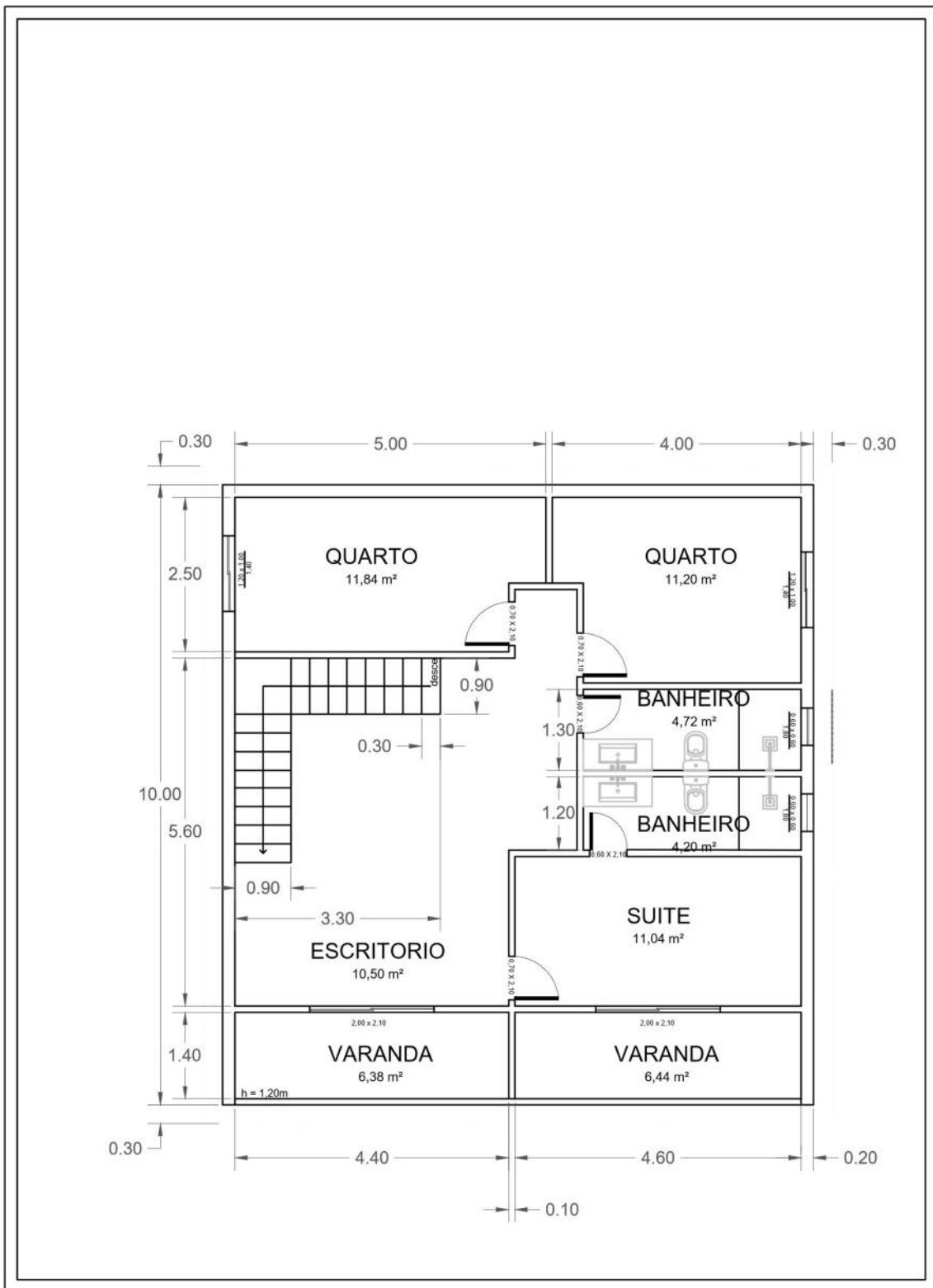


Figura 7 – Planta baixa da edificação – Pavimento superior  
 Fonte – Próprio autor (2023).

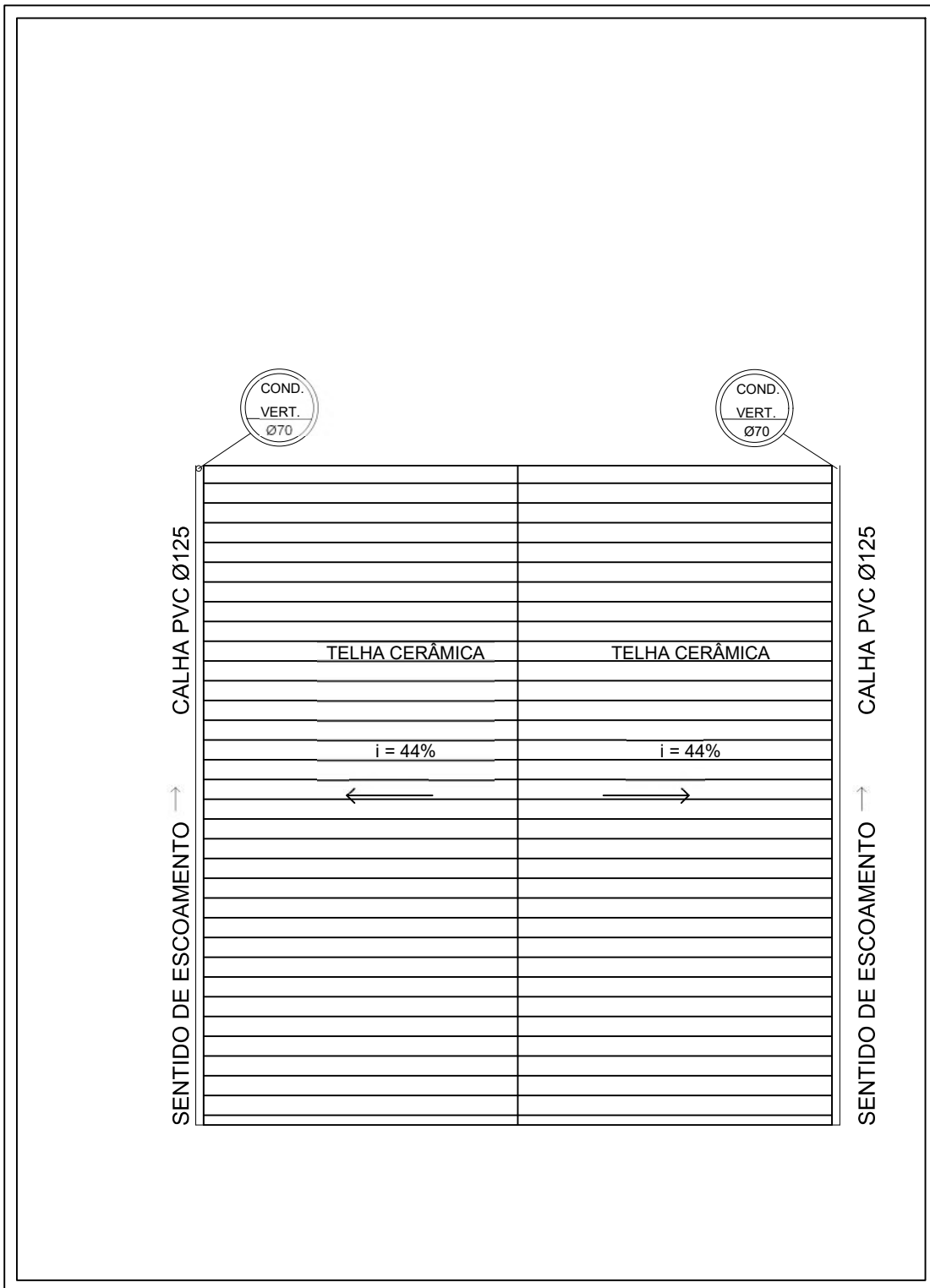


Figura 8 – Planta de cobertura da edificação  
 Fonte – Próprio autor (2023).

### 3.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA FRIA

A entrada e fornecimento de água fria no bairro é realizada por meio de uma rede pública de distribuição. O ramal predial e a instalação predial são os mecanismos de conexão da rede de distribuição à edificação (Figura 9).

Para o estudo de caso, adotou-se o sistema de abastecimento indireto com bombeamento para a rede predial (Figura 10), devido a frequência de abastecimento do bairro não ser diária, o que gera a necessidade de armazenar a água potável fornecida pela concessionária nos dias de abastecimento.

Nesse caso, a água da rede pública será armazenada primeiramente em um reservatório inferior e, posteriormente, bombeada para um reservatório superior. A partir do reservatório superior, a água é distribuída por gravidade para a edificação por meio de ramais e sub-ramais. A medição do consumo individualizado de água da edificação é realizada por meio de um hidrômetro localizado na entrada do lote.

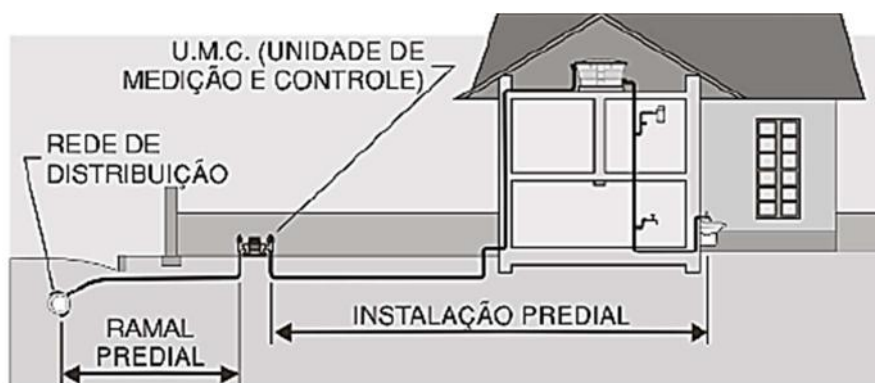


Figura 9 - Sistema de distribuição externa  
Fonte - Tigre (2016)

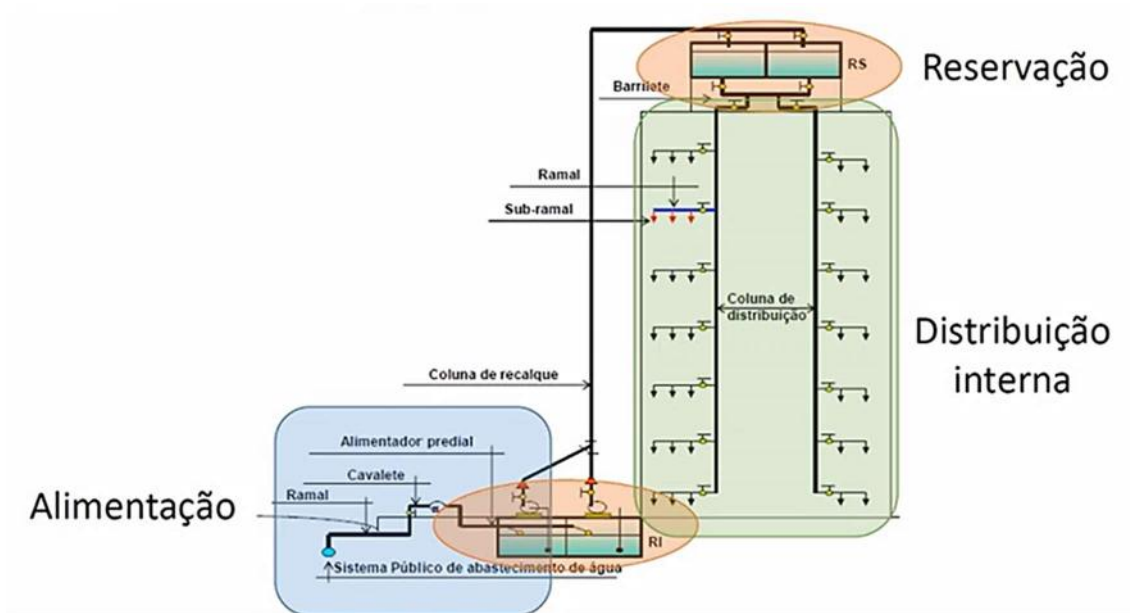


Figura 10 - Sistema de abastecimento indireto com bombeamento.  
 Fonte – Lima (2020)

O sistema de tubulações que compõem a distribuição interna da edificação é dividido em: barrilete (tubulação da qual derivam as colunas de distribuição), colunas de distribuição (tubulação destinada a alimentar ramais), ramais (tubulação derivada da coluna de distribuição ou diretamente de barrilete, destinada a alimentar sub-ramais) e sub-ramais (tubulação que liga o ramal ao ponto de utilização), conforme ilustrado na Figura 11.

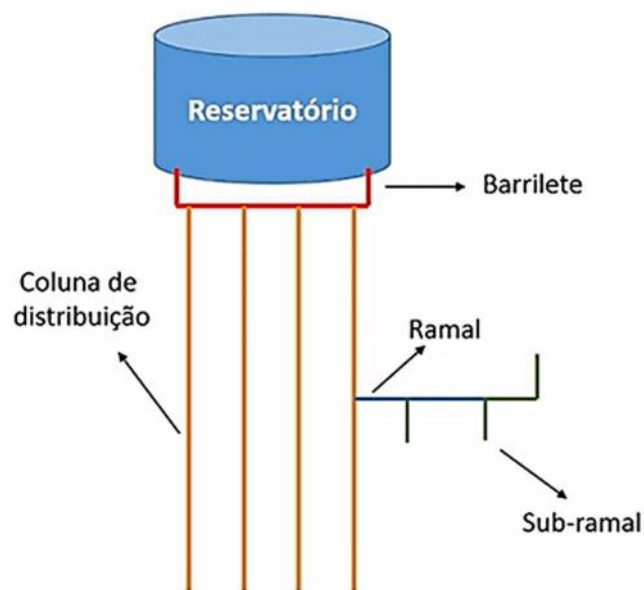


Figura 11 - Sistema de distribuição interna  
 Fonte - Lima (2020)



### 3.2.1. Consumo diário (CD)

O consumo diário (CD) estimado para a edificação está relacionado a finalidade da edificação, ou seja, se é comercial, industrial, residencial ou outro tipo, visto que cada tipo demanda suas próprias peculiaridades de consumo. O CD é estimado com base no número de ocupantes da edificação (população) e o consumo por ocupante (CP). Podemos estimar o CD pela Equação 1.

$$CD = \text{população} \times CP \quad (1)$$

Macintyre (2010) indica que a população que habita a edificação seja estimada com base na Tabela 1, que fornece a taxa de ocupação de acordo com a natureza do local. Em seguida, é possível estimar o consumo diário de água de cada ocupante com base na Tabela 2 - Estimativa do consumo diário de água.

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.

Natureza do local	Taxa de ocupação
Prédios de apartamentos	Duas pessoas por dormitórios e 200 a 250 l/pessoa/dia
Prédios de escritórios de	
– uma só entidade locadora	Uma pessoa por 7 m <sup>2</sup> de área
– mais de uma entidade locadora	Uma pessoa por 5 m <sup>2</sup> de área
– segundo o Código de Obras do RJ	6 litros por m <sup>2</sup> de área útil
Restaurantes	Uma pessoa por 1,5 m <sup>2</sup> de área
Teatros e cinemas	Uma cadeira para cada 0,70 m <sup>2</sup> de área
Lojas (pavimento térreo)	Uma pessoa por 2,5 m <sup>2</sup> de área
Lojas (pavimentos superiores)	Uma pessoa por 5,0 m <sup>2</sup> de área
Supermercados	Uma pessoa por 2,5 m <sup>2</sup> de área
Shopping centers	Uma pessoa por 5,0 m <sup>2</sup> de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 5,5 m <sup>2</sup> de área
Museus	Uma pessoa por 5,5 m <sup>2</sup> de área

Fonte - Macintyre (2010).

Tabela 2 - Estimativa do consumo diário de água.

Tipo do prédio	Unidade	Consumo l/dia
<b>1. Serviço doméstico</b>		
Apartamentos	<i>per capita</i>	200
Apartamentos de luxo	por dormitório	300 a 400
	por quarto de empregada	200
Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
<b>Residência de médio valor</b>	<i>per capita</i>	<b>150</b>
Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
Alojamentos provisórios de obra	<i>per capita</i>	80
Apartamento de zelador		600 a 1.000
<b>2. Serviço público</b>		
Edifícios de escritórios	por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	<i>per capita</i>	150
Escolas, externatos	por aluno	50
Escolas, semi-internato	por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	por leito	250
Hotéis com coz. e lavanderia	por hóspede	250 a 350
Hotéis sem coz. e lavanderia	por hóspede	120
Lavanderias	por kg de roupa seca	30

Fonte – Adaptado de Macintyre (2010).

### 3.2.2. Número mínimo de aparelhos sanitários

O número mínimo de aparelhos sanitários de uma residência, deve ser dimensionado de modo que atenda adequadamente a quantidade de ocupantes da edificação. Segundo Macintyre (2010), a determinação da quantidade de aparelhos previstos para a edificação interessa tanto ao projeto de instalações quanto ao projeto arquitetônico da edificação. Macintyre (2010) sugere a utilização da Tabela 3 para determinar o número mínimo de aparelhos sanitários. É recomendável adotar no mínimo para cada residência 1 lavatório, 1 chuveiro + 1 chuveiro para serviço e 1 vaso sanitário + 1 vaso sanitário para serviço.

Tabela 3 - Determinação do número mínimo de aparelhos sanitários.

Tipo de edifício ou ocupação	Lavatórios		Banheiras ou chuveiros	Bebedouros instalados fora dos compartimentos sanitários	Vasos sanitários		Mictórios	
	Número de pessoas	Número de aparelhos			Número de pessoas	Número de aparelhos		
Residência ou apartamentos	1 para cada residência ou apartamento		1 para cada residência ou apartamento e chuveiro para serviço	—	1 para cada residência ou apartamento e um para serviço		—	
Escolas primárias	1 para cada 60 pessoas		1 para cada 20 alunos (caso haja Educação Física)	1 para cada 75 alunos	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 25		1 para cada 30 meninos	
Escolas secundárias	1 para cada 100 pessoas				Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 45			
Escritórios ou edifícios públicos	Número de pessoas	Número de aparelhos	—	1 para cada 75 pessoas	Número de pessoas	Número de aparelhos	Quando há mictórios, instalar 1 vaso sanitário para cada mictório, contanto que o número de vasos não seja reduzido a menos de 2/3 do especificado	
	1-15	1			1-15	1		
	16-35	2			16-35	2		
	36-60	3			36-55	3		
	61-90	4			56-80	4		
	91-125	5			81-110	5		
					111-150	6		
	Acima de 125, adicionar 1 aparelho para cada 45 pessoas a mais				Acima de 150, adicionar 1 aparelho para cada 40 pessoas a mais.			
Estabelecimentos industriais	Número de pessoas	Número de aparelhos	1 chuveiro para cada 15 pessoas dedicadas a atividades contínuas ou expostas a calor excessivo ou contaminação da pele com substâncias venenosas, infecciosas ou irritantes	1 para cada 75 pessoas	Número de pessoas	Número de aparelhos	Mesma especificação feita para os escritórios ou 1 para cada 50 operários	
	1-100	1 para cada 10 pessoas				1-9		1
						10-24		2
						25-49		3
						50-74		4
				75-100	5			
	Mais de 100	1 para cada 15 pessoas			Acima de 100, adicionar 1 aparelho para cada 30 empregados			

Fonte – Adaptado de Macintyre (2010)

### 3.2.3. Ramal de abastecimento

O abastecimento de água fria nas edificações ocorre a partir do ramal de abastecimento, que compreende o ramal predial e o alimentador predial (Figura 12). O ramal predial engloba os equipamentos hidráulicos que vão desde o encanamento distribuidor da rede pública, localizado na parte externa do lote, até o registro de pressão, após o hidrômetro, localizado na parte interna do lote. Já o alimentador predial são os equipamentos que vão do registro de pressão até a entrada do reservatório, que pode ser o inferior ou o superior.

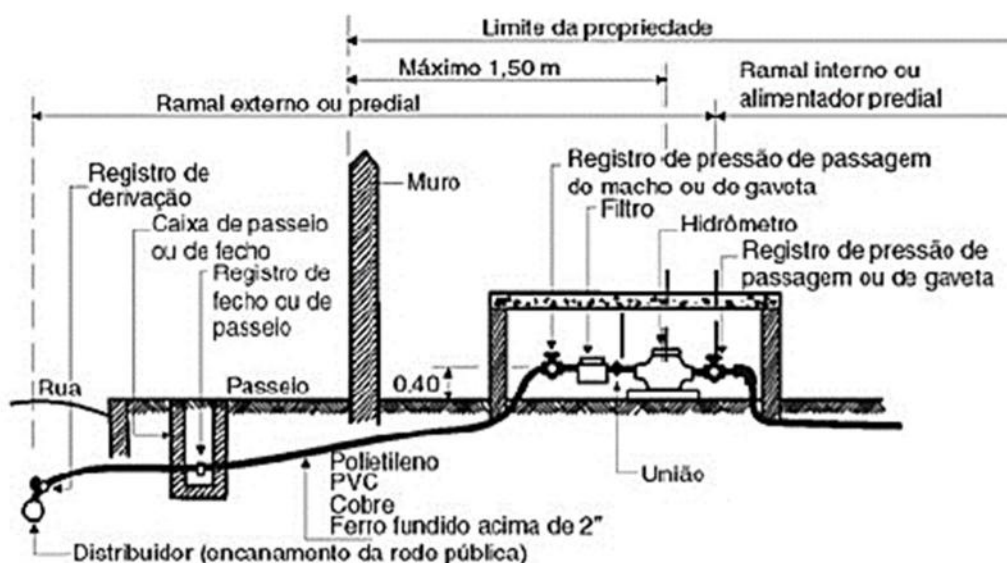


Figura 12 - Ramal de abastecimento: Ramal predial + alimentador predial  
Fonte - Macintyre (2010)

O diâmetro mínimo da tubulação do ramal de abastecimento é dimensionado pelo Ábaco de Fair Whipple – Hsiao (Anexo A), no qual obtém-se o diâmetro nominal (DN) da tubulação de cobre e PVC, a partir da vazão mínima ( $Q_{min}$ ) e da velocidade no ramal predial ( $v$ ). O diâmetro nominal (DN) representa “número que serve para classificar, em dimensões, os elementos de tubulações” (ABNT, 2020, p.03). O DN não representa o diâmetro exato da peça, que será representado pelo diâmetro externo (DE) (Figura13).

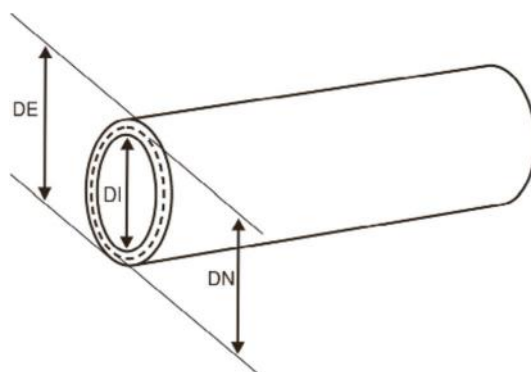


Figura 13 – Representação do DN e DE na tubulação de PVC  
Fonte - Tigre (2016)

Para o dimensionamento das tubulações de água fria e água da chuva utiliza-se o DN, porém é comum o manual do fabricante da tubulação especificar o diâmetro pelo DE. A Tabela 4 traz a relação entre DN e DE para tubulação PVC marrom soldável e roscável.

Tabela 4 – Tabela de diâmetros de tubo PVC marrom – relação entre DN e DE.

Tabela de Diâmetros de Tubo PVC Marrom – Polegadas x Milímetros (mm)			
Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro Nominal (Polegada)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura mínima (mm)
15	1/2	20	1,5
20	3/4	25	1,7
25	1	32	2,1
32	1 1/4	40	2,4
40	1 1/2	50	3
50	2	60	3,3
60	2 1/2	75	4,2
75	3	85	4,7
100	4	110	6,1

Fonte - Agroclique (2020)

Para sistemas de distribuição indiretos que utilizam reservatórios, segundo Macintyre (2010), para efeito de cálculo pode-se admitir que o abastecimento da rede ocorrerá de forma contínua. O reservatório será abastecido a uma vazão constante, suficiente para atender a 24 horas do consumo diário dimensionado para a edificação.

A vazão mínima ( $Q_{min}$ ) em litros por segundo, é obtida a partir da Equação 2, que representa a taxa do consumo diário (CD) estimado por segundo (sendo 86400 o número de segundos em 24 horas). Para a velocidade adota-se um valor entre 0,6 m/s e 1,0 m/s.

$$Q_{min} = CD/86400s \quad (2)$$

Para o dimensionamento das tubulações do alimentador predial, adota-se o mesmo valor dimensionado para as tubulações do ramal predial. A partir do diâmetro do ramal predial, é possível dimensionar as dimensões do abrigo do cavalete, o diâmetro do cavalete e a vazão do hidrômetro, a partir da Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensões do ramal e do cavalete.

Ramal predial diâmetro D (mm)	Hidrômetro		Cavalete diâmetro D (mm)	Abrigo/dimensões: altura, largura e profundidade (m)
	Consumo provável (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão característica (m <sup>3</sup> /hora)		
20	5	3	20	0,85 x 0,65 x 0,30
25	8	5	25	0,85 x 0,65 x 0,30
25	16	10	32	0,85 x 0,65 x 0,30
25	30	20	40	0,85 x 0,65 x 0,30
50	50	30	50	2,00 x 0,90 x 0,40

Fonte - Carvalho Junior (2013)

#### 3.2.4. Reservatório de água fria

Os reservatórios de água fria podem ser de dois tipos: reservatório inferior e reservatório superior. Neste projeto, adotou-se o sistema de abastecimento indireto com bombeamento, com os dois tipos de reservatório, de modo que a água fornecida pela concessionária seja armazenada no reservatório inferior e posteriormente bombeada para o reservatório superior, do qual será distribuída para a edificação.

O reservatório superior (Figura 14) deve ser projetado sobre uma base, “preferencialmente de concreto, deve ter a superfície plana, rígida e nivelada sem a presença de pedriscos pontiagudos capazes de danificar a caixa” (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p.48). Carvalho Júnior (2013) recomenda projetar o reservatório superior a uma altura mínima de 60 cm do nível do piso, e um espaço mínimo em torno da caixa de 60 cm, de modo que permita manutenção

no reservatório. A altura do reservatório superior deverá ser capaz de fornecer a pressão adequada às peças sanitárias.

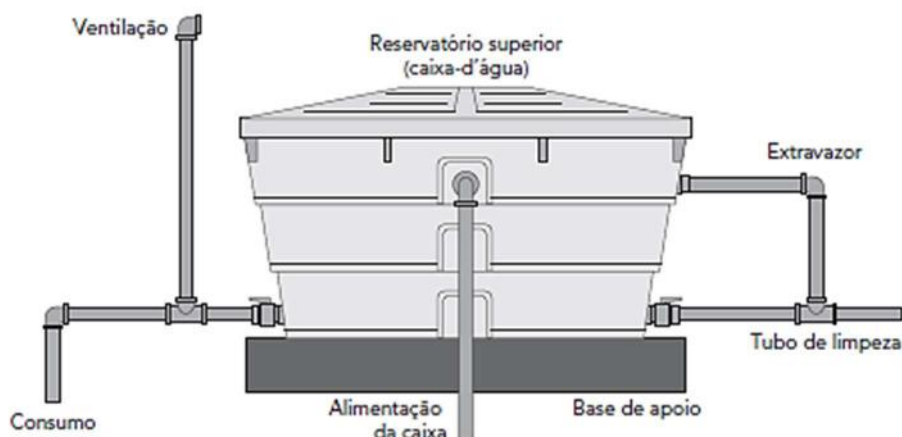


Figura 14 - Reservatório superior industrializado  
Fonte - Carvalho Junior (2013)

A localização do reservatório em planta também interfere na pressão da água que chega aos aparelhos sanitários, devido ao percurso das tubulações e as conexões necessárias gerarem perda de carga. Dessa forma ao projetar o sistema de distribuição predial de água fria, “o reservatório deve ser localizado o mais próximo possível dos pontos de consumo, para que não ocorra perda de cargas exagerada nas canalizações, o que acarretaria uma diminuição da pressão nos pontos de utilização.” (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p.50).

O tópico 6.5.6 da norma NBR 5626 (2020), que discorre quanto à forma e à capacidade de reservatórios de água fria potável, recomenda que o volume de água reservada seja suficiente para atender 24 horas de consumo. Além disso, “o volume total de água potável armazenada no reservatório deve ser limitado a um valor que assegure a sua potabilidade dentro do período de detenção médio” (ABNT, 2020, p.15). Deve-se limitar o volume total dessa reserva ao suficiente para três dias de consumo diário da edificação, quando não for possível determinar o volume máximo permissível. Portanto, considera-se como consumo total (CT) a quantidade de água suficiente para abastecer a residência por um período sem abastecimento de no mínimo 1 dia e máximo de 3 dias (Equação 3).

$$CT = CD \times \text{período sem abastecimento} \quad (3)$$

A norma NBR 5626 (2020) recomenda que o reservatório inferior ( $R_i$ ) tenha capacidade de armazenamento de 3/5 (ou 60%) do consumo total da residência (Equação 4), enquanto o reservatório superior ( $R_s$ ) deve comportar os outros 2/5 (ou 40%) do consumo total (Equação 5).

$$R_i = 0,6 CT \quad (4)$$

$$R_s = 0,4 CT \quad (5)$$

### 3.2.5. Sistema de distribuição de água fria

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020, p.07) o sistema de distribuição é composto pelo “conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização”. Além disso, recomenda-se que o sistema de distribuição seja setorizado, permitindo a operação e a manutenção independente para diferentes pavimentos. As tubulações devem ser dimensionadas de modo a limitar a velocidade de escoamento a valores que evitem golpes de aríete com intensidades prejudiciais aos componentes.

O manual técnico da Tigre (2016) explica que o golpe de aríete ocorre quando a água, que está passando pela tubulação com alta velocidade, é bruscamente interrompida, geralmente pelo fechamento rápido de uma válvula de descarga ou de um registro de fechamento rápido. A ação provoca golpes de grande força (elevações de pressão), causando violento impacto sobre a válvula e demais equipamentos, além de vibrações e fortes pressões na tubulação.

#### 3.2.5.1. Sub-ramais e ramais de abastecimento

O dimensionamento dos sub-ramais, ou seja, da tubulação que liga o ramal ao aparelho sanitário, é determinado conforme o diâmetro mínimo que atende cada peça de utilização, o qual possui um valor correspondente de vazão máxima suportada, conforme Tabela 6 e Tabela 7. O diâmetro dimensionado para o sub-ramal deverá atender a vazão necessária para o aparelho que ele alimenta.



Tabela 6 - Diâmetros mínimos dos sub-ramais por peça de utilização

Peças de utilização	Diâmetro nominal	
	DN (diâmetro nominal)	(Referência)
	(mm)	(pol.)
Aquecedor de baixa pressão	20	3/4
Aquecedor de alta pressão	15	1/2
Bacia sanitária com caixa de descarga	15	1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 20 mm (3/4)	32	1 1/4
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 25 mm (1)	32	1 1/4
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32 mm (1 1/4)	40	1 1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 38 mm (1 1/2)	40	1 1/2
Banheira	15-20	1/2-3/4
Bebedouro	15	1/2
Bidê	15	1/2
Chuveiro	20	3/4
Filtro de pressão	15	1/2
Lavatório	15	1/2
Máquina de lavar pratos	20	3/4
Máquina de lavar roupa	20	3/4
Mictório de descarga contínua por metro ou por aparelho	15	1/2
Mictório autoaspirante	20	3/4
Pia de cozinha	20	3/4
Pia de despejo	20	3/4
Tanque de lavar roupa	20	3/4

Fonte - Macintyre (2010)

Tabela 7 - Vazões máximas dos diâmetros nominais dos sub-ramais

Diâmetro nominal		Velocidade máxima	Vazão máxima
DN	(Ref.)		
(mm)	(pol.)	(m/s)	(l/s)
15	(1/2)	1,60	0,20
20	(3/4)	1,95	0,6
25	(1)	2,25	1,2
32	(1 1/4)	2,50	2,5
40	(1 1/2)	2,50	4,0
50	(2)	2,50	5,7
60	(2 1/2)	2,50	8,9
75	(3)	2,50	12,0
100	(4)	2,50	18,0
125	(5)	2,50	31,0
150	(6)	2,50	40,0

Fonte - Macintyre (2010)

Dentre os métodos de dimensionamento dos ramais, optou-se por utilizar nesse trabalho o método do máximo consumo provável, o qual considera “pouco provável o funcionamento simultâneo dos aparelhos de um mesmo ramal (...) e na probabilidade de o funcionamento simultâneo diminuir com o aumento de números de aparelhos” (MACINTYRE, 2010, p.48). A adoção desse método é

pertinente visto que a edificação projetada não demanda horários rigorosos para o consumo da água, e conseqüentemente favorece a otimização do sistema de distribuição de água fria.

A NBR 5626 (1998) traz a tabela de peso equivalente a cada tipo de peça de utilização (Tabela 8). Dessa forma, para o cálculo da vazão provável (vazão estimada na seção considerada), realiza-se o somatório dos pesos de todas as peças alimentadas pela tubulação que está sendo dimensionada, em seguida aplica-se a Equação 6. Com a vazão provável é possível determinar o diâmetro dos ramais a partir do ábaco de diâmetros nominais (Anexo B), de forma que o DN mínimo de 20 mm (equivalente ao DE 25 mm) seja respeitado.

$$Q_{prov} = 0,30 * (\sum P)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Tabela 8 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
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 (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte – Adaptado de ABNT NBR 5626 (1998)

### 3.2.5.2. Barrilete e colunas de distribuição

O barrilete é definido pela NBR 5626 (2020) como a “tubulação da qual derivam as colunas de distribuição”, por sua vez a coluna é definida como “tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais”. De acordo com Macintyre (2010), o barrilete é adotado como solução para limitar a quantidade de encanamentos ligados diretamente ao reservatório.

O barrilete pode ser do tipo concentrado (Figura 15) ou ramificado (Figura 16). Segundo Carvalho Júnior (2013), adotar o barrilete ramificado é uma medida mais econômica, além de possibilitar “uma quantidade menor de tubulações junto ao reservatório, os registros são mais espaçados e colocados antes do início das colunas de distribuição.” (CARVALHO JUNIOR, 2013, p 52).

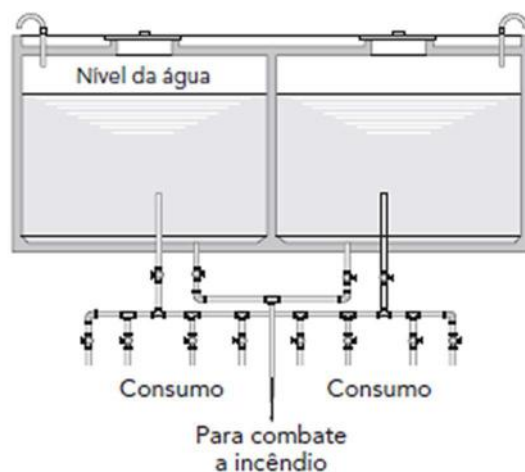


Figura 15 – Barrilete concentrado  
Fonte - Carvalho Junior (2013)

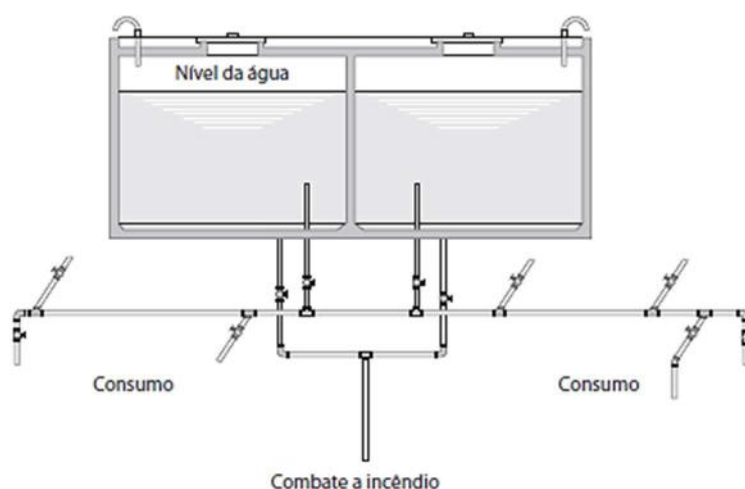


Figura 16 – Barrilete ramificado  
Fonte - Carvalho Junior (2013)

O dimensionamento do barrilete será realizado através do método de Hunter, no qual fixa-se a perda de carga em 8% e calcula-se a vazão total que passa no barrilete. A vazão que passa no barrilete será a soma das vazões necessárias para cada coluna, calculadas a partir do Método do Máximo Consumo Provável, no qual são considerados os aparelhos sanitários que serão alimentados pela coluna, com seus respectivos pesos. A vazão na coluna se dá pela Equação 6. Calculada a vazão do barrilete ( $Q_b$ ) e conhecendo a perda de carga ( $J$ ) obtém-se o diâmetro da tubulação do barrilete pelo ábaco de Fair Whipple-Hsiao (Anexo A).

Alguns pontos importantes devem ser considerados no dimensionamento das colunas, como a altura do ponto de alimentação dos aparelhos sanitários, que vai influenciar na pressão que chega em cada aparelho, devido à altura da coluna d'água. A altura recomendada para cada ponto de alimentação dos aparelhos sanitários é tabelada (Tabela 9).

Tabela 9 - Altura dos pontos dos aparelhos sanitários em relação ao piso

Aparelhos sanitários e peças de utilização	Altura do ponto de alimentação (h → metro) em relação ao piso
Vaso sanitário com caixa de descarga (VS_CD)	0,40
Vaso sanitário com válvula de descarga (VS_V)	1,10
Banheira (BH)	0,60
Chuveiro (CH)	2,10 a 2,20
Bidé (BD)	0,20 a 0,30
ducha higiênica (DH)	0,20 a 0,30
Lavatório (LV)	0,60
Tanque de lavar (TQL)	0,90 a 1,10
Máquina de lavar roupa, de lavar pratos (ML)	0,75 a 0,90
Pia (cozinha) (P)	1,00 a 1,10
Filtro (cozinha) (FT)	1,40 a 1,80

Fonte – Macintyre (2010)

Devem ser avaliadas as pressões dinâmicas, presente quando as peças estão em funcionamento, e a pressão estática, presente quando o fluxo da água está interrompido. Os valores de pressão dinâmica de serviço mínima e máxima são tabelados de acordo com o tipo de aparelho sanitário (Tabela 10), ou seja, são os valores mínimos de pressão que deve ter nesse aparelho para que funcione corretamente. No projeto não foi adotado nenhum aparelho sanitário que demandasse o cálculo da pressão estática, como por exemplo aquecedor elétrico de alta ou baixa pressão e válvula de descarga.

Tabela 10 - Pressão dinâmica de serviço para cada aparelhos sanitários

Pontos de utilização para	Diâmetro nominal		Pressão dinâmica de serviço	
	DN	Ref.	Min.	Máx.
	(mm)	(pol.)	(m)	(m)
Aquecedor a gás	Função da vazão de dimensionamento		Depende das características do aparelho	
Aquecedor elétrico Alta pressão Baixa pressão	Função da vazão de dimensionamento		0,50 0,50	40,0 4,0
Bebedouro	15	(1/2)	2,0	40,0
Chuveiro	15	(1/2)	2,0	40,0
	20	(3/4)	1,0	40,0
Torneira	10	(3/8)	0,5	40,0
	15	(1/2)		
	20	(3/4)		
	25	(1)		
Válvula de flutuador de caixa de descarga (torneira de boia)	15	(1/2)	1,5	40,0
	20	(3/4)	0,5	40,0
Válvula de flutuador de caixa de água (torneira de boia)	Função da vazão de dimensionamento		0,5	40,0
Válvula de descarga	20	(3/4)	11,5	24,0
	25	(1)	6,5	15,0
	32	(1 1/4)	2,5	7,0
	38	(1 1/2)	1,2	4,0

Fonte – Macintyre (2010)

Outro ponto que deve ser considerado no dimensionamento das colunas é a velocidade máxima na tubulação, de modo que essa não ultrapasse o limite de 2,5 m/s, ou excepcionalmente 1,60m/s, 1,95 m/s 2,25m/s para tubulações de DN 15mm, 20mm e 25mm respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11 - Vazões e velocidades máximas nas tubulações

Diâmetro nominal		Velocidade máxima	Vazão máxima
DN	(Ref.)		
(mm)	(pol.)	(m/s)	(l/s)
15	(1/2)	1,60	0,20
20	(3/4)	1,95	0,6
25	(1)	2,25	1,2
32	(1 1/4)	2,50	2,5
40	(1 1/2)	2,50	4,0
50	(2)	2,50	5,7
60	(2 1/2)	2,50	8,9
75	(3)	2,50	12,0
100	(4)	2,50	18,0
125	(5)	2,50	31,0
150	(6)	2,50	40,0

Fonte – Macintyre (2010)

Além disso deve ser considerada a perda de carga devido ao comprimento real dos trechos retos das tubulações e devido ao comprimento equivalente (valor virtual utilizado para cálculo que representa a perda de carga devido as conexões da tubulação). Os comprimentos equivalentes de cada conexão são tabelados conforme Tabela 12. A perda de carga (Equação 7) será calculada a partir da perda de carga unitária e do comprimento total (Equação 8).

$$\text{Comprimento total} = \text{Comprimento real} + \text{Comprimento equivalente}$$

$$L_{total} = L_{real} + L_{eq} \quad (7)$$

$$\text{Perda de carga total} = \text{Perda carga unitária} * \text{Comprimento total}$$

$$J_t = J * L_{total} \quad (8)$$

Tabela 12 - Comprimento equivalente a perdas de carga em tubulações de PVC

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tª 90° Passagem Direita	Tª 90° Saída de lado	Tª 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte – Tigre (2016)

### 3.2.5.3. Sistema de bombeamento

No caso de sistemas que utilizam reservatórios inferiores e superiores, é necessário projetar um sistema de transferência da água armazenada no reservatório inferior para o reservatório superior, de onde será distribuída para a edificação, conforme ilustrado na Figura 17. Essa transferência ocorre por meio de um sistema de bombas. As instalações elevatórias englobam a tubulação de sucção (que leva a água até a bomba), o conjunto elevatório (bomba centrífuga) e a tubulação de recalque (tubulação que vem após a bomba e leva a água ao reservatório superior).

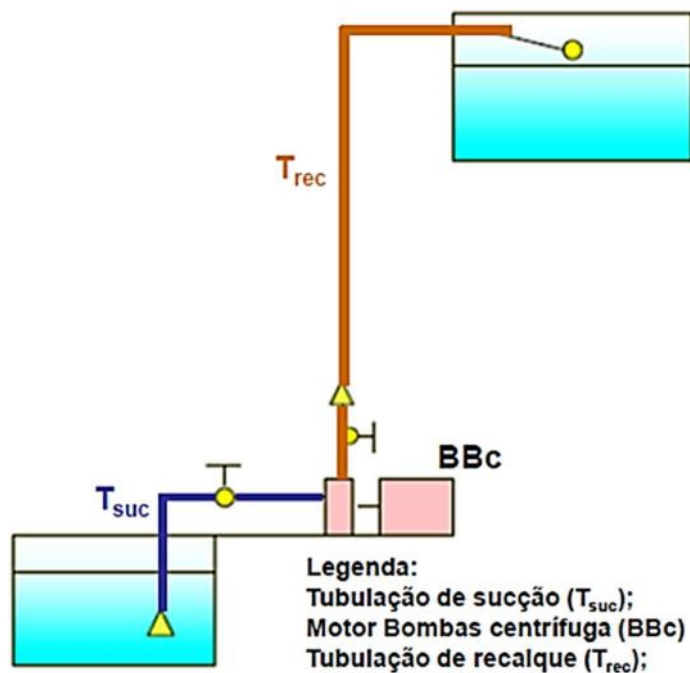


Figura 17 - Esquematização do sistema de bombeamento  
Fonte - Torres (2023)

A NBR 5626 (2020) recomenda que a vazão de abastecimento de reservatórios de água potável de residências unifamiliares, seja o suficiente para reposição de todo o volume em um período máximo de três horas. Macintyre (2010) determina empiricamente o tempo de 1 hora e 30 minutos de funcionamento (h) de uma bomba de prédio de apartamentos, que é acionada em média três vezes em um período de 24 horas, portanto totalizando 4,5 horas de funcionamento de uma bomba em prédios de apartamentos.

O dimensionamento do DN da tubulação de recalque ( $T_{rec}$ ) é realizado a partir da Equação 9 que relaciona a vazão de descarga da bomba e o número de horas de funcionamento da bomba por dia. Já a tubulação de sucção é dimensionada adotando um DN imediatamente superior ao DN da tubulação de recalque.

$$DN_{rec} = 1,3 * \sqrt[2]{Q} * \sqrt[4]{X} \quad (9)$$

Sendo:

$DN_{rec}$  = Diâmetro nominal da tubulação de recalque (m)

$X = h/24$  horas

$h$  = horas de funcionamento da bomba por dia

$Q$  = Consumo Diário/ 3600 \* h

O dimensionamento do motor bomba centrífuga deve considerar a perda de carga existente ao longo da tubulação, causada pelo conjunto da perda de carga devido ao comprimento real da tubulação e a perda devido as conexões existentes. A potência do motor-bomba centrífuga (Equação 10) pode ser determinado a partir de catálogos de fabricantes, porém é necessário conhecer a altura manométrica total ( $H_{man}$ ) e a vazão ( $Q_{descarga}$ ) de descarga do motor-bomba.

$$P = \frac{\gamma * H_{man} * Q_{descarga}}{75 \eta} \quad (10)$$

Sendo:

$P$  = Potência da bomba (CV)

$\gamma$  = 1000 kg/m<sup>3</sup> (peso específico da água)

$H_{man}$  = altura manométrica total

$Q_{descarga}$  = Vazão de descarga da bomba (m<sup>3</sup>/s)

$\eta$  = rendimento da bomba (fabricante ou 50%)

A altura manométrica ( $H_{man}$ ) é um dos fatores que deve ser verificado no dimensionamento do sistema de bombeamento, pois a bomba deve fornecer energia suficiente para vencer o desnível e as perdas de cargas entre o  $R_i$  e o  $R_s$ .

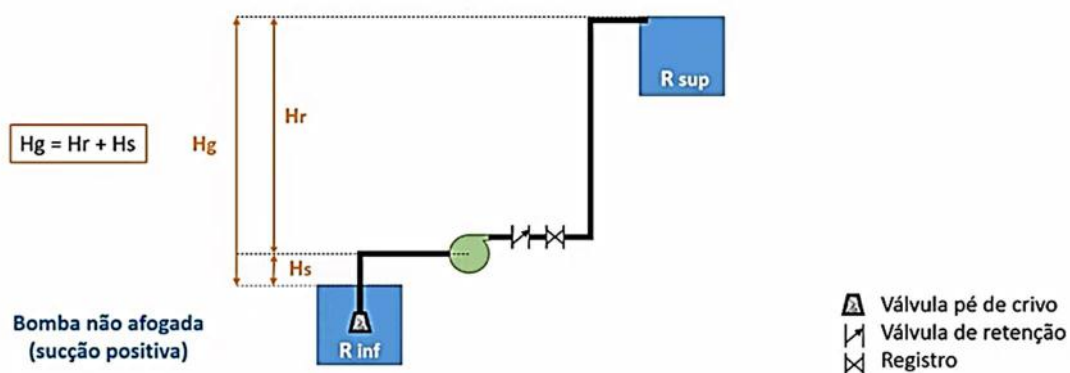


Figura 18 - Representação da altura manométrica  
Fonte - Lima (2020)

$$H_{man} = H_{man\_sucção} + H_{man\_recalque} \quad (11)$$

$$H_{man\_sucção} = H_{estática\_sucção} + H_{velocidade\_sucção} + H_{perda\_sucção} \quad (12)$$



$$H_{man\_recalque} = H_{estática\_rec} + H_{velocidade\_rec} + H_{perda\_rec} \quad (13)$$

Sendo a  $H_{estática\_sucção}$  a diferença de cota do nível médio da bomba e a tomada de sucção, já a  $H_{estática\_rec}$  é a diferença de cota entre o nível médio da bomba e o ponto de alimentação do reservatório superior. A  $H_{velocidade}$  pode ser desprezada, visto que as tubulações de sucção e de recalque possuem seção constante ao longo de todo o trecho, e finalmente a  $H_{perda}$  é dada pelo comprimento total da tubulação (de sucção ou recalque) multiplicada pela perda de carga unitária associada ao DN da tubulação.

### 3.3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA DA CHUVA

Nesse estudo, adotou-se o sistema que capta e reaproveita a água da chuva que precipita sobre o telhado da edificação. Conforme ilustrado pela Figura 19, a água da chuva, que precipita sobre o telhado, é captada por calhas e conduzida por condutores verticais e horizontais até o reservatório inferior na qual será armazenada. A partir do sistema de bombeamento, a água é conduzida do reservatório inferior até um reservatório superior, localizado sob o telhado da residência, e dali é distribuído de modo que atenda os pontos de utilização de água não potável.

O dimensionamento das tubulações de água não potável que abastece os pontos de utilização, seguirá os mesmos métodos para dimensionamento das tubulações de água fria, porém os dois sistemas não podem ser interligados, visto que não pode haver contaminação da água fria pela água não potável.

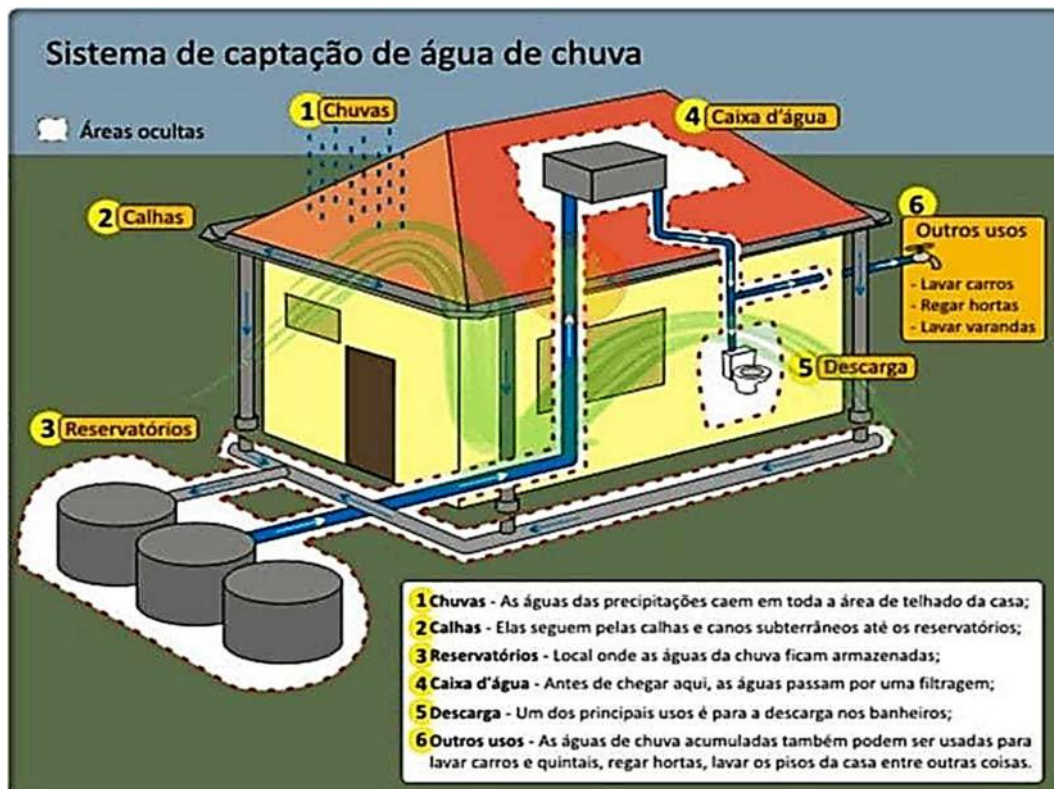


Figura 19 - Sistema de captação e aproveitamento de água da chuva  
Fonte: JUSBRASIL (2016).

### 3.3.1. Previsão de consumo de água não potável

O autor Tomaz (2009) destaca que a falta de pesquisas sobre os parâmetros de engenharia específicos para o Brasil, tem sido um fator dificultador do dimensionamento do consumo de água não potável em uma edificação. Dessa forma, é recomendável a utilização de dados estimados para calcular o consumo interno e externo de água nas residências, a partir dos parâmetros utilizados nos Estados Unidos, disponíveis na Tabela 13 e Tabela 14.

Pelos valores tabelados, é possível estimar o consumo de água relativo a cada atividade, tomando como base a coluna referente aos parâmetros inferiores. Entretanto, por se tratar do dimensionamento do consumo de água não potável, deverão ser considerados apenas atividades que utilizam esse tipo de água. Portanto, deve-se estimar o consumo de água não potável para cada uso interno e externo à edificação. A estimativa é realizada considerando-se a frequência do uso, a taxa de consumo e demais parâmetros (Equação 14).

$$\text{Consumo mensal não potável} = \text{freq} \times \text{taxa consumo} \times \text{parâmetro} \quad (14)$$

Tabela 13 - Parâmetros para estimativas de demanda residencial interna de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte - Tomaz (2009)

Tabela 14 - Parâmetros para estimativas de demanda residencial externa de água

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte - Tomaz (2009)

### 3.3.2. Diâmetro das calhas

As calhas e condutores verticais devem obedecer às normas de instalações de águas pluviais. Para o cálculo da vazão de projeto da calha considera-se a Equação 15, conforme determinado na NBR 10844 (1989), a qual relaciona a intensidade pluviométrica (I), obtida em milímetros por hora, e a área de contribuição. Portanto, primeiramente devemos calcular a vazão de projeto para a calha:

$$Q_p = \frac{I \cdot A}{60} \quad (15)$$

Sendo:

$Q_p$  = Vazão de projeto (L/min)

$I$  = intensidade pluviométrica (mm/h)

$A$  = Área de contribuição (m<sup>2</sup>)

É possível estimar a intensidade pluviométrica com base nos dados pluviométricos da cidade onde estará a edificação. Nesse caso obtém-se os dados a partir de tabela de dados pluviométricos anuais, como por exemplo a tabela da Figura 20 que representa as médias mensais para a cidade de Macaé-RJ, a partir de dados coletados desde 1999 a 2019.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	25.8	26	25.5	24.1	22	21.2	20.7	21	21.8	22.9	23.5	24.9
Temperatura mínima (°C)	23.5	23.6	23.3	21.9	19.6	18.5	17.9	18.3	19.2	20.5	21.4	22.7
Temperatura máxima (°C)	29.1	29.5	28.5	27.1	25	24.5	24.2	24.7	25.5	26.4	26.5	28
Chuva (mm)	175	105	154	85	60	31	32	32	66	98	186	198
Umidade(%)	81%	81%	83%	82%	80%	81%	79%	78%	77%	79%	82%	83%
Dias chuvosos (d)	11	9	12	10	8	5	5	5	7	9	13	13
Horas de sol (h)	9.4	9.6	8.4	7.7	7.2	7.1	7.0	7.0	6.9	7.0	7.1	8.2

Figura 20 - Dados pluviométricos anuais da cidade de Macaé – RJ  
Fonte - Climate Data (2019)

Outra possibilidade para obter o parâmetro intensidade pluviométrica, a qual será utilizada nesse estudo de caso, é adotar a intensidade máxima média de precipitação, que caracteriza as chuvas intensas por meio da Equação 16, que relaciona a intensidade à duração, frequência da precipitação e aos parâmetros do local. Os parâmetros  $K$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  podem ser obtidos pelo programa Plúvio 2.1 de acordo com a cidade estudada.

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c} \quad (16)$$

Sendo:

$I$  = intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

$TR$  = período de retorno (anos);

$t$  = duração da precipitação (min);

$K$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  = parâmetros relativos à localidade (Estado, município).

A NBR 15527 (2019) recomenda que o período de retorno (TR) adotado no dimensionamento de calhas seja no mínimo 25 anos. A área de contribuição é calculada como a área da superfície inclinada do telhado, dada pela Equação 17. Para esse estudo adotou-se o telhado de dois planos (duas águas), conforme Figura 21.

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) * b \quad (17)$$

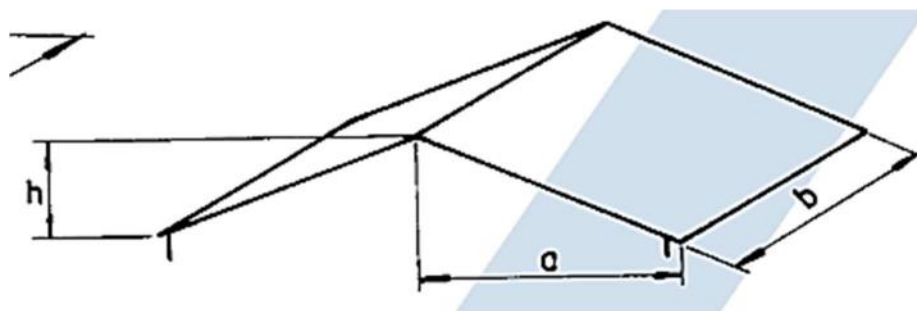


Figura 21 - Área da superfície inclinada do telhado  
Fonte – Adaptado de ABNT NBR 10844 (1989)

Para o dimensionamento das calhas, adota-se a fórmula de Manning (Equação 18), a qual relaciona o material da calha ao coeficiente de rugosidade. A NBR 10.844 (1989) apresenta os coeficientes de rugosidade para materiais comuns, conforme Tabela 15.

$$Q_c = 60000 \cdot \frac{A}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{0,5} \quad (18)$$

Sendo

Q = Vazão de projeto (L/min)

A = Área da seção molhada da calha (m<sup>2</sup>)

P = Perímetro molhado (m)

Rh = Raio hidráulico (A/P) (m)

n = Coeficiente de rugosidade de Manning

S = Declividade (m/m)

Tabela 15 - Coeficiente de rugosidade de Manning

Material	$n$
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte – Adaptado de ABNT NBR 10.844 (1989)

Entretanto, para calhas semicirculares de plástico, como a calha exemplificada na Figura 22, a norma NBR 10.844 (1989) apresenta a Tabela 16, que fornece as capacidades máximas de vazão suportadas por calhas de diferentes diâmetros nominais, a partir da declividade adotada para a calha projetada. Os valores tabelados foram calculados utilizando a fórmula de Manning, na qual a lâmina de água da calha semicircular equivale à metade do diâmetro nominal.

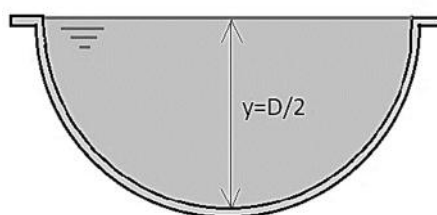


Figura 22 - Altura da lâmina d'água na calha semicircular  
Fonte - Guia da Engenharia (2019)

Tabela 16 - Capacidades de calhas semicirculares com coef. de rugosidade 0,011

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte – Adaptado de ABNT NBR 10.844 (1989)

### 3.3.3. Condutores verticais

A norma ABNT NBR 10.844 (1989) define condutor vertical como a “tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.” Tubos destinados a conduzir águas pluviais, podem sofrer com pressões negativas em seu interior (vácuo). Isso ocorre quando na entrada do tubo há acúmulo de água, não permitindo a passagem de ar junto com a água para dentro do tubo, causando o rompimento das tubulações.

Esse fenômeno pode ocorrer quando os tubos de queda pluviais são mal dimensionados, com diâmetros menores que os necessários, provocando acúmulo excessivo de água nas calhas. Quanto maior a altura da edificação, maior será a pressão negativa. Recomenda-se que seja projetado mais de um condutor vertical, que faça a drenagem da água da chuva que incide sobre o telhado. Estes condutores devem ter diâmetros internos mínimos de 70 mm, quando utilizados condutores de seção circular.

Considerando-se uma saída em aresta viva, que faz a conexão entre a calha e o condutor vertical em formato circular, a NBR 10.844 (1989) apresenta o ábaco para a determinação de diâmetros internos de condutores verticais (Figura 23), a partir da altura da lâmina d'água da calha ( $H$ ), do comprimento do condutor vertical ( $L$ ), e da vazão no condutor ( $Q_p$ ).

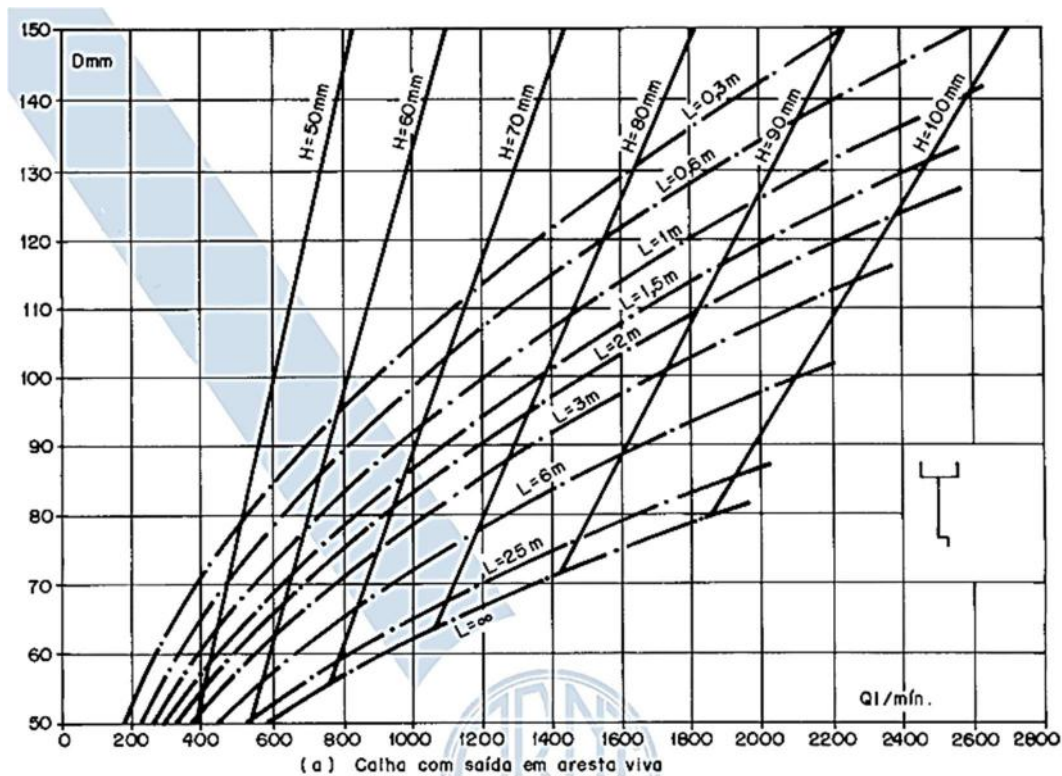


Figura 23 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.  
 Fonte – Adaptado de ABNT NBR 10.844 (1989)

Nas normas ABNT NBR não constam especificações sobre o comprimento máximo do trecho de calha compreendida entre coletores verticais. Entretanto quando adotados dois ou mais condutores para o mesmo trecho de calha, estes devem ser espaçados conforme a distância estabelecida pela Equação 19.

$$d = \frac{b}{(Nc - 1)} \quad (19)$$

Sendo:

d = distância entre condutores (m)

b = comprimento total do plano do telhado (m)

Nc = número de condutores

### 3.3.4. Condutores horizontais

A norma ABNT NBR 10.844 (1989) define condutores horizontais como o “canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.”, além disso recomenda que os condutores horizontais sejam projetados com uma declividade mínima de 0,5%, e lâmina d’água de 2/3 do diâmetro do condutor circular, de modo que o



escoamento da água não seja dimensionado para a seção completa da tubulação.

A capacidade (em litros por minuto) dos condutores horizontais de seção circular, considerando lâmina d'água de 2/3 do diâmetro do condutor, são tabeladas pela norma de acordo com o diâmetro da tubulação, a rugosidade do material e a declividade adotada, conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 10.844 (1989)

Conforme NBR 10844 (1989), para tubulações enterradas, deve-se projetar caixas de areia, ou seja, caixa destinada a recolher detritos por deposição, a cada 20 m de trecho reto, ou quando houver conexão com outra tubulação, mudança na declividade ou direção. Além disso em ligações entre condutores verticais e horizontais, adota-se uma curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia.

### 3.3.5. Volume de água reaproveitado e reservatórios de água não potável

O volume de água da chuva a ser reaproveitado não será o mesmo volume que precipita sobre o telhado, segundo Tomaz (2009, p.101) a “perda de água de chuva que irá ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras”. Portanto, adota-se o coeficiente de escoamento superficial de Runoff para representar esta perda de água. O coeficiente é um valor tabelado (Tabela 18) que varia conforme o material adotado para o telhado.

Tabela 18 - Coeficiente de Runoff médio

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte - Tomaz (2009)

O volume mensal que pode ser aproveitado da água da chuva captada será dimensionado a partir do método analítico de Rippl, que segundo Tomaz (2009) fornece o valor extremo do volume do reservatório, obtido pela Equação 20, a partir de uma série histórica de precipitações mensais, uma demanda constante de uso da água, da área de captação do telhado e do coeficiente de Runoff. Segundo Dias (2019, p.59), o método analítico de Rippl “é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado”. O volume de chuva anual é dado pelo somatório dos volumes de chuva mensais.

$$Vol. chuva mensal = \frac{(chuva mensal * área de captação * coef Runoff)}{1000} \quad (20)$$

A partir dos valores obtidos para o volume de chuva mensal, é possível estimar se o volume de chuva precipitada é suficiente para atender o volume de água demandada pela edificação. A partir da Equação 21, se o saldo for negativo, tem-se um volume de água da chuva que supera a demanda, logo a água escoar pelo extravasor. Se o saldo mensal (Equação 21) for positivo, o volume de água é inferior ao demandado, logo a água do reservatório está abaixando.

$$Saldo mensal = volume chuva mensal - volume demanda \quad (21)$$

O volume máximo armazenado, para o qual deve-se dimensionar o reservatório inferior de água da chuva, é obtido pelos saldos acumulados, considerando inicialmente apenas os valores positivos, pois supõe-se para o dimensionamento que o reservatório já inicia cheio. Adota-se o maior valor acumulado como o volume do reservatório, visto que o mesmo é dimensionado para armazenar o máximo de água possível.

Para o sistema de abastecimento com água da chuva na residência também será adotado o sistema de abastecimento indireto com bombeamento. Assim como no sistema de abastecimento com água fria, para o abastecimento com água da chuva será projetado um reservatório inferior, para o armazenamento de todo o volume máximo captado de chuva, e um reservatório superior, que distribuirá a água não potável para os pontos de utilização.

O dimensionamento do reservatório superior de água da chuva, que servirá para distribuir a água não potável para os aparelhos de utilização, segue as mesmas premissas do dimensionamento de reservatórios de água fria. Portanto, assim como nos reservatórios de água fria, dimensiona-se o reservatório superior de água não potável com a quantidade de água suficiente para abastecer a residência por um período sem abastecimento de no mínimo um dia e máximo de três dias.

O reservatório superior terá capacidade de atender aos quatro vasos sanitários na área interna da residência, mais duas torneiras que atendem as demandas de água não potável da área externa, por um período de 1,5 dias. O volume total do reservatório superior (RS) é dimensionado pela Equação 22.

$$\text{Volume total RS} = CD \text{ água não potável} * \text{período sem abastecimento} \quad (22)$$

### 3.3.6. Viabilidade econômica do sistema

A norma NBR 15527 (2019), recomenda que seja realizada uma análise de viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva a ser implantado. Por se tratar de um investimento a ser realizado pelo proprietário do imóvel na construção da edificação, é necessário estimar em quanto tempo o investimento financeiro, alocado para a implementação do projeto, será restituído.

A análise financeira do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva deve ser realizada após o dimensionamento do sistema e da elaboração do projeto. Dessa forma, é possível estimar os custos despendidos em cada etapa do sistema, ou seja, os custos com a implantação do sistema de captação da água da chuva, com o sistema de armazenamento em reservatórios, com o sistema de bombeamento, e com o sistema de distribuição dessa água para os pontos de utilização.

Para estimar os custos, é necessário realizar previamente o levantamento dos quantitativos de material e dos serviços associados. Além disso, devem ser considerados os custos com a mão de obra utilizada nos serviços. Para estimar os custos de cada etapa do sistema, bem como o investimento total necessário, será utilizado como parâmetro a composição de custos desonerada do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), elaborado pela Caixa Econômica Federal, referente ao mês de maio de 2023, para o estado do Rio de Janeiro. A composição do SINAPI foi escolhida como referência por apresentar o custo estimado de cada serviço, já considerando o material, mão de obra e equipamentos necessários para as execuções.

Realizado o levantamento do custo total com o sistema, é necessário analisar em quanto tempo a economia gerada com o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, vai compensar o valor investido para a implantação do sistema.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA

#### 4.1.1. Consumo diário (CD)

O consumo diário, dimensionado conforme descrito na seção 3.2.1, é obtido em função da população estimada que habita a edificação e o consumo de água per capita. A população foi estimada com base na Tabela 1, sendo adotada a taxa de ocupação de duas pessoas por dormitório, por se tratar de edificação residencial. Já a taxa de consumo de água per capita, adotada conforme Tabela 2, foi de 150 litros por dia por ocupante, estipulada para residências de valor médio. Dessa forma tem-se que o consumo diário estimado para a residência será de 900 litros por dia.

$$\text{Consumo diário (CD)} = 6 \text{ pessoas} \times \frac{150l}{\text{dia}} / \text{pessoa} = 900 \text{ l/dia}$$

#### 4.1.2. Número de aparelhos sanitários alimentados por água potável

O número mínimo de aparelhos sanitários que são alimentados pela água potável é dimensionado de acordo com o descrito na seção 3.2.2. Entretanto nesse projeto o número de aparelhos sanitários (Tabela 19) foi determinado em planta superando o mínimo recomendado na Tabela 3. Dessa forma adotou-se para os banheiros e lavabos, 4 lavatórios, 4 vasos sanitários com caixa de descarga e 2 chuveiros. Além disso projetou-se ainda uma pia para a cozinha e uma pia para a área gourmet, um tanque e uma máquina de lavar roupas para a área de serviço.

Tabela 19 - Aparelhos sanitários da edificação alimentados por água potável

<b>Aparelho</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Local</b>
Pia	2	Cozinha, Area Gourmet
Tanque de lavar	1	Area Serviço
Máquina de lavar	1	Area Serviço
Lavatório	4	Lavabo 1, Lavabo 2, Banheiro 1, Banheiro 2
Vaso cx. descarga	4	Lavabo 1, Lavabo 2, Banheiro 1, Banheiro 2
Chuveiro	2	Banheiro 1, Banheiro 2

Fonte - Próprio autor (2023)

#### 4.1.3. Ramal de abastecimento

A tubulação do ramal de abastecimento é dimensionada de acordo com o descrito na seção 3.2.3. A velocidade ( $V$ ) adotada no ramal predial foi de 0,6 m/s, sendo a menor recomendada, de modo que permita o dimensionamento para diâmetros maiores. Já a vazão mínima ( $Q_{min}$ ), obtida em função do consumo diário (CD) de 900L, foi de 0,0104 L/s calculada pela Equação 2.

$$Q_{min} = 900L / 86400s = 0,0104 L/s$$

Com os parâmetros estabelecidos, é realizada a marcação dos valores de velocidade ( $V$ ) e vazão mínima ( $Q_{min}$ ), no ábaco de Fair Whipple – Hsiao. Marcados os pontos, traça-se uma reta que ligue os dois pontos. Prolongando essa reta tem-se o ponto que a reta intercepta o eixo “D” e o eixo “J”, referentes respectivamente ao diâmetro nominal da tubulação e a perda de carga. Seguindo esse procedimento, para os valores de  $V = 0,6$  m/s e  $Q_{min} = 0,0104$  L/s, obteve-se que a reta não intercepta nenhum ponto do eixo do diâmetro (D) no ábaco de Fair Whipple – Hsiao (Figura 24).

Portanto, nesse caso será adotado o DN mínimo de 15 mm para a tubulação do ramal predial. Para o dimensionamento das tubulações do alimentador predial, adota-se o mesmo valor dimensionado para as tubulações do ramal predial, logo DN 15 mm. Em ambos os casos, o diâmetro externo (DE) da tubulação equivale a 20 mm.

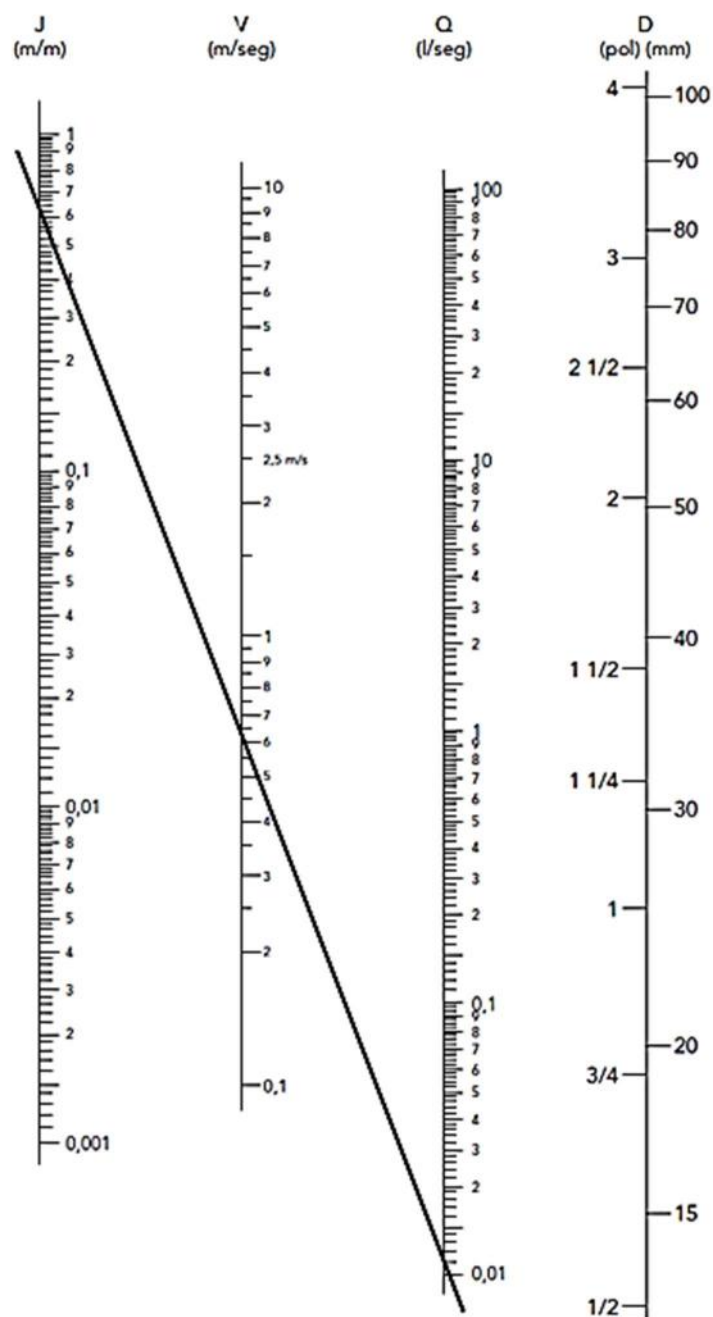


Figura 24 - Determinação do DN do ramal de abastecimento pelo ábaco Fair Whipple – Hsiao  
 Fonte - Adaptado de Carvalho Júnior (2019)

#### 4.1.4. Reservatórios de água fria

O dimensionamento dos reservatórios inferior e superior ocorrem obedecendo os parâmetros estabelecidos na seção 3.2.4. Como o bairro no qual está localizado o projeto possui intermitência no abastecimento, adotou-se para o dimensionamento dos reservatórios o consumo total suficiente para abastecer a residência por 3 dias, resultando 2700 L de consumo total.

$$\text{Consumo Total (CT)} = \text{Consumo diário} \times \text{período sem abastecimento}$$

$$CT = \frac{900L}{s} \times 3 \text{ dias} = 2700L$$

A norma NBR 5626 (2020) recomenda que o reservatório inferior (Ri) e o reservatório superior (Rs) comportem as taxas de 60% e 40% do consumo total respectivamente, portanto o Ri deverá ser dimensionado para comportar 1620 L e o Rs 1080 L.

Por questão comercial, será adotado um reservatório superior de 1000 L (Figura 25) que mais se aproxima da capacidade de armazenamento calculada. O volume restante (80 L) será adicionado no volume do Ri, portanto Rs tem capacidade de 1000 L e Ri tem capacidade de 1700 L. Como o reservatório superior é pré-fabricado, suas dimensões estão contidas na tabela fornecida pelo catálogo do fabricante.

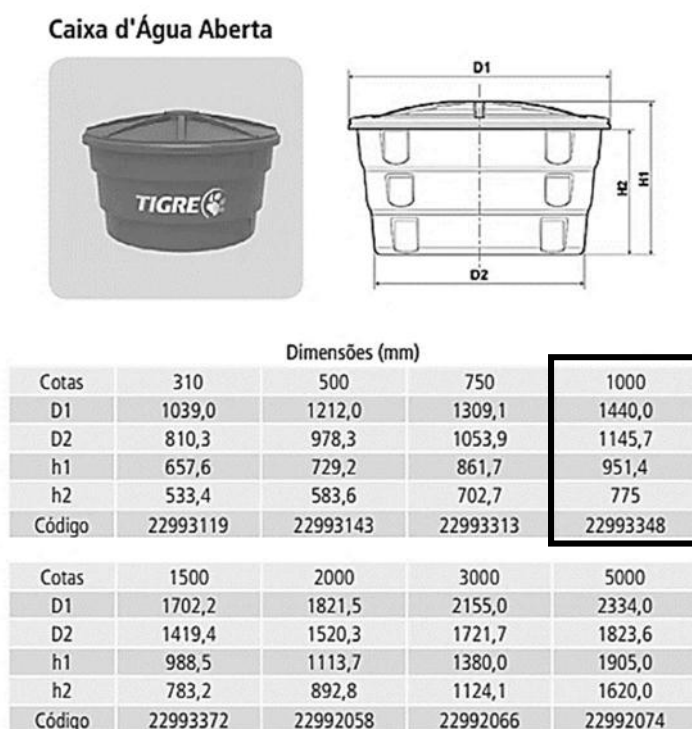


Figura 25 - Dimensão dos reservatórios superiores com capacidade 500L e 1000L.  
Fonte - Tigre (2016)

Já o reservatório inferior será construído em concreto armado, considerando uma altura de 0,10 m referente ao volume morto, localizado no fundo do reservatório, e uma altura de 0,30 m entre o nível máximo de água e a tampa do Ri, referente a instalação da boia automática. Portanto o Ri tem dimensões 1,50 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de profundidade.



#### 4.1.5. Tubulações do sistema de água fria

##### 4.1.5.1. Sub-ramais e ramais de abastecimento

Foram dimensionadas 3 colunas de distribuição de água fria: coluna 1 que abastece a cozinha e a área de serviço (Figura 26), coluna 2 que abastece os lavabos e a área gourmet (Figura 27) e coluna 3 que abastece os banheiros do 2º pavimento (Figura 28). O dimensionamento dos ramais e dos sub-ramais ocorreu segundo os métodos apresentados na seção 3.2.5.1.

A coluna 1 (Figura 26) abastece os ramais e sub-ramais que alimentam a pia da cozinha, o tanque de lavar e máquina de lavar. A coluna 2 (Figura 27) abastece os ramais e sub-ramais que alimentam a pia da área gourmet, dois lavatórios do lavabo e dois vasos de descarga com caixa acoplada. A coluna 3 (Figura 28) abastece os ramais e sub-ramais que alimentam dois lavatórios de banheiro, dois vasos de descarga com caixa acoplada e dois chuveiros elétricos.

Dessa forma foi dimensionado o DN dos sub-ramais que abastecem as peças, obedecendo os diâmetros mínimos necessários para cada aparelho, segundo Tabela 6. Em seguida verificou-se se a vazão máxima (obtida pela Tabela 7) suportada pela tubulação do DN mínimo, seria suficiente para atender a vazão de projeto daquele aparelho.

Nos casos em que a vazão máxima não suportava a vazão de projeto, optou-se por aumentar o diâmetro para um que atendesse. Dessa forma chegou-se ao dimensionamento dos sub-ramais, conforme Tabela 20, nos quais foram adotados sub-ramais com DN 15 mm e DN 20 mm, que correspondem respectivamente a tubulações com DE 20 mm e DE 25 mm.

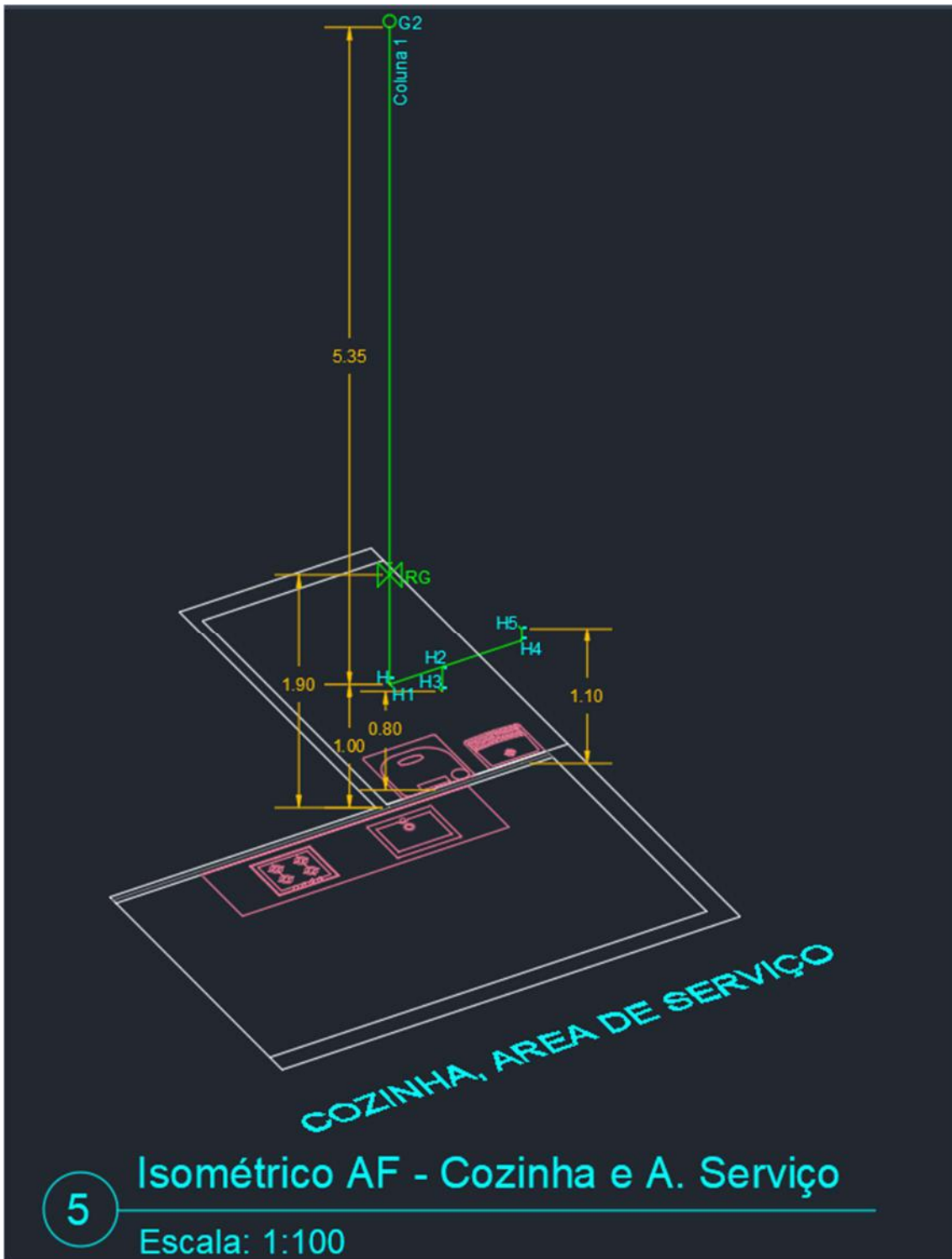


Figura 26 - Coluna 1 - Distribuição de água fria  
Fonte - Próprio autor (2023)

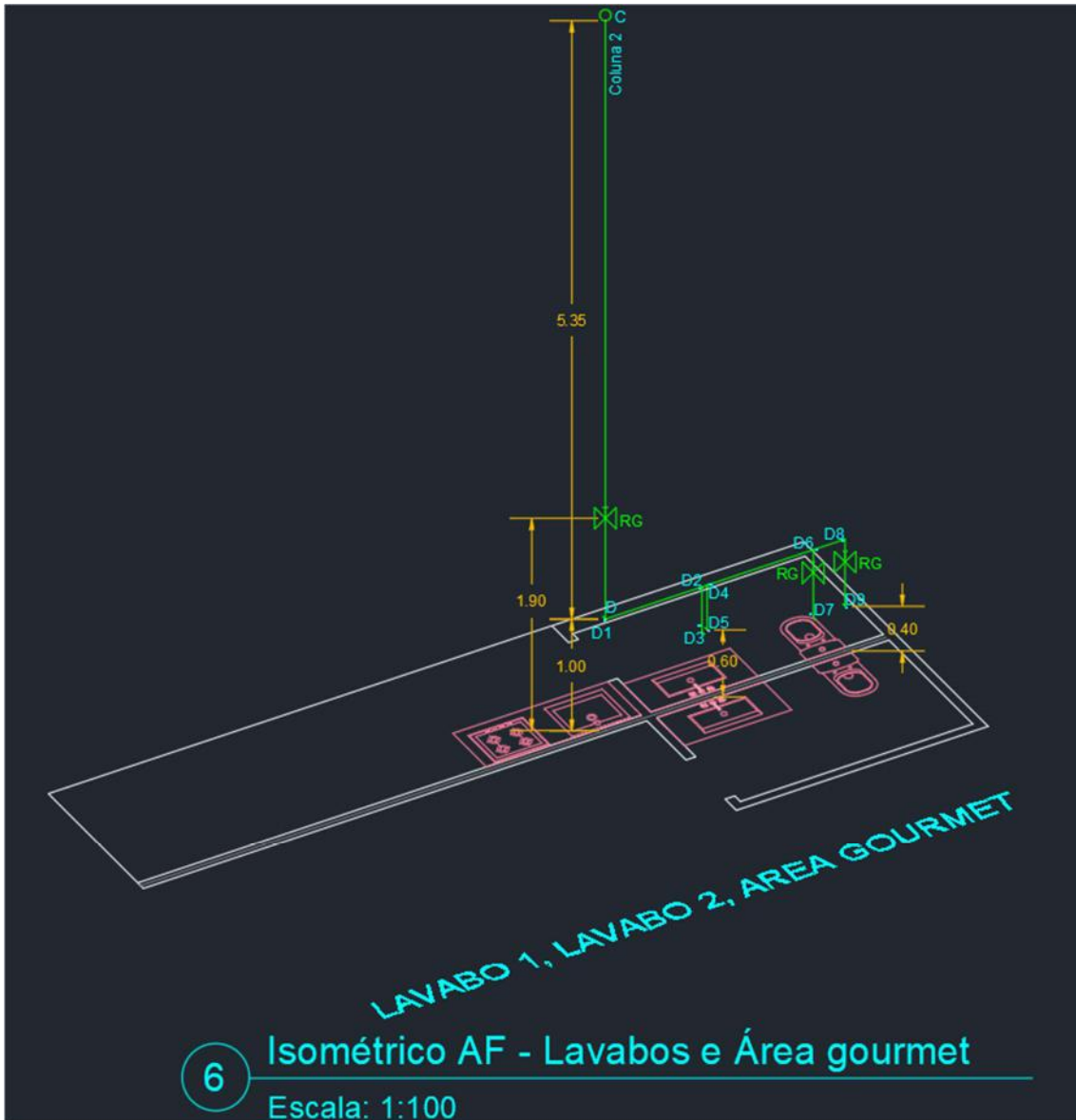


Figura 27 - Coluna 2 - Distribuição de água fria  
Fonte - Próprio autor (2023)

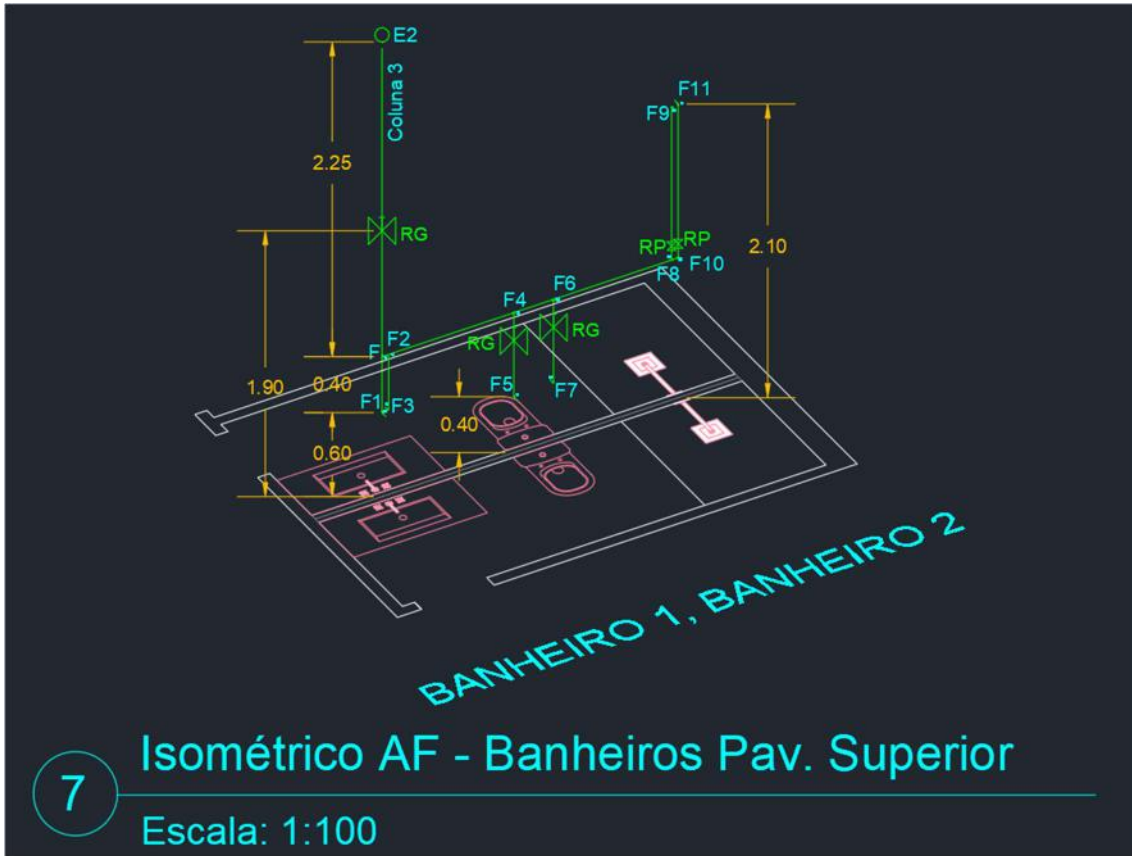


Figura 28 - Coluna 3 - Distribuição de água fria  
Fonte - Próprio autor (2023)

Tabela 20 - Dimensionamento dos sub-ramais de água fria

<b>Aparelho</b>	<b>DN mínimo (mm)</b>	<b>DE mínimo (mm)</b>	<b>Vazão projeto (L/s)</b>	<b>Vazão máxima (L/s)</b>	<b>DN adotado (mm)</b>	<b>DE adotado (mm)</b>
Pia cozinha (PC)	15	20	0,25	0,20	20	25
Tanque de lavar (TQ)	20	25	0,25	0,60	20	25
Máquina de lavar (MQ)	20	25	0,30	0,60	20	25
Pia área gourmet (PG)	15	20	0,25	0,20	20	25
Lavatório lavabo (LV)	15	20	0,15	0,20	15	20
Vaso cx. Descarga (VS)	15	20	0,15	0,20	15	20
Chuveiro (CH)	15	20	0,10	0,20	15	20
Lavatório banheiro (LV)	15	20	0,15	0,20	15	20

Fonte - Próprio autor (2023)

Para o dimensionamento dos ramais foi aplicado o método do máximo consumo provável, realizando-se a soma dos pesos de cada aparelho que será abastecido pelo ramal. Em seguida aplicou-se a Equação 6 para determinar a vazão provável naquele ramal. Com a vazão foi possível determinar pelo ábaco do Anexo B, o DN que atende aquela vazão, resultando em um DN de 20 mm para todos os ramais (Anexo C), correspondente a um DE 25 mm (Tabela 21).

Tabela 21 - Dimensionamento dos ramais de água fria

<b>Ramal</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Peso unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b><math>\Sigma P</math></b>	<b>Qprov (L/s)</b>	<b>DN (ábaco) (mm)</b>	<b>DE adotado (mm)</b>
RAMAL 1 (Cozinha + Area Serviço)	Pia cozinha (PC)	0,70	1	2,40	0,46	20	25
	Tanque de lavar (TQ)	0,70	1				
	Máquina de lavar (MQ)	1,00	1				
RAMAL 2 (Lavabos + Area Gourmet)	Pia área gourmet (PG)	0,70	1	1,90	0,41	20	25
	Lavatório lavabo (LV)	0,30	2				
	Vaso cx. Descarga (VS)	0,30	2				
	Vaso cx. Descarga (VS)	0,30	2				
RAMAL 3 (Banheiros)	Chuveiro (CH)	0,40	2	2,00	0,42	20	25
	Lavatório banheiro (LV)	0,30	2				

Fonte - Próprio autor (2023)

#### 4.1.5.2. Barrilete e colunas de distribuição

O dimensionamento do barrilete que sai da caixa d'água e liga as colunas de distribuição de água fria, foi realizado obedecendo a metodologia estabelecida na seção 3.2.5.2. Dimensionou-se a vazão demandada por cada coluna de água fria (colunas 1, 2 e 3), e a vazão total de 1,30 L/s que o barrilete deve ter para alimentar essas colunas (Tabela 22). Em seguida, conforme método de Hunter, fixando-se uma perda de carga (J) de 8%, equivalente a 0,08 m/m, foi possível dimensionar, pelo ábaco Fair Whipple-Hsiao (Figura 29), que o DN da tubulação de PVC do barrilete será de 32 mm, logo o DE será 40 mm.

Tabela 22 - Dimensionamento do barrilete de água fria

<b>Coluna</b>	<b>Aparelho</b>	<b><math>\Sigma P</math></b>	<b>Q (L/s)</b>
COLUNA 1 (COZ + AS)	PC + TQ + MQ	2,40	0,46
COLUNA 2 (LVB + AG)	PG + 2 LV + 2 VS	1,90	0,41
COLUNA 3 (BNH)	2 VS + 2 CH + 2 LV	2,00	0,42
	Vazão barrilete (Qb) (L/s)		1,30
	Perda de Carga (J) (m/m)		0,08
	DN (ábaco) (mm)		32

Fonte - Próprio autor (2023)

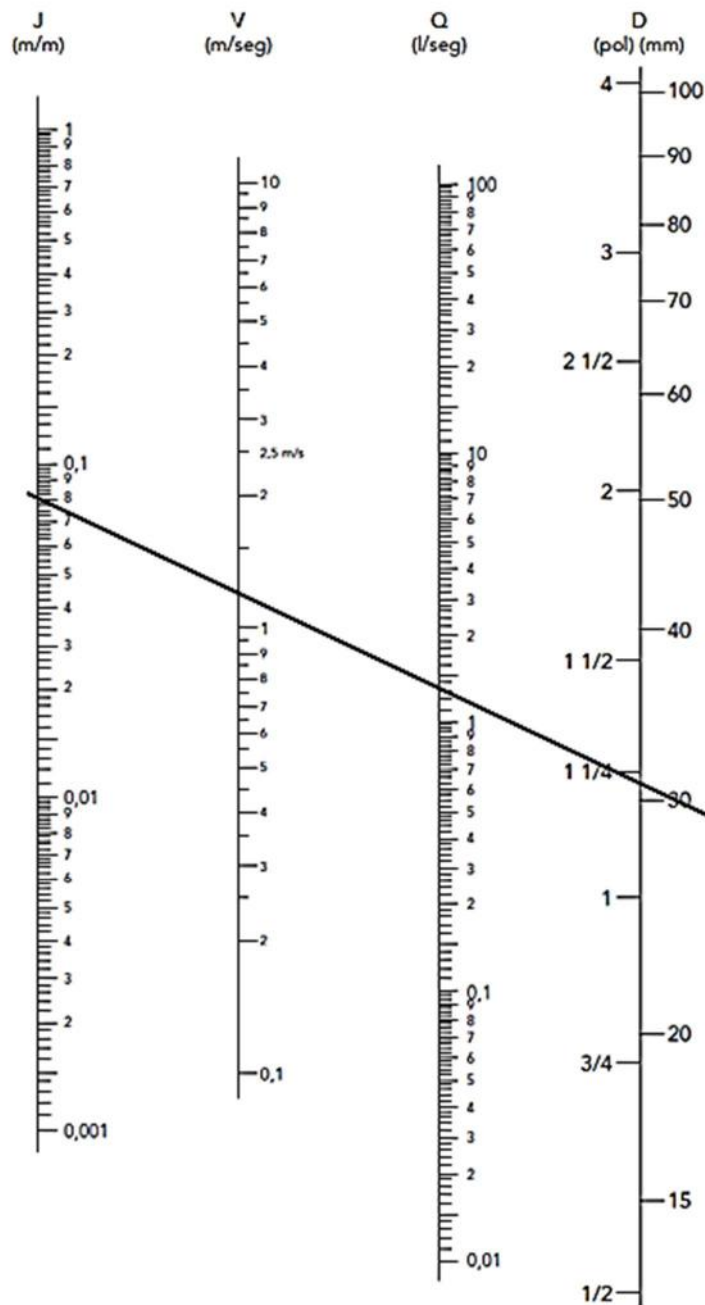


Figura 29 - Determinação do DN do barrilete pelo ábaco de Fair Whipple – Hsiao  
 Fonte - Adaptado de Carvalho Júnior (2019)

O dimensionamento das colunas de distribuição de água fria seguiu conforme seção 3.2.5.2., no qual foram contabilizadas as perdas de cargas devido ao comprimento real das tubulações, e devido ao comprimento equivalente das conexões presentes no sistema de distribuição interna da edificação. Os comprimentos horizontais reais dos trechos de tubulação foram obtidos pela planta baixa da edificação (Figura 30 e Figura 31), e os comprimentos verticais reais foram obtidos pelo esquema vertical das tubulações (Figura 32), ambos medidos diretamente no projeto pelo software AutoCAD.

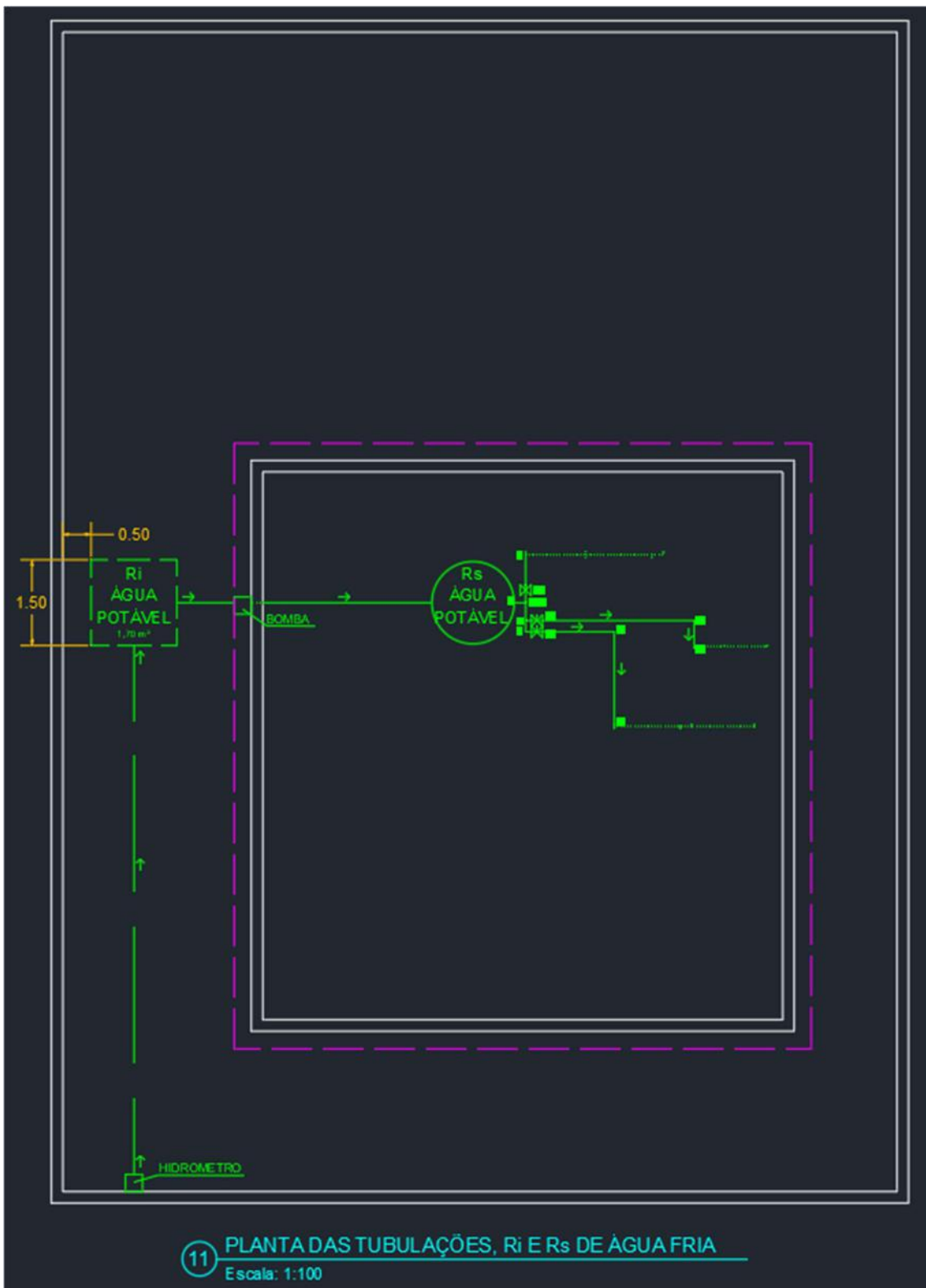


Figura 30 – Planta dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água fria na edificação  
Fonte - Próprio autor (2023)



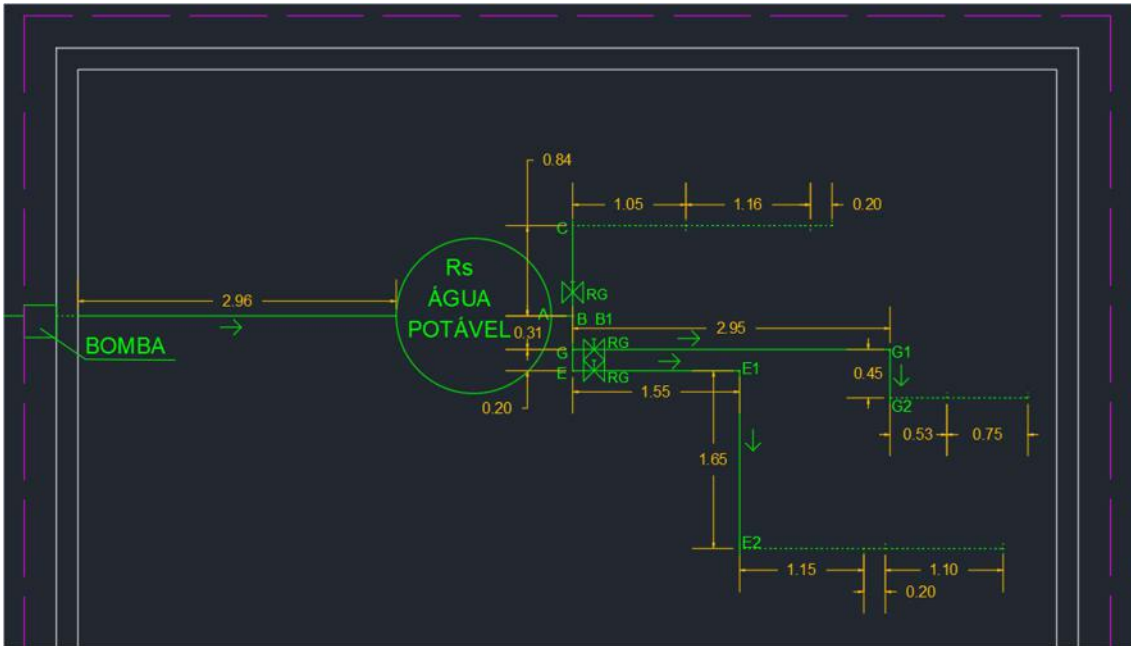


Figura 31 – Cotas horizontais das tubulações de distribuição de água fria na edificação  
Fonte - Próprio autor (2023)

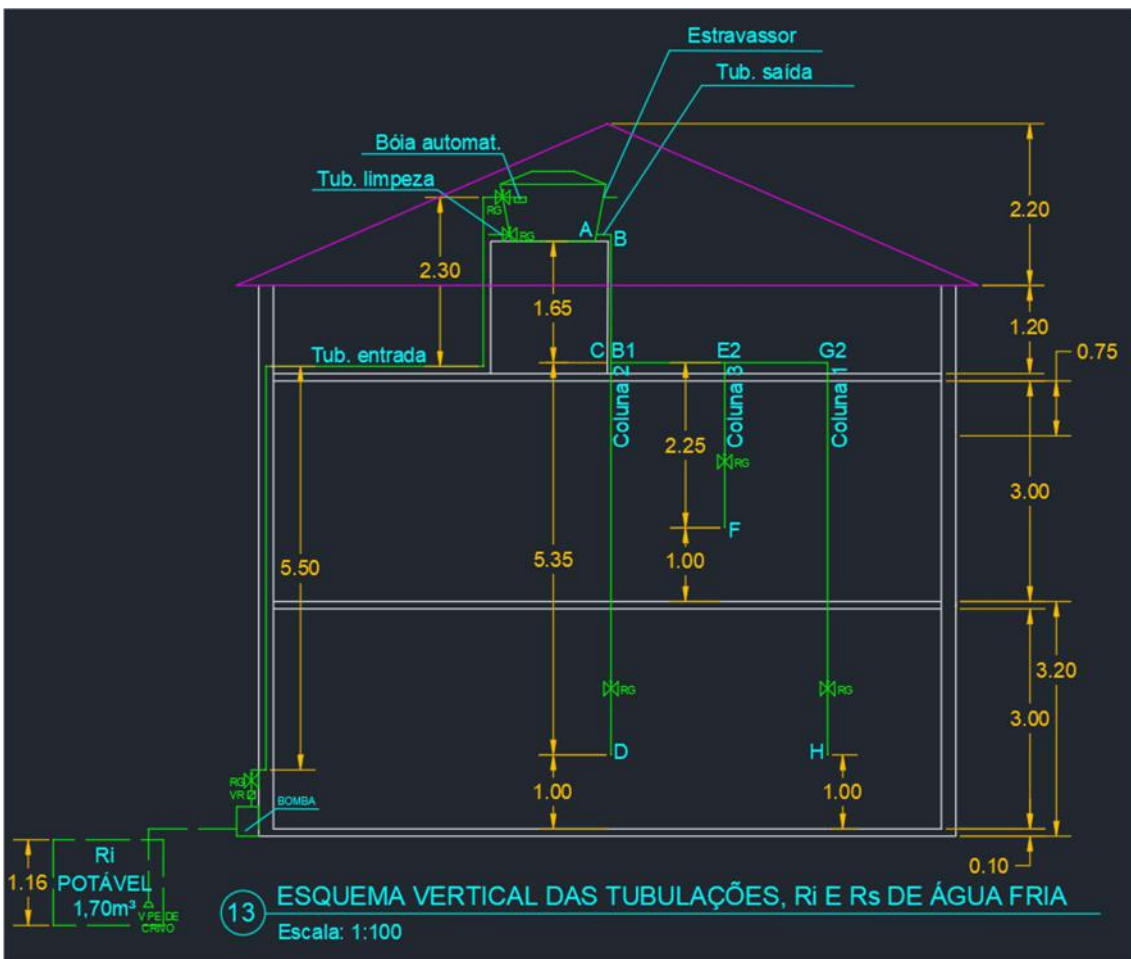


Figura 32 – Esquema vertical dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água fria.  
Fonte - Próprio autor (2023)

Adotou-se uma coluna para cada ramal de água fria dimensionado, de modo que a coluna 1 alimenta o ramal 1, que abastece a cozinha e área de serviço, a coluna 2 alimenta o ramal 2, que abastece os lavabos e área gourmet e a coluna 3 alimenta o ramal 3 dos banheiros do pavimento superior. Estabelecidas as colunas, verificou-se qual o ponto mais crítico de cada uma, ou seja, o ponto que representava maiores perdas de cargas, em geral a peça mais distante alimentada pelo ramal e que demandava maior pressão de funcionamento.

<p><b>RAMAL 1 (COZINHA + AREA SERVIÇO)</b></p>	<p><b>RAMAL 2 (LAVABOS + AREA GOURMET)</b></p>	<p><b>RAMAL 3 (BANHEIROS PAV. SUPERIOR)</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trecho H - H5</li> <li>○ Ponto crítico: tanque de lavar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trecho D - D9</li> <li>○ Ponto crítico: vaso sanitário com caixa de descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trecho F - F11</li> <li>○ Ponto crítico: chuveiro</li> </ul>

Diferentemente de quando se dimensiona as colunas para um edifício de múltiplos pavimentos, nesse projeto uma coluna alimentará apenas um ramal, logo não será considerado o peso e as vazões acumuladas devido aos múltiplos ramais, que seriam alimentados pela mesma coluna. Portanto, verificou-se que o somatório dos pesos da coluna é o mesmo para o qual foi dimensionado o ramal, visto que são os mesmos aparelhos sanitários atendidos.

Considerando o diâmetro de cada ramal dimensionado na seção 4.1.5.1 e suas respectivas vazões (Q), apresentados na Tabela 21, foi possível dimensionar a perda de carga unitária (J) ao longo do ramal pelo ábaco Fair Whipple-Hsiao (Anexo A), para em seguida multiplica-la pelo comprimento total do trecho e, assim, calcular a perda de carga total. O ábaco do Anexo D demonstra as marcações realizadas para o dimensionamento dos ramais.

O comprimento total será a soma do comprimento real (medido em planta) e o comprimento equivalente, que representa a perda de carga proporcionada pelas conexões da tubulação. Para o dimensionamento do comprimento equivalente, realizou-se o levantamento das conexões presentes nos trechos críticos (Tabela 23) e verificou-se na Tabela 12 o comprimento equivalente que corresponde as conexões para tubulação de DE 25 mm (referente aos ramais) e DE 40 mm (referente ao barrilete). Nesse caso foram utilizados os valores do

diâmetro externo (DE) das tubulações dimensionadas, pois a tabela do fabricante (Tabela 12) apresenta os comprimentos equivalentes das conexões em função do DE, e não diretamente do DN.

Tabela 23 - Levantamento das conexões e comprimentos equivalentes

RAMAL	TRECHO	TÊ 90° PASSAGEM DIRETA (P1)		TÊ 90° SAÍDA DE LADO (P2)		JOELHO DE 90° (P3)		REGISTRO GAVETA (RG)		REGISTRO PRESSÃO (RP)		TOTAL
		QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	
RAMAL 1 (COZ + AS)	H - H5	1,00	0,80	1,00	2,40	2,00	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60
RAMAL 2 (LVB + AG)	D - D9	3,00	2,40	1,00	2,40	2,00	2,40	1,00	0,20	0,00	0,00	7,40
RAMAL 3 (BNH)	F - F11	5,00	4,00	0,00	0,00	2,00	2,40	0,00	0,00	1,00	0,20	6,60
BARRILETE	A - B1	1,00	1,50	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50
COLUNA 1 (RAMAL 1)	B1 - H	1,00	0,80	0,00	0,00	2,00	2,40	2,00	0,40	0,00	0,00	3,60
COLUNA 2 (RAMAL 2)	B1 - D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,20	2,00	0,40	0,00	0,00	1,60
COLUNA 3 (RAMAL 3)	B1 - F	1,00	1,50	0,00	0,00	3,00	6,00	2,00	0,80	0,00	0,00	8,30

Fonte - Próprio autor (2023)

A perda de carga total para cada trecho analisado foi calculada pela Equação 8, a partir da perda de carga unitária obtida pelo ábaco (Anexo D) e o comprimento total. Resultou-se em uma perda de carga total de 0,40 mca para o barrilete, 1,05 mca para o ramal 1, 1,25 mca para o ramal 2 e 1,32 mca para o ramal 3 (Tabela 24).

A partir da perda de carga total em cada trecho crítico, foi possível encontrar a pressão mínima necessária no início do ramal de cada trecho. Dessa forma, para o correto funcionamento do chuveiro, é necessária uma pressão no início do ramal 3 de 3,42 mca (Tabela 24). Analogamente, para o correto funcionamento do tanque de lavar, é necessária uma pressão mínima de 2,15 mca no início do ramal 1, e para o vaso sanitário do lavabo, uma pressão mínima de 1,15 mca no início do ramal 2 (Tabela 24).

Tabela 24 - Perda de carga nos trechos críticos

Trecho	Trecho Subida (m)	Trecho Descida (m)	Pressão mínima (mca)	Perda de carga total (mca)	Pressão mínima no início do ramal (mca)
H - H5	0,10	0,00	1,00	1,05	2,15
D - D9	0,00	0,60	0,50	1,25	1,15
F - F11	1,10	0,00	1,00	1,32	3,42

Fonte - Próprio autor (2023)

Conhecida a pressão mínima no início de cada ramal abastecido pela coluna e a perda de carga causada pelo barrilete, é possível dimensionar cada coluna de distribuição. A vazão para cada coluna será a mesma calculada para os ramais, visto que são os mesmos aparelhos sanitários a serem abastecidos. O diâmetro da tubulação da coluna limita-se, no mínimo, ao diâmetro do ramal e no máximo ao diâmetro do barrilete.

Seguindo o diâmetro encontrado para cada ramal (de água fria) de alimentação dos aparelhos sanitários (Tabela 21), adotou-se primeiramente o DN de 20 mm, ou seja, DE 25 mm para cada coluna. Entretanto, com esse diâmetro a coluna 3, a qual alimentará os chuveiros, não possui pressão jusante (1,24 mca) suficiente para atender a pressão mínima necessária na entrada do ramal 3 (3,42 mca). Dessa forma, optou-se por aumentar o DN apenas da coluna 3 para 32 mm, logo DE 40 mm.

Ainda assim, a pressão mínima no ramal não foi atingida, prejudicando o funcionamento do chuveiro. Optou-se por aumentar em 0,50 m a altura do reservatório superior, obtendo pressão jusante de 3,48 mca que atende a pressão mínima de 3,42 mca no ramal 3. Logo os diâmetros adotados para as colunas 1 e coluna 2 foram DN 20 mm, o que equivale ao DE 25 mm. E para a coluna 3 foi adotada tubulação de DN 32 mm, logo DE 40 mm, e um aumento de 0,50 m na altura do reservatório superior. Com o aumento da altura, foi necessário reajustar alguns resultados obtidos anteriormente, que variavam conforme a cota da altura do reservatório superior. Os dados reajustados estão na Tabela 25.

Tabela 25 - Dimensionamento das colunas de água fria

Local	Trecho	$\Sigma P$	Vazão (l/s)	DE (mm)	Velocidade. (m/s)	Comp. Real (m)	Comp. Equiv. (m)	Comp. Total (m)	Pressão disponível (mca)	Perda Carga Unitária (mca)	Perda Carga Total (mca)	Pressão Jusante (mca)	Pressão jusante coluna > Pressão ramal?
BARRILETE	A - B1	0,00	1,30	40,00	1,25	1,94	3,50	5,44	-	0,08	0,44	-	-
COLUNA 1 (RAMAL 1)	B1 - H	2,40	0,46	25,00	1,10	9,11	3,60	12,71	6,65	0,15	1,91	4,75	SIM
COLUNA 2 (RAMAL 2)	B1 - D	1,90	0,41	25,00	0,98	6,19	1,60	7,79	6,65	0,12	0,93	5,72	SIM
COLUNA 3 (RAMAL 3)	B1 - F	2,00	0,42	40,00	0,30	5,96	8,30	14,26	3,55	0,0052	0,07	3,48	SIM
RAMAL 1 (COZ + AS)	H - H5	2,40	0,46	25,00	1,10	1,38	5,60	6,98	-	0,15	1,05	-	-
RAMAL 2 (LVB + AG)	D - D9	1,90	0,41	25,00	0,98	3,01	7,40	10,41	-	0,12	1,25	-	-
RAMAL 3 (BNH)	F - F11	2,00	0,42	25,00	1,00	3,55	6,60	10,15	-	0,13	1,32	-	-

Fonte - Próprio autor (2023)

#### 4.1.5.3. Sistema de bombeamento

O dimensionamento do sistema de bombeamento de água fria foi realizado conforme seção 3.2.5.3. Para o dimensionamento do diâmetro nominal da tubulação de recalque de água fria, considerou-se o consumo diário de 900L/dia, obtido na seção 4.1.1. Para o tempo máximo de funcionamento da bomba por dia, adotou-se o período total de 30 minutos, atendendo ao tempo máximo de 3,0 horas, para uma edificação residencial unifamiliar, conforme recomendado pela NBR 5626 (2020).

A partir da Equação 9 obteve-se um DN de recalque de 11,00 mm, valor abaixo do mínimo. Portanto, nesse caso, adotou-se o DN mínimo de 15 mm (DE 20mm). Já a tubulação de sucção é dimensionada adotando um DN imediatamente superior ao DN da tubulação de recalque, portanto adotou-se DN 20 mm para tubulação de sucção (DE 25 mm).

Entretanto, verificou-se ao fim do dimensionamento, que esses diâmetros de tubulação de recalque e de sucção gerariam uma alta perda de carga na tubulação, conseqüentemente uma altura manométrica total de 31,21 m, o que exigiria uma bomba de maior potência. Portanto, tomou-se a decisão de aumentar o diâmetro das tubulações de recalque e sucção, para diminuir a perda de carga total no sistema de bombeamento da água fria entre reservatórios. Dessa forma foi dimensionado o DN 20 mm para a tubulação de recalque e DN 25 mm para a tubulação de sucção.

Para obter a altura manométrica, é necessário calcular as perdas de cargas devido ao comprimento das tubulações e devido as conexões existentes no sistema. As conexões do sistema de bombeamento de água fria resultaram em uma perda de carga de 14,80 m para a tubulação de sucção e 9,10 m para a tubulação de recalque, obtidas a partir da Tabela 12 de comprimentos equivalentes. Os dados levantados no dimensionamento dos comprimentos equivalentes devido as conexões, estão demonstrados na Tabela 26.

Tabela 26 - Comprimentos equivalentes referente ao sistema de bombeamento de água fria

RAMAL	TRECHO	JOELHO DE 90° (P3)		REGISTRO GAVETA (RG)		VÁLVULA DE RETENÇÃO (VR)		VÁLVULA PÉ E CRIVO (VP)		TOTAL
		QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	
Sucção	Ri - Bomba	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	13,30	14,80
Recalque	Bomba - Rs	5,00	6,00	2,00	0,40	1,00	2,70	0,00	0,00	9,10

Fonte - Próprio autor (2023)

Conhecendo a perda de carga devido as conexões, foi possível dimensionar a Hperda, obtida pelo comprimento total da tubulação (de sucção ou recalque) multiplicado pela perda de carga unitária, referente ao DN da tubulação dimensionada (obtida pelo ábaco Anexo A).

O valor de Hestático foi obtido diretamente pelo AutoCAD a partir da cota do esquema vertical (Figura 32). O Hestático de sucção representa a cota do nível da tubulação no reservatório inferior até a bomba, e o Hestático de recalque representa a cota do nível da bomba até o ponto de alimentação do reservatório superior. Com os valores de Hestático (de sucção e de recalque) e Hperda, foi possível dimensionar a altura manométrica total (Hman) da tubulação de bombeamento de água fria, resultando em Hman total de 13,76 m.

Tabela 27 - Dimensionamento das colunas de sucção e recalque de água fria

Local	Trecho	Vazão (l/s)	DN (mm)	Comp. Real (m)	Comp. Equiv. (m)	Comp. Total (m)	Perda Carga Unitária (mca)	H perda (m)	H estática (m)	H man (m)	H man total (m)
Sucção	Ri - Bomba	0,50	25,00	2,20	14,80	17,00	0,034	0,578	1,00	1,58	13,76
Recalque	Bomba - Rs	0,50	20,00	11,62	9,10	20,72	0,180	3,730	8,45	12,18	

Fonte - Próprio autor (2023)

Aplicando na Equação 10 os dados obtidos, é possível estimar que a potência necessária para a bomba do sistema é de 0,183 CV, logo podemos adotar uma bomba centrifuga comercial periférica de 0,50 CV (Figura 33) que atenderá uma altura manométrica total de 19,0 m e uma profundidade máxima de sucção de 6,00 m.



### Dados técnicos

Modelo	QB60 linha leve - periférica
Tensão	127 V
Frequência	60 Hz
Potência do motor	½ HP
Corrente	3 A
Vazão (máx)	19 l/min
Altura manométrica total	19 MCA
Profundidade de sucção (máx.)	6 m
Conexão de sucção/recalque	1"
Temperatura da água (máx.)	35 °C
Tipo de uso	ocasional
Rotação sem carga	3450 rpm
Peso	3,38 kg

Figura 33 - Especificação técnica da bomba de água fria  
Fonte - Gamma (2020).

## 4.2. DIMENSIONAMENTO CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

### 4.2.1. Previsão de consumo de água não potável

Para estimar o consumo interno de água não potável considerou-se apenas o uso com descarga em bacias sanitárias com 6,80 L de capacidade (Tabela 13). Tomaz (2009) sugere que seja acrescido um volume de 30% referente a possíveis vazamentos no vaso sanitário, resultando em uma taxa de consumo de 9,0 L/descarga. Considerando que cada pessoa utiliza a descarga 4 vezes ao dia, segundo parâmetro estabelecido na Tabela 13, tem-se que o consumo mensal de uma residência com 6 pessoas será de 6365 litros, ou seja 6,36 m<sup>3</sup>/mês (Equação 23).

$$\text{Consumo mensal descarga} = \text{freq} \times \text{taxa consumo} \times \text{período} \times \text{população} \quad (23)$$

$$= 4 \text{ descargas/dia} \times 9,0 \text{ L/descarga} \times 30 \text{ dias} \times 6 \text{ pessoas}$$

$$= 6365 \text{ L/mês} = 6,36 \text{ m}^3 / \text{mês}$$

Para o consumo de água externo consideraram-se as atividades de rega de jardim, lavagem de automóveis e manutenção de piscinas. O consumo devido a rega de 186,34 m<sup>2</sup> de jardim considera uma frequência de rega de 1 vez por semana, com consumo de 2L/m<sup>2</sup> a cada rega. Dessa forma, o consumo mensal com o jardim será de 1491 litros, ou seja 1,49 m<sup>3</sup>/mês (Equação 24).

$$\text{Consumo mensal jardim} = \text{freq} \times \text{taxa consumo} \times \text{área} \quad (24)$$

$$= 4 \text{ regas/mês} \times 2,0 \text{ L/m}^2 \times 186,34 \text{ m}^2$$



$$= 1491 \text{ L/ mês} = 1,49 \text{ m}^3 \text{ por mês}$$

Considerou-se também a existência de uma mangueira de jardim com consumo de 50 L/dia, a qual estimou-se a utilização por 15 dias, resultando em 750 litros (ou 0,75 m<sup>3</sup>) consumidos mensalmente (Equação 25).

$$\text{Consumo mensal mangueira} = \text{taxa consumo} \times \text{período} \quad (25)$$

$$50 \text{ L/ dia} \times 15 \text{ dias} = 750 \text{ L/ mês} = 0,75 \text{ m}^3 / \text{mês}$$

Ainda para o consumo externo, considerou-se a lavagem de 2 automóveis com uma frequência de 4 lavagens ao mês, na qual cada lavagem utiliza 150 L, gerando um acréscimo de 1200 litros no consumo mensal, ou seja 1,20 m<sup>3</sup>/mês (Equação 26).

$$\text{Consumo mensal lavagem auto} = \text{freq} \times \text{taxa consumo} \times \text{quant} \quad (26)$$

$$= 4 \text{ lavagens/ mês/automóveis} \times 150 \text{ L/lavagem} \times 2 \text{ automóveis}$$

$$= 1200 \text{ L/ mês} = 1,20 \text{ m}^3 / \text{mês}$$

A piscina possui dimensões de 3,00 m de comprimento por 4,00 m de largura, totalizando 12,00 m<sup>2</sup> de área. Sendo a manutenção da piscina realizada 4 vezes/mês, e considerando-se o consumo de água de manutenção da piscina de 3 litros/dia/m<sup>2</sup> tem-se 144 L/mês de consumo devido a manutenções na piscina (Equação 27).

$$\text{Consumo mensal piscina} = \text{freq} \times \text{taxa consumo} \times \text{área} \quad (27)$$

$$= 4 \text{ manutenções /mês} \times 3 \text{ L/dia/m}^2 \times 12 \text{ m}^2$$

$$= 144 \text{ L/mês} = 0,14 \text{ m}^3 / \text{mês}$$

A captação de água da chuva poderá ser usada mensalmente para suprir o consumo de 9,95 m<sup>3</sup> (9.950 L), dos quais são 6,36 m<sup>3</sup> para uso interno e 3,58 m<sup>3</sup> para uso externo (Tabela 28). Vale ressaltar que a água da chuva foi considerada apenas para usos não potáveis da edificação, visto que essa água não sofrerá nenhum tipo de tratamento que a torne própria para o consumo.

Tabela 28 - Consumo total de água não potável na residência.

USO	ATIVIDADE	CONSUMO MENSAL			
Interno	Descarga sanitária	6364,80	L	6,36	m <sup>3</sup>
Externo	Rega de jardim	1490,72	L	1,49	m <sup>3</sup>
Externo	Mangueira de jardim	750,00	L	0,75	m <sup>3</sup>
Externo	Lavagem automóvel	1200,00	L	1,20	m <sup>3</sup>
Externo	Manutenção Piscina	144,00	L	0,14	m <sup>3</sup>
<b>Total</b>		<b>9949,52</b>	<b>L</b>	<b>9,95</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Fonte - Próprio autor (2023)

#### 4.2.2. Diâmetro das calhas

Para o cálculo da vazão de projeto da calha considerou-se a intensidade pluviométrica estimada com base nos dados pluviométricos da cidade de Macaé obtidos a partir do programa Plúvio 2.1, o qual fornece os parâmetros K, a, b e c a partir da localidade desejada (Figura 34).

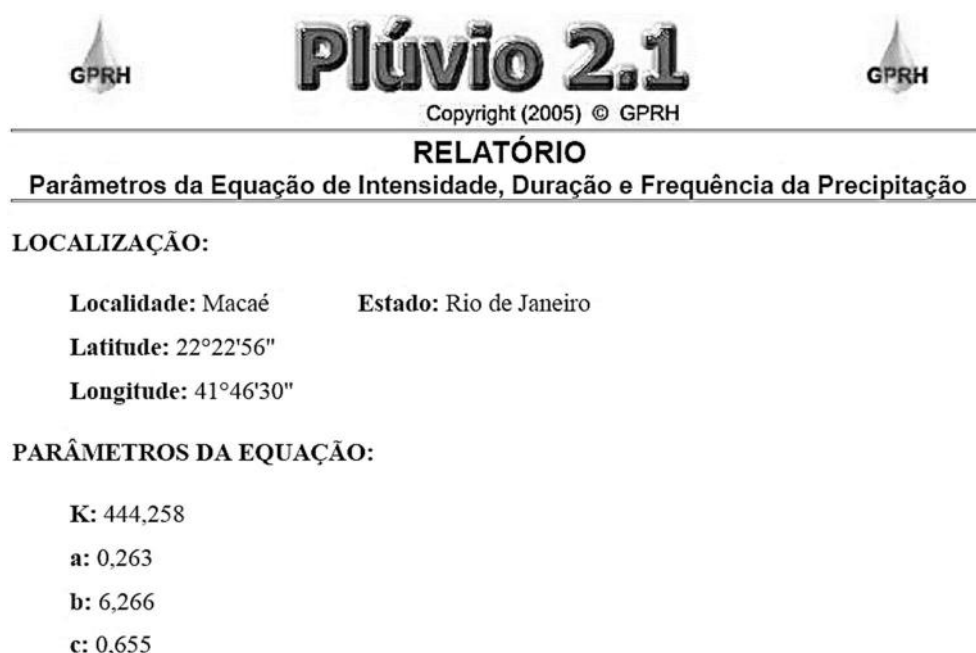


Figura 34 - Parâmetros K, a, b e c para Macaé-RJ

Fonte - Plúvio 2.1 (2023)

Estabeleceu-se o tempo de duração da precipitação (t) em um telhado como 5 minutos, duração da chuva intensa segundo NBR 10844 (1989). Além disso, adotou-se o tempo de retorno (TR) de 25 anos, valor mínimo recomendado na norma NBR 15527 (2019). Dessa forma, configura-se uma medida conservadora no dimensionamento das calhas, de forma a minimizar as perdas com extravasamentos de calhas.

Logo, a Equação 28 representa a equação da intensidade máxima de precipitação (Seção 3.3.2), adaptada aos parâmetros de chuvas intensas para a cidade de Macaé, resultando em uma intensidade máxima de 212,024 mm precipitados por hora.

$$I_{max} = \frac{444,258 \times TR^{0,263}}{(t + 6,266)^{0,655}} \quad (28)$$

$$I_{max} = \frac{444,258 \times 25^{0,263}}{(5 + 6,266)^{0,655}} = 212,024 \text{ mm/h}$$

A área de contribuição do telhado foi calculada pela Equação 17, adotou-se o telhado de dois planos (duas águas), com inclinação de 44% e dimensões de 2,20 m de altura, 5,05 m de largura de cada plano e 10,60 m de comprimento. Portanto a edificação conta com 130,40 m<sup>2</sup> de telhado, que representa a área de captação da água da chuva.

$$A = \left(5,05 + \frac{2,20}{2}\right) * 10,6 = 65,20 \text{ m}^2 \quad \text{para 1 plano}$$

$$\text{Area total telhado} = 65,20 \text{ m}^2 * 2 \text{ planos do telhado} = 130,40 \text{ m}^2$$

Adotou-se para o dimensionamento da calha apenas a área de um plano do telhado, visto que cada plano tem seu sistema de captação independente e não interligados. Sendo a área de cada plano do telhado de 65,20 m<sup>2</sup> e a intensidade de chuva 212,024 mm/h, tem-se que a vazão para a qual a calha de cada plano será projetada é de 230,36 L/min ou 0,004 m<sup>3</sup>/s.

$$Q_p = \frac{212,024 * 65,2}{60} = 230,36 \text{ L/min} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para o projeto adotou-se uma calha semicircular de plástico (Figura 35), com coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  (relacionado ao tipo de material da calha segundo a Tabela 15), e declividade mínima de 0,5% estabelecida por norma. Portanto pela Tabela 16, a calha semicircular projetada para atender a vazão de projeto ( $Q_p = 230,36 \text{ L/min}$ ) terá um diâmetro nominal de DN 125 mm, suportando a vazão máxima de até 236 L/min.

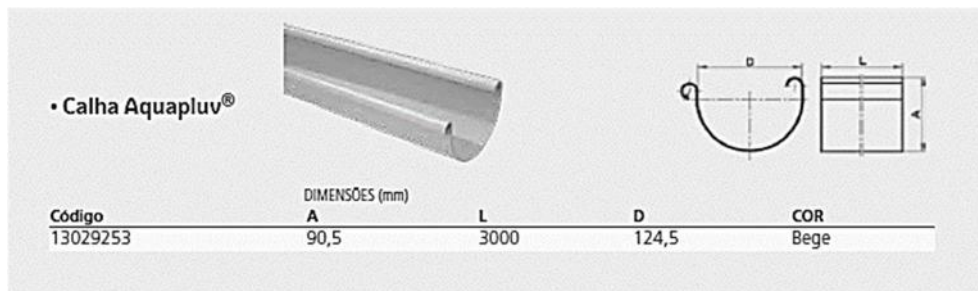


Figura 35 – Calha semicircular de plástico DN 125

Fonte - Tigre (2016)

#### 4.2.3. Condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais de seção circular ocorre conforme descrito na seção 3.3.3. Considerou-se a vazão de projeto ( $Q_p$ ) máxima de 230,36 L/min na qual a calha semicircular foi projetada para atender, e uma altura de queda total ( $L$ ) da calha no telhado ao chão de 7,50 m, ao qual se estende o condutor vertical.

Projetou-se apenas um condutor vertical para cada plano do telhado, logo cada condutor atenderá um trecho de 10,60 m de calha. Dessa forma obtém-se pelo ábaco (Figura 36) um diâmetro nominal menor que o diâmetro mínimo recomendável (70 mm), portanto adota-se o diâmetro de DN 70 mm para cada condutor vertical de seção circular, de modo que atenda a vazão de projeto em cada plano do telhado.

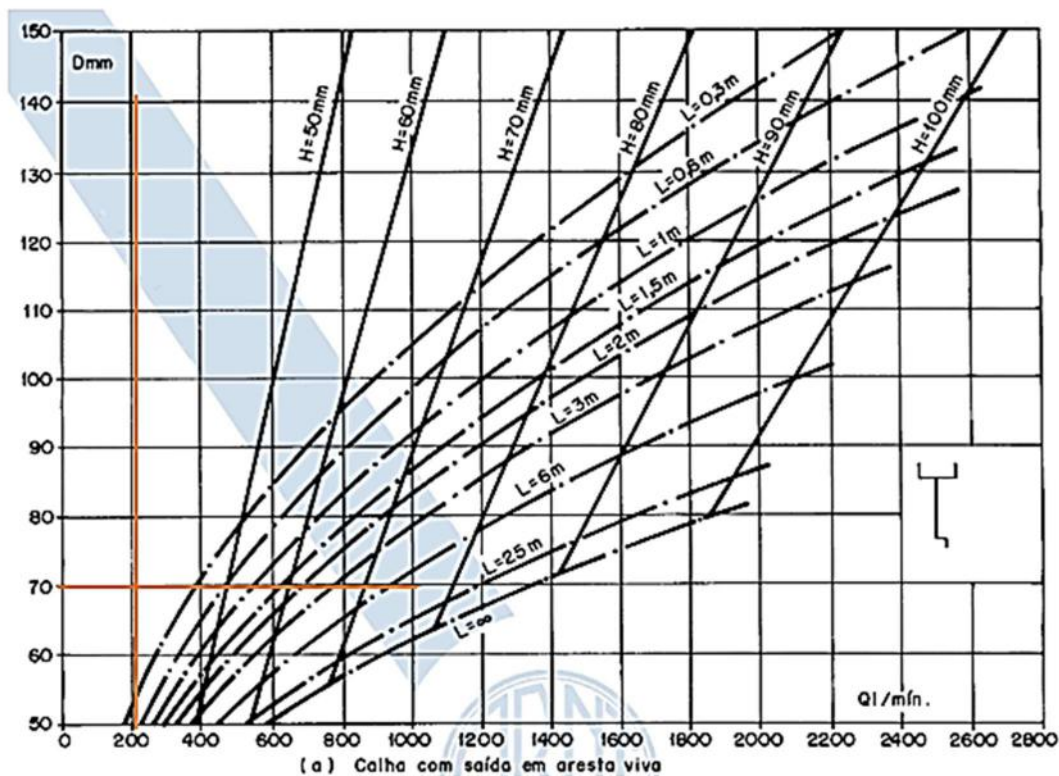


Figura 36 - Dimensionamento do diâmetro do condutor vertical  
 Fonte - Adaptado de ABNT NBR 10.844 (1989)

#### 4.2.4. Condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular ocorre conforme descrito na seção 3.3.4. Adotou-se a declividade mínima de 1% e o coeficiente de rugosidade 0,011 referente ao material plástico do condutor horizontal. Portanto, conforme a Tabela 17, para a vazão de projeto de 230,36 L/min, adotou-se um condutor horizontal de DN 100 mm, o qual suporta uma capacidade máxima de 287 L/min.

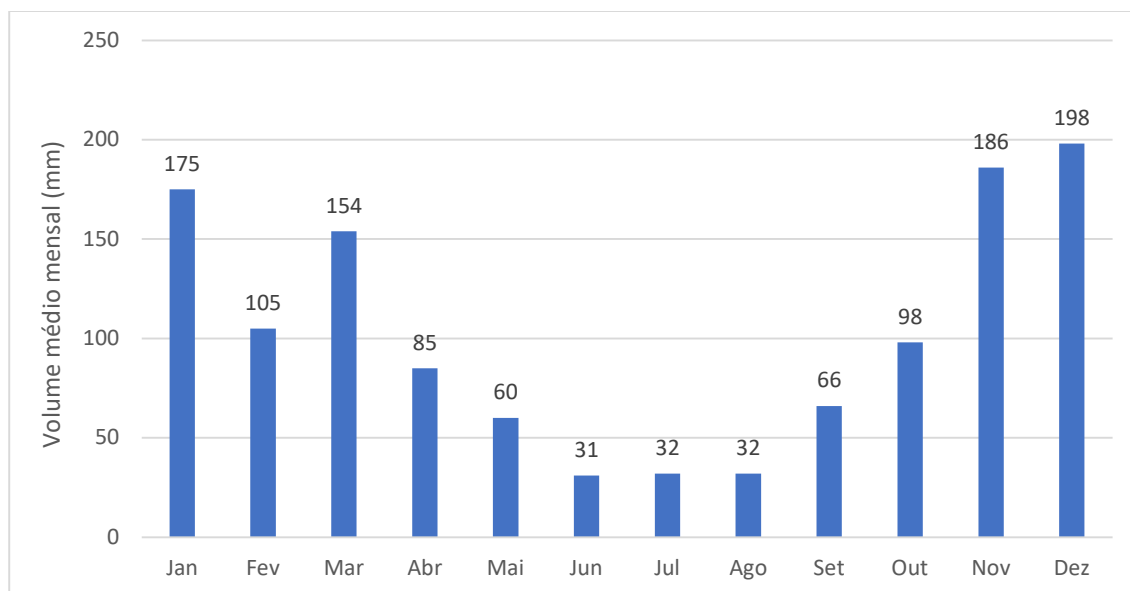
#### 4.2.5. Volume de água reaproveitado

A metodologia seguida para o dimensionamento do volume de água que pode ser reaproveitado, está descrita na seção 3.3.5. Adotou-se a cerâmica como o material para as telhas, portanto de acordo com a Tabela 18, temos que o coeficiente de Runoff utilizado será 0,80.

Calcula-se o volume real a ser aproveitado pelo método analítico de Rippl, e a partir desse volume é possível dimensionar o volume do reservatório que atenda a demanda média mensal da edificação. Utilizou-se os dados de chuvas médias mensais em milímetros do município de Macaé, contidos na Figura 20,

para elaboração do gráfico de chuva média mensal do município (Gráfico 1). A demanda média mensal de 9,95 m<sup>3</sup> foi dimensionada na seção 4.2.1 e a área de captação de todo o telhado calculada na seção 0 foi de 130,40 m<sup>2</sup>.

Gráfico 1 - Chuva média mensal em Macaé – RJ



Fonte- Próprio autor (2023)

Tabela 29 - Dimensionamento do reservatório de água da chuva pelo método Rippl

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL (mm)	DEMANDA CONST. (m <sup>3</sup> )	AREA DE CAPTAÇÃO (m <sup>2</sup> )	VOL. CHUVA MENSAL (m <sup>3</sup> )	VOL. CHUVA - VOL. DEMANDA (m <sup>3</sup> )	Δ ACUMULADA VALORES (m <sup>3</sup> )	OBS
Jan	175	9,95	130,40	18,26	▲-8,31		E
Fev	105	9,95	130,40	10,95	▲-1,00		E
Mar	154	9,95	130,40	16,07	▲-6,12		E
Abr	85	9,95	130,40	8,87	▼1,08	1,08	D
Mai	60	9,95	130,40	6,26	▼3,69	4,77	D
Jun	31	9,95	130,40	3,23	▼6,72	11,49	D
Jul	32	9,95	130,40	3,34	▼6,61	18,10	D
Ago	32	9,95	130,40	3,34	▼6,61	24,71	D
Set	66	9,95	130,40	6,89	▼3,06	27,78	D
Out	98	9,95	130,40	10,22	▲-0,27	27,50	S
Nov	186	9,95	130,40	19,40	▲-9,45	18,05	S
Dez	198	9,95	130,40	20,66	▲-10,71	7,34	S
<b>Total</b>	<b>1222</b>	<b>119,4</b>		<b>127,48</b>			

Fonte - Próprio autor (2023)

Aplicando o método analítico de Rippl temos que o volume total da demanda equivale a 119,40 m<sup>3</sup> por ano (Tabela 29), sendo menos que o volume total de chuva captada pelo telhado, de aproximadamente 127,50 m<sup>3</sup> por ano. Dessa forma, a água captada anualmente supre a demanda anual das atividades que utilizarão a água não potável. O volume máximo obtido pelo Método de Rippl é de 27,78 m<sup>3</sup> (Tabela 29). Portanto, o reservatório para regularizar a demanda constante de 9,95 m<sup>3</sup>/mês deverá ter capacidade e armazenar 27,78 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.6. Reservatórios de água não potável

Para o sistema de abastecimento com água da chuva na residência, foi adotado um sistema de reservatório inferior para o armazenamento do volume estimado pelo método de Rippl de captação da chuva, e um reservatório superior que abastece a edificação por um período de 1,5 dias, e distribui a água não potável para os aparelhos de utilização (quatro vasos sanitários e duas torneiras).

$$\text{Reservatório superior} = \left( \frac{9949,52 \text{ L}}{30 \text{ dias}} \right) * 1,5 \text{ dia} = 497 \text{ L}$$

Portanto o reservatório superior, será dimensionado conforme Equação 22 com capacidade de 500 L, suficiente para atender a demanda de consumo de água não potável por 1,5 dias. Será utilizado como reservatório superior de água não potável uma caixa d'água pré fabricada de 500 L, cuja as especificações do fabricante estão contidas na Figura 25. Esse reservatório superior de água não potável não possui ligação com o reservatório superior de água fria, para que não ocorra contaminação cruzada da água potável.

Para o reservatório inferior, deve-se dimensionar um reservatório que comporte a capacidade de armazenamento de água da chuva obtida pelo método Rippl, dessa forma o reservatório inferior, a ser realizado em concreto armado assim como o reservatório inferior de água fria potável, terá capacidade de 27775,3 L (ou 27,78 m<sup>3</sup>) e foi projetado com dimensões de 4,00 m de largura, 3,00 m de comprimento e 2,71 m de altura total.

#### 4.2.7. Tubulações do sistema de aproveitamento de água da chuva

O dimensionamento dos ramais e sub-ramais ocorreu segundo o método apresentado na seção 3.2.5.1. Foram dimensionadas duas colunas de distribuição de água não potável, denominadas coluna 4 e coluna 5. A coluna 4 atende ao pavimento térreo (Figura 37), que abastece o ramal 4 dos sub-ramais de dois vasos sanitários dos lavabos e duas torneiras da área externa, e a coluna 5 (Figura 38) atende ao ramal 5 dos sub-ramais de dois vasos sanitários dos banheiros do pavimento superior.

Dimensionou-se, seguindo a mesma metodologia adotada no dimensionamento dos sub-ramais de água fria potável, logo as tubulações dos sub-ramais dos aparelhos alimentados com água não potável terão DN 15 mm, portanto DE 20 mm. Analogamente ao dimensionamento dos ramais de água fria potável, dimensionou-se os ramais de água não potável com tubulações de diâmetro DN de 20 mm (e DE 25 mm).

Não foi dimensionado barrilete para o sistema de instalação hidráulica de água da chuva, visto que o sistema possui apenas duas colunas, que foram projetadas saindo diretamente do reservatório superior de água não potável.



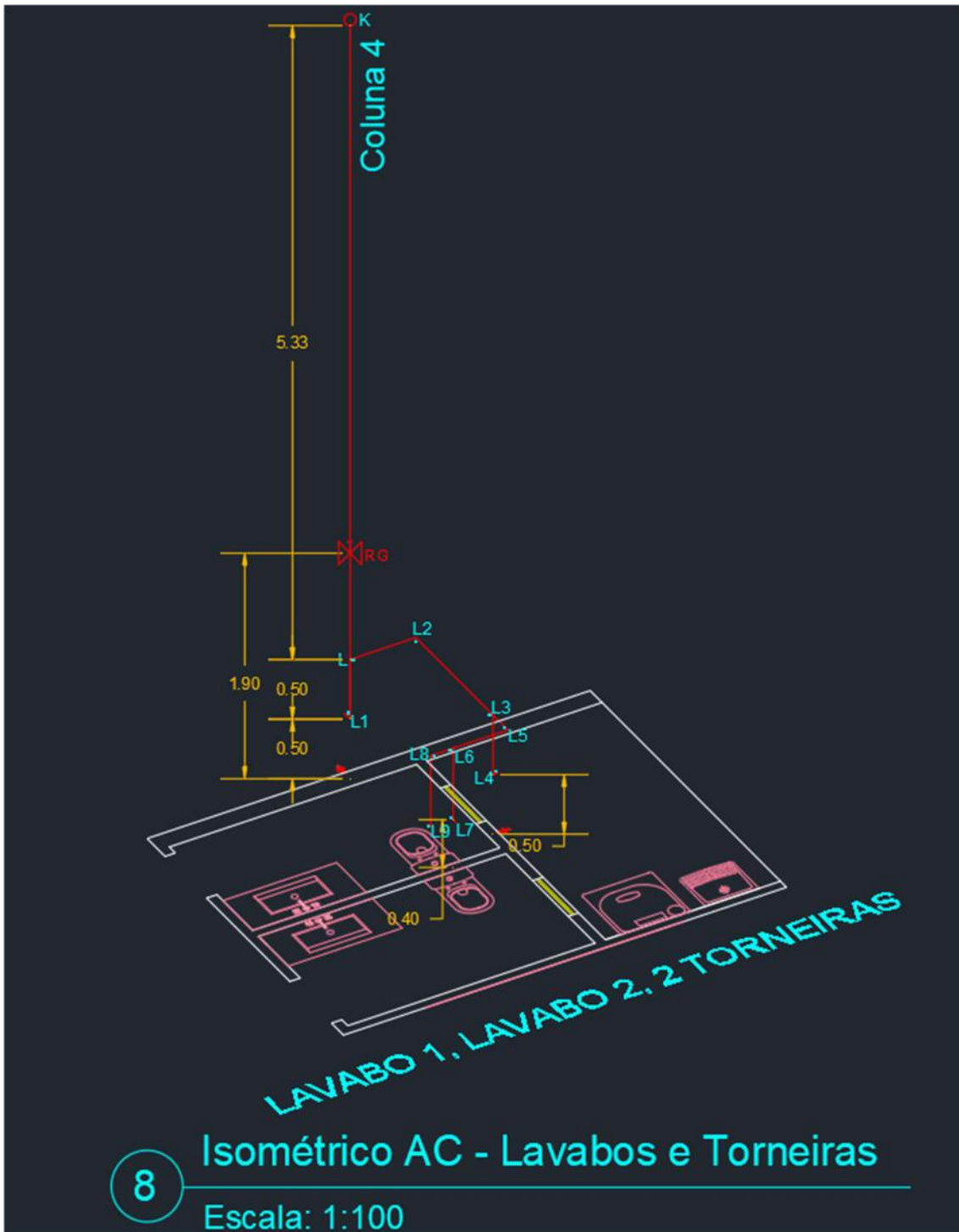


Figura 37 - Coluna 4 - Distribuição de água da chuva  
Fonte - Próprio autor (2023)

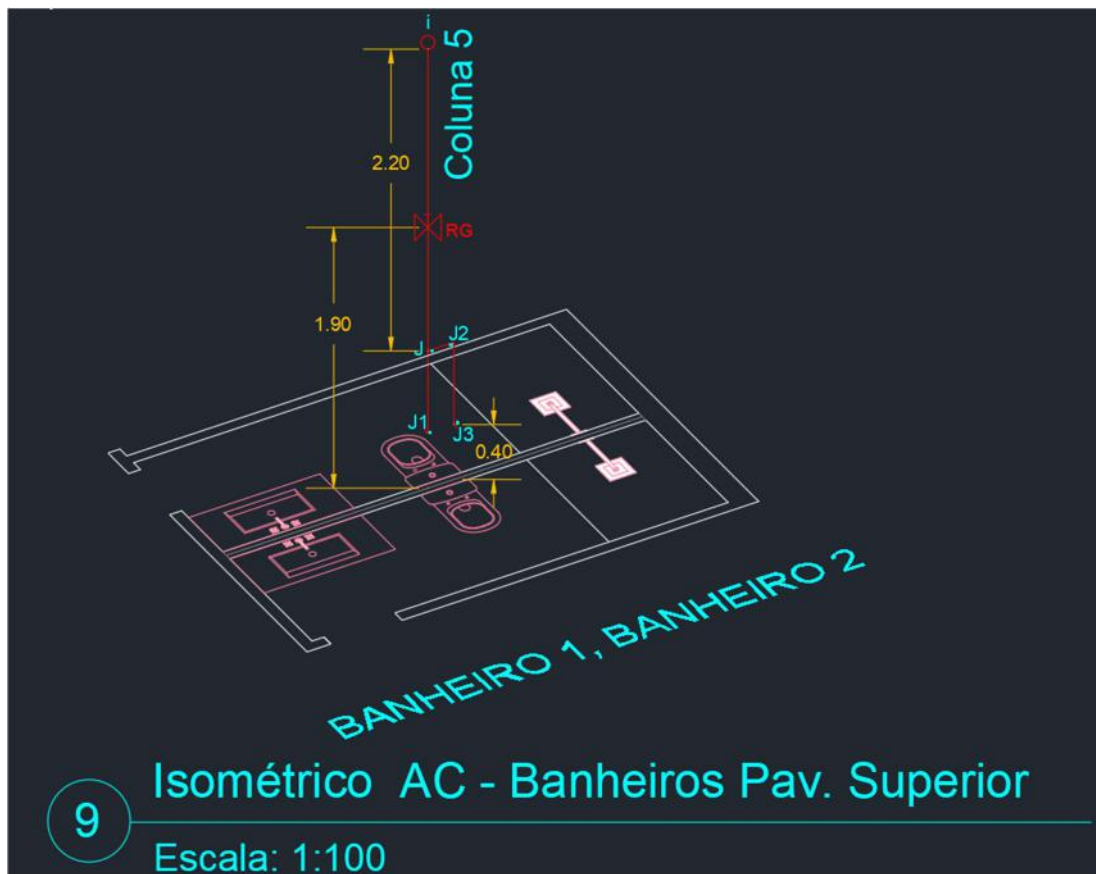


Figura 38 - Coluna 5 - Distribuição de água da chuva  
Fonte - Próprio autor (2023)

Tabela 30 - Dimensionamento dos sub-ramais de água da chuva

Aparelho	DN mínimo (mm)	DE mínimo (mm)	Vazão projeto (L/s)	Vazão máxima (L/s)	DN adotado (mm)	DE adotado (mm)
Vaso cx. Descarga (VS)	15	20	0,15	0,20	15	20
Torneira (T)	15	20	0,15	0,20	15	20

Fonte - Próprio autor (2023)

Tabela 31 - Dimensionamento dos ramais de água da chuva

Ramal	Aparelho	Peso unitário	Quantidade	$\Sigma P$	Qprov (L/s)	DN (ábaco) (mm)	DE adotado (mm)
RAMAL 4 (Lavabos + 2 torneiras)	Vaso cx. Descarga (VS)	0,30	2	1,40	0,35	20	25
	Torneira (T)	0,40	2				
RAMAL 5 (Banheiros)	Vaso cx. Descarga (VS)	0,30	2	0,60	0,23	20	25

Fonte - Próprio autor (2023)

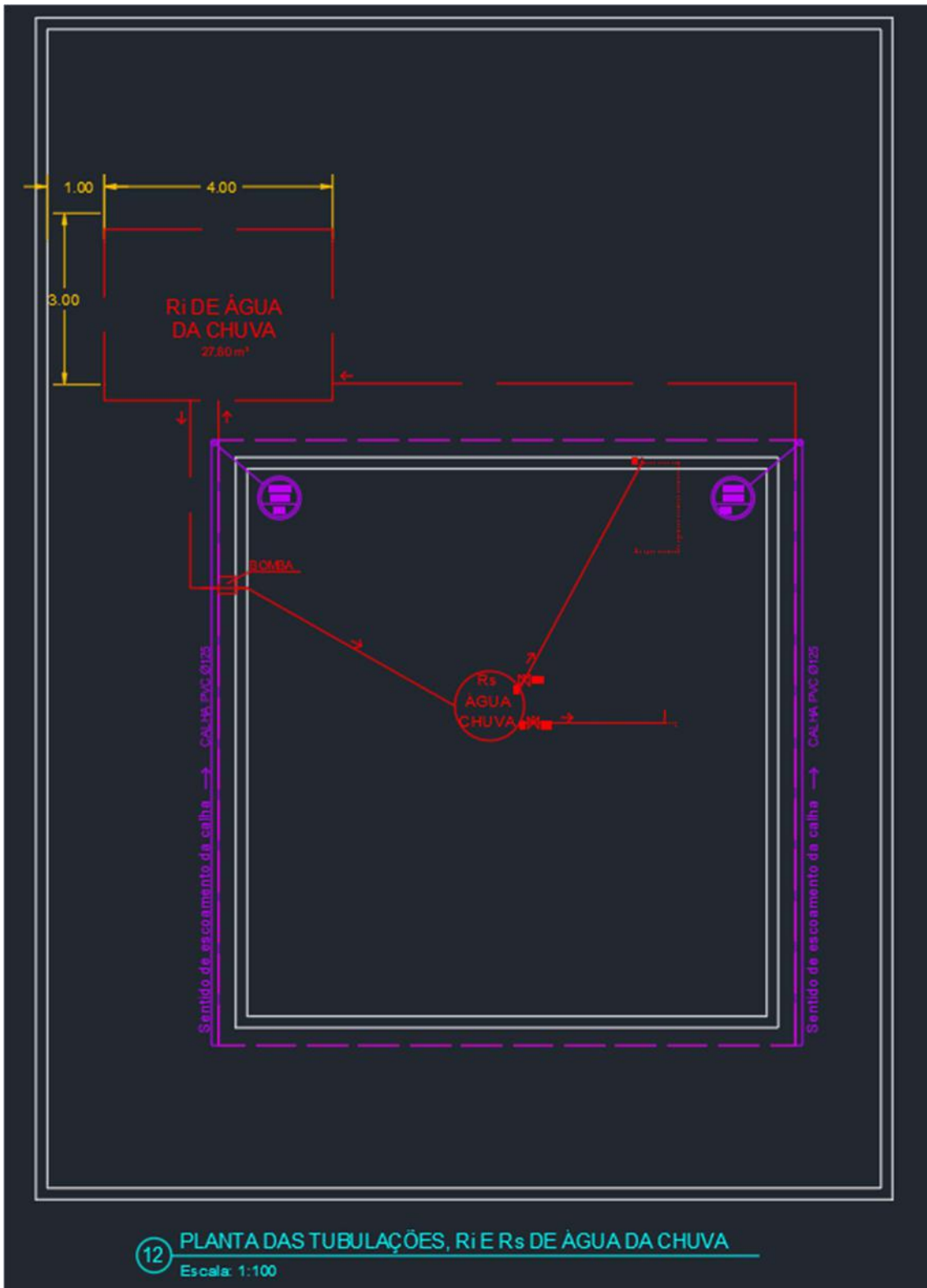


Figura 39 – Planta dos reservatórios e das tubulações de distribuição de água da chuva na edificação  
Fonte - Próprio autor (2023)

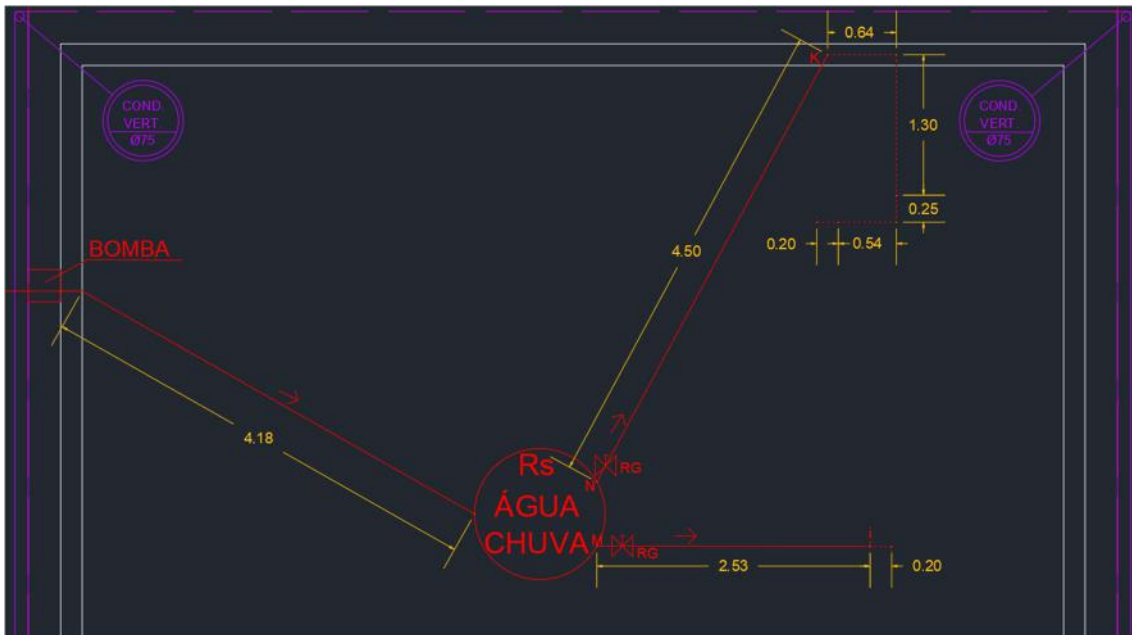


Figura 40 – Cotas horizontais das tubulações de distribuição de água da chuva na edificação  
Fonte - Próprio autor (2023)

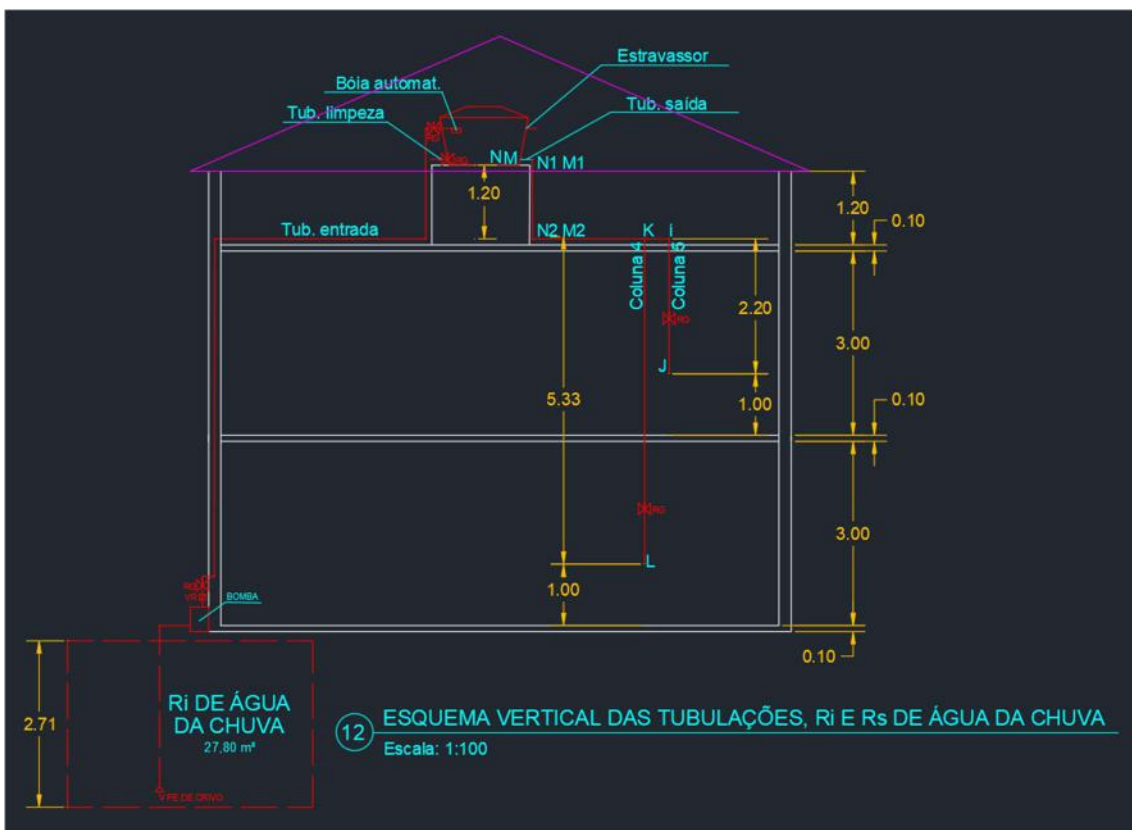


Figura 41 – Esquema vertical dos reservatórios e tubulações de distribuição de água da chuva.  
Fonte - Próprio autor (2023)

O dimensionamento das colunas de distribuição de água não potável seguiu conforme seção 3.2.5.2, no qual foram contabilizadas as perdas de cargas devido ao comprimento real das tubulações (soma dos comprimentos horizontais (Figura 39 e Figura 40) e verticais (Figura 41)), medidos diretamente em planta pelo software AutoCAD, e devido ao comprimento equivalente das conexões presentes no sistema de distribuição interna da edificação (Tabela 12).

Adotou-se uma coluna para cada ramal dimensionado, de modo que a coluna 4 alimenta o ramal 4, que abastece os vasos sanitários dos lavabos e as torneiras da área externa, e a coluna 5 alimenta o ramal 5, que abastece os vasos sanitários dos banheiros do pavimento superior. Verificou-se qual o ponto mais crítico de cada coluna, ou seja, o ponto que representava maior perda de carga, em geral a peça mais distante alimentada pelo ramal, demandando maior pressão de funcionamento. Nas duas colunas foi verificado que o vaso sanitário era o ponto crítico abastecido pelos ramais.

<b>RAMAL 4 (LAVABOS + TORNEIRAS):</b>	<b>RAMAL 5 (BANHEIROS PAV. SUPERIOR):</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Trecho L – L9</li><li>• Ponto crítico: vaso sanitário</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trecho J – J3</li><li>• Ponto crítico: vaso sanitário</li></ul>

Considerando o diâmetro dimensionado de cada ramal e suas respectivas vazões ( $Q$ ), apresentados na Tabela 31, foi possível dimensionar a perda de carga unitária ( $J$ ) ao longo do ramal pelo ábaco do Anexo A, para em seguida multiplicar pelo comprimento total do trecho (comprimento real mais o comprimento equivalente) e, assim, calcular a perda de carga total.

Para o dimensionamento do comprimento equivalente, realizou-se o levantamento das conexões presentes nos trechos críticos (Tabela 32) e verificou-se o comprimento equivalente (Tabela 12) correspondente as conexões para tubulação de DN 20 mm, ou seja DE 25 mm.

Tabela 32 - Levantamento das conexões e comp. equivalentes dos ramais de água não potável

RAMAL	TRECHO	TÊ 90° PASSAGEM DIRETA (P1)		JOELHO DE 90° (P3)		REGISTRO GAVETA (RG)		TOTAL
		QNT	L EQUIV. (0,8)	QNT	L EQUIV. (1,2)	QNT	L EQUIV. (0,2)	
RAMAL 4 (LVB + T)	L - L9	3,00	2,40	4,00	4,80	0,00	0,00	7,20
RAMAL 5 (BNH)	J - J3	1,00	0,80	2,00	2,40	0,00	0,00	3,20
COLUNA 4 (RAMAL 4)	N - L	0,00	0,00	3,00	3,60	2,00	0,40	4,00
COLUNA 5 (RAMAL 5)	M - J	0,00	0,00	3,00	3,60	2,00	0,40	4,00

Fonte - Próprio autor (2023)

A partir da perda de carga total em cada trecho crítico, foi possível encontrar a pressão mínima necessária no início do ramal de cada trecho (Tabela 33). Portanto, para o bom funcionamento do vaso sanitário do lavabo no pavimento térreo, é necessária uma pressão no início do ramal 4 de 0,76 mca e para o vaso sanitário do banheiro do pavimento superior é necessária uma pressão mínima de 0,06 mca no início do ramal 5.

Tabela 33 - Perda de carga nos trechos críticos dos ramais de água não potável

Trecho	Trecho Subida (m)	Trecho Descida (m)	Pressão mínima (mca)	Perda de carga total (mca)	Pressão mínima no início do ramal (mca)
L - L9	0	0,6	0,5	0,86	0,76
J - J3	0	0,6	0,5	0,16	0,06

Fonte - Próprio autor (2023)

Para o diâmetro das colunas foi adotado o mesmo dos ramais, DN 20 mm e DE 25 mm, verificou-se que esse DN proporciona a pressão jusante suficiente para atender a pressão mínima na entrada dos ramais. Nesse caso não foi necessário aumentar o diâmetro da tubulação da coluna, nem a altura do reservatório superior para aumentar a pressão, visto que ela já é atendida pelo projeto inicialmente proposto para as instalações de água não potável. Os dados referentes ao dimensionamento das colunas distribuição de água da chuva estão contidos na Tabela 34.

Tabela 34 - Dimensionamento das colunas de água da chuva

Local	Trecho	ΣP	Vazão (l/s)	DE (mm)	Velocidad (m/s)	Comp. Real (m)	Comp Equiv. (m)	Comp Total (m)	Pressão disponível (mca)	Perda Carga Unitária (J) (mca)	Perda Carga Total (Jt) (mca)	Pressão Jusante (mca)	Pressão jusante coluna > Pressão ramal?
RAMAL 4 (LVB + T)	L - L9	1,40	0,35	25,00	0,80	3,53	7,20	10,73	-	0,08	0,86	-	
RAMAL 5	J - J3	0,60	0,23	25,00	0,55	0,80	3,20	4,00	-	0,04	0,16	-	
COLUNA 4 (RAMAL 4)	N - L	1,40	0,35	25,00	0,80	11,09	4,00	15,09	6,59	0,08	1,21	5,38	SIM
COLUNA 5 (RAMAL 5)	M - J	0,60	0,23	25,00	0,55	6,02	4,00	10,02	3,50	0,0400	0,40	3,10	SIM

Fonte - Próprio autor (2023)

Tabela 35 - Comprimentos equivalentes referente ao sistema de bombeamento de água da chuva

RAMAL	TRECHO	JOELHO DE 90° (P3)		REGISTRO GAVETA (RG)		VÁLVULA DE RETENÇÃO (VR)		VÁLVULA PÉ E CRIVO (VP)		TOTAL
		QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	QNT	L EQUIV.	L EQUIV.
Sucção	Ri - Bomba	1,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	9,50	10,70
Recalque	Bomba - Rs	5,00	5,50	2,00	0,20	1,00	2,50	0,00	0,00	8,20

Fonte - Próprio autor (2023)

O dimensionamento do sistema de bombeamento foi realizado conforme seção 3.2.5.3 e seguiu análogo ao dimensionamento do sistema de bombeamento de água fria (Seção 4.1.5.3). Para o dimensionamento do DN da tubulação de recalque, estimou-se o consumo diário de água não potável em aproximadamente 332 L/dia. Para o tempo máximo de funcionamento da bomba por dia, adotou-se o período total de 30 minutos, atendendo ao tempo máximo de 3,00 horas por dia, para uma edificação residencial unifamiliar, conforme recomendado pela NBR 5626 (2020).

$$\text{Consumo diário água não potável} = \left( \frac{9949,52 \text{ L}}{30 \text{ dias}} \right) = 331,65 \text{ L}$$

A partir da Equação 9 obteve-se um DN de 6,70 mm para a tubulação de recalque, abaixo do mínimo, portanto adotou-se DN mínimo de 15 mm (DE 20 mm). O diâmetro da tubulação de sucção será um diâmetro acima da tubulação e recalque, conforme seção 3.2.5.3, portanto DN 20 mm (DE 25 mm).

A altura manométrica foi obtida a partir das perdas de cargas devido ao comprimento das tubulações e devido as conexões existentes no sistema. A perda de carga devido as conexões da tubulação foram de 10,70 m para tubulação de sucção e 8,20 m para a tubulação de recalque (Tabela 35).

A altura total de perda (Hperda) foi obtida em função do comprimento total da tubulação, medido diretamente pelo software AutoCAD, e da perda de carga unitária obtida pelo Ábaco de Fair Whipple – Hsiao (Anexo A). Já o valor de Hestático foi obtido diretamente pelo AutoCAD a partir da cota do esquema vertical (Figura 41), sendo Hestático sucção (2,65 m) a cota do nível da tubulação no reservatório inferior até a bomba, e Hestático recalque (7,80 m) a cota do nível da bomba até o ponto de alimentação do reservatório superior (Tabela 36).

Tabela 36 - Dimensionamento das colunas de sucção e recalque de água da chuva

Local	Trecho	Vazão (l/s)	DN (mm)	Comp. Real (m)	Comp. Equiv. (m)	Comp. Total (m)	Perda Carga Unitária (mca)	H perda (m)	H estática (m)	H man (m)	H man total (m)
Sucção	Ri - Bomba	0,18	20,00	6,43	10,70	17,13	0,022	0,377	2,65	3,03	14,52
Recalque	Bomba - Rs	0,18	15,00	12,34	8,20	20,54	0,180	3,697	7,80	11,50	

Fonte - Próprio autor (2023)



Com os valores de Hestático e Hperda dimensionou-se a altura manométrica total da tubulação de bombeamento de água da chuva, resultando em Hman total de 14,52 m (Tabela 36). Aplicando na Equação 10 os dados obtidos, é possível estimar que a potência necessária para a bomba do sistema de água não potável é de 0,071 CV, logo podemos adotar a mesma bomba centrifuga comercial periférica de 0,50 CV que foi adotada para o sistema de água fria, capaz de atender uma altura manométrica total de 19,00 m e uma profundidade máxima de sucção de 6,00 m.

#### 4.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

Para estimar os custos com a implementação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, foi realizado o levantamento quantitativo dos componentes do sistema, bem como o levantamento de custo estimado de cada. Estimou-se, portanto, os custos com: bomba centrifuga, reservatório superior e inferior, tubulações, conexões e mão de obra. O levantamento de quantitativos foi estimado conforme o memorial de cálculo apresentado na Tabela 37.

Para o sistema de captação de água da chuva foram levantados os quantitativos referente as tubulações da calha, do condutor vertical e do condutor horizontal, os respectivos comprimentos foram medidos diretamente pelos croquis no AutoCAD. Além disso, estimou-se as seguintes etapas de construção do reservatório inferior enterrado (Figura 42 e Figura 43): escavação de terra, apiloamento do fundo, preparação da base com lastro de concreto, montagem das fôrmas, posicionamento de armaduras, concretagem das paredes do reservatório e reaterro manual nas laterais. Cada serviço ou etapa possui uma unidade de medida respectiva. Como não foi elaborado projeto estrutural do reservatório, visto que não fazia parte do escopo do estudo de caso, o mesmo foi dimensionado a partir de estimativas de taxa de aço.

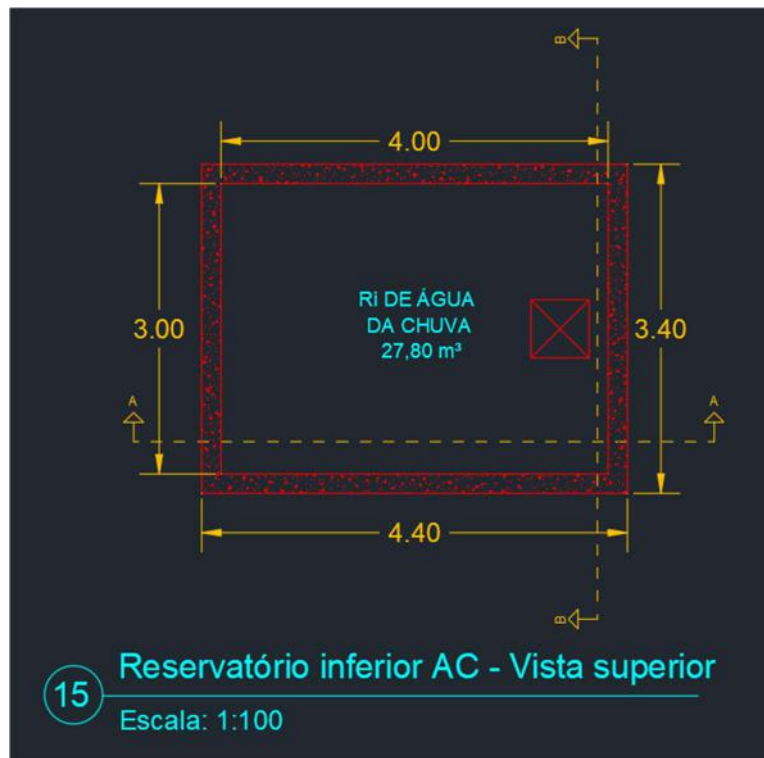


Figura 42 – Vista superior do reservatório inferior enterrado de água da chuva.  
 Fonte - Próprio autor (2023)

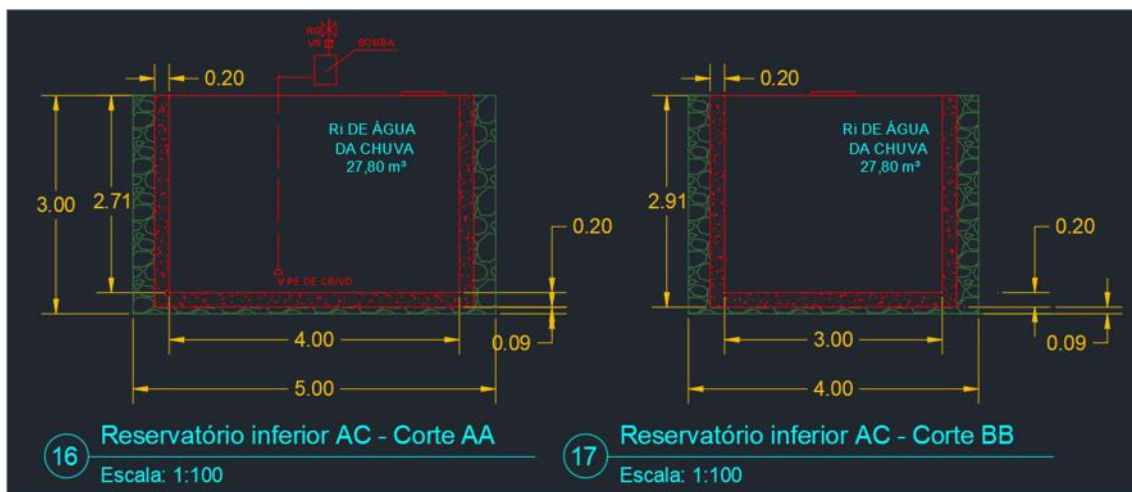


Figura 43 –Cortes AA e BB do reservatório inferior enterrado de água da chuva.  
 Fonte - Próprio autor (2023)

Para o levantamento de quantitativos do sistema de bombeamento (Tabela 37), foram consideradas as medidas das tubulações de sucção e de recalque, obtidas pelos croquis elaborados no AutoCAD. Além das conexões presentes no sistema, já levantadas na Tabela 35 da seção 4.2.7, utilizadas para o dimensionamento das tubulações do sistema de bombeamento de água da chuva. Em relação a bomba, conforme já estimado na seção 4.2.7, foi estabelecida uma bomba centrífuga de 0,5CV.

Já no levantamento dos quantitativos do sistema de distribuição de água da chuva, foram levantados os comprimentos das tubulações que compõem as colunas, ramais e sub-ramais de água da chuva (Tabela 34) e suas respectivas conexões, já quantificadas na Tabela 32 da seção 4.2.7. Por fim, foi contabilizada uma caixa d'água de 500L, conforme dimensionado como reservatório superior.

Tabela 37 – Memorial de levantamento quantitativo do sistema de água da chuva

<b>1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA</b>			
<b>SERVIÇO</b>	<b>OBS</b>	<b>QTD</b>	<b>UN</b>
Calha	<i>Calhas DN 125mm. Comprimento total = 2 lados * 10,60m de comprimento de cada lado do telhado</i>	21,20	m
Condutor Vertical	<i>Condutor DN 70mm. Comprimento total = 2 condutores * 7,5m de altura da calha ao chão</i>	15,00	m
Condutor Horizontal	<i>Condutor DN 100mm. Comprimento total = 0,7m + 8,1m + 1,0m</i>	9,80	m
	<i>Escavação do volume do reservatório acrescido do volume escavado nas laterais, que será reaterado. Volume total = 5,0m * 4,0m * 3,0m.</i>	60,00	m <sup>3</sup>
	<i>Apiloamento manual do fundo da vala. Área total = área fundo do reservatório + área escavada das laterais.</i>	20,00	m <sup>2</sup>
	<i>Lastro de concreto do fundo da vala, com espessura de 3 cm. Área total = área total escavada</i>	20,00	m <sup>3</sup>
Reservatório inferior	<i>Fôrma para as paredes de concreto do reservatório.</i>	90,48	m <sup>2</sup>
	<i>Concreto usinado FCK 25MPa para as paredes do reservatório. Volume total = área da base das paredes do reservatório * altura do reservatório.</i>	8,88	m <sup>3</sup>
	<i>Armação de aço das paredes do reservatório.</i>	728,16	Kg
	<i>Reaterro manual da área escavada na lateral do reservatório. Volume total = Volume total escavado - Volume do reservatório - Volume das paredes do reservatório</i>	15,12	m <sup>3</sup>
<b>2 - SISTEMA DE BOMBEAMENTO</b>			
<b>SERVIÇO</b>	<b>OBS</b>	<b>QTD</b>	<b>UN</b>
Tubulação sucção e recalque	<i>Tubulação PVC soldável DN 20mm. Comprimento total sucção = 2,65 + 3,28 + 0,5. Comprimento total recalque = 0,11m + 0,14m + 0,15m + 0,2m + 5,5m + 4,18m + 1,8m + 0,26m</i>	18,77	m
	<i>Joelho 90° para tubulação DN 20mm</i>	6,00	UN
	<i>Registro Gaveta para tubulação DN 20mm</i>	2,00	UN
Conexões	<i>Válvula de retenção para tubulação DN 20mm</i>	1,00	UN
	<i>Válvula pé e crivo para tubulação DN 20mm</i>	1,00	UN

Bomba centrífuga	<i>Bomba centrífuga de 0,5CV</i>	1,00	UN
<b>3 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA</b>			
<b>SERVIÇO</b>	<b>OBS</b>	<b>QTD</b>	<b>UN</b>
Reservatório superior	<i>Caixa d'água de 500L</i>	1,00	UN
Tubulações de distribuição	<i>Tubulação PVC soldável DN 20mm. Comprimento das colunas 4 e 5 e comprimento dos ramais 4 e 5.</i>	21,44	m
	<i>Joelho 90° para tubulação DN 20mm</i>	12,00	UN
Conexões	<i>Registro Gaveta para tubulação DN 20mm</i>	4,00	UN
	<i>Tê 90° passagem direta para tubulação DN 20mm</i>	4,00	UN

Fonte - Próprio autor (2023)

Tabela 38 – Orçamento do sistema de água da chuva

1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA							
SERVIÇO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID	QNT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL	
Calha	100434	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m	21,20	R\$ 163,28	R\$ 3.461,54	
Condutor Vertical	89511	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO.	m	15,00	R\$ 39,90	R\$ 598,50	
Condutor Horizontal	89512	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO.	m	9,80	R\$ 50,71	R\$ 496,96	
Reservatório inferior	101207	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÃO, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M <sup>3</sup> / 111 HP), FROTA DE 2 CAMINHÕES BASCULANTES DE 18 M <sup>3</sup> , DMT ATÉ 1 KM E VELOCIDADE MÉDIA 14 KM/H.	m <sup>3</sup>	60,00	R\$ 10,42	R\$ 625,20	
	101617	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL).	m <sup>2</sup>	20,00	R\$ 3,41	R\$ 68,20	
	96617	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 3 CM.	m <sup>3</sup>	20,00	R\$ 18,73	R\$ 374,60	
	92538	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA	m <sup>2</sup>	90,48	R\$ 40,90	R\$ 3.700,63	
	99432	CONCRETAGEM DE PAREDES EM EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	m <sup>3</sup>	8,88	R\$ 577,62	R\$ 5.129,27	
	91593	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA EM PAREDES DE EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS	Kg	728,16	R\$ 10,47	R\$ 7.623,84	
	93382	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA.	m <sup>3</sup>	15,12	R\$ 37,33	R\$ 564,43	

<b>2 - SISTEMA DE BOMBEAMENTO</b>								
<b>SERVIÇO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID</b>	<b>QNT</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>		
Tubulação sucção e recalque	89401	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m	18,77	R\$ 11,73	R\$	220,17	
Conexões	89404	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	6,00	R\$ 7,78	R\$	46,68	
	89352	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1/2" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2,00	R\$ 23,32	R\$	46,64	
	99627	VÁLVULA DE RETENÇÃO VERTICAL, DE BRONZE, ROSCÁVEL, 1/2" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	R\$ 71,76	R\$	71,76	
	103011	VÁLVULA DE RETENÇÃO, DE BRONZE, PÉ COM CRIVOS, ROSCÁVEL, 1" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	1,00	R\$ 82,15	R\$	82,15	
Bomba centrífuga	102111	BOMBA CENTRÍFUGA, MONOFÁSICA, 0,5 CV OU 0,49 HP, HM 6 A 20 M, Q 1,2 A 8,3 M3/H - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	1,00	R\$ 901,86	R\$	901,86	
<b>3 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA</b>								
<b>SERVIÇO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID</b>	<b>QNT</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>		
Reservatório superior	102605	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	R\$ 271,38	R\$	271,38	
Tubulações de distribuição	89355	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m	21,44	R\$ 22,00	R\$	471,68	
Conexões	89358	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	12,00	R\$ 8,52	R\$	102,24	
	89352	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1/2" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4,00	R\$ 23,32	R\$	93,28	
	89393	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4,00	11,84	R\$	47,36	
<b>VALOR TOTAL</b>						R\$	<b>24.998,36</b>	

Fonte - Próprio autor (2023)

Conforme descrito na seção 3.3.6, para estimar os custos de cada etapa do sistema, bem como o investimento total necessário, foi utilizado como parâmetro a composição de custos desonerada do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), elaborado pela Caixa Econômica Federal, referente ao mês de maio de 2023, para o estado do Rio de Janeiro. A composição do SINAPI apresenta o custo estimado de cada serviço, já considerando o material, mão de obra e equipamentos necessários para as execuções.

Portanto, foi estimado o custo unitário de cada serviço necessário na implantação do sistema de captação e de aproveitamento de água da chuva. O custo total de cada serviço foi obtido em função do quantitativo levantado na Tabela 37, e por fim, obteve-se o valor total de R\$ 24.998,36 a ser investido para o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. Os custos de cada serviço e o total estão demonstrados na Tabela 38.

Para estimar o valor economizado na conta de água com o aproveitamento de água da chuva, verificou-se o valor da tarifa cobrada pela concessionária de abastecimento de água. O município de Macaé está considerado na área de abrangência referente a tarifa B, conforme Decreto 23.676 de 04 de novembro de 1997. Além disso, para a edificação nesse estudo de caso, estimou-se o consumo mensal de 27m<sup>3</sup> de água potável.

O Decreto 23.676 de 04 de novembro de 1997, estipula que a cobrança da taxa de esgoto seja igual à cobrança da taxa de água. Desta forma, para estimar o custo total da conta de água cobrada pela concessionária, é necessário realizar o cálculo da cobrança de água potável, e em seguida dobrar o valor obtido, a fim de incluir o custo com esgoto.

Conforme a categoria domiciliar da Tabela 39, a tarifa de água cobrada para a residência será de R\$ 4,90 para os primeiros 15 m<sup>3</sup> de consumo e R\$ 10,79 para os 12 m<sup>3</sup> restantes. Portanto, a cobrança de água potável estimada para a residência, equivalente ao consumo mensal de 27 m<sup>3</sup>, será de R\$ 203,23 por mês.

Tabela 39 – Memorial de levantamento quantitativo do sistema de água da chuva

ESTRUTURA TARIFÁRIA					
CATEGORIA DE	CONSUMO	MULTIPLI-	TARIFA 1	TARIFA 2	TARIFA 3
USUÁRIOS	(m³ / MÊS)	CADOR	(B)	(B)	(B)
<b>DOMICILIAR CONTA MÍNIMA</b>		1,00	4 284988		
<b>DOMICILIAR</b>	0 - 15	1,00		4,908882	4,908882
	16 - 30	2,20		10,799540	10,799540
	31 - 45	3,00		14,726646	14,726646
	46 - 60	6,00		29,453292	29,453292
	> 60	8,00		39,271056	39,271056
<b>COMERCIAL</b>	0 - 20	3,40		16,690198	16,690198
	21 - 30	5,99		29,404203	29,404203
	> 30	6,40		31,416844	31,416844
<b>INDUSTRIAL</b>	0 - 20	4,70		23,071745	23,071745
	21 - 30	4,70		23,071745	23,071745
	31 - 130	5,40		26,507962	26,507962
	> 130	5,70		27,980627	27,980627
<b>PÚBLICA</b>	0 - 15	1,32		6,479724	6,479724
	> 15	2,92		14,333935	14,333935
<b>PÚBLICA</b>	0 - 15	1,32	5,656184		
<b>(*) ESTADUAL</b>	> 15	2,92	12,512164		

Fonte - Diário Oficial (2022)

O volume estimado de água da chuva que será captada pelo sistema foi de 127,50 m³ por ano, equivalente a 10,625 m³ por mês em média, conforme seção 4.2.5. Considerando a economia de água potável proporcionada pela substituição por água da chuva, o novo consumo mensal de água potável da residência passará de 27m³ para 16,375 m³ por mês.

Estimou-se o novo valor da cobrança de água potável em R\$ 88,48, referente ao consumo de 16,375m³, resultando em uma economia anual de R\$1.375,73 com a cobrança apenas de água. Visto que a cobrança de esgoto é igual à cobrança de água, o que dobra o valor da cobrança, estima-se que o valor total economizado com o sistema de água da chuva corresponderá a R\$ 2.751,45 por ano.

Considerando o valor de investimento e o valor economizado por ano com o sistema, foi possível estimar que em 9 anos e 2 meses a economia com o aproveitamento de água da chuva compensaria totalmente o valor investido na implantação do sistema.



## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo apresentado discute a importância do acesso aos serviços de abastecimento de água e saneamento básico como direitos fundamentais da população brasileira. Sendo a elaboração e o dimensionamento de projetos hidrossanitários, que estejam em conformidade com as normas técnicas, uma ferramenta essencial para garantir a qualidade e a quantidade apropriada de água nas residências.

Pensando em formas de garantir o acesso a água de qualidade e ao mesmo tempo otimizar o uso da água potável, destinando-a para consumos essenciais, foi proposto no estudo avaliar a viabilidade, em termos técnicos de projeto e em termos financeiros, da adoção de um sistema de captação de água da chuva para usos não potáveis na residência.

Com a adoção do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva na residência, verificou-se que a água da chuva pode ser destinada a fins não potáveis, logo a água potável não seria desperdiçada com atividades que não demandem sua potabilidade. A água da chuva pode ser utilizada tanto para fins internos, como descarga de vasos sanitários, quanto para fins externos à edificação, como lavagem de automóveis, rega de jardins e manutenção de piscinas, suprimindo uma demanda mensal de 9,95 m<sup>3</sup> de água, que antes do sistema de aproveitamento de água da chuva, seria consumida de água potável.

Um dos principais resultados obtidos com o estudo foi que a partir da implementação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, estimou-se uma economia de 127,50 m<sup>3</sup> de água potável por ano na residência. Do aspecto financeiro, verificou-se que esse volume anual aproveitado de água da chuva proporcionará uma economia de R\$ 2.751,45 por ano, que seriam gastos com água potável usada para fins não potáveis.

Para avaliar a viabilidade econômica de implantar o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, foi necessária a realização do levantamento dos quantitativos e dos custos associados de cada etapa e serviço de construção do sistema. O custo total de implantação do sistema foi estimado em R\$ 24.998,36. Considerando o valor de R\$ 2.751,45, economizado anualmente com a substituição da água potável por água da chuva, estimou-se que levariam

cerca de 9 anos e 2 meses para que a economia com o sistema compensasse o valor investido na sua implementação.

Verificou-se que de todo o custo de implementação do sistema de água da chuva, o maior custo (R\$ 22,643,16) é referente a implantação do sistema de captação de água da chuva, que inclui os custos com as calhas, condutores verticais e horizontais, e os custos com o reservatório inferior enterrado, sendo para este último estimado o custo de R\$ 18.086,16, o item de maior custo associado do sistema de captação.

Os custos do reservatório inferior de água da chuva foram estimados com base nas dimensões projetadas para o reservatório, visto que o reservatório capaz de regularizar a demanda constante de 9,95 m<sup>3</sup>/mês deverá ter capacidade de armazenar 27,78 m<sup>3</sup> de água da chuva, conforme estimados pelo método de Rippl ao longo do estudo.

O reservatório inferior proposto no estudo de caso, foi dimensionado em concreto armado e estipulou-se que o mesmo ficaria enterrado. Entretanto, devido ao alto custo de construção desse tipo de reservatório, propõe-se que sejam analisadas outras soluções, como adotar reservatórios pré-fabricados do tipo tanque de polietileno, a fim de analisar se haveria diminuição do custo do sistema.

Apesar do alto custo com o reservatório inferior, o investimento na implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva se mostrou viável financeiramente a longo prazo, visto que o sistema trará lucro por toda sua vida útil, mesmo após o tempo de retorno do investimento, de 9 anos e 2 meses. Além disso, a implantação do sistema possui um viés sustentável, visto a economia de água potável gerada ao substituir por água não potáveis para fins não potáveis, conseqüentemente promove a preservação do recurso hídrico.

Em relação a viabilidade técnica do sistema proposto, quando considerado desde a fase de concepção do projeto, o sistema de aproveitamento de água da chuva se mostrou viável de ser adotado em uma edificação residencial. Visto que quando pensado desde a fase de projeto, é possível compatibilizar o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva sem a

necessidade de grandes adaptações no projeto de sistema de água fria convencional da residência.

Dimensionando um sistema simples de captação da água da chuva a partir de calhas no telhado, armazenando essa água em um reservatório inferior, projetando um sistema de bombeamento da água para um reservatório superior, e a distribuição dessa água para os pontos de utilização da residência já torna o sistema viável tecnicamente de ser implementado em edificações residenciais de diversos tamanhos.

O dimensionamento do sistema de água, tanto potável quanto não potável, seguiu a premissa de promover o abastecimento dos aparelhos de utilização com as vazões e pressões necessárias para o seu bom funcionamento. No caso do chuveiro, por exemplo, no qual o primeiro diâmetro proposto não fornecia uma pressão mínima para o bom funcionamento, foi pensado em soluções técnicas para adequar a pressão fornecida a pressão necessária, como a alteração do diâmetro da coluna e a altura do reservatório superior. Projetar as tubulações, de modo que atendam as pressões e vazões necessárias para o bom funcionamento dos aparelhos, é uma forma de promover a qualidade de vida dos habitantes da edificação, além do possível ganho financeiro ao evitar sistemas superdimensionados.

Atentou-se para que o projeto das tubulações de água evitasse trechos em formato de sifão, visando minimizar o acúmulo de ar dentro da tubulação. Além disso, a compatibilização do traçado da passagem das tubulações com os demais elementos da edificação, se mostrou um ponto importante de se considerar na elaboração do projeto. Foi necessário projetar de modo que as tubulações evitassem a interferência de elementos estruturais e arquitetônicos (como portas, janelas) já estabelecidos em planta.

O dimensionamento do sistema de água fria, bem como o sistema de bombeamento e o sistema de água da chuva, seguiram métodos reconhecidos e fundamentados, estabelecidos por norma ou autores de referência no tema e empregando as equações pertinentes. Resultou em um sistema compatível com o esperado, visto que não foi verificada nenhuma discrepância dos diâmetros dimensionados para as tubulações, de modo que todos os diâmetros obedecem aos valores mínimos de norma e os diâmetros usualmente comercializados.

## 6. CONCLUSÕES

A conclusão do estudo de caso realizado será através da avaliação dos objetivos gerais e específicos propostos no presente trabalho. Em outros termos, a conclusão visa avaliar o desenvolvimento de um projeto de abastecimento de água, que possibilite o abastecimento tanto pela concessionária quanto com água da chuva, para uma edificação residencial de 2 pavimentos, localizada no município de Macaé-RJ, no que tange o seu auxílio a gestão pública.

Em relação ao objetivo geral do trabalho, conclui-se que o dimensionamento e projeto de abastecimento de água, que possibilite o abastecimento tanto pela concessionária quanto com água da chuva, elaborado nesta pesquisa é tecnicamente e economicamente viável e poderá ser utilizado como modelo pela gestão pública do município. A partir do projeto proposto, a prefeitura municipal poderá desenvolver um projeto padrão e propor leis que estimulem a construção de edificações residenciais com este tipo de abastecimento, promovendo uma alternativa sustentável e que proporcione o acesso ao abastecimento de água, direito fundamental da população.

Entre os objetivos específicos do trabalho, pode-se concluir que todos os objetivos traçados foram alcançados e foram fundamentais para que se atingisse o objetivo geral proposto. A estimativa do potencial de captação e aproveitamento de água da chuva na região foi realizada graças a utilização do método Rippl e dos dados da região extraídos pelo programa Plúvio 2.1.

Os dimensionamentos das tubulações propostos entre os objetivos específicos (sistema de captação de água da chuva, instalações hidráulicas de água da chuva e de água fria) foram realizados e se mostraram eficientes no que tange o atendimento as vazões de funcionamento de cada aparelho sanitário. Além disso, com os dimensionamentos executados, foi possível elaborar os croquis do projeto de água fria e de água da chuva, objetivo no qual auxiliará a gestão pública a elaborar o modelo padrão a ser utilizado.

Por fim, no nível municipal, as necessidades humanas de desenvolvimento mediante as práticas e políticas públicas efetivas são mais potentes do que qualquer outro nível, visto a proximidade do estado com a população. Desta forma, o estudo realizado e o modelo proposto serão grandes aliados a gestão pública do município de Macaé, com a finalidade de promover

alternativa sustentável de abastecimento em edificações residenciais unifamiliares, tendo o dimensionamento eficiente que atenda as vazões de funcionamento de cada aparelho da residência.

Sobre as limitações da pesquisa, destaca-se a falta de transparência dos dados a respeito do abastecimento de água proporcionado pela concessionária no município. Visto que o cronograma de abastecimento do município não está disponível para a consulta da população, sendo a frequência de abastecimento do bairro considerada neste trabalho, confirmada apenas em visita da autora à sede da concessionária no município. Essa limitação implicou na necessidade de adotar uma medida conservadora para estimar o consumo total de água potável na edificação, que seriam utilizados para o dimensionamento dos reservatórios ao longo do trabalho.

Para trabalhos futuros, a autora recomenda que sejam buscados, junto a concessionária e gestão pública, documentos que demonstrem quais bairros são atendidos por cada rota, além de documentos que comprovem a frequência dos abastecimentos das rotas. Assim, em posse destes dados, será possível adequar o dimensionamento dos reservatórios que atenderá a necessidade da residência conforme a rota a qual pertence e sua frequência de abastecimento.

Outra recomendação para trabalhos futuros é realizar o levantamento de quantitativos e de custos também para o sistema de água fria, a fim de estimar todo o custo de implantação do projeto. Destaca-se ainda a importância de realizar o projeto estrutural dos reservatórios inferiores enterrados, tanto de água potável quanto da chuva, para readequar o cálculo de viabilidade econômica de implantação do sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva, visto que o presente trabalho utilizou valores estimados. Seria interessante ainda analisar a viabilidade econômica de adotar um reservatório inferior de água não potável pré-fabricado, por exemplo tanque de polietileno, a fim de levantar a economia em relação a adoção de reservatório enterrado de concreto armado.

O estudo poderá ser utilizado ainda como referencial para trabalhos futuros, que visem desenvolver um material didático para a implementação de uma nova disciplina, que promova o estudo do tema de projetos de captação e aproveitamento de água da chuva em instalações prediais, no curso de graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas águas – Segurança hídrica do abastecimento urbano 2021**. 2021. Disponível em: <[https://biblioteca.ana.gov.br/sophia\\_web/asp/download.asp?codigo=151307&tipo\\_midia=2&indexSrv=1&Usuario=0&obra=90683&tipo=1&iBanner=0&idioma=0](https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/asp/download.asp?codigo=151307&tipo_midia=2&indexSrv=1&Usuario=0&obra=90683&tipo=1&iBanner=0&idioma=0)>. Acesso em: 16 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas águas – Segurança hídrica do abastecimento urbano**. 2023. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Painel de indicadores Segurança Hídrica**. 2020. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojZDFhZDQ2YTUtOTIyZC00MDImLWJmNGEtODdhODRjZDBiMzVmliwidCI6ImUwYml0MDEyLTgxMGltNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Painel de usos consuntivos da água no Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNmFhMjA4NmQtY2Y4Yy00OWE4LTkyNzEtOTk2MTY4MTQzMjIiIiwidCI6ImUwYml0MDEyLTgxMGltNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Usos da água**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

AGROCLIQUE. **Diâmetros De Tubo De PVC Marrom (Polegadas X MM)**. 2020. Disponível em: <<https://agroclique.com.br/diametros-de-tubo-de-pvc-marrom-polegadas-x-mm/>>. Acesso em: 08 jul. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARBOSA, R. K. R. C.; COCCO, G. P. R.; ALMEIDA, G. H. L.; LUPP, L. S. L.; BODEVAN, R. I.; SALES, V. S. L.; JACOB, R. S. Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar. **Percursos Acadêmicos**, Belo Horizonte, v. 7, n. 13, p. 42-73. 2017

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

CAMPOS, Taís de Faria. **Análise da viabilidade de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em um shopping center**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2019.

Catálogo de insumos e composições desoneradas do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI) para o estado do Rio de Janeiro, de 20 de junho de 2023. Disponível em: <[https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-rj/SINAPI\\_ref\\_Insumos\\_Composicoes\\_RJ\\_052023\\_Desonerado.zip](https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-rj/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_RJ_052023_Desonerado.zip)>. Acesso em: 09 jul. 2023.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 12 ed. São Paulo: Blucher, 2019.

COSTA, Junior. Moradores de Macaé, RJ, reclamam da falta de água constante. **G1**. Macaé, 24 fev. 2014. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2014/02/moradores-de-macaee-rj-reclamam-da-falta-de-agua-constante.html>>. Acesso em: 02 jul. 2023.

DIAS, Lucas Geraldo da Rocha. **Dimensionamento de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis em uma edificação pública na cidade de cachoeiro de Itapemirim/ES**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2019.

FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DA USP. ODS 6: água e saneamento básico. **Sustentarea**, São Paulo, 5 set. 2020. Disponível em: <<https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2020/09/05/ods-6-agua-e-saneamento-basico/#:~:text=6.1%20At%C3%A9%202030%2C%20alcan%C3%A7ar%20o%20acesso%20universal%20e,e%20meninas%20e%20daqueles%20em%20situa%C3%A7%C3%A3o%20de%20vulnerabilidade.>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

FLEURY, Afonso *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012.

FONTES, Marianna. Moradores reclamam da falta d'água no Lagomar. **O Debate**. Macaé, 15 jan. 2019. Disponível em: <<https://odebateon.com.br/moradores-reclamam-da-falta-dagua-no-lagomar/>>. Acesso em: 02 jul. 2023.

FRANÇA, Iara Soares de. **A cidade média e suas centralidades: O exemplo de Montes Claros no norte de Minas Gerais**. 2007. 240f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

GAMA FERRAMENTAS. **Manual G2761 e G2762**. Disponível em: <<https://gammaferramentas.com.br/wp-content/uploads/2018/01/g2761-g2762-manual-2020.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2023.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**, 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

JUNIOR, Osvaldo do Carmos Silva. Benefícios do reuso de água pluvial em edificações residenciais / Benefits of rainwater reuse in residential buildings. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 15435–15456, 2022.

JUSBRASIL. **Projeto Casas Sustentáveis traz soluções para a redução das contas de água e luz**. 2016. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/projeto-casas-sustentaveis-traz-solucoes-para-a-reducao-das-contas-de-agua-e-luz/299932804/amp>. Acesso em: 12 jun. 2023.

LIMA, Ricardo. **Instalações Elevatórias**. 2020. 1 vídeo (50 min). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=AohlKO9ISHw&t=1584s>>. Acesso em: 15 maio. 2023

MACAÉ. **Lei Complementar Nº 226, de 27 de dezembro de 2013**. Institui sobre as Zonas Industriais 4 e 5, altera o Código de Urbanismo do Município de Macaé e dá outras providências. Macaé, RJ: Diário da Costa do Sol, 2013.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**, 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, Joyce. Moradores denunciam falta d'água e saneamento no Lagomar, em Macaé (RJ). **A Verdade**. Macaé, 25 de maio de 2022. Disponível em: <<https://averdade.org.br/2022/05/moradores-denunciam-falta-dagua-e-saneamento-no-lagomar-em-macae-rj/#:~:text=No%20mesmo%20ano%2C%20durante%20uma,mesmo%20ap%C3%B3s%20a%20tribuna%20cidad%C3%A3.>>. Acesso em: 02 de julho de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **CONSUMO SUSTENTÁVEL**: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

RANGEL, Marina Leixas. **Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no pólo universitário da cidade de Macaé - RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2016.



RIO DE JANEIRO. Processo nº SEI-150001/023000/2022, de 07 de outubro 2022. Companhia estadual de águas e esgotos. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro: Parte 1, Rio de Janeiro, RJ, ano 48, n 188-B, 07 out. 2022.

SECOM. Cedae comunica redução de abastecimento de água por queda de energia. **Prefeitura de Macaé**. 06 fev, 2023. Disponível em: <<https://macae.rj.gov.br/noticias/leitura/noticia/cedae-comunica-reducao-de-abastecimento-de-agua-por-queda-de-energia>>. Acesso em: 02 jul. 2023

SILVA, C. C. M.; COSTA, N. T.; TEIXEIRA, Q. L; NUNES, A A. Projeto de captação e aproveitamento de água de chuva para fins de irrigação: estudo de caso da universidade católica de minas gerais – PUC Minas Unidade São Gabriel (Belo Horizonte - MG), **Percorso Acadêmico**, Belo Horizonte, v. 9, n. 17, p. 248–265. 2019.

SILVA, Carlos Henrique R. Tomé. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2012. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/recursos-hidricos-e-desenvolvimento-sustentavel-no-brasil#:~:text=A%20racionaliza%C3%A7%C3%A3o%20do%20uso%20dos,industriais%20e%20agr%C3%ADcolas%2C%20entre%20outras.>> Acesso em: 02 jul. 2023.

SILVA, F. F.; OLIVEIRA, P. S.; ALBERTIN, R. M.; FERNANDES, A. M. Viabilidade técnica e econômica da captação e aproveitamento da água da chuva para o IFPR - campus Curitiba, **Revista Macambira**, v. 5, n. 2, p 1-14. 2021.

TIGRE S.A. **Água Fria**. Joinville: Tigre S.A. 2016. Disponível em: <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2023.

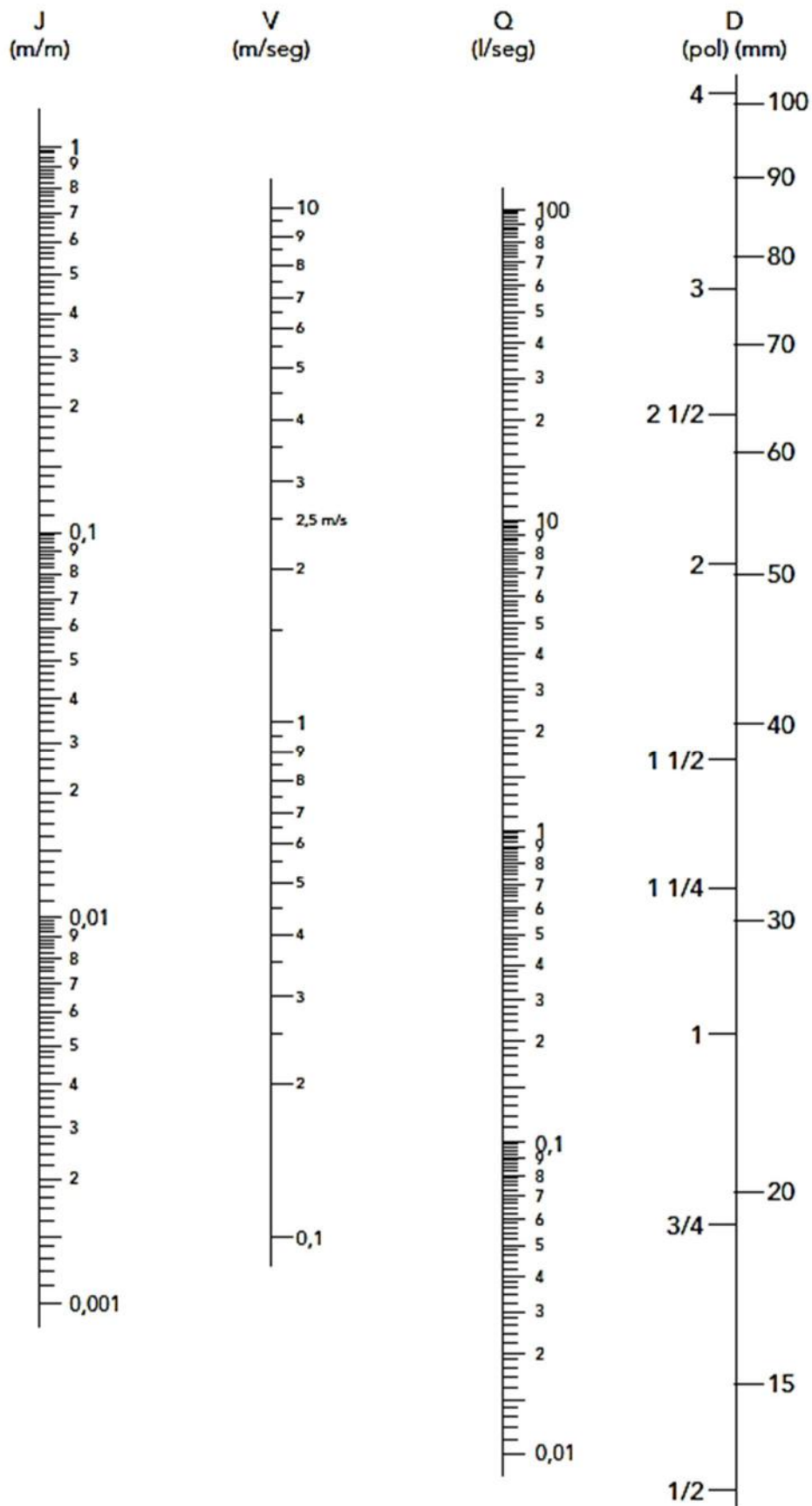
TIGRE S.A. **Manual Técnico Tigre**. Joinville: Tigre AS. 2016. Disponível em: <[https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM\\_2022-baixa.pdf](https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2023.

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

TORRES, Humberto Rodrigues. Instalações Hidrossanitárias. 2023. Notas de aula.

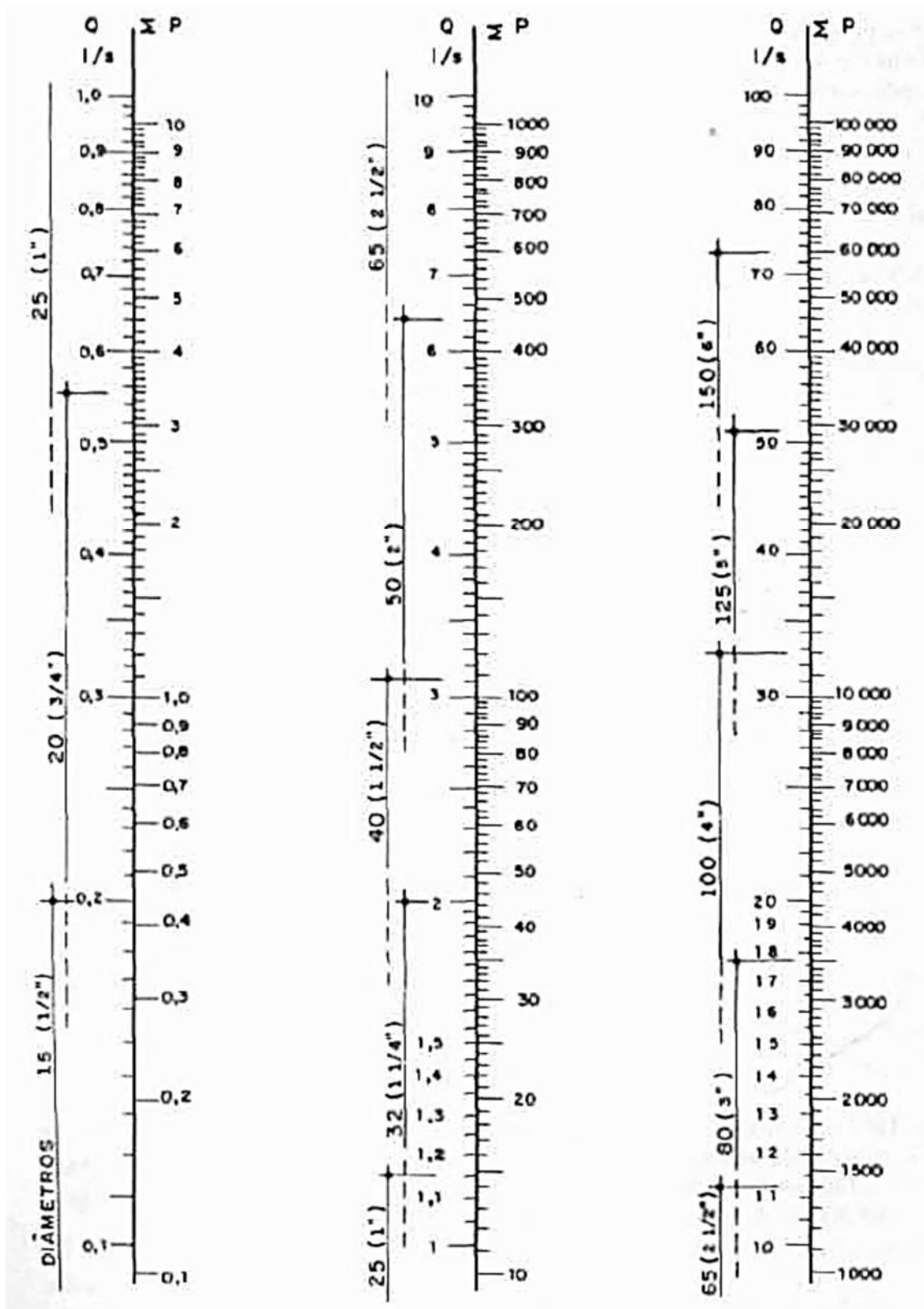
VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aproveitamento da água da chuva na Amazônia: experiências nas ilhas de Belém/PA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 229-242, 2014.

## ANEXO A – ÁBACO DE FAIR-WHIPPLE-HSIAO PARA TUBULAÇÕES DE COBRE E PLÁSTICO



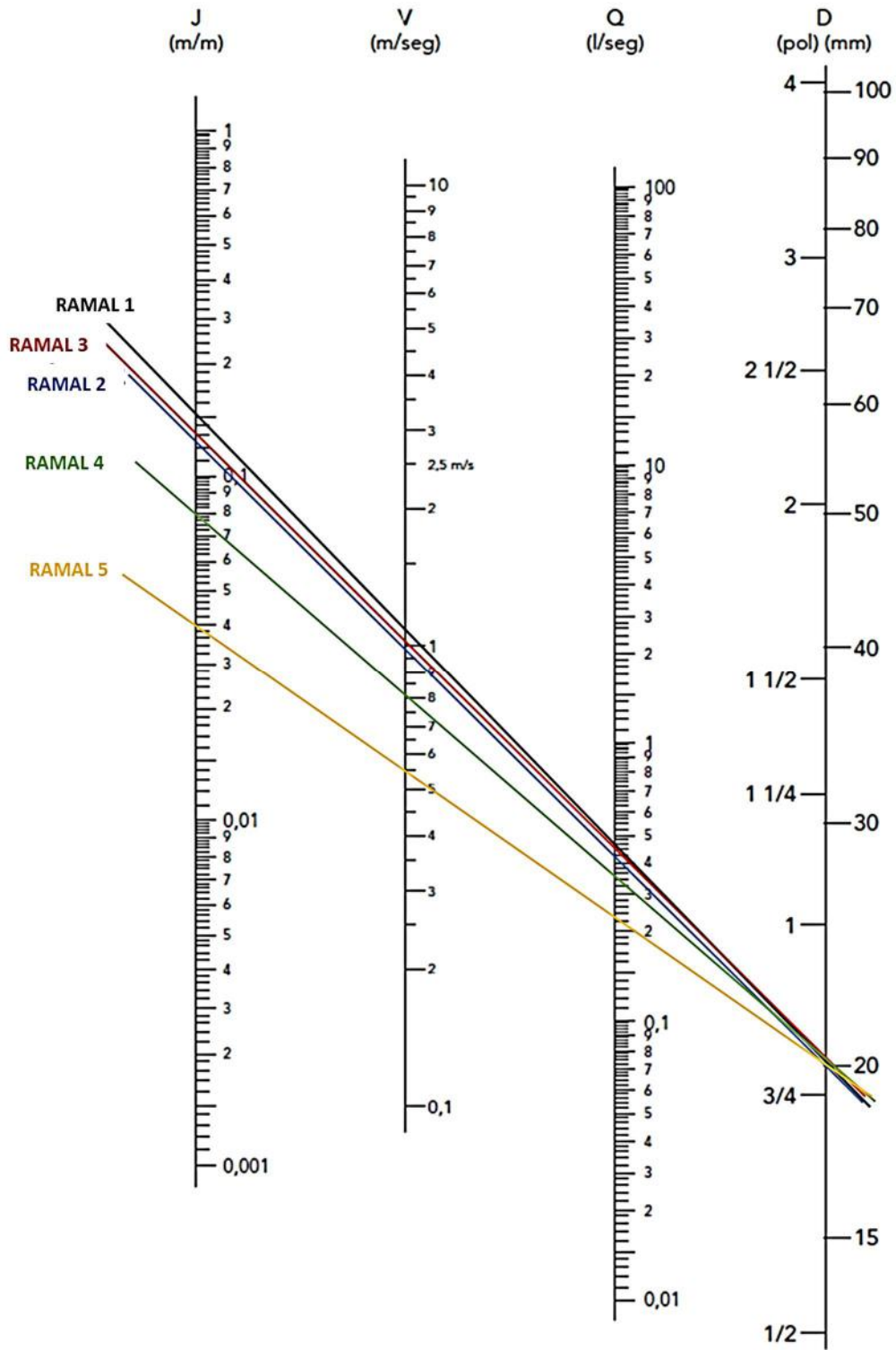
Fonte - Carvalho Júnior (2019)

## ANEXO B – ÁBACO DE DIAMETROS NOMINAIS E VAZÕES



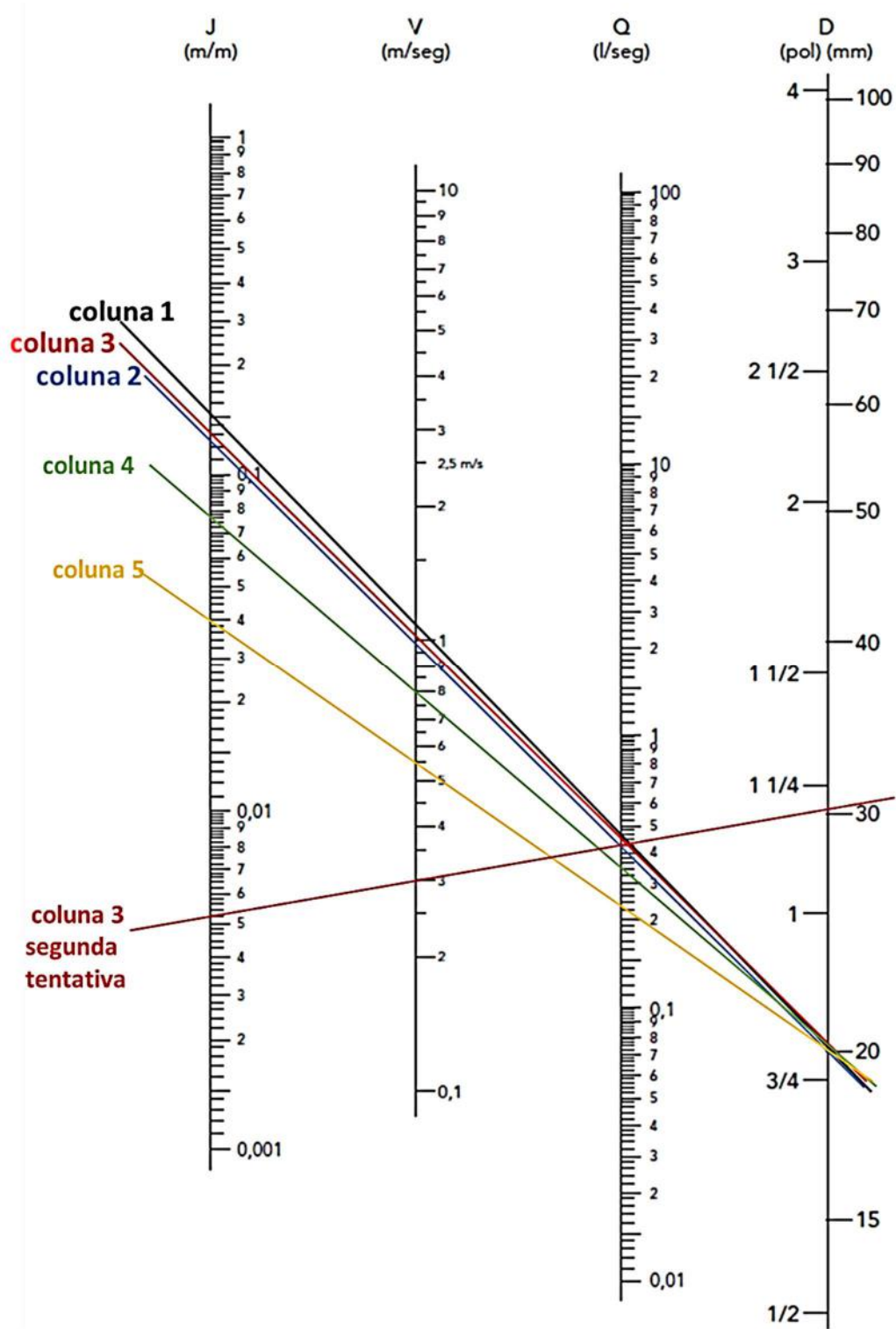
Fonte - Macintyre (2010).

## ANEXO C – DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS PELO ÁBACO



Fonte – Adaptado de Carvalho Júnior (2019)

## ANEXO D – DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS PELO ÁBACO



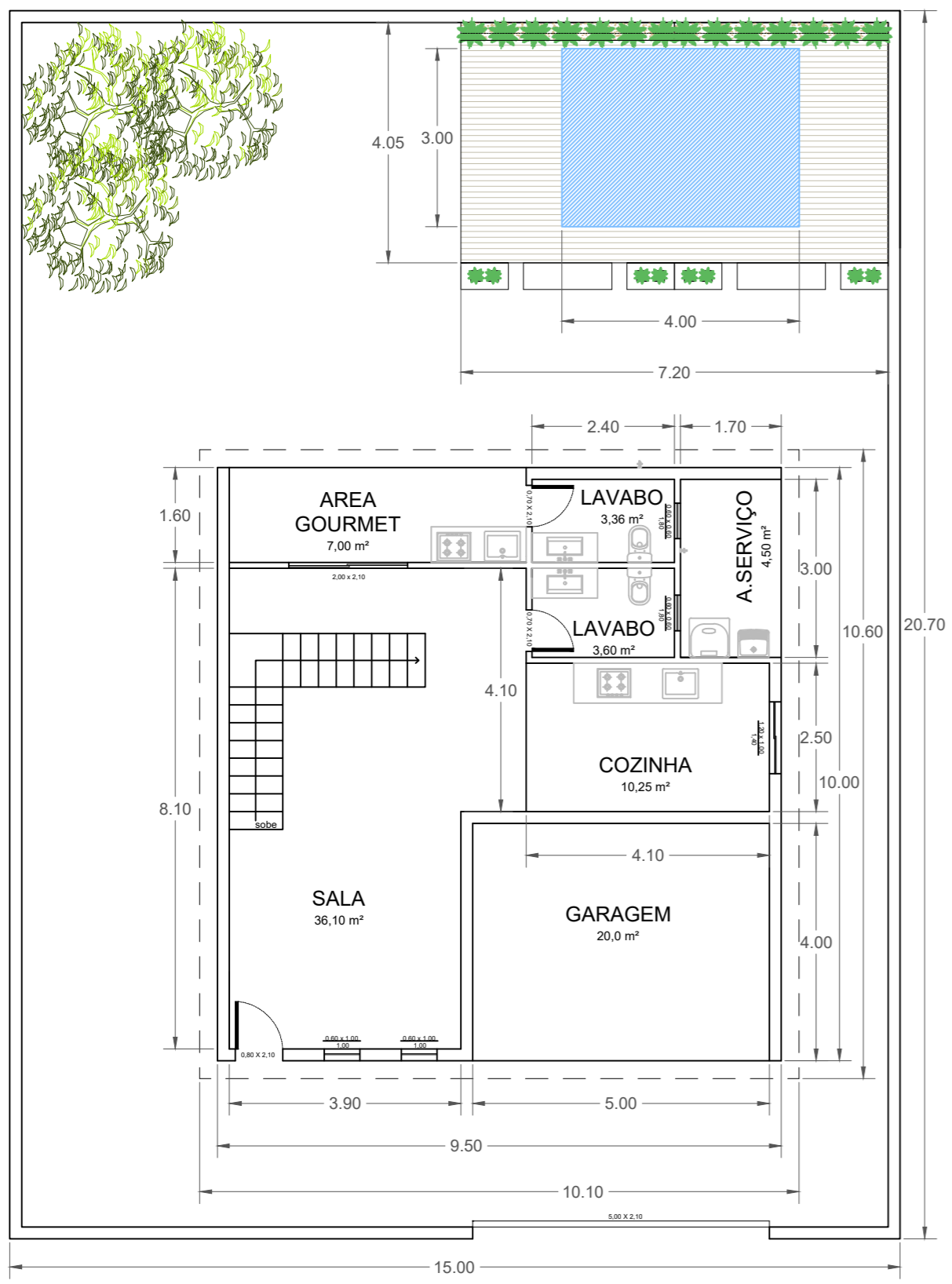
Fonte – Adaptado de Carvalho Júnior (2019)

## ANEXO E – DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ÁGUA FRIA E ÁGUA DA CHUVA

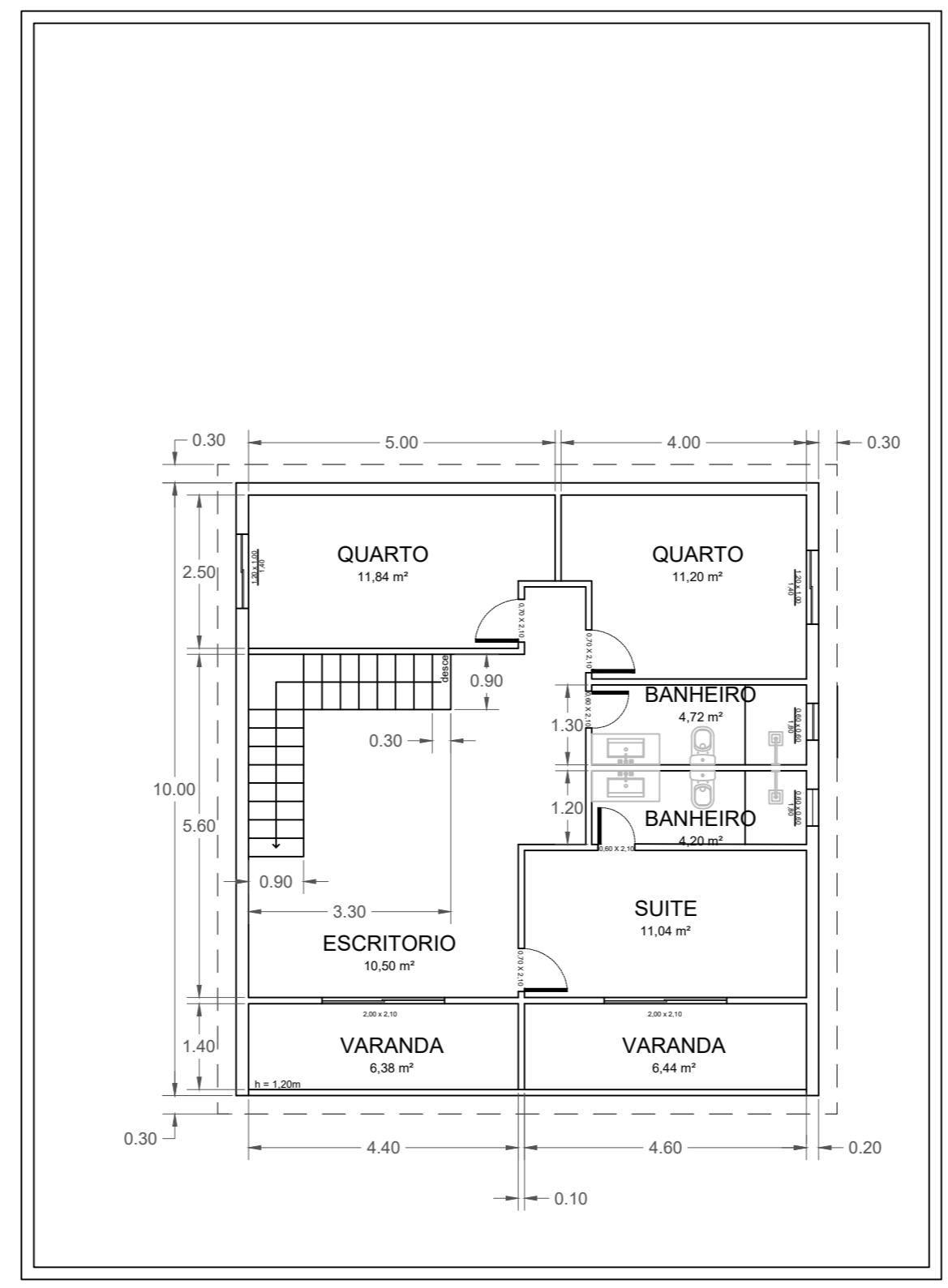
DIAMETRO DAS COLUNAS - ÁGUA FRIA - 1ª TENTATIVA													
Local	Trecho	ΣP	Vazão (l/s)	DE (mm)	Velocidad (m/s)	Comp. Real (m)	Comp Equiv. (m)	Comp Total (m)	Pressão disponível (mca)	Perda Carga Unitária (J) (mca)	Perda Carga Total (Jt) (mca)	Pressão Jusante (mca)	Pressão jusante coluna > Pressão ramal?
BARRILETE	A - B1	0,00	1,30	40,00	1,25	1,44	3,50	4,94	-	0,08	0,40	-	-
COLUNA 1 (RAMAL 1)	B1 - H	2,40	0,46	25,00	1,10	9,11	3,60	12,71	6,19	0,15	1,91	4,29	SIM
COLUNA 2 (RAMAL 2)	B1 - D	1,90	0,41	25,00	0,98	6,19	1,60	7,79	6,19	0,12	0,93	5,26	SIM
COLUNA 3 (RAMAL 3)	B1 - F	2,00	0,42	25,00	1,00	5,96	8,30	14,26	3,09	0,13	1,85	1,24	NÃO
RAMAL 1 (COZ + AS)	H - H5	2,40	0,46	25,00	1,10	1,38	5,60	6,98	-	0,15	1,05	-	-
RAMAL 2 (LVB + AG)	D - D9	1,90	0,41	25,00	0,98	3,01	7,40	10,41	-	0,12	1,25	-	-
RAMAL 3 (BNH)	F - F11	2,00	0,42	25,00	1,00	3,55	6,60	10,15	-	0,13	1,32	-	-
DIAMETRO DAS COLUNAS - ÁGUA FRIA - 2ª TENTATIVA													
BARRILETE	A - B1	0,00	1,30	40,00	1,25	1,94	3,50	5,44	-	0,08	0,44	-	-
COLUNA 1 (RAMAL 1)	B1 - H	2,40	0,46	25,00	1,10	9,11	3,60	12,71	6,65	0,15	1,91	4,75	SIM
COLUNA 2 (RAMAL 2)	B1 - D	1,90	0,41	25,00	0,98	6,19	1,60	7,79	6,65	0,12	0,93	5,72	SIM
COLUNA 3 (RAMAL 3)	B1 - F	2,00	0,42	40,00	0,30	5,96	8,30	14,26	3,55	0,0052	0,07	3,48	SIM
RAMAL 1 (COZ + AS)	H - H5	2,40	0,46	25,00	1,10	1,38	5,60	6,98	-	0,15	1,05	-	-
RAMAL 2 (LVB + AG)	D - D9	1,90	0,41	25,00	0,98	3,01	7,40	10,41	-	0,12	1,25	-	-
RAMAL 3 (BNH)	F - F11	2,00	0,42	25,00	1,00	3,55	6,60	10,15	-	0,13	1,32	-	-
DIAMETRO DAS COLUNAS - ÁGUA DA CHUVA													
RAMAL 4 (LVB + T)	L - L9	1,40	0,35	25,00	0,80	3,53	7,20	10,73	-	0,08	0,86	-	-
RAMAL 5 (BNH)	J - J3	0,60	0,23	25,00	0,55	0,80	3,20	4,00	-	0,04	0,16	-	-
COLUNA 4 (RAMAL 4)	N - L	1,40	0,35	25,00	0,80	11,09	4,00	15,09	6,59	0,08	1,21	5,38	SIM
COLUNA 5 (RAMAL 5)	M - J	0,60	0,23	25,00	0,55	6,02	4,00	10,02	3,50	0,0400	0,40	3,10	SIM

Fonte – Próprio autor (2023)

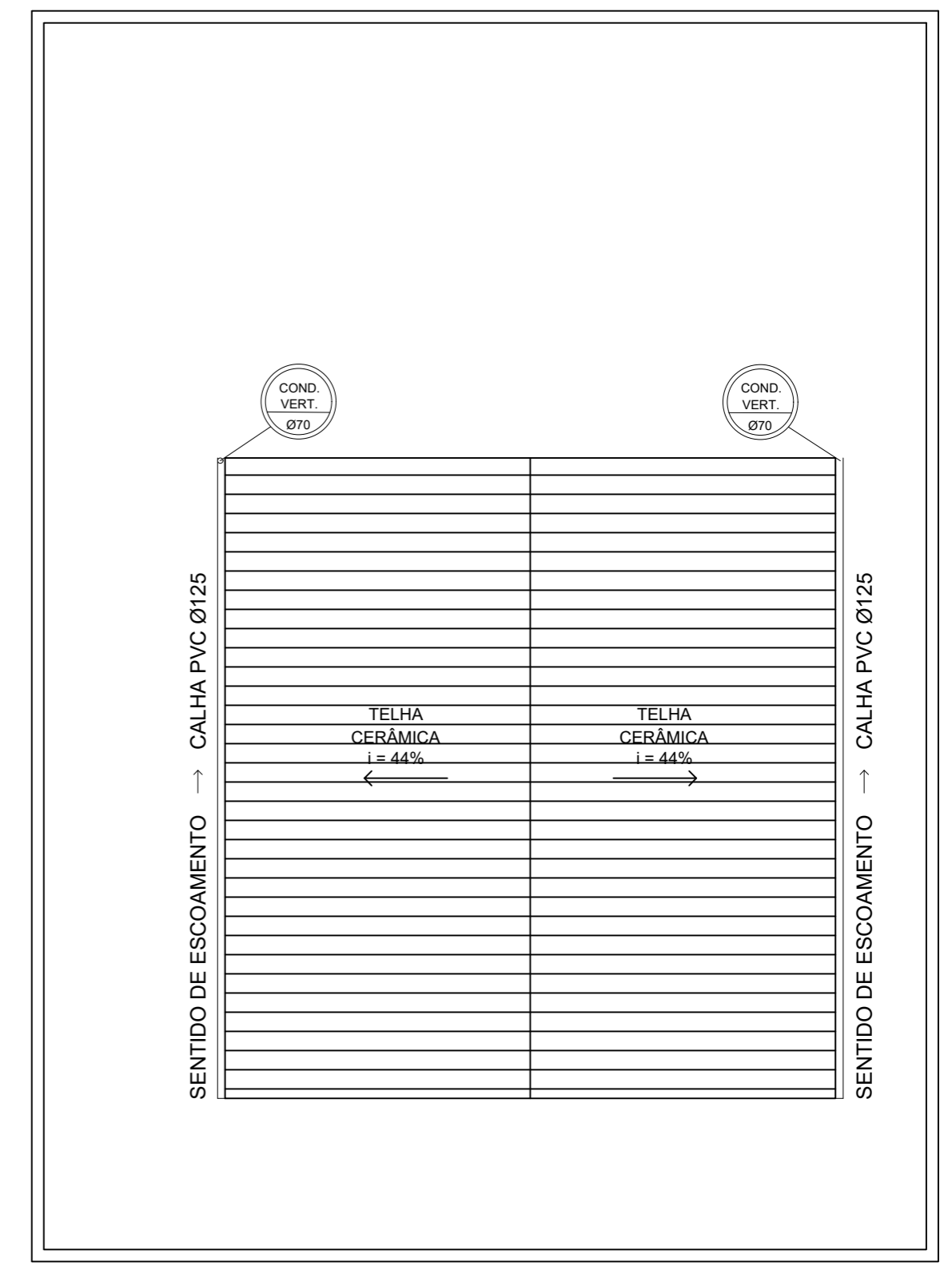
## **ANEXO F – PRANCHAS DO PROJETO**



1 PLANTA BAIXA PAVIMENTO TÉRREO  
Escala: 1:100



2 PLANTA BAIXA PAVIMENTO SUPERIOR  
Escala: 1:100

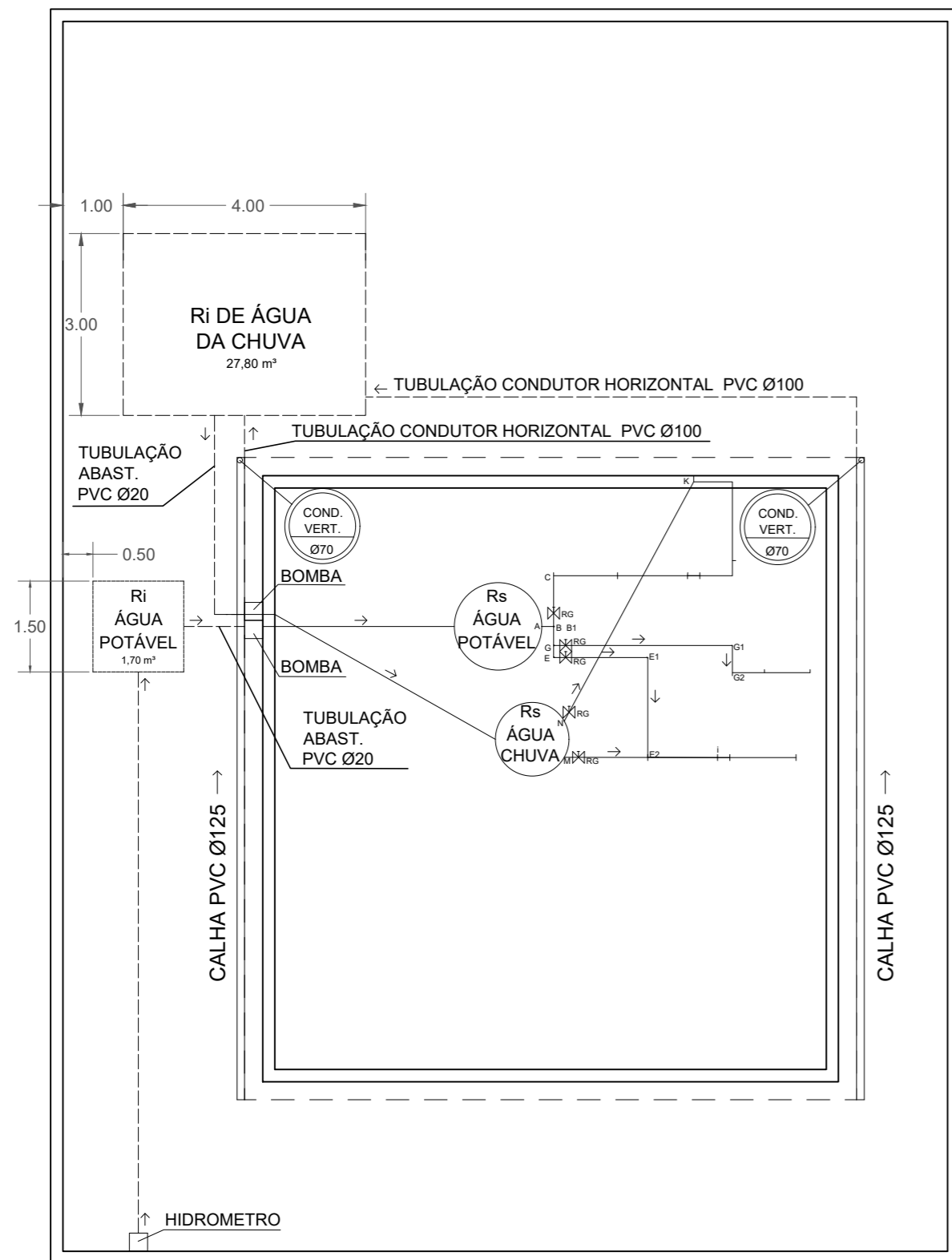


3 PLANTA COBERTURA  
Escala: 1:100

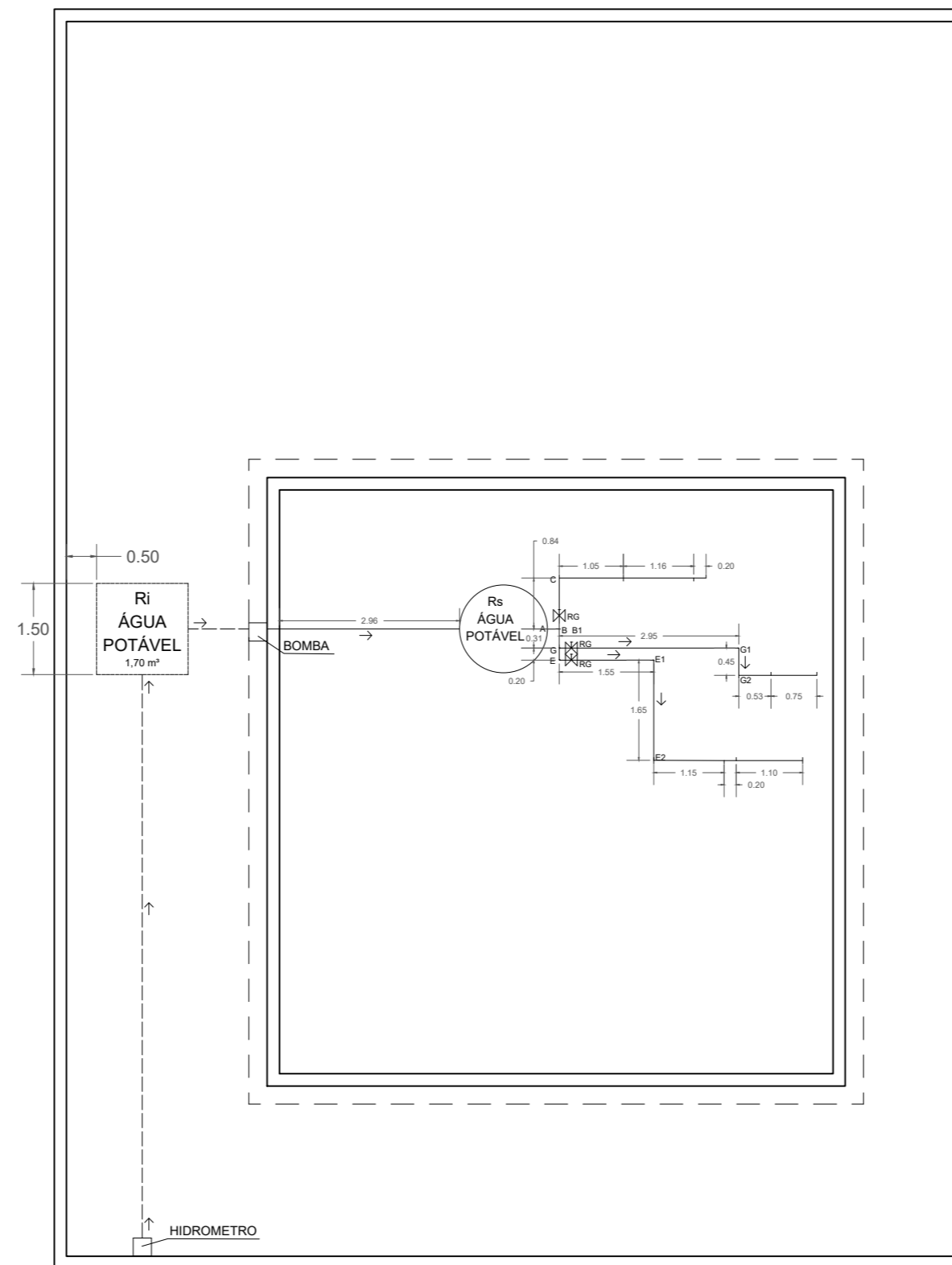
LEGENDA:	
	ALVENARIA
	TELHADO
	CALHAS PVC

PROJETO:		<b>PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR</b>	
PROJETISTA:	NATÁLIA F. MARTINS	ESCALA:	1/100
DATA:	18/07/2023	FOLHA:	<b>01/03</b>

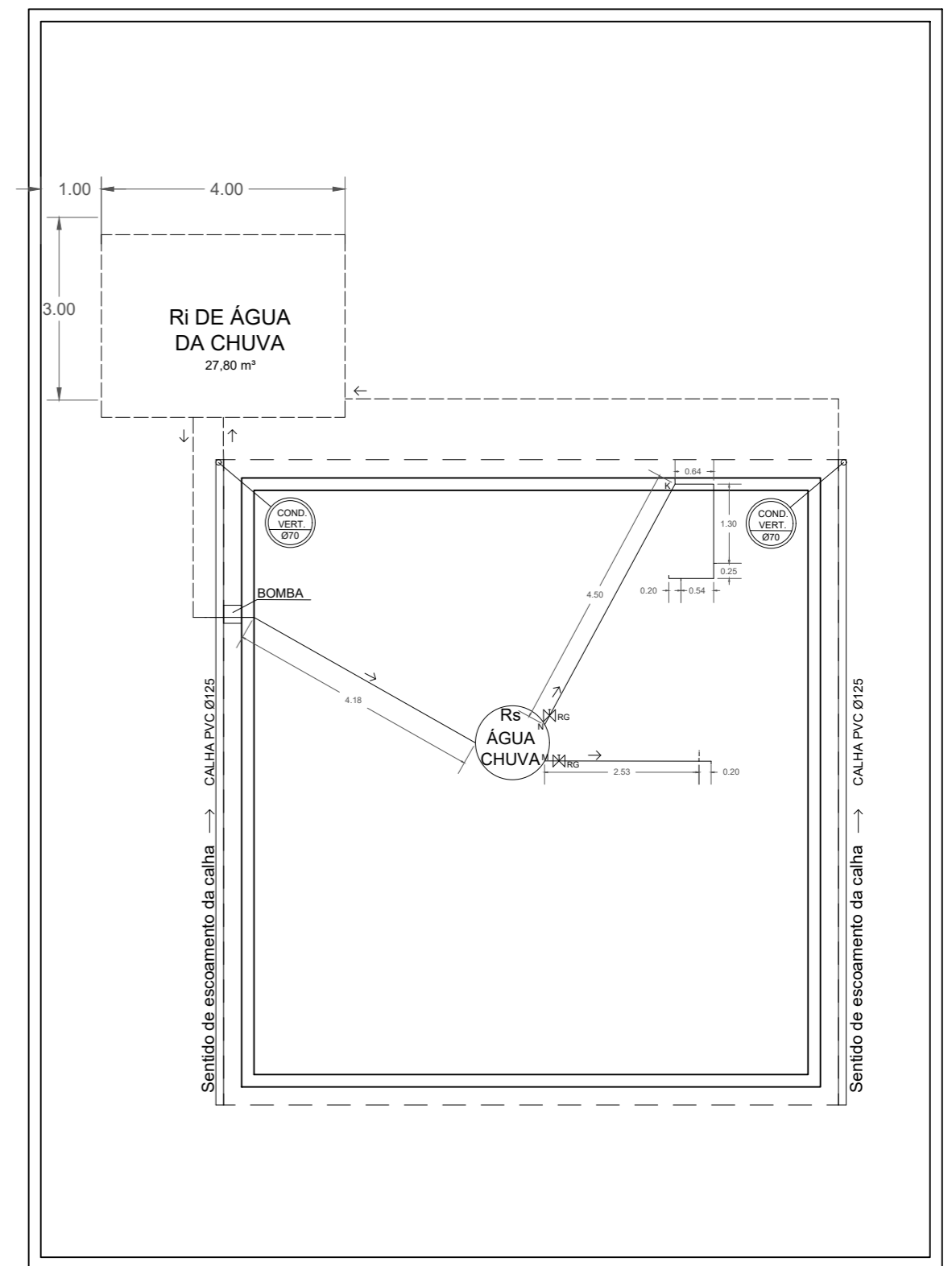




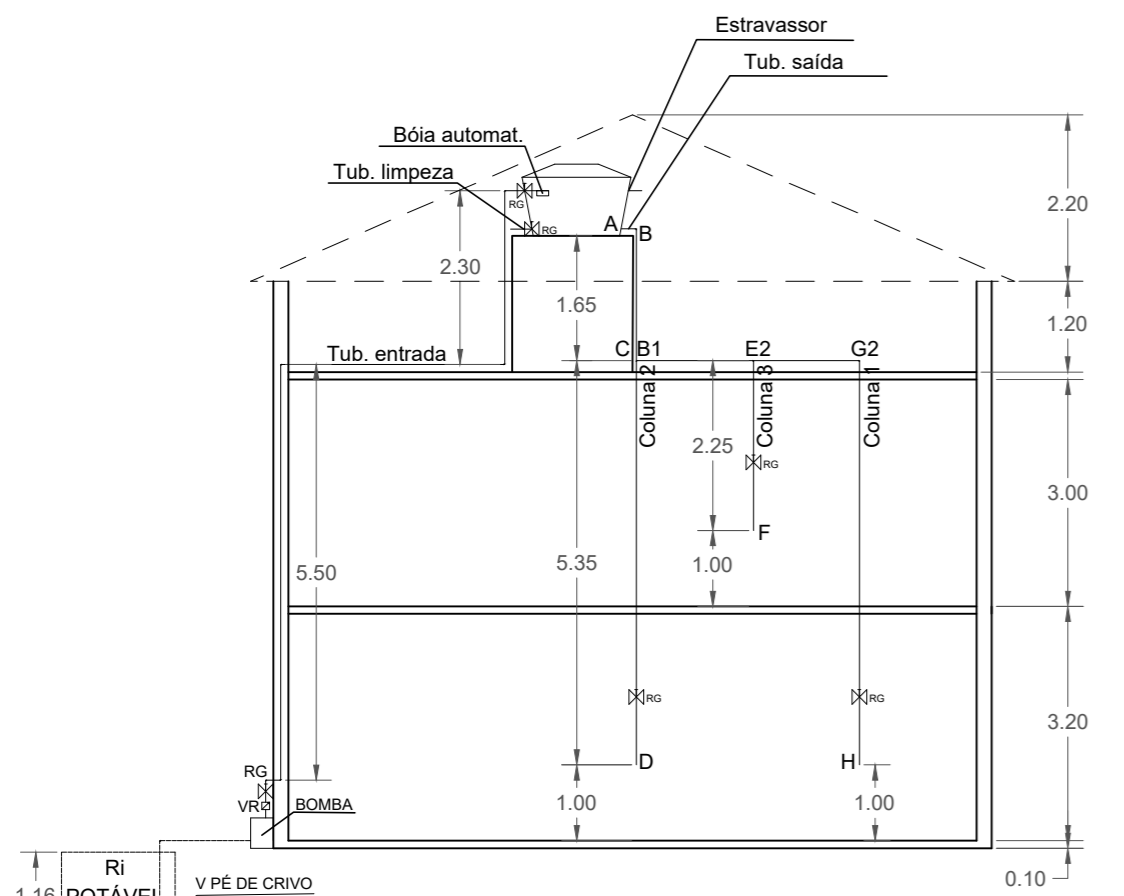
4 PLANTA DAS TUBULAÇÕES, Ri e Rs de AF e AC  
Escala: 1:100



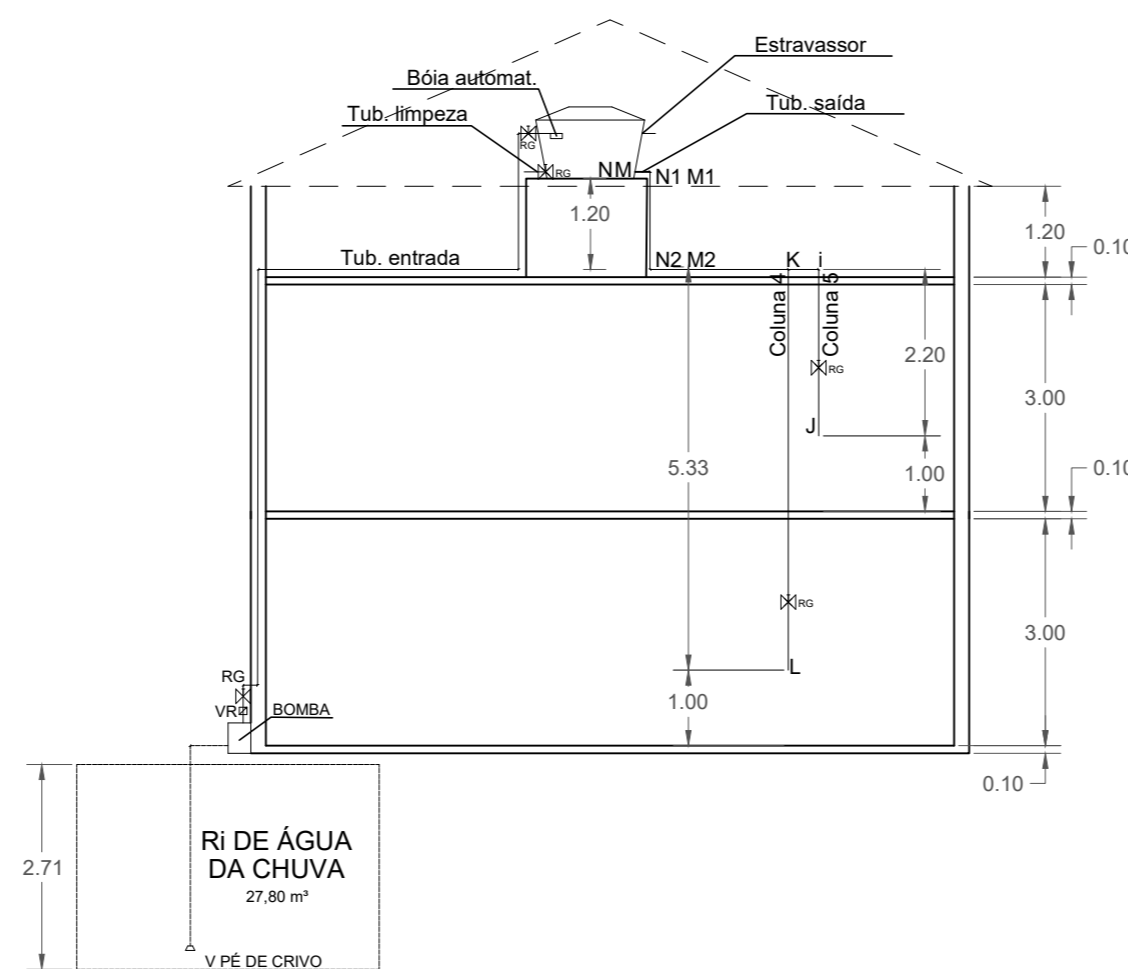
5 PLANTA DAS TUBULAÇÕES, Ri e Rs DE ÁGUA FRIA  
Escala: 1:100



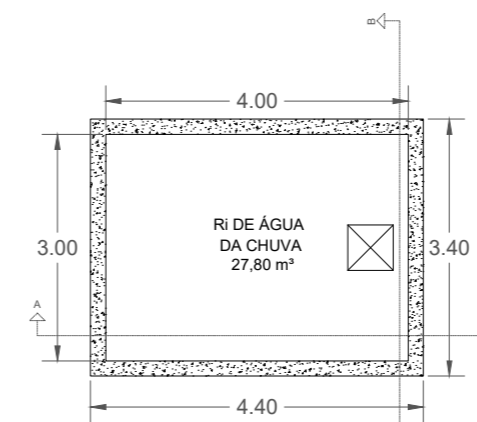
6 PLANTA DAS TUBULAÇÕES, Ri e Rs DE ÁGUA DA CHUVA  
Escala: 1:100



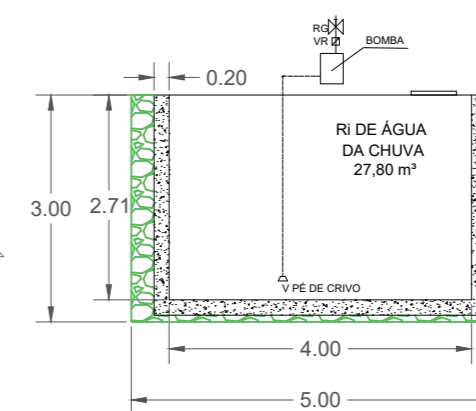
7 ESQUEMA VERTICAL DAS TUBULAÇÕES, Ri e Rs DE ÁGUA FRIA  
Escala: 1:100



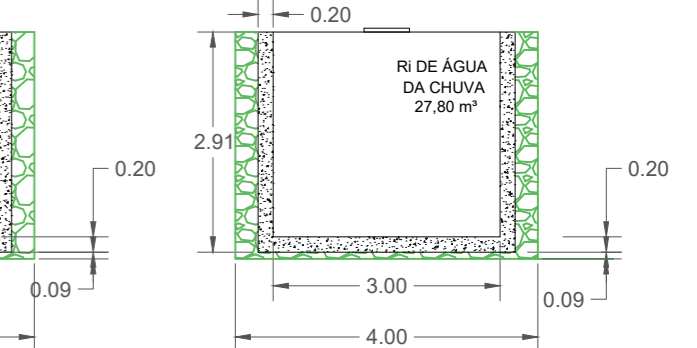
8 ESQUEMA VERTICAL DAS TUBULAÇÕES, Ri e Rs DE ÁGUA DA CHUVA  
Escala: 1:100



9 Reservatório inferior AC - Vista superior  
Escala: 1:100

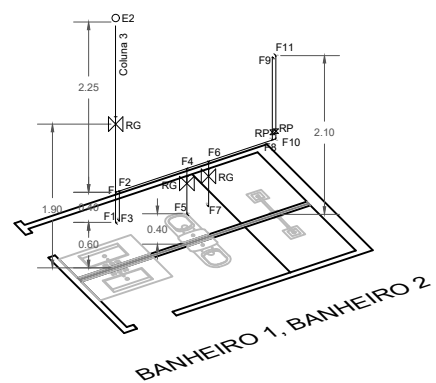


10 Reservatório inferior AC - Corte AA  
Escala: 1:100

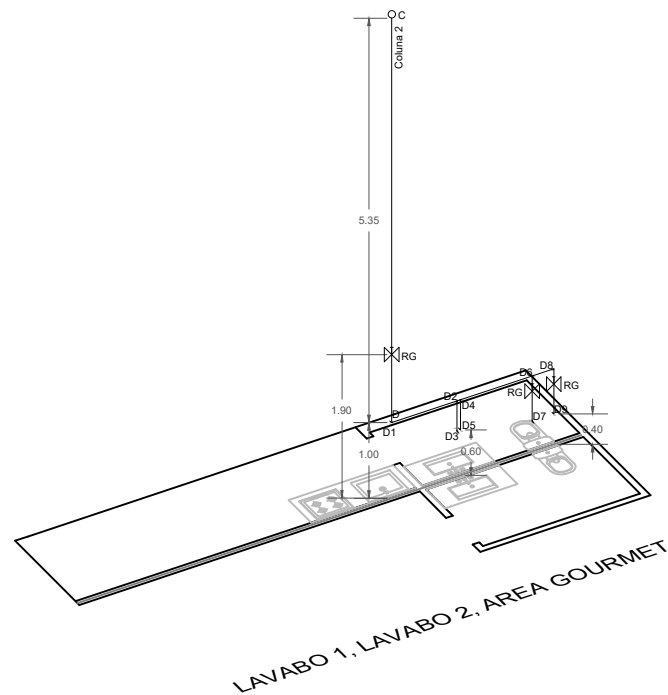


11 Reservatório inferior AC - Corte BB  
Escala: 1:100

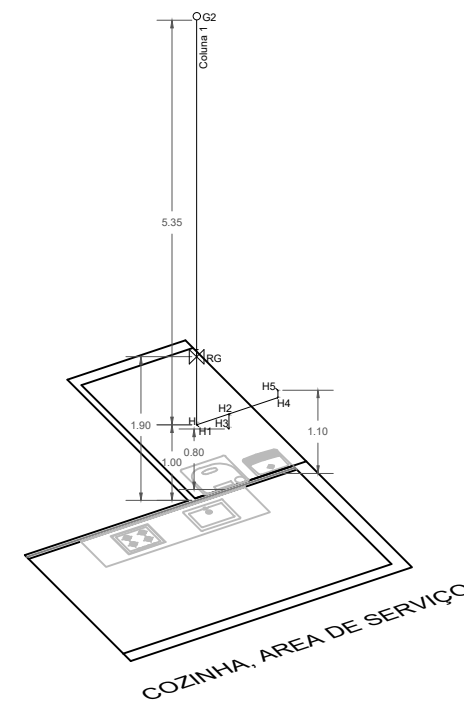
PROJETO:		
<b>PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR</b>		
PROJETISTA:	NATÁLIA F. MARTINS	ESCALA: 1/100
DATA:	18/07/2023	FOLHA: 02/03



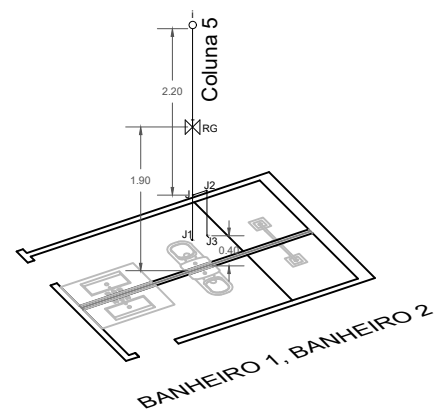
12 Isométrico AF - Banheiros Pav. Superior  
Escala: 1:100



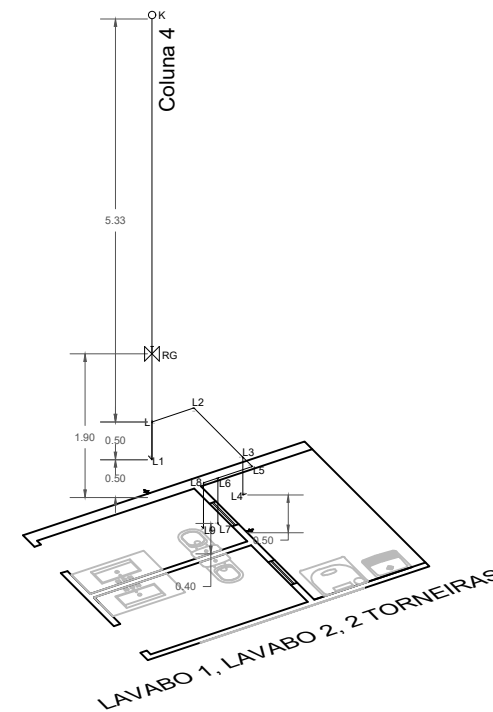
13 Isométrico AF - Lavabos e Área gourmet  
Escala: 1:100



14 Isométrico AF - Cozinha e A. Serviço  
Escala: 1:100



15 Isométrico AC - Banheiros Pav. Superior  
Escala: 1:100



16 Isométrico AC - Lavabos e Torneiras  
Escala: 1:100

PROJETO:		<b>PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR</b>	
PROJETISTA:	NATÁLIA F. MARTINS	ESCALA:	1/100
DATA:	18/07/2023	FOLHA:	<b>03/03</b>