



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
Faculdade de Engenharia
Engenharia Civil - FAEN

Lucas Fonseca Neves

**Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis:
Estudo de caso para uma residência em Rio Brilhante - MS**

Dourados - MS
2021

Lucas Fonseca Neves

**Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis:
Estudo de caso para uma residência em Rio Brilhante - MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Profº Bel. Guilherme Peres dos Santos com área de concentração 3.01.00.00-3 – Engenharia Civil.

**Dourados - MS
2021**



ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 16:30 horas do dia 19 de novembro de 2021, realizou-se no(a) ambiente virtual (via google meet) a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO PARA UMA RESIDÊNCIA EM RIO BRILHANTE - MS** de autoria do(a) discente **LUCAS FONSECA NEVES**, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

(X) Aprovado

() Reprovado

O(A) discente(a) declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente(a) para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

Aprovado com revisões obrigatórias

DISCENTE

Nome: **LUCAS FONSECA NEVES**

Assinatura: Lucas Fonseca Neves

BANCA EXAMINADORA

Orientador: GUILHERME PERES DOS SANTOS

Assinatura: Gilherme

Membro: ANDRÉ FELIPE APARECIDO DE MELLO

Assinatura: André Felipe Mello

Membro: LÔIDE ANGELINI SOBRINHA

Assinatura: Lôide

Assinado de forma digital por Lôide Angelini Sobrinha
Dados: 2021.11.19 18:15:13 -0400

APROVEIAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO PARA UMA RESIDÊNCIA EM RIO BRILHANTE – MS

NEVES, Lucas Fonseca¹; SANTOS, Guilherme Peres²
lucas.neves059@academico.ufgd.edu.br¹; guilhermesantos@ufgd.edu.br²;

RESUMO

O Brasil detém cerca de 12% da água doce de todo o globo, porém, o aumento da demanda e consumo por atividades agrícolas e industriais cria problemáticas, como a poluição e a diminuição do fornecimento. Visando mitigar essa problemática, surgem os sistemas de captação e reuso de águas pluviais e águas cinzas. O objetivo deste trabalho foi apresentar o dimensionamento de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, utilizando como estudo de caso uma residência na cidade de Rio Brilhante – MS. A metodologia utilizada é baseada na NBR 15527/2019, sendo utilizado o método proposto na norma para o pré-dimensionamento e posterior otimização no Software Netuno, adequando para reservatórios com dimensões comerciais. Os resultados encontrados são satisfatórios, pois determinou-se a capacidade dos reservatórios, bem como o dimensionamento do sistema para sua implementação, atendendo as recomendações das normas técnicas brasileiras e manuais de dimensionamento de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais.

Palavras-chave: águas pluviais; dimensionamento; consumo.

ABSTRACT

Brazil holds about 12% of the world's fresh water, however, the increasing demand and consumption by agricultural and industrial activities creates problems such as pollution and decreasing supply. In order to mitigate these problems, rainwater and greywater catchment and reuse systems have been developed. The objective of this study is to present the sizing of a rainwater harvesting system for non-potable purposes, using as a case study a residence in the city of Rio Brilhante - MS. The methodology used is based on NBR 15527/2019, using the method proposed in the standard for pre-dimensioning and subsequent optimization in software Netuno®, suitable for reservoirs with commercial dimensions. The results are satisfactory, since the reservoirs capacity was determined, as well as the system sizing for its implementation, meeting the recommendations of Brazilian technical standards and design manuals for rainwater reuse systems.

Keywords: rainwater; sizing; consumption.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 12% das reservas de água doce e uma das maiores bacias hidrográficas e aquíferos no mundo. O estado de Mato Grosso do Sul está inserido na região abastecida pelas bacias do Rio Paraguai e Paraná, além de estar sobreposto aos sistemas de aquíferos Guarani, Serra Geral e Bauru-Caiuá, com todas essas riquezas, aproximadamente 79% dos municípios são abastecidos exclusivamente por poços. Os 21% restantes também são abastecidos por sistemas isolados, com captações em mananciais superficiais, ou de forma mista segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2020).

O crescimento populacional, a urbanização, a ampliação de demandas agrícola, industrial e energética, são fatores que levam a impactos ambientais e aumento da exploração dos recursos naturais (CANTELLE; LIMA; BORGES, 2018). Além desses fatores, considera-se que as recorrentes secas causadas pela estiagem contribuem para a falta de água, comprometendo a qualidade e quantidade desses recursos disponíveis, levando à escassez hídrica (SILVA; HERREROS; BORGES, 2017). Conforme observado pela Agência Nacional de Águas, em 2019 o Estado do Mato Grosso do Sul foi afetado por secas com tempo de retorno superiores a 100 anos na região do Pantanal.

No decorrer das duas décadas do século XXI, buscou-se alternativas para frear o consumo de água, seja por meio de incentivo a diminuição do consumo, ou a aplicação de métodos de reutilização de águas como, por exemplo, a água chuva ou de enxágue de máquinas de lavar roupas (SANT'ANA; MEDEIROS; ALVARES, 2017).

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é voltada para a oferta de água, ou seja, conforme aumenta-se a demanda, aumenta-se também a exploração de fontes hídricas para suprir o consumo urbano. Essa é uma visão equivocada do sistema, pois leva ao desperdício de água, além de causar danos ambientais e econômicos, gerando custos operacionais maiores ao sistema de água e pressiona o sistema de esgotamento sanitário (HERRINGTON, 2006).

A disponibilidade de água no Brasil é grande, mas apesar de deter cerca de 12% das reservas de água doce do mundo, a distribuição é desequilibrada, ficando cerca de 80% na região Norte e pouco mais de 3% no Sudeste, que conta com a maior parte da população (ANA, 2020). O consumo de água é dividido em uso na agricultura, principalmente com irrigação de plantações; no meio urbano, atendido por companhias estaduais ou municipais, além do uso em áreas rurais, em que geralmente são abastecidos por poços individuais. Já em relação à captação, 58% dos municípios brasileiros são atendidos por mananciais de águas superficiais e 42% por mananciais subterrâneos (ANA, 2020).

Da mesma forma que há abundância de água, ocorre também a escassez, que é gerada por secas, estiagens, contaminação de cursos d'água, desperdício de água, ligações clandestinas, perdas no sistema, aumento do consumo, entre outros fatores (SUPLICY *et al*, 2014).

Dentro dessa problemática do consumo residencial, apresentam-se meios de reuso de água para fins não potáveis. Os primeiros são os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e os de reuso de águas cinzas, que são as provenientes de máquinas de lavar ou locais que produzem espuma (SANT'ANA; MEDEIROS; ALVARES, 2017). O Brasil tem metas de reuso de água estabelecidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico para o ano de 2030, principalmente para reuso na agricultura em irrigação (ANA, 2020).

Proprietários, construtores, projetistas e gestores prediais devem ter maiores orientações e incentivos para a implantação do sistema em obras, considerando os cuidados necessários para o sistema de coleta de águas pluviais e de reuso de águas cinzas em edificações. A falta desse conhecimento dificulta a tomada de decisões sobre o tipo de sistema a ser escolhido, bem como seu dimensionamento e execução, podendo levar a uma execução inadequada, ausência de manutenção, ou até mesmo a rejeição do sistema (SANT'ANA; MEDEIROS; ALVARES, 2017).

Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar o dimensionamento de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, utilizando como estudo de caso uma residência na cidade de Rio Brilhante – MS. A justificativa se apoia na crescente demanda por consumo de água que possa ocorrer ao passo em que há uma intensificação nas atividades humanas, sendo essencial a adoção de medidas que mitiguem o consumo de água potável através de práticas de reaproveitamento.

2 METODOLOGIA

2.1 Sistema de Coleta de Águas Pluviais

O município de Rio Brilhante – MS possui dados de precipitação a partir de 2011, na Tabela 1 tem-se os dados de precipitação média mensal, do período que corresponde 2011 a 2021.

Tabela 1. Precipitação média mensal em Rio Brilhante – MS (período 2011-2021)

Mês	Precipitação média (mm)
Janeiro	181,0
Fevereiro	157,8
Março	143,7
Abril	78,9
Mai	102,5
Junho	82,4
Julho	43,6
Agosto	66,7
Setembro	97,7
Outubro	132,8
Novembro	146,7
Dezembro	175,9

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2021).

A precipitação média anual, somado todos os meses, resulta em 1410 mm, a média simples de todos os meses resulta em uma precipitação média mensal de 117,5 mm. A captação de águas pluviais geralmente ocorre nos telhados, sendo transportada por calhas, que então levam a tanques de coleta. Alguns cuidados devem ser tomados, como: conter um filtro para barrar sujeiras, insetos e outras partículas; prever um sistema que permita descartar a água da primeira chuva, pois é a mais suja, com impurezas e materiais previamente impregnados no telhado, como galhos, poeira, terra, folhas (ALVES *et al*, 2016).

É possível reaproveitar a água armazenada em diversas aplicações, por exemplo, em descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos em geral, irrigação de jardins, lavagem de calçada e carro e até reutilização em máquina para lavagens de tecidos mais grosseiros (ALVES *et al*, 2016).

2.2 Consumo Mensal

A NBR 5626 (ABNT, 1998) prevê que a instalação predial de água fria pode ser abastecida com água não potável deve ser totalmente independente da água potável. A água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.

Com isso, o consumo mensal foi determinado utilizando como parâmetro o quantitativo de bacias sanitárias (3 unidades), a área de jardim permeável (100 m²), a lavagem mensal de dois automóveis e lavagem de área de piso (50 m²).

De acordo com Azevedo Netto e Fernandez (1998), o consumo dos elementos de uso não potáveis é o descrito na Tabela 2:

Tabela 2. Consumo per capita de água não potável

Elemento	Uso (l/pessoa.dia)	Total p/ 4 pessoas (por dia)
Bacia sanitária (3X)	39,7	158,8
Lavagem de pisos	7,9	31,6
Lavagem de carros	2,9	11,6
Jardins	3,5	14,0
TOTAL GERAL (mês)		6480 litros/mês

Fonte: Autor (2021).

2.3 Dimensionamento do Reservatório

Os sistemas de reaproveitamento são dimensionados de acordo com parâmetros pluviométricos, demanda residencial e construtivos da edificação, os métodos mais utilizados na literatura, que seguiam como base a versão de 2007 da NBR 15527 (ABNT, 2019), determinavam que o dimensionamento pode ser feito pelos seguintes métodos:

- Método de Rippl – método que avalia o volume de armazenamento para garantir a vazão durante o período mais crítico de estiagem. Utiliza como base as séries históricas de precipitação (LOPES; SILVA JÚNIOR; MIRANDA, 2015).
- Método Azevedo Neto – Método empírico, recomendado por sua praticidade, sendo o volume do reservatório calculado por equações que envolvem precipitação anual média, área de captação e número de meses de seca (BRANDÃO; MARCON, 2018).
- Prático alemão – Método empírico que desconsidera a área de captação e leva em conta 6% do maior valor entre o volume de precipitação ou 6% da demanda anual de água não potável, escolhe-se o menor valor (BRANDÃO; MARCON, 2018).
- Prático inglês – Simples de ser aplicado, necessitando apenas de valores de precipitação anual e da área de captação. Porém não se considera a demanda da residência (BRANDÃO; MARCON, 2018).
- Prático Australiano – utiliza uma análise entre a chuva total do mês, relacionado com a demanda também mensal para resultar o volume do reservatório. Recomendado para área demandas elevadas e área de captação maiores que 300 m² (RUPP; MUNARIN; GHISI, 2011).

Algumas restrições são encontradas nos métodos apresentados, de acordo com os estudos de Brandão e Marcon (2018), Lopes, Silva Júnior e Miranda (2015) e Rupp, Munarin e Ghisi (2011). Os métodos de Azevedo Neto, Rippl e o Prático Inglês tornam o sistema superdimensionado quando a precipitação é alta, e subdimensiona quando a precipitação é baixa. Percebeu-se também que no método australiano e no de Rippl, só é

possível determinar o volume do reservatório durante o período considerado quando a demanda de água pluvial supera seu volume mensal captado. O método alemão subdimensiona os reservatórios.

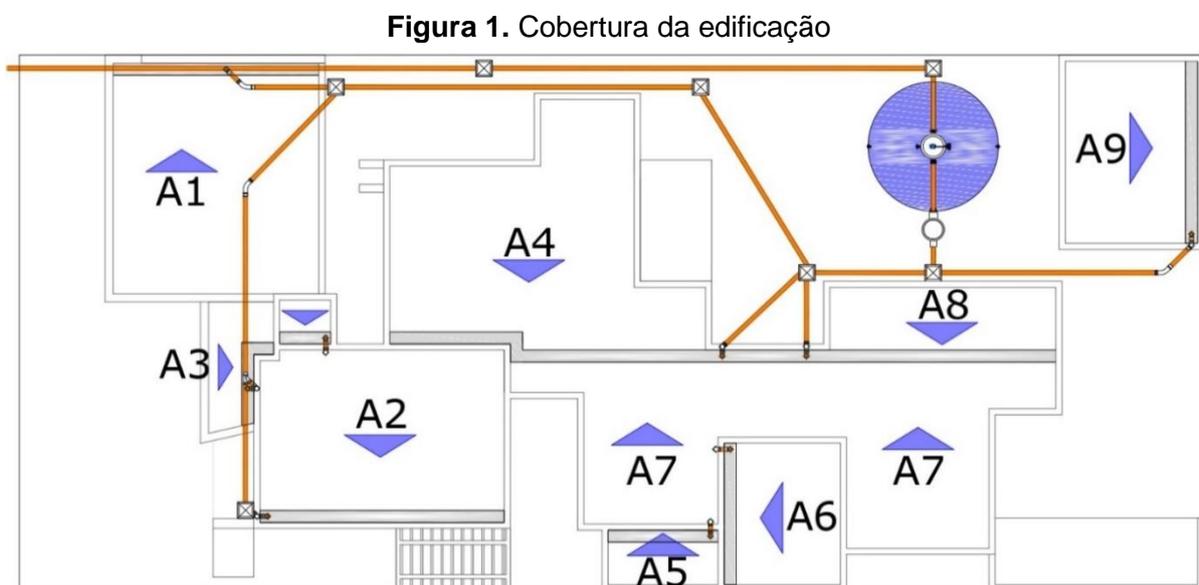
O dimensionamento do reservatório deste trabalho foi realizado seguindo o método proposto pela norma NBR 15527 (ABNT, 2019). O volume disponível mensal foi calculado de acordo com a Equação 1:

$$V_{disp} = P * A * C * \eta \quad (1)$$

Em que:

P - Pluviosidade média mensal (mm) – conforme indicado na Tabela 1; A - Área de coleta (m²); C – Coeficiente de escoamento superficial que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície: 0,85 para telhados metálicos corrugados (TOMAZ, 2009); η – é a eficiência do sistema de captação, recomendado pela norma NBR 15527 (ABNT, 2019) o fator de captação de 0,85.

A área de contribuição é a área da cobertura, ajustada de acordo com a inclinação. A Figura 1 indica a planta de cobertura da edificação dimensionada no estudo de caso.



Fonte: Autor (2021).

A área de cobertura foi determinada de acordo com a divisão feita na Figura 1, utilizando o fator de correção 1.005 conforme Miranda (2021), equivalente aos 10% de cada área do telhado, resultando na área total de cobertura indicada no Quadro 1.

Quadro 1. Área de cobertura

Área da cobertura	Dimensão (m ²)
A1	28,01
A2	25,41
A3	2,55
A4	32,54
A5	3,65
A6	10,03
A7	35,84
A8	8,40
A9	14,63
TOTAL	161,90

Fonte: Autor (2021).

2.4 Dimensionamento das Calhas e Tubulações de Captação de Águas Pluviais

Para a captação e direcionamento das águas pluviais ao reservatório foi utilizado um sistema de calhas, tubulações de distribuição (horizontais e verticais). Quanto aos fatores meteorológicos, o período de retorno foi fixado em $T = 5$ anos, e a duração da precipitação foi fixada em $t = 5$ minutos, conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989).

A intensidade pluviométrica do município de Rio Brilhante/MS foi determinada de acordo com a IDF (intensidade, duração e frequência de chuvas) de Dourados/MS (PEREIRA *et al*, 2007), por não haver dados do primeiro município e a distância entre os municípios ser pequena. Com isso, a intensidade pluviométrica foi determinada de acordo com a Equação 2.

$$I = (2668,7800 T^{0,1771}) / (t + 28,0749)^{0,9213} \quad (2)$$

As calhas foram determinadas pela Equação 3 conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = I \times A / 60 \quad (3)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

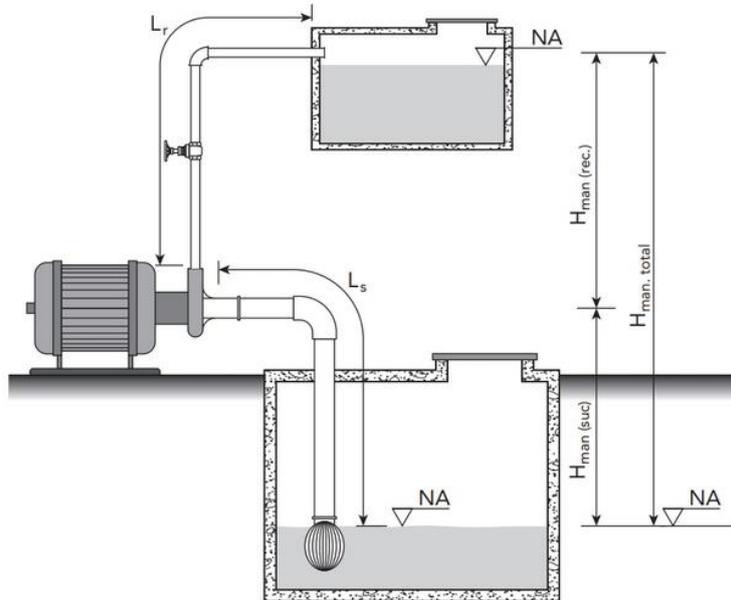
I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de cobertura.

2.5 Dimensionamento da Bomba Centrífuga

O dimensionamento da bomba foi realizado com base em Carvalho Júnior (2017). A Figura 2 indica o detalhamento de um sistema elevatório por um conjunto moto-bomba.

Figura 2. Alturas Manométricas de sucção e recalque de um sistema elevatório



Fonte: Carvalho Júnior (2017).

A altura manométrica de sucção é a diferença das cotas do nível do centro da bomba e o nível da superfície livre no reservatório inferior, acrescidas das perdas de carga na tubulação de sucção, sendo calculada de acordo com a Equação 4:

$$H_{\text{man (suc.)}} = H_{\text{est. (suc.)}} + \Delta h_{\text{(suc.)}} \quad (4)$$

Onde:

$H_{\text{man (suc.)}}$ = altura manométrica de sucção, em metros;

$H_{\text{est. (suc.)}}$ = altura estática de sucção, em metros;

$\Delta h_{\text{(suc.)}}$ = perdas de carga na sucção, em metros de água/metro.

A altura manométrica de recalque é a diferença das cotas entre os níveis de entrada da água no reservatório superior e do centro da bomba, acrescida das perdas de carga na tubulação de recalque. Foi calculado de acordo com a Equação 5:

$$H_{\text{man (rec.)}} = H_{\text{est. (rec.)}} + \Delta h_{\text{(rec.)}} \quad (5)$$

Onde:

$H_{\text{man (rec.)}}$ = altura manométrica de recalque;

$H_{\text{est. (rec.)}}$ = altura estática de recalque, em metros;

$\Delta h_{\text{(rec.)}}$ = perdas de carga no recalque, em metros de água/metro.

A altura manométrica total foi calculada de acordo com a Equação 6:

$$H_{\text{man (total)}} = H_{\text{man (suc.)}} + H_{\text{man (rec.)}} \quad (6)$$

Onde:

$H_{\text{man (total)}}$ = altura manométrica em metros;

$H_{\text{man (suc.)}}$ = altura manométrica de sucção, em metros;

$H_{\text{man (rec.)}}$ = altura manométrica de recalque, em metros.

Com base nos cálculos de altura manométrica, foi selecionado um modelo de moto-bomba que atendesse às necessidades de projeto de acordo com um manual de especificações disponibilizado por Franklin Eletric (2019).

2.6 Simulação do Reservatório

Com os dados obtidos, utilizou-se o Software Netuno (UFSC)®, que tem por objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis, adequando-se aos volumes comerciais de reservatórios para facilitar a implantação do sistema.

A concepção do sistema foi realizada no Software Autodesk Revit®, presente nos apêndices. O reservatório contará com extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e outros itens de segurança.

Modelagem no Software Netuno (UFSC)®: Para a utilização do Software foram necessários os seguintes dados de entrada, conforma a Figura 3.

Figura 3. Interface do *Software Netuno (UFSC)®*

Fonte: Autor (2021). Adaptado de Netuno (2021).

Os dados de precipitação diários foram fornecidos pelo portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), com a data inicial de 10/11/2011 até 10/11/2021.

O descarte de escoamento recomendado foi de 2 mm, conforme Ghisi e Cordova, (2014), a área de captação é dada pela área de cobertura, e a demanda total de água (per capita/dia = 54 Litros), para um total de 4 moradores.

O percentual da demanda de água potável substituída por pluvial foi fixado em 40% e o coeficiente de escoamento superficial de 0,85 para edificações com telhado metálico conforme o manual de utilização do *Software Netuno (UFSC)®* (GHISI; CORDOVA, 2014).

O volume é inserido de forma manual, com valor máximo determinado pela norma NBR 15527 (ABNT, 2019), com intervalos de 500 litros, para ser feita a adequação conforme volume comercialmente vendido. Nessa simulação, vai se alterando a eficiência do reservatório, em que se atende completamente ao potencial de água utilizável, sendo a execução paralisada ao se atingir um valor próximo à 40% de eficiência de potencial utilizável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dimensionamento do Reservatório

Seguindo o dimensionamento apresentado na Equação 1 e adotando-se a média mensal de acordo com a série histórica expressa na Tabela 1, foi calculado um volume disponível de 13.745 litros. Sendo assim para fins construtivos e econômicos, será fixado um reservatório inferior de 15.000 litros, sendo os eventuais excessos de volumes captados descartados na rede pública de águas pluviais. É previsto um reservatório superior de 500 litros para receber a água disponível do reservatório inferior calculado.

Em um estudo realizado por Ghisi e Ferreira (2017), ao estimar os usos finais da água, foi possível observar que a porcentagem de água potável que poderia ser substituída por água da chuva em três blocos residenciais foi de 39,2%; 40,1% e 42,7% respectivamente, atingindo uma média de 40,66%, com isso, buscou-se ter uma substituição de água potável por pluvial em 40%.

3.2 Dimensionamento das Calhas e Tubulações de Captação de Águas Pluviais

A intensidade pluviométrica calculada pela Equação 2 foi de $I = 141,31$ mm/h. A partir da Equação 3, foi calculada a contribuição parcial que compõe a cobertura total do telhado, conforme indica a Tabela 3:

Tabela 3 – Vazão das calhas

Telhado	Área (m ²)	Vazão (L/min)
A1	28,01	66,30
A2	25,41	60,14
A3	2,55	6,04
A4	32,54	77,02
A5	3,65	8,64
A6	10,03	23,74
A7	35,84	84,83
A8	8,4	19,88
A9	14,63	34,63

Fonte: Autor (2021).

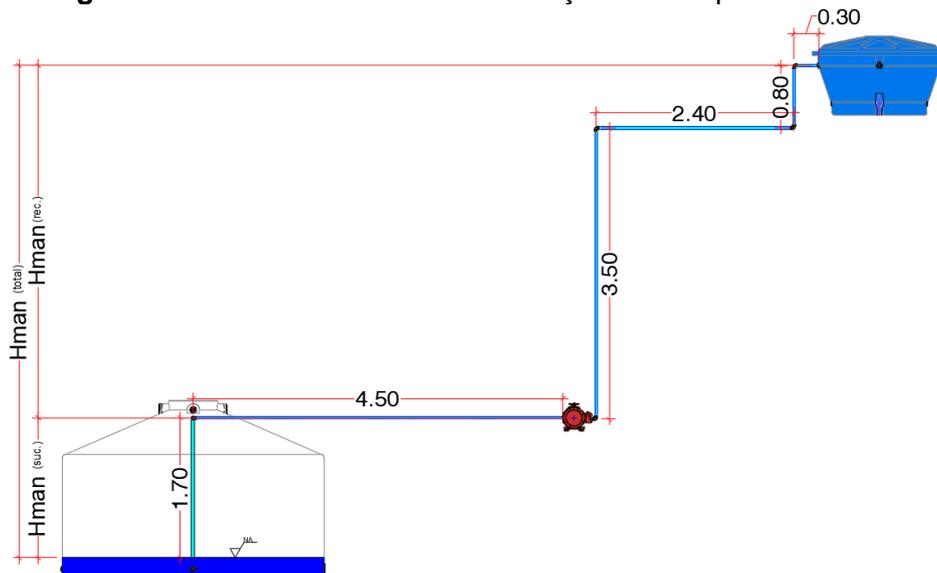
Adotou-se calhas circulares com 200 mm de diâmetro, inclinação de 1%, capacidade de vazão de 1820 l/min, de acordo com a NBR 10844/1989, atendendo assim todas as vazões calculadas na Tabela 3. Os condutores verticais indicados na Figura 1 são constituídos de tubos de PVC com diâmetro de 100 mm. Os condutores horizontais do solo

também possuem 100 mm de diâmetro, que direcionam até a rede de águas pluviais, considerando a vazão máxima, de acordo com a Tabela 4 da NBR 10844/1989.

3.3 Dimensionamento da Bomba Centrífuga

Para o dimensionamento da bomba centrífuga utilizou-se o esquema da Figura 4, determinando as perdas de carga e a altura manométrica para a escolha da bomba adequada.

Figura 4. Alturas Manométricas de sucção e recalque do sistema



Fonte: Autor (2021).

A bomba foi dimensionada de acordo com a altura manométrica, utilizando como parâmetros da Figura 4, desejando-se preencher o reservatório de 500 litros em 30 minutos, resultando em uma vazão = 500 litros / 30 minutos = 0,5 m³ / 0,5 hora = 1 m³/h.

Para a altura manométrica total, primeiramente calculou-se a altura manométrica de sucção de acordo com a Equação 4. Considerando as alturas manométricas calculadas pelas Equações 4, 5 e 6, foram estimados os seguintes valores para o funcionamento do sistema:

- $H_{\text{man (suc.)}} = 1,17 \text{ m.c.a}$
- $H_{\text{man (rec.)}} = 4,41 \text{ m.c.a}$
- $H_{\text{man (total)}} = 6,18 \text{ m.c.a}$

Com os resultados da altura manométrica e da vazão, prosseguiu-se com a escolha do modelo da bomba de acordo com o catálogo anteriormente mencionado, em que se

identificou o modelo de bomba BC 98 como o mais adequado, cujas especificações são: potência de 1/3 cv, pressão máxima de 18 m.c.a e 107 r.p.m, segundo Franklin Eletric (2019).

3.4 Simulação do Reservatório

Na Figura 5, estão os resultados da simulação, indicando um potencial de utilização de 39,64%, próximo do percentual proposto. Esse dado mostra que o reservatório tem 99,08% de eficiência. O restante irá para o extravasor do reservatório, direcionado para a rede pública de águas pluviais.

Figura 5 – Simulação do reservatório

The screenshot shows the 'Netuno 4' software interface for reservoir simulation. It is divided into two main panels: 'Reservatório superior' (top) and 'Reservatório inferior' (bottom).

Reservatório superior (Inputs):

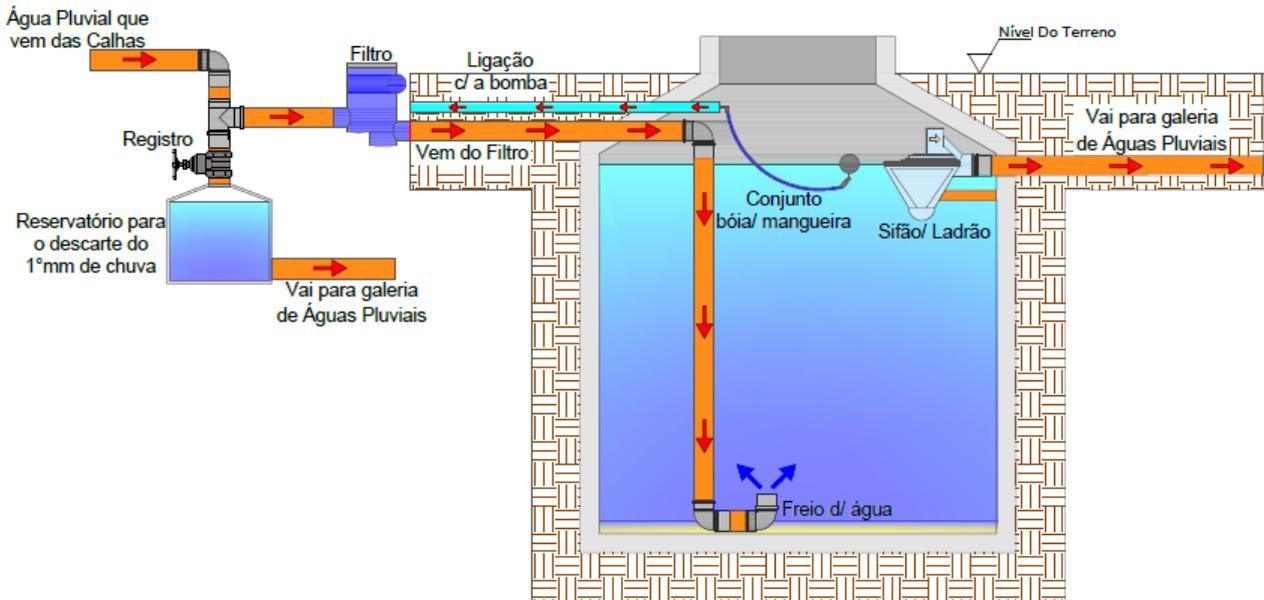
- Carregar dados de precipitação: Rio Brillhante bv.cs
- Número de registros: 4885
- Data inicial (dd/MM/yyyy): 10/11/2011
- Descarte escoamento inicial (mm): 2
- Área de captação (m²): 161,9
- Demanda total de água (litros per capita/dia): 54 (Variável...)
- Número de moradores: 4 (Variável...)
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 40%
- Coefficiente de escoamento superficial: 0,9 (90% de aproveitamento)
- Observações: Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Reservatório inferior (Simulation and Results):

- Reservatório inferior:
 - Simulação para reservatório com volume conhecido
 - Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Simulação:
 - Volume do Reservatório inferior (litros): 15000
 - Potencial de utilização de água pluvial: 39,64%**
 - Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:
 - Completamente: 99,08%
 - Parcialmente: 0,02%
 - Não atende: 0,90%
 - Valores mensais
- Buttons: Simular, Salvar simulação atual, Limpar campos, Análise Econômica

Fonte: Autor (2021). Adaptado de Netuno (2021).

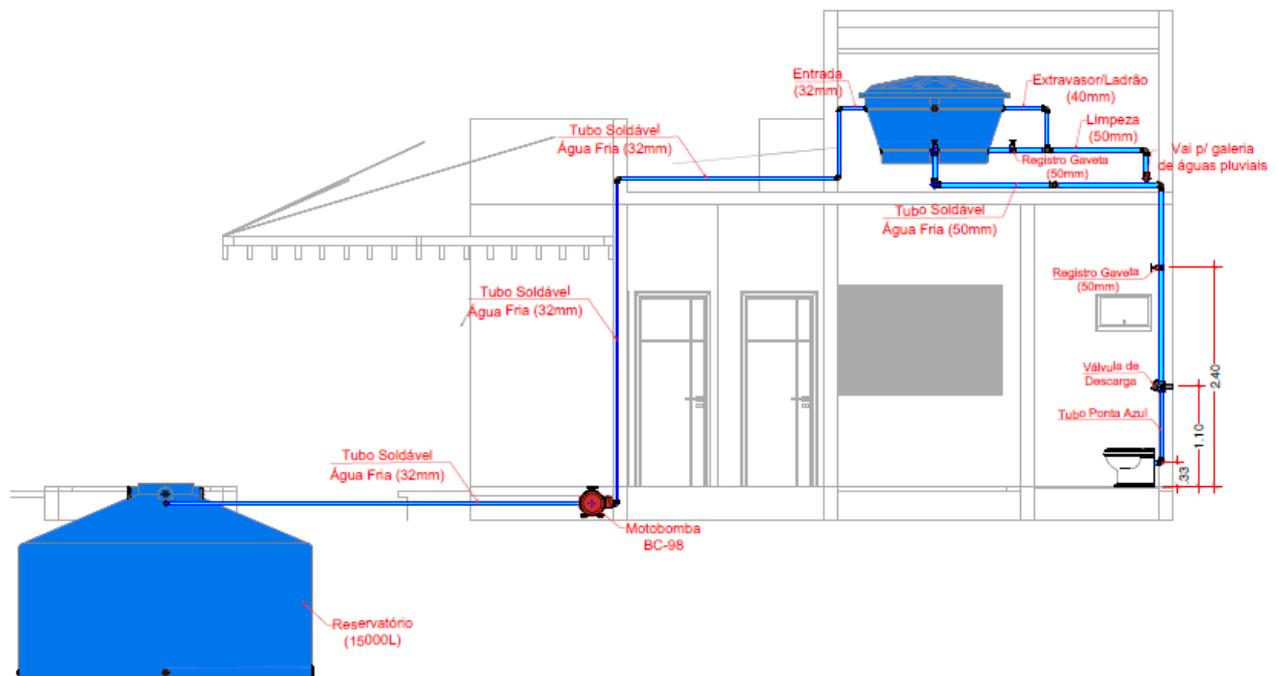
O dimensionamento do sistema começa no reservatório. Determinada sua capacidade de 15 mil litros, foram feitos os detalhamentos e os elementos necessários para o seu bom funcionamento. Na Figura 6 está indicado o detalhamento do sistema de chegada da água pluvial, até a saída do reservatório.

Figura 6 – Detalhamento da entrada e saída do reservatório

Fonte: Autor (2021).

O mecanismo de entrada consiste no primeiro passo é o descarte de 2 mm, conforme as especificações de Alves *et al* (2016). A água restante passa por um filtro para eliminar impurezas, e é então direcionada para o reservatório, que conta com um freio d'água que diminui o impacto sobre os sedimentos do fundo do reservatório. O extravasor se encarrega de evitar os excessos de água no reservatório, canalizando os mesmos para a rede pública de coleta de águas pluviais.

Já a saída do reservatório, consiste no conjunto boia e mangueira, que realiza a captação da parte superior do reservatório, conforme o nível diminui, sendo o mesmo acompanhado pela boia. A água captada, com o auxílio de uma motobomba, vai para o reservatório superior e é distribuída nos pontos de consumo, conforme visto na Figura 7.

Figura 7 – Tubulação do reservatório inferior para o superior

Fonte: Autor (2021)

O restante dos detalhamentos e projetos esquemáticos estão indicados nos apêndices a esse trabalho, separados da seguinte forma:

- No Apêndice A, indica-se o esquema isométrico das calhas e dos condutores verticais e horizontais, que vão para caixas de inspeção e posteriormente para o reservatório.
- No Apêndice B, indica-se a saída do reservatório, o posicionamento da bomba e os ramais de distribuição para os aparelhos de consumo.
- Os Apêndices C e D apresentam a planta baixa coleta e a de distribuição, respectivamente. Indicando o traçado da tubulação.
- Nos Apêndices E, F, G e H, indicam-se os cortes do sistema.
- O Apêndice I contém a lista de materiais do sistema.

4 CONCLUSÃO

Tendo em mente a problemática da escassez de água e que dentre suas variadas causas está o desperdício, as secas e a poluição, encontrar formas de reutilização das águas pluviais é uma importante forma de evitar o desperdício e reduzir impactos ambientais. Soluções de pequena escala como a apresentada no trabalho, são formas de participação da população nos indicadores de sustentabilidade.

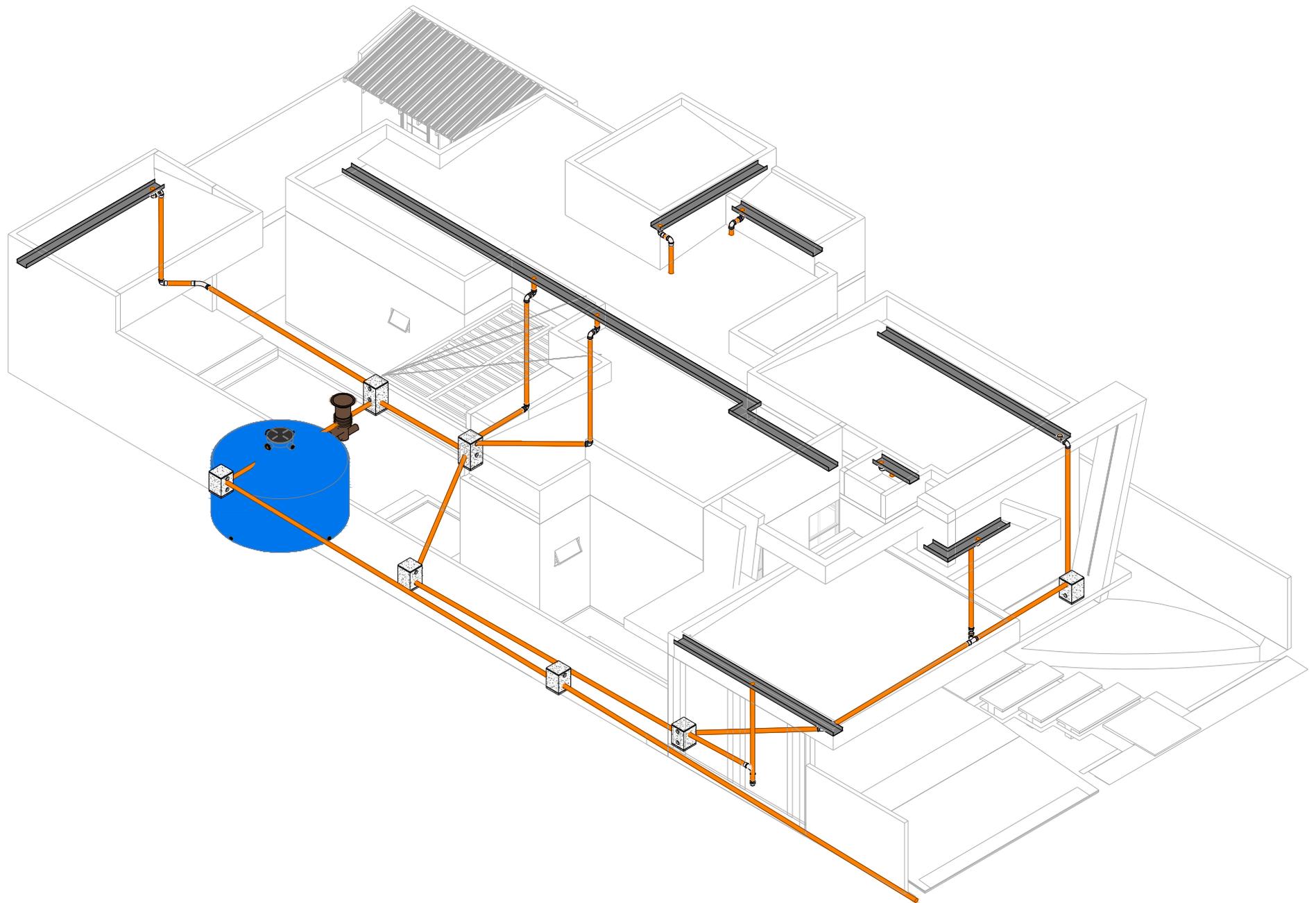
Desta forma, o trabalho teve êxito no dimensionamento do sistema, que é suficiente para uma residência de 4 moradores. O reservatório e o detalhamento foram dimensionados de acordo com as necessidades dos moradores e da edificação, tornando o sistema funcional. Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se a análise da viabilidade econômica do sistema para sua instalação, assim como sugere-se o estudo da implantação do sistema em atividades comerciais e a pesquisa comparativa entre sistema de captação de água pluvial e poços artesanais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: 1998.
- ALVES, W. C. *et al.* Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar. **São Paulo: IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**, v. 32, 2016.
- BRANDÃO, João Luiz Boccia; MARCON, Priscila. Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/2007 com base na simulação diária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1031-1041, 2018.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 09 jan. 1997.
- CANTELE, Tatiana Dias; LIMA, Eudes de Castro; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259-1282, 2018.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. São Paulo: Blucher, 2017.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agronômicas. **Guia Clima**. 2021. Disponível em: <<https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/estatisticas/estatisticas-ver-dados>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.
- FRANKLIN ELETRIC. **TABELA DE SELEÇÃO DE BOMBAS E MOTOBOMBAS 2019. Schneider Motobombas**. São Paulo. 2019. Disponível em: <https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider_tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf>. Acesso em 03 de nov. 2021.
- GHISI, E., & FERREIRA, D.F (2017). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. . Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132306001971?via%3Dihub>>. v. 42, p.2522, 2007.

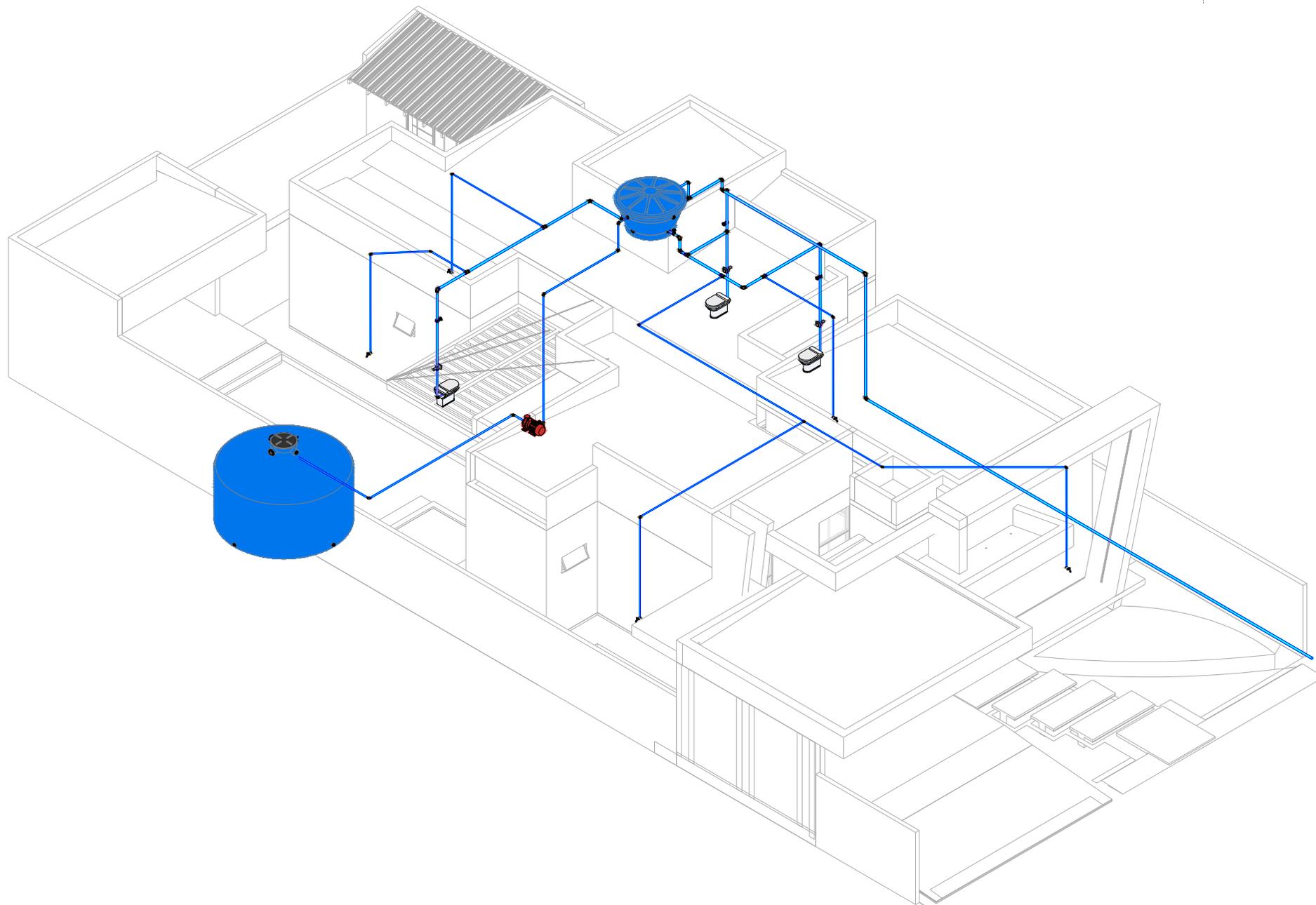
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/>> 2014.
- HERRINGTON, P. R. The economics of water demand management. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). **Water demand management**. London: IWA, 2006. The economics of water demand management, p.236-279.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Brasília. 2021. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em 06 de out. 2021.
- LOPES, Ana de Godoy; SILVA JUNIOR, Daniel Pinto; MIRANDA, Daniel Augusto. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). **Revista Petra**, v. 1, n. 2, 2015.
- MIRANDA, Pedro. **Como calcular a quantidade de telhas para o telhado**. AECweb. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-calcular-a-quantidade-de-telhas-para-o-telhado/17588>. Acesso em: 25 maio 2021.
- NETTO, José Martiniano de Azevedo; Y FERNANDEZ, Miguel Fernandez. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Blucher, 1998.
- PEREIRA, Sílvio Bueno Pereira *et al.* Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a Região de Dourados, MS. Dourados, MS. **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2007.
- RUPP, Ricardo Formaggiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.
- SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações. Princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica. Brasília: **Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico**, Universidade de Brasília, 2017.
- SILVA, Mayane Bento; HERREROS, Mário Miguel Amin Garcia; BORGES, Fabricio Quadros. Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 10, n. 1, p. 101-115, 2017.
- SUPLICY, Eduardo. *et al.* Perdas e desperdício agravam risco de escassez. **Em Discussão! Os principais debates do Senado Federal**, Ano 5 - nº 23, p. 15-17, dezembro, 2014. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassezdeagua/@@download/arquivo_pdf/escassez-de-agua.pdf>. Acesso em 25 maio 2021.

APÊNDICE A – ISOMÉTRICO ÁGUA PLUVIAL



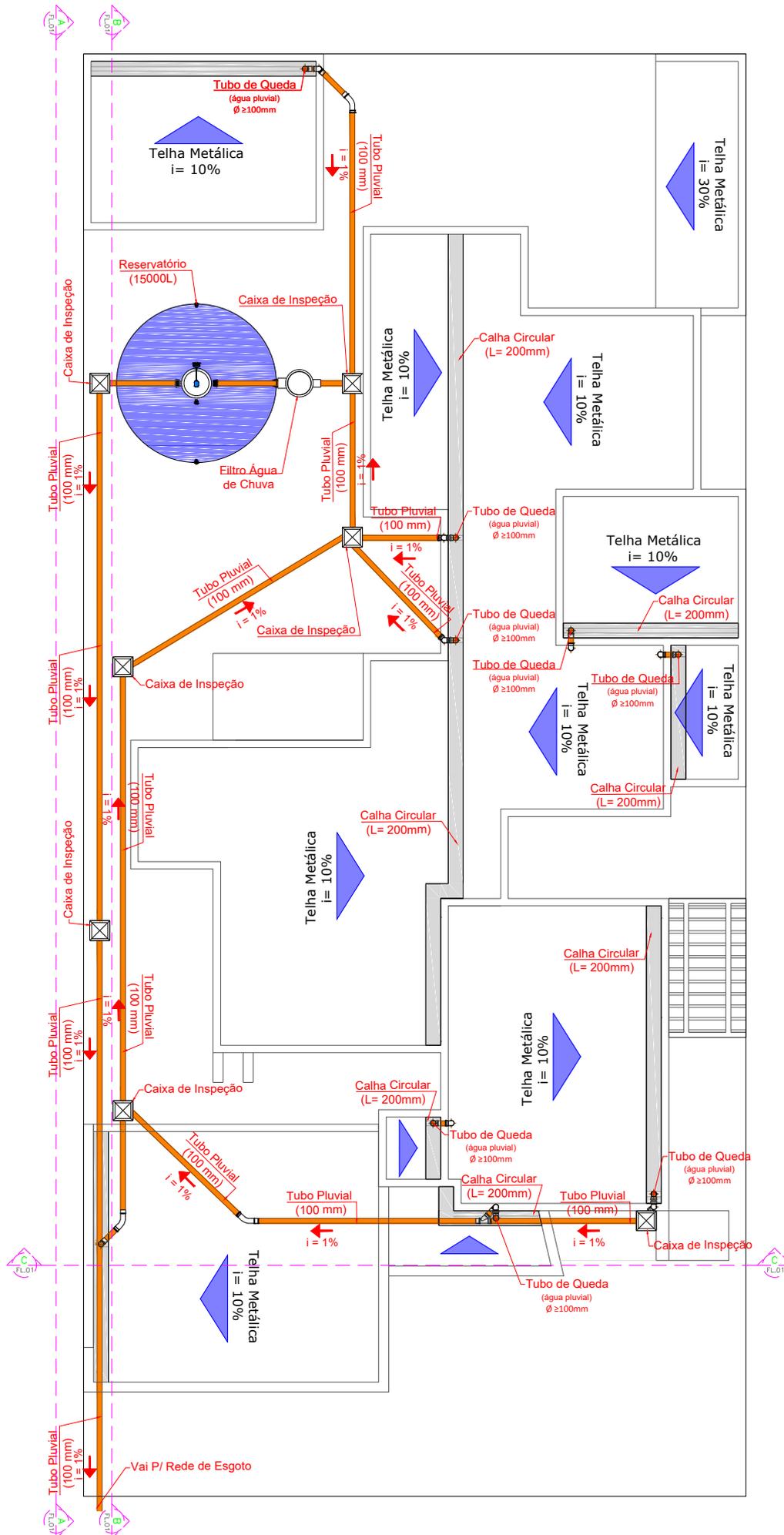
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE B – ISOMÉTRICO ÁGUA FRIA



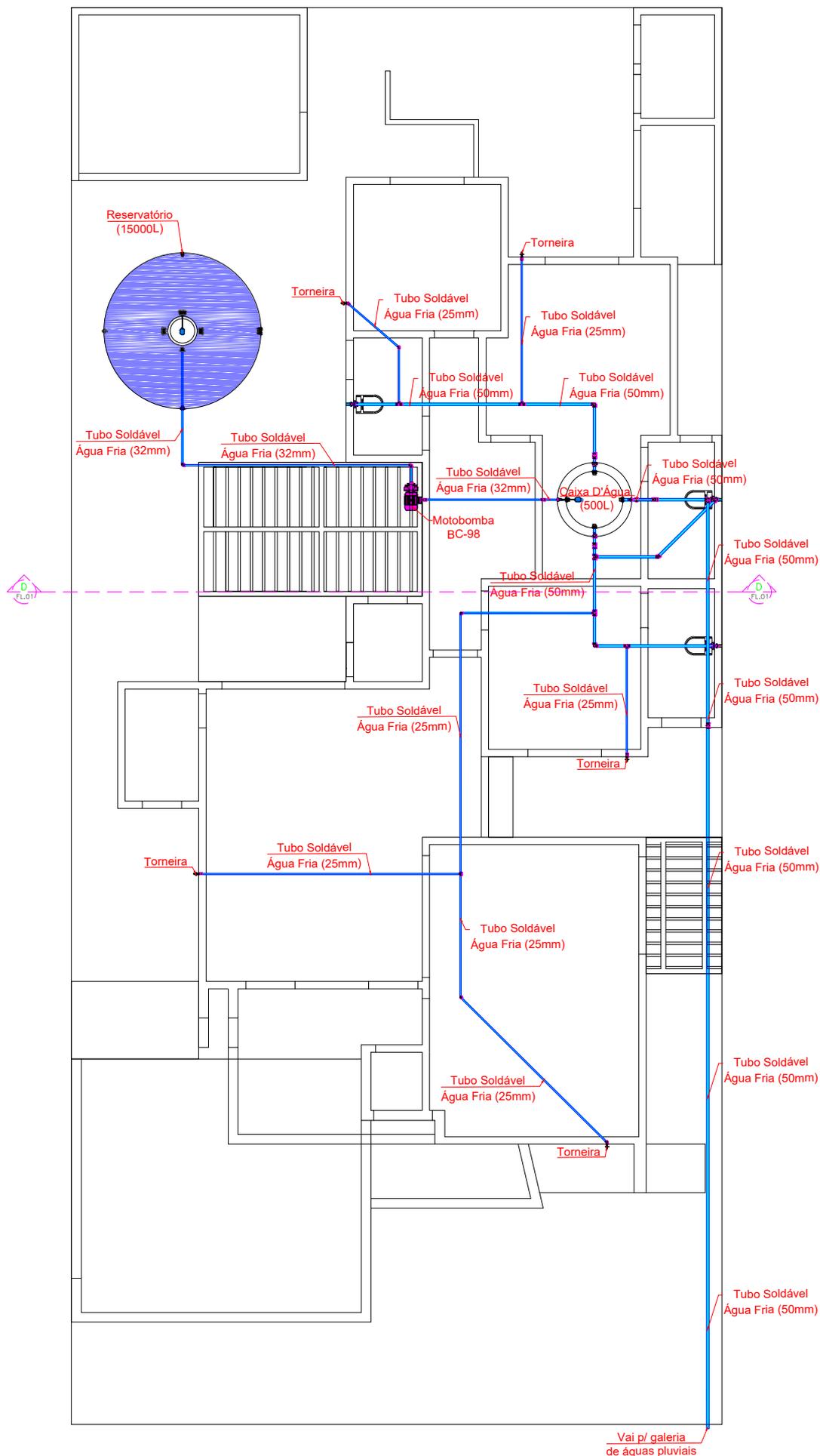
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE C – PLANTA BAIXA ÁGUA PLUVIAL



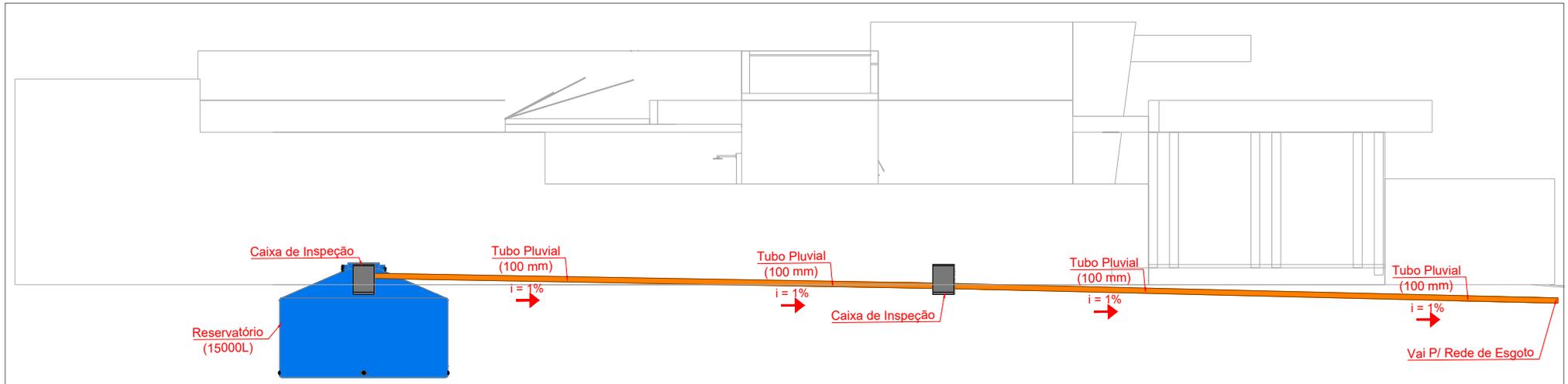
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE D – PLANTA BAIXA ÁGUA FRIA



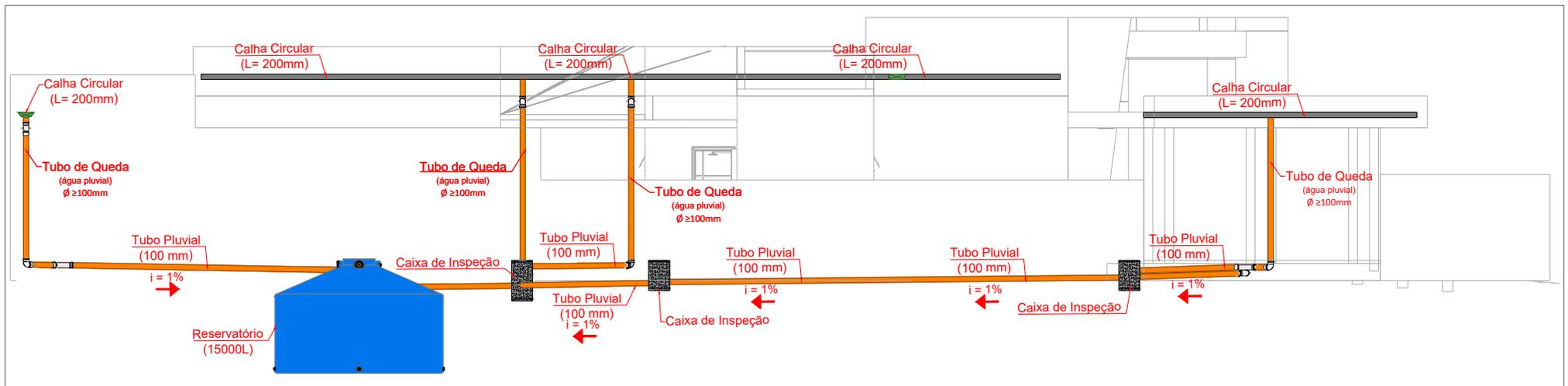
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE E – CORTE AA



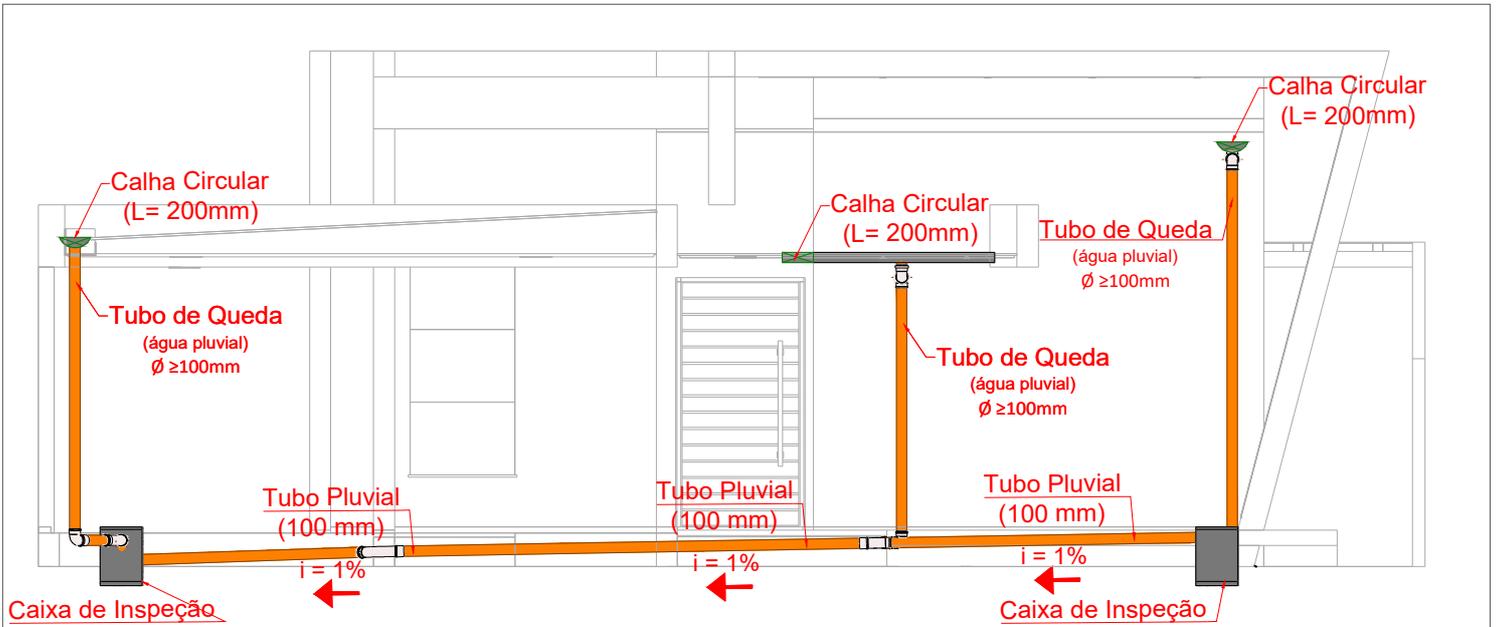
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE F – CORTE BB



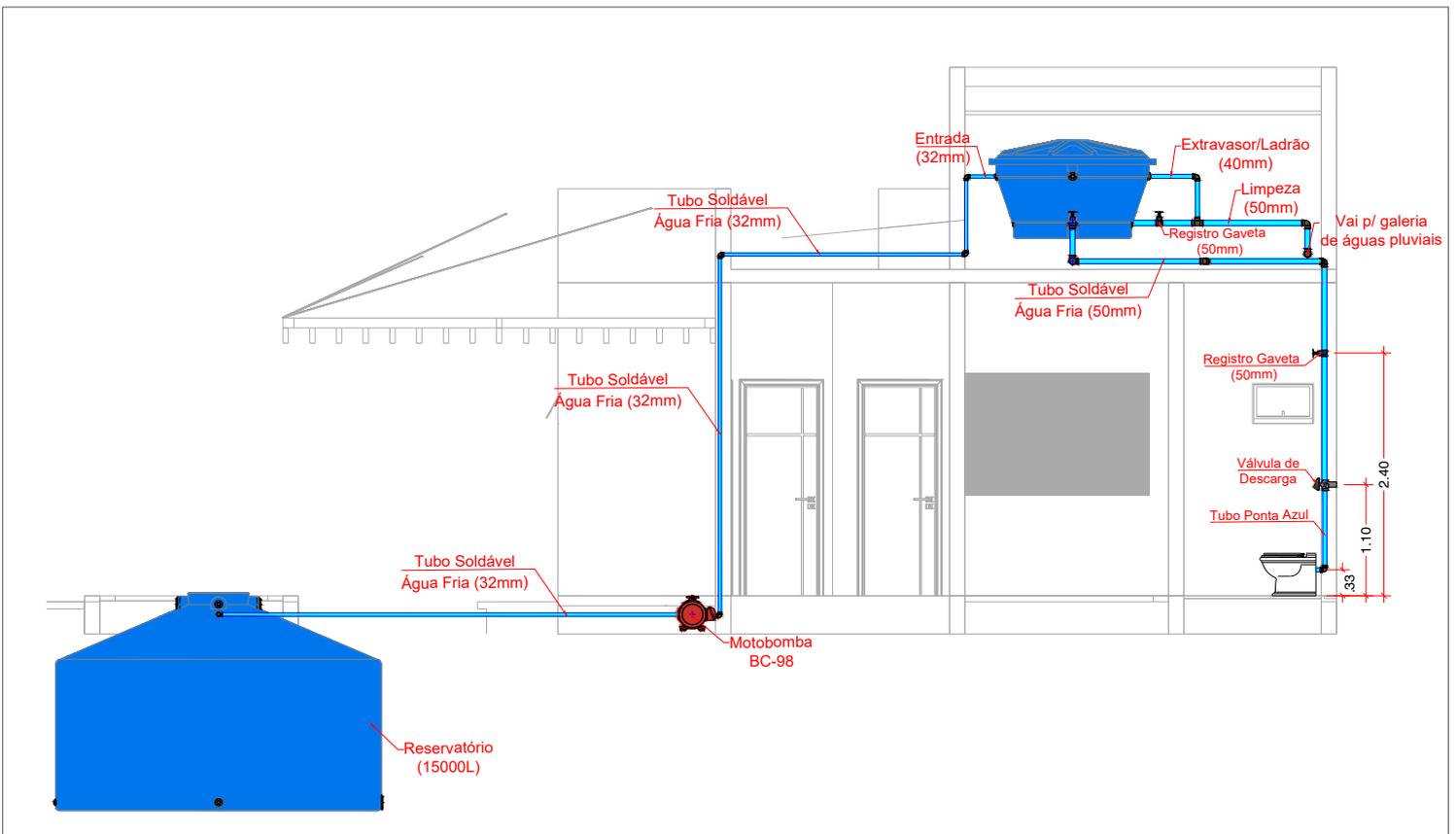
FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE G – CORTE CC



FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE H – CORTE GG



FONTE: O AUTOR, (2021)

APÊNDICE I – LISTA DE MATERIAIS

Caixas de Gordura e Passagem			
Quantidade	Descrição		
Caixas de Inspeção			
7	Caixa de Inspeção (40x40cm)		
Materiais			
Quantidade	Descrição		
1	Caixa d'Água 500 Litros		
1	Tanque de Polietileno 15000 Litros		
1	Filtro para águas pluviais		
1	Motobomba BC-98		
Conexões para Água Pluvial			
Quantidade	Descrição		
3	Curva 45° Longa 100mm, Esgoto Série Reforçada		
7	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Reforçada		
1	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Reforçada		
11	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Reforçada		
1	Tê 100 x 100mm, Esgoto Série Reforçada		
Conexões para Água Fria			
Quantidade	Descrição		
2	Joelho 45° Soldável 25mm		
1	Joelho 45° Soldável 50mm		
6	Joelho 90° Soldável 25mm		
6	Joelho 90° Soldável 32mm		
1	Joelho 90° Soldável 40mm		
3	Kit Ponta Azul 40mm (Ponta Azul)		
13	Joelho 90° Soldável 50mm		
4	Tê de Redução Soldável 50x25mm		
1	Tê de Redução Soldável 50x40mm		
4	Tê Soldável 25mm		
1	Tê Soldável 50mm		
5	Joelho 90° Soldável e com Rosca 25mm		
Registros e Válvulas			
Quantidade	Descrição		
6	Registro De Gaveta 50mm		
3	Válvula de Descarga		
Tubos Rígidos/Soldavel			
Tubo Soldável (m)	Descrição	Diâmetro	Total (m)
41,40	Tubo Soldável Marrom	25mm	48,00m
14,53	Tubo Soldável Marrom	32mm	18,00m
3,57	Tubo Soldável Marrom	40mm	6,00m
44,73	Tubo Soldável Marrom	50mm	48,00m
Tubo Esgoto (m)			
88,17	Tubo Esgoto Série Reforçada	100mm	96,00m

FONTE: O AUTOR, (2021)