

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA SARTOR BORTOLOZO

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR**

PATO BRANCO

2022

ANDRESSA SARTOR BORTOLOZO

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR**

**Implementation of a rainwater harvest system in a printing industry in the
county of Pato Branco-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. Cleovir Jose Milani.

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ANDRESSA SARTOR BORTOLOZO

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/junho/2022

Cleovir José Milani

Doutorado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco

Cesar Augusto Medeiros Destro

Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade
Federal do Paraná
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco

Volmir Sabbi

Doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Maringá
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a toda minha família, que me apoiou e incentivou ao longo da minha graduação, em especial aos meus pais, Marlete e Ivonei, por sempre acreditarem em mim, incentivarem o estudo desde criança e estarem junto comigo em todos os momentos que precisei. Esta vitória também é de vocês!

Agradeço também a minha irmã, Amanda, minha grande companheira, que sempre esteve ao meu lado torcendo por mim, saiba que sempre estarei aqui por você.

Ao longo da graduação participamos de atividades da UTFPR além da sala de aula, agradeço a oportunidade de poder fazer parte da PROJr – Empresa Júnior de Engenharia Civil, do Núcleo Centro-Sul e do Centro Acadêmico de Engenharia Civil, grandes responsáveis pelo meu desenvolvimento profissional e pessoal. Ao participar dessas atividades, vamos criando laços que geram grandes amizades, como Larissa e Fernanda, obrigada por todo apoio.

Em uma turma de Engenharia de poucas mulheres, agradeço a Amanda, Patricia e Maria Eduarda por tudo o que construímos na nossa jornada acadêmica, vocês foram fundamentais. Agradeço também a Helen, quem dividiu o dia-a-dia em Pato Branco comigo. Às minhas amigas Danielle e Andreia, que mesmo distantes fisicamente sempre estiveram presentes me apoiando.

Também deixo meu registrado meu agradecimento ao Renato, o engenheiro supervisor do meu estágio, por todo suporte, apoio e conhecimentos repassados, sempre esteve e está muito disposto a ajudar.

Deixo meu muito obrigada ao professor orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Cleovir, por todo auxílio a mim prestado, e também agradeço aos professores da banca, César e Volmir, por todas as suas contribuições. Estendo o agradecimento a todos os professores da UTFPR que ao longo da graduação compartilharam seus conhecimentos e ensinamentos.

Agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de estudar na UTFPR, uma universidade pública, gratuita e de qualidade, e por tudo o que esses anos de graduação me proporcionaram. Encerro esse ciclo muito feliz e grata por me tornar Engenheira Civil.

RESUMO

A água é indispensável para a vida e sua demanda vem crescendo cada vez mais devido ao crescimento populacional, desenvolvimento industrial e da agricultura. O Brasil, apesar de possuir grande quantidade de água doce, ainda precisa melhorar na sua distribuição e uso consciente. A captação de águas pluviais surge como uma alternativa contribuinte no suprimento da demanda de água e descarregamento da drenagem urbana. O presente trabalho tem como objetivo elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica no município de Pato Branco-PR. Para isso, foram analisados índices pluviométricos da cidade onde a indústria está instalada. Então passou-se para a análise da edificação, estudando o projeto arquitetônico, estimando o consumo de água potável e pluvial na edificação, determinando áreas de coberturas e dimensionando o reservatório inferior através do Método de Rippl. O projeto foi elaborado no software Qibuilder. Dessa maneira, foram obtidos os volumes do reservatório inferior e dos superiores, diâmetros dos condutores pluviais verticais e horizontais e calhas, diâmetros das colunas, ramais e sub-ramais de água fria e pluvial, potência dos conjuntos moto-bomba e o percentual de economia de água potável possível com a utilização do sistema.

Palavras-chave: Aproveitamento águas pluviais. Índices pluviométricos. Projeto. Dimensionamento.

ABSTRACT

Water is essential for life and its demand has been growing due to population growth and industrial and agricultural development. Brazil, despite having a large amount of fresh water, still needs to improve its distribution and conscious use. The rainwater harvesting appears as a good alternative for supplying the water demand and discharging urban drainage. The objective of this work is to elaborate the project of a rainwater harvesting system for non-potable purposes in a printing industry in the county of Pato Branco-PR. For that, initially a bibliographic study was carried out. After that, rainfall indices of the city where the industry is installed were analyzed. Then, the analysis of the building was performed out, studying the architectural project, the demand for drinking water and rainwater in the building, determining roof areas and the Rippl Method was used to size the reservoir. The project was developed in Qibuilder software. This way, the volumes of the lower and upper water reservoirs, diameters of vertical and horizontal rainwater conductors and gutters, diameters of columns, power of the motor-pump groups and the percentage of potable water savings that is possible with the use of the system.

Keywords: Rainwater Harvesting. Rainfall indices. Project. Dimensionation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Consumo médio per capita de água (em litros/hab.dia por macrorregião geográfica, em 2020)	19
Figura 2: Consumo médio per capita de água (em litros/hab.dia por estado, em 2020)	19
Figura 3: Hidrograma da área urbanizada e da área não urbanizada	22
Figura 4: Precipitação média anual (1977-2006) para o estado do Paraná	23
Figura 5: Precipitação média sazonal (1977-2006) para o estado do Paraná. Legenda: A) verão; B) outono; C) inverno; e D) primavera	24
Figura 6: Gráfico com a precipitação anual máxima, média e mínima das estações pluviométricas analisadas para o período de 1977 a 2006	25
Figura 7: Valores médios, mínimos e máximos de precipitação referente aos modelos de precipitação (1977-2006) selecionados para o estado do Paraná	26
Figura 8: Cisterna do povo Maya, chamada Chultun.	33
Figura 9: Esquema de funcionamento do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais com reservatório de autolimpeza	43
Figura 10: Área de coleta - telhado: comprimento x largura	44
Figura 11: Área de coleta - laje: comprimento x largura	44
Figura 12: Área de coleta - telhado e pátio: armazenamento em reservatório subterrâneo	45
Figura 13: Sistema de grade localizada sobre a calha	45
Figura 14: Irrigação de jardins: área de coleta, condutor horizontal (calha), condutor vertical, sistema de armazenamento (reservatório) e sistema de distribuição para rega do jardim	47
Figura 15: Reservatório de autolimpeza com torneira boia	55
Figura 16: Captação de um telhado tradicional	60
Figura 19: Aplicação da metodologia na pesquisa	65
Figura 18: Planta de situação do caso de estudo.....	66
Figura 19: Planta de implantação do caso de estudo.....	67
Figura 20: Planta baixa do pavimento térreo do caso de estudo.....	68
Figura 21: Planta baixa do pavimento superior do caso de estudo	69
Figura 22: Planta de cobertura do caso de estudo	70
Figura 23: Representação externa da indústria em 3D	71
Figura 24: Representação externa da indústria em 3D	71
Figura 25: Representação externa da indústria em 3D	71
Figura 26: Representação externa da indústria em 3D	72
Figura 27: Representação externa da indústria em 3D	72
Figura 28: Reservatório inferior e reservatório de autolimpeza	78
Figura 29: Detalhe isométrico da ligação entre calha e coluna pluvial	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vazão média de água do Brasil em comparação com o total dos outros países da América do Sul	17
Tabela 2: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil	17
Tabela 3: Resumo anual das alturas de precipitação da Estação Pato Branco (2000 – 2020)	27
Tabela 4: Resumo anual das alturas de precipitação da Estação Passo da Ilha em Pato Branco (2000 – 2020)	28
Tabela 5: Dias de chuva na Estação Pato Branco	29
Tabela 6: Dias de chuva na Estação Passo da Ilha em Pato Branco.....	30
Tabela 7: Precipitação mensal do período de 2001 a 2020 na Estação Pato Branco	31
Tabela 8: Dimensões dos tubos de PVC-U	62
Tabela 9: Estimativa de consumo de água potável na indústria em estudo	75
Tabela 10: Estimativa de consumo de água reaproveitável na indústria em estudo	76
Tabela 11: Dimensionamento pelo Método de Rippl Mensal.	77
Tabela 12: Reservatórios superiores.....	79
Tabela 13: Determinação dos diâmetros de recalque e sucção.....	79
Tabela 14: Dimensionamento dos conjuntos moto-bomba	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação das águas doces segundo seus usos preponderantes – Resolução CONAMA no 357 de 17 de março de 2005	36
Quadro 2: Periodicidade de manutenções do sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo ABNT NBR 5674/2012	49
Quadro 3: Periodicidade de manutenções do sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo ABNT NBR 15527/2019	50
Quadro 4: Necessidade de tratamento de água exigido conforme o uso	51
Quadro 5: Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta	51
Quadro 6: Parâmetros de qualidade para usos não potáveis da água	52
Quadro 7: Sugestões para o tratamento da água da chuva devido ao uso	53
Quadro 8: Coeficientes de runoff em função do tipo do material da superfície da cobertura	60
Quadro 9: Demanda residencial de água potável na área interna	61
Quadro 10: Demanda residencial de água potável na área externa	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
1.2	Justificativa	14
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	16
2.1	Índices pluviométricos e disponibilidade de água potável	16
2.1.1	Índices pluviométricos no Brasil	16
<u>2.1.1.1</u>	<u>Disponibilidade Hídrica e demanda de água no Brasil</u>	<u>16</u>
<u>2.1.1.2</u>	<u>Conservação de água</u>	<u>20</u>
<u>2.1.1.3</u>	<u>Poluição e desperdício de água</u>	<u>20</u>
2.1.2	Urbanização, Impermeabilização do solo e Drenagem Urbana	21
2.1.3	Índices pluviométricos no Paraná	23
2.1.4	Índices pluviométricos em Pato Branco	26
2.2	Aproveitamento de águas pluviais	31
2.2.1	Aproveitamento de águas pluviais no mundo: Histórico e usos atuais	32
2.2.2	Aproveitamento de águas pluviais no Brasil	35
<u>2.2.2.1</u>	<u>Legislação Nacional</u>	<u>35</u>
<u>2.2.2.2</u>	<u>Normas Técnicas</u>	<u>37</u>
<u>2.2.2.2.1</u>	<u>Condições Gerais</u>	<u>37</u>
<u>2.2.2.3</u>	<u>Legislação do Paraná</u>	<u>40</u>
<u>2.2.2.4</u>	<u>Legislação de Pato Branco</u>	<u>41</u>
2.2.3	Sistema de aproveitamento de águas pluviais	42
<u>2.2.3.1</u>	<u>Modelos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais;</u>	<u>43</u>
<u>2.2.3.2</u>	<u>Componentes e equipamentos;</u>	<u>43</u>
<u>2.2.3.3</u>	<u>Instalação do sistema;</u>	<u>47</u>
<u>2.2.3.3.1</u>	<u>Técnicas de coleta de águas pluviais para irrigação de jardins e limpeza de vasos sanitários.</u>	<u>47</u>
<u>2.2.3.4</u>	<u>Manutenção do sistema;</u>	<u>48</u>
2.3	Qualidade e tratamento de águas pluviais	50
2.3.1	Parâmetros da qualidade da água para usos não potáveis	50
2.3.2	Tratamento das águas pluviais	53
<u>2.3.2.1</u>	<u>Descarte da água de limpeza do telhado e gradeamento (first flush);</u>	<u>54</u>

<u>2.3.2.2</u>	<u>Filtração;.....</u>	<u>55</u>
<u>2.3.2.3</u>	<u>Desinfecção;.....</u>	<u>56</u>
2.4	Métodos de dimensionamento de reservatórios (metodologia).....	56
2.4.1	Método de Rippl	57
2.4.2	Método da simulação	57
2.4.3	Método Azevedo Neto	57
2.4.4	Método prático alemão	58
2.4.5	Método prático inglês	58
2.4.6	Método prático australiano	58
2.5	Etapas do dimensionamento.....	59
3	METODOLOGIA	64
4	RESULTADOS.....	66
4.1	Estudo de caso	66
4.2	Dimensionamento do Sistema	72
4.3	Análise de resultados	81
5	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICE A - Detalhes Isométricos Hidráulicos.....	88

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso da natureza imprescindível para a vida no planeta Terra e sua demanda vem sendo cada vez maior devido ao crescimento populacional, agricultura e desenvolvimento industrial (SOUZA, 2018). Segundo Mekonnen e Hoekstra (2016), citado no Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2019 (UNESCO, 2019), calcula-se que 3,6 bilhões de pessoas, quase dois terços da população mundial, sofrem com uma escassez hídrica grave durante pelo menos um mês do ano. O relatório ainda diz que, segundo AQUASTAT (n.d.), desde a década de 1980, o uso da água tem aumentado 1% ao ano em todo o mundo, e que a demanda mundial por água deverá crescer nessa mesma proporção anualmente até 2050, o que significa um aumento entre 20% a 30% do consumo atual. Esse aumento também pode ser explicado pelo crescimento previsto da população mundial, que em junho de 2017 era 7,6 bilhões de pessoas e estima-se que em 2050 esse número suba para 9,8 bilhões.

Com base nesses dados, é notável a necessidade de novas alternativas para suprir a demanda de água, e uma delas é a captação de águas pluviais. Segundo Gould and Nissen-Petersen (1999) apud The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005), há evidências arqueológicas que mostram que a captação de água pluvial já ocorria há 4000 anos, e que, na China, o conceito dessa coleta pode ter 6000 anos. Em Israel, foram encontradas ruínas preservadas de cisternas construídas em 2000 a.C., que eram usadas para armazenamento de água das encostas para agricultura e uso doméstico.

O aproveitamento de águas pluviais pode gerar uma economia de até 30% do uso de água potável. Mas esse valor pode variar de acordo com a precipitação pluviométrica do local, áreas de captação da edificação e consumo mensal de água não potável pelos usuários (TOMAZ, 2003 apud BARRETO, 2013).

Grandes empresas estão investindo cada vez mais em sistemas próprios para captação e tratamento de água, para dessa forma, não depender das concessionárias para o seu abastecimento e funcionamento, uma vez que falhas no abastecimento no setor produtivo podem causar grandes prejuízos. Os sistemas de captação de águas pluviais podem ser construídos nos mais variados tipos de edificações e com custos não tão elevados. Esse sistema, além de contribuir para o abastecimento de água, auxilia na redução das vazões dos afluentes que descarregam na drenagem pluvial

urbana. Quando acontecem chuvas de grande intensidade, frequentemente os sistemas de drenagem urbano das cidades ficam sobrecarregados, causando enchentes e alagamentos. Cada edificação retendo parte dessa água, alivia a demanda nos sistemas de drenagem (FLESCH, 2011).

A questão de pesquisa deste trabalho é: qual é a economia potencial de água potável obtida com a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica de painéis e letreiros no município de Pato Branco-PR?

Para obtenção da resposta, o trabalho está dividido em cinco capítulos, o primeiro contém introdução, justificativa e objetivos. Já o segundo conta com o referencial teórico, falando sobre Índices pluviométricos e disponibilidade de água potável, aproveitamento de águas pluviais, qualidade e tratamento da água pluvial e métodos e etapas de dimensionamento de reservatórios. Seguido disso há a metodologia do trabalho. No capítulo quatro fala-se sobre o estudo de caso, as análises e resultados. Por fim, no capítulo 5, a conclusão encerra o trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica no município de Pato Branco-PR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os índices pluviométricos na cidade de Pato Branco-PR;
- Identificar os pontos de captação e consumo de águas pluviais na indústria;
- Dimensionamento do reservatório de aproveitamento de águas pluviais;
- Dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais;

1.2 Justificativa

A água é essencial para a vida, segundo May (2009), 96,5% da água terrestre está nos oceanos, 1% é água subterrânea salina ou lagos salinos e apenas 2,5% é água doce. Desses 2,5%, 68,6% são geleiras, 30,1% são subterrâneas e apenas 1,3%

é água de superfície, facilmente disponível para o consumo humano. A água doce tem se tornado cada vez mais escassa no Brasil e no mundo. Isso se deve ao crescimento populacional, das cidades e das atividades agrícolas e industriais (SOUZA, 2018). Acompanhado disso, cinco estados brasileiros, incluindo o Paraná, enfrentaram em 2021 a pior seca dos últimos 91 anos, segundo o Sistema Nacional de Meteorologia (G1, 2021). O governo federal emitiu pela primeira vez um alerta de emergência hídrica, para os meses de junho a setembro de 2021.

Diante deste panorama, se faz necessária a busca por alternativas mais sustentáveis e econômicas, como o aproveitamento de águas pluviais. Esse sistema pode diminuir o consumo de água de residências, comércios e indústrias para fins não potáveis, como limpeza de calçadas, utilização em bacias sanitárias, manutenção de jardins, entre outros. Da mesma forma que o aproveitamento contribui para o abastecimento, ele visa atenuar o escoamento superficial das águas da chuva, contribuindo para a prevenção das inundações e à poluição das águas superficiais (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

Este trabalho tem sua importância justificada, uma vez que através da elaboração do projeto de aproveitamento de águas pluviais, pretende-se diminuir o consumo de água potável em uma indústria gráfica no município de Pato Branco. A opção por uma indústria gráfica deu-se pela possibilidade de acesso aos projetos arquitetônico e estrutural, que juntamente com as normas necessárias, torna o trabalho viável.

A originalidade desse trabalho está na escolha da indústria de painéis e letreiros, que apesar de não utilizar água na produção, possui ambientes que atendem aos funcionários e necessitam de abastecimento, como banheiros, cozinha e bebedouros, e para manutenção e limpeza da edificação e rega de jardins. A indústria se trata de uma construção mista, com parte em concreto pré-moldado e parte em alvenaria convencional. Dessa maneira, esse projeto poderá ser replicado para outras indústrias com características similares.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Atualmente a sociedade vive em um cenário de tendência à escassez de água de boa qualidade, por isso é essencial que esse recurso seja usado de maneira racional e eficiente. Devido a isso, fontes alternativas de recursos hídricos não potáveis vêm sendo usados para fins pouco nobres, substituindo o uso de água potável. Uma das alternativas mais corriqueiras para isso é a captação pontual de águas pluviais. Além desse sistema poder ser usado em quase todos os tipos de edificações e não gerar custos adicionais elevados, ele vem sendo cada vez mais atraente do ponto de vista financeiro, devido à valorização econômica da água (FLESCHE, 2011).

Além de diminuir o consumo de água potável, a captação da água da chuva nas edificações também contribui para diminuir as vazões afluentes ao sistema de drenagem pluvial urbano. Os sistemas de drenagem urbana das grandes cidades brasileiras vêm se mostrando limitados e a captação de parte desta água em cada edifício diminui a demanda sobre estes sistemas (FLESCHE, 2011).

2.1 Índices pluviométricos e disponibilidade de água potável

2.1.1 Índices pluviométricos no Brasil

2.1.1.1 Disponibilidade Hídrica e demanda de água no Brasil

Segundo United Nations (2009) apud Flesch (2011), a população mundial cresce a uma taxa de aproximadamente 80 milhões de pessoas por ano, o que gera uma demanda de água potável de 64 bilhões de metros cúbicos. Além disso, das 3 bilhões de pessoas que estimam-se ser acrescentadas à população mundial até 2050, 90% estarão em países em desenvolvimento, locais que normalmente possuem problemas com oferta de água.

Segundo Tomaz (2001) apud Ferreira (2005), o Brasil detém uma quantidade de água doce que corresponde a 12% do total mundial, mas o que merece atenção é a distribuição da água e o seu uso de forma racional e consciente, para que haja esgotamento das fontes ou desperdícios. Na Tabela 1 pode-se comparar a vazão média de água do Brasil com outros países da América do Sul.

Tabela 1: Vazão média de água do Brasil em comparação com o total dos outros países da América do Sul

América do Sul	Vazão medida	
	m ³ /s	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Países da América do Sul	156.100	47
Total	334.00	100

Fonte: TOMAZ, 1998 apud FEERREIRA, 2005

Apesar desse cenário, a distribuição da água dentro do território brasileiro acontece de maneira desigual. Na região Nordeste do Brasil, por exemplo, a disponibilidade de água é bastante precária, enquanto na região Norte, há água em abundância. Apesar do Norte possuir grande disponibilidade de recursos hídricos e ser a região menos populosa do país, é a região com o menor percentual de abastecimento de água tratada (TOMAZ, 2001, apud MAY, 2009). Segundo Leuck (2008), na maioria das regiões do Brasil, os impactos sobre a oferta de água são qualitativos, isto devido à precariedade dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, falta de fiscalização dos tratamentos industriais e falta de planejamento.

Ghisi (2006) apud Rolim (2017), estuda a relação entre a população e a disponibilidade de recursos hídricos até 2100 em várias regiões do Brasil. A Tabela 2 apresenta a proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

Tabela 2: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil

Regiões do Brasil	Área territorial (%)	Disponibilidade de água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-oeste	19	15	7

Fonte: GHISI, 2004 apud FERREIRA, 2005

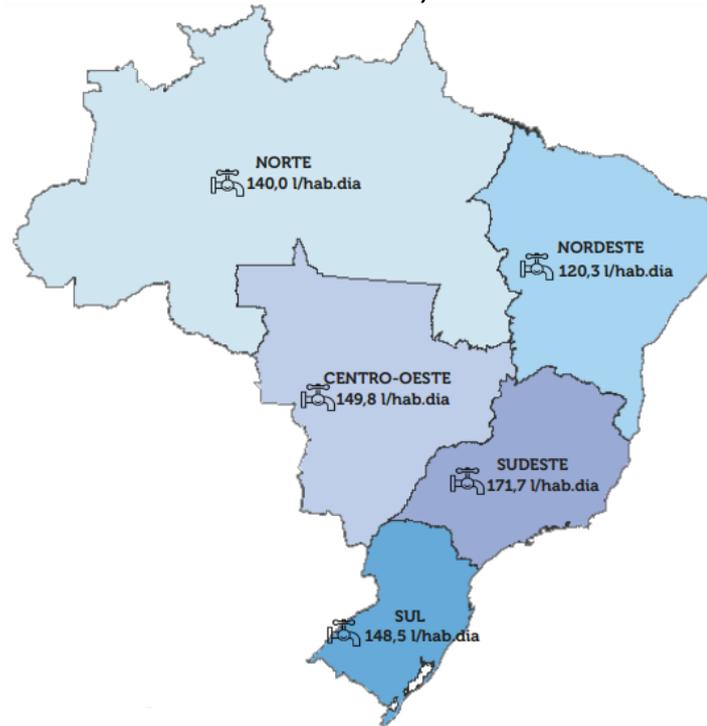
O Brasil nos anos 2000 possuía uma disponibilidade hídrica de cerca de 33.000 m³/hab./ano, sendo considerada muito alta pela classificação da United Nations Environment Programme (UNEP). Mas este valor já foi superior a 328.000 m³/hab./ano, em 1900 (ROLIM, 2017).

As projeções de Ghisi (2004) apud Ferreira (2005) ainda apontam que as regiões nordeste e sudeste terão disponibilidade hídrica menor a 2.000m³ per capita

por ano a partir de 2050. Além disso, expõe uma disponibilidade hídrica per capita por habitante de apenas com 1000m³ a partir de 2094 para a região sudeste e a partir de 2100 para a região nordeste. Já para a região sul, a disponibilidade será de apenas 5000m³ a partir de 2075. A United Nations Environment Programme (UNEP) mostra alguns parâmetros: uma disponibilidade hídrica abaixo de 1000m³ per capita por habitante é considerada catastróficamente baixa, entre 1000m³ e 2000m³ muito baixa e já de 2000m³ a 5000m³ ainda é considerada baixa (FERREIRA, 2005).

Segundo Carvalho (2004) apud Ferreira (2005), ao se falar de demanda dos recursos hídricos no Brasil, a proporção de captação do volume total é a seguinte: em primeiro lugar vem o setor agrícola (72,5%), seguido pelo setor de abastecimento (18%), e então o setor industrial (9,5%). Segundo relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021, o consumo médio per capita de água no Brasil em 2020 foi de 152,1 l/hab.dia. Ao se falar das regiões, o Sudeste registra consumo acima da média nacional, 171,7 l/hab.dia, e o Nordeste o menor consumo, 120,3 l/hab.dia (Figura 1). É importante monitorar o consumo médio de água, pois ele serve como controle operacional e de planejamento e gestão dos serviços. Ele auxilia no dimensionamento de sistemas de abastecimento em municípios com crescimento populacional e na reversão do crescimento de consumo em áreas com disponibilidade hídrica restrita. O SNIS tem o volume de água consumido como base do cálculo do índice do consumo médio per capita diário.

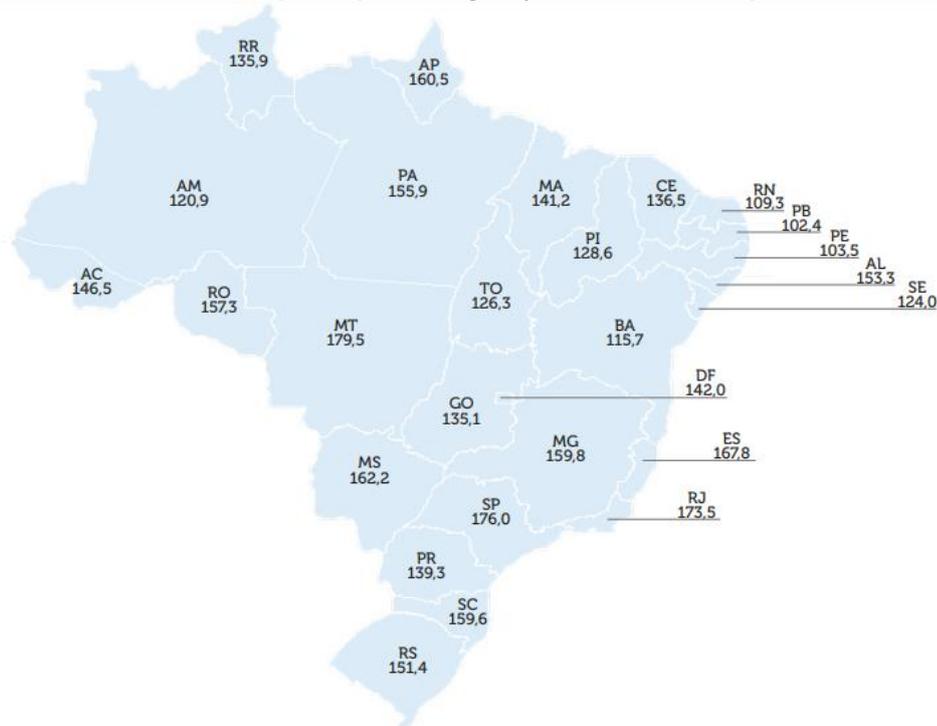
Figura 1: Consumo médio per capita de água (em litros/hab.dia por macrorregião geográfica, em 2020)



Fonte: SNIS, 2021

Ao se falar de estados, tem-se o Paraná com menor consumo médio entre os estados das regiões sul e sudeste, como mostra a Figura 2:

Figura 2: Consumo médio per capita de água (em litros/hab.dia por estado, em 2020)



Fonte: SNIS, 2021

2.1.1.2 Conservação de água

Segundo Tomaz (2001) apud May (2009), a conservação da água tem como objetivos reduzir a demanda de água, melhorar seu uso, reduzir as perdas e desperdícios e implantar práticas para economizar água. Outra definição é que a conservação de água seja um conjunto de atividades que provocam a economia de água em mananciais, no sistema público de abastecimento de água ou ainda em habitações (SANTOS, 2002 apud MAY, 2009). Além disso, May (2009) ainda cita que no Manual de Conservação e Reuso de Água, do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo - Sinduscon (2005), a conservação de água é definida como qualquer ato que reduza a quantidade de água extraída de fontes de suprimento, gere redução do consumo de água, melhore a eficiência do uso da água ou aumente a reciclagem e o reuso de água.

As medidas de conservação de água no uso urbano (residencial, industrial e comercial) podem ser convencionais ou não convencionais. Algumas das medidas convencionais são consertos de vazamentos nas redes públicas e nas residências, redução de pressão nas redes públicas, leis sobre aparelhos sanitários, educação pública, reciclagem e reuso de água e mudança nas tarifas. Já algumas das medidas não convencionais para conservação de água são utilização de excretas de vasos sanitários em compostagem, reuso de águas cinzas (águas servidas residenciais), aproveitamento de águas pluviais, aproveitamento da água de drenagem do subsolo de edifícios e dessalinização de água do mar ou salobra (TOMAZ, 2001 apud MAY, 2009).

2.1.1.3 Poluição e desperdício de água

Atualmente, um dos maiores problemas das companhias de abastecimento é o desperdício de água, o índice de perda física e financeira no Brasil é muito alto ao ser comparado com outros países. Segundo a Sabesp, as perdas totais em São Paulo no ano de 2003 atingiram 34,1% da água produzida, sendo 16,6% as perdas reais, através de vazamentos nas redes de distribuição e ramais, e 17,5% as perdas aparentes, decorrentes a erros de medição de hidrômetros, ligações clandestinas e falhas de cadastro, etc. (LEAL, 2000 apud MAY, 2009).

2.1.2 Urbanização, Impermeabilização do solo e Drenagem Urbana

As águas pluviais escorrem pela superfície por caminhos naturais conforme o relevo das bacias hidrográficas. Nos centros urbanos, as alterações de ambientes naturais acabam interferindo no ciclo da água e no processo natural de drenagem. Esta ocupação de áreas naturais gera desmatamento e assoreamento de cursos hídricos, redução da área vegetada e redução da capacidade de infiltração do solo. Já a impermeabilização do solo gera um aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial e a redução do fluxo de recarga subterrânea. Além disso, os resíduos e esgotos não coletados geram a redução da capacidade de captação das estruturas de drenagem, a contaminação do solo, a contaminação das águas pluviais e a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Todas essas ações causam maior impacto de inundações e alagamentos e menor disponibilidade de água para abastecimento. Dessa maneira, se faz necessário intervenções para minimizar impactos de eventos hidrológicos, principalmente os de grande porte. Essas intervenções são chamadas de medidas de controle, elas podem ser formadas por ações estruturais e estruturantes (SNIS, 2021).

Segundo o SNIS (2021), as ações estruturais podem ser:

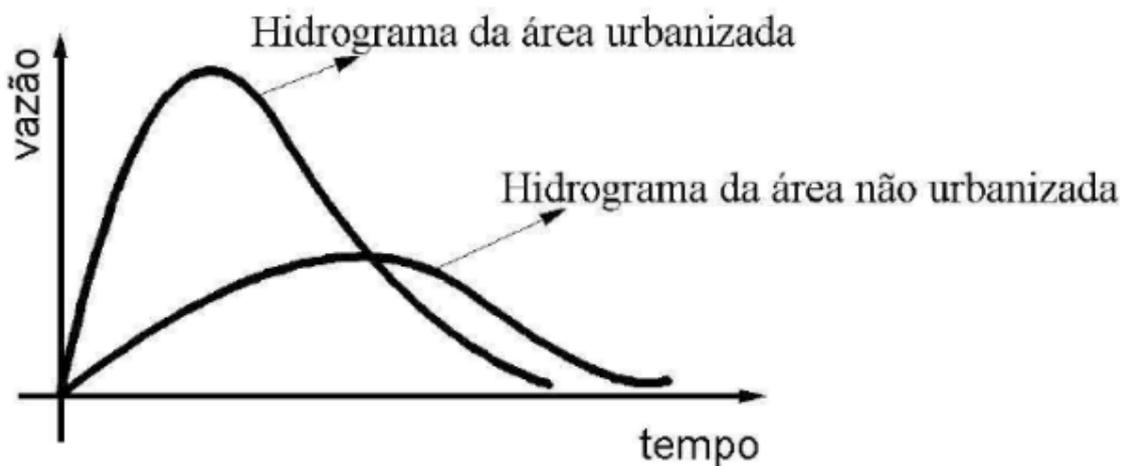
- Sistemas de micro e macrodrenagem;
- Estruturas de retenção e detenção (reservatórios de amortecimento, barragens, diques, parques lineares);
- Áreas de infiltração (bacias, trincheiras e valas);
- Retificação de cursos hídricos e canalizações;
- Recomposição de cobertura vegetal.

Ainda segundo o SNIS (2021), as ações estruturantes podem ser:

- Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo;
- Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB);
- Plano Diretor de Drenagem (PDD);
- Cadastro técnico de obras lineares;
- Mapeamento de áreas de risco de inundação;
- Sistemas de alerta de riscos de inundação;
- Ordenamento do uso e ocupação do solo;
- Regulação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Atualmente a drenagem urbana é um dos principais pontos de preocupação das grandes cidades brasileiras. A área do solo urbanizada, escoar à jusante grande parte do volume precipitado, gerando as inundações e os demais problemas citados acima. A Figura 3 mostra a comparação da vazão causada por uma precipitação na área urbanizada com uma área não urbanizada. Na área urbanizada, o hidrograma apresenta um pico de vazão elevado, uma vez que a área é muito pouco permeável, gerando um escoamento quase instantâneo. Já a área não urbanizada, absorve boa parte das chuvas e o escoamento acontece em um intervalo de tempo maior (FLESCHE, 2011).

Figura 3: Hidrograma da área urbanizada e da área não urbanizada



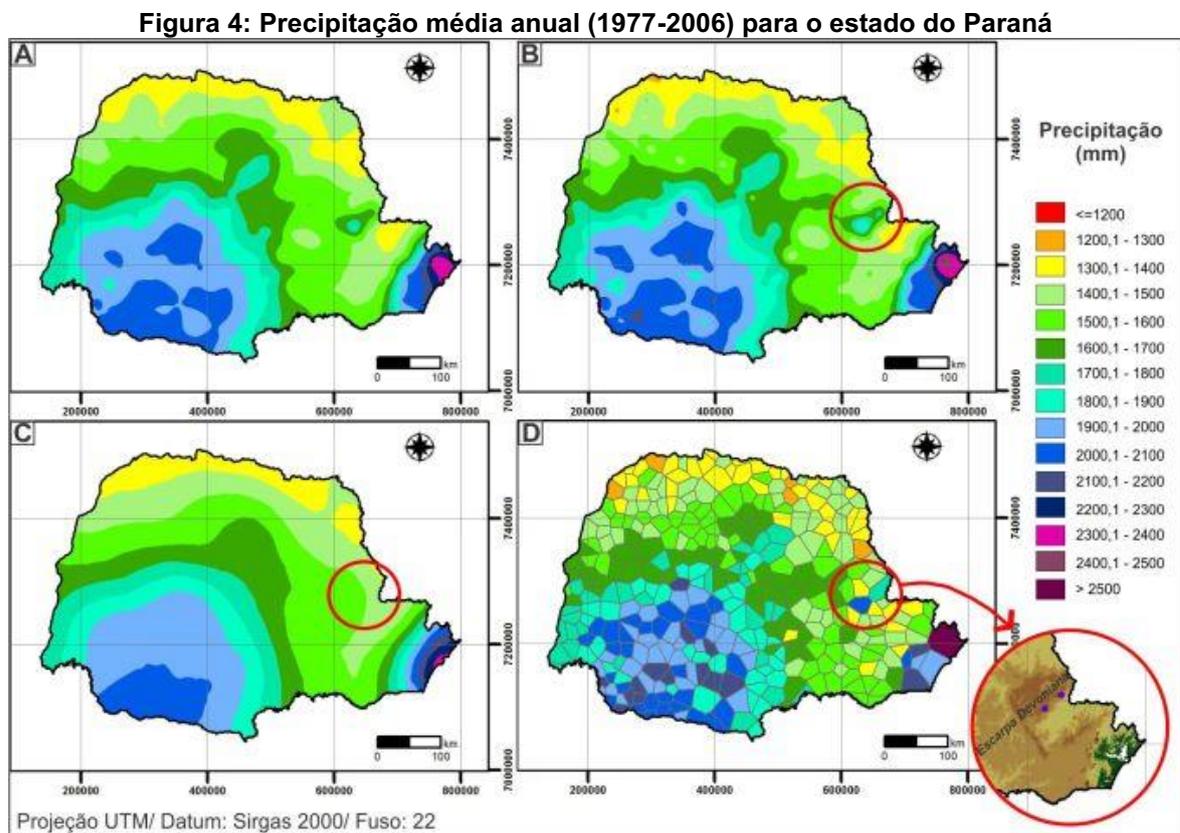
Fonte: MANO, 2004 apud FLESCHE, 2011

Neste cenário, a captação da água da chuva é uma alternativa para diminuição da demanda por estruturas de drenagem urbana nas cidades. Quando uma edificação em particular possui um sistema de captação e armazenagem de água da chuva, ele retém parte da água que antes iria ser drenada pela infraestrutura urbana. Mano (2004) apud Flesch (2011), sugere que, devido ao grande potencial de sistemas domésticos de captação e armazenagem de água da chuva na contribuição para a drenagem urbana, sejam realizados estudos sobre a viabilidade de incentivos financeiros pelo governo para a construção desses sistemas domésticos de aproveitamento pluvial. O investimento seria compensado ao diminuir a necessidade de investimento em obras de infraestrutura urbana. Entretanto, ainda há diferenças de interesse entre o armazenamento de água para contribuição com a drenagem urbana e o armazenamento para posterior consumo. No primeiro caso, o reservatório deve

estar sempre vazio, para reter o máximo volume de água de uma chuva forte, e já o armazenamento para consumo é dimensionado para que sempre haja água armazenada.

2.1.3 Índices pluviométricos no Paraná

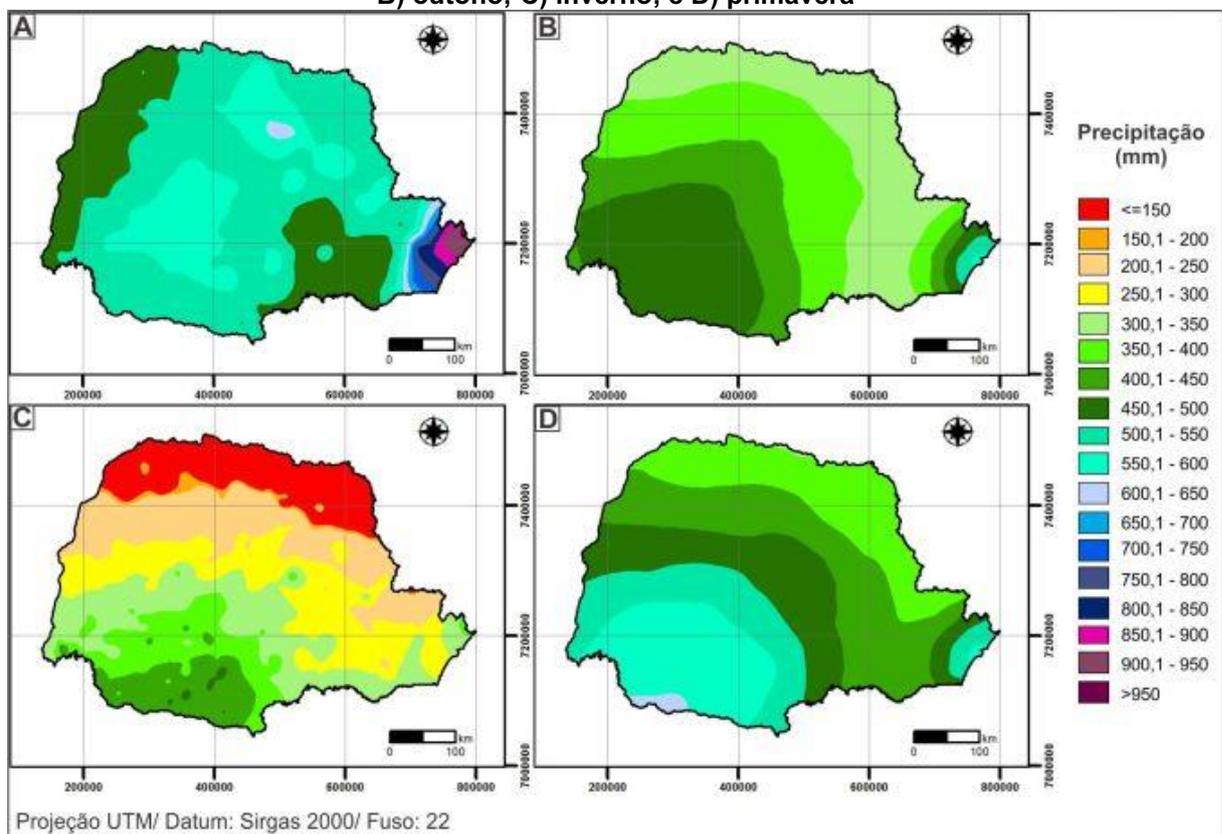
Em um estudo realizado por Mello e Sampaio (2017), foram analisados dados de 492 estações disponíveis no site da Agência Nacional de Águas (ANA) localizadas no estado do Paraná e nos municípios vizinhos às fronteiras do estado, no período de 30 anos consecutivos, de 1977 a 2006. Para dados mais próximos da realidade, o número de estações variou conforme o objetivo de cada análise. Na Figura 4, pode-se ver a classificação da precipitação anual de 404 estações em quatro modelos: esférico (selecionado), exponencial, gaussiano e o mapa de diagrama de Voronoi com destaque para duas estações localizadas a leste da Escarpa Devoniana (MELLO; SAMPAIO, 2019). A leste, próximo a Serra do Mar, também é possível notar altos valores de precipitação.



Fonte: MELLO e SAMPAIO, 2019

De forma geral, o comportamento da precipitação em relação às estações do ano foi parecido com o anual, exceto pelo verão que não ficou bem definido (Figura 5). No outono e primavera houve um padrão mais semelhante, possuindo uma aparente região de sombra de chuva na região leste. Entretanto, no inverno, há uma diminuição nos índices pluviométricos para as estações próximas à Serra do Mar (a leste), quando comparado com as outras estações pluviométricas. A estação do ano com o maior acúmulo médio de precipitação foi, respectivamente, o verão com 533,6mm, primavera com 472,5mm, outono com 399,8mm e inverno com 287,1mm (MELLO e SAMPAIO, 2017).

Figura 5: Precipitação média sazonal (1977-2006) para o estado do Paraná. Legenda: A) verão; B) outono; C) inverno; e D) primavera

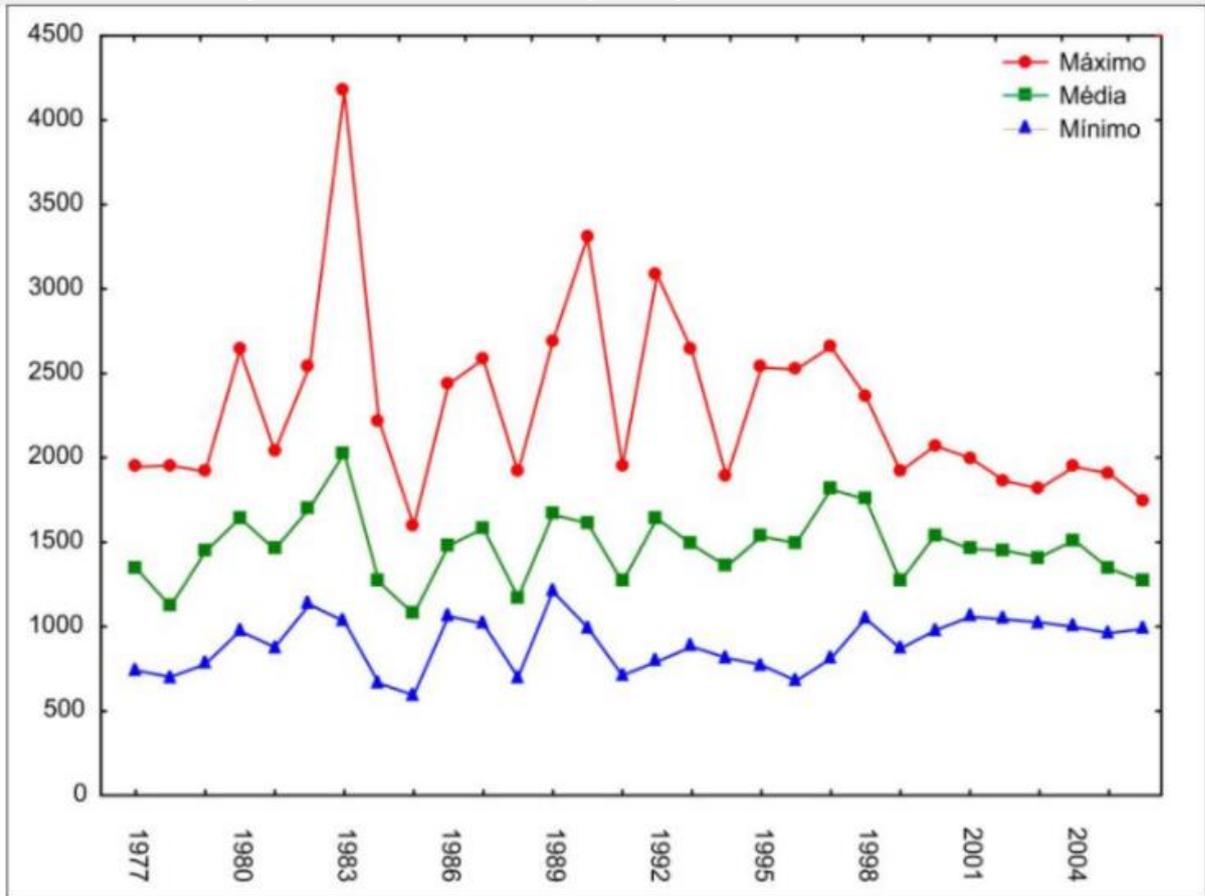


Fonte: MELLO e SAMPAIO, 2019

Segundo Mello e Sampaio (2017), a média anual de precipitação foi de 1.684,5mm, sendo a estação pluviométrica de Bananal a com o maior índice pluviométrico, localizada em Guaraqueçaba com 2.576,3mm. Já em relação ao período de 1977 a 2006, os anos mais chuvosos, em média, foram 1983 com 2.026,2mm, 1997 com 1.811,3mm e 1998 com 1.755,3mm. Em oposição a isso, os

anos mais secos em média foram 1985 com 1.074,8mm, 1978 com 1.120,4mm e 1988 com 1.172,5mm (Figura 6).

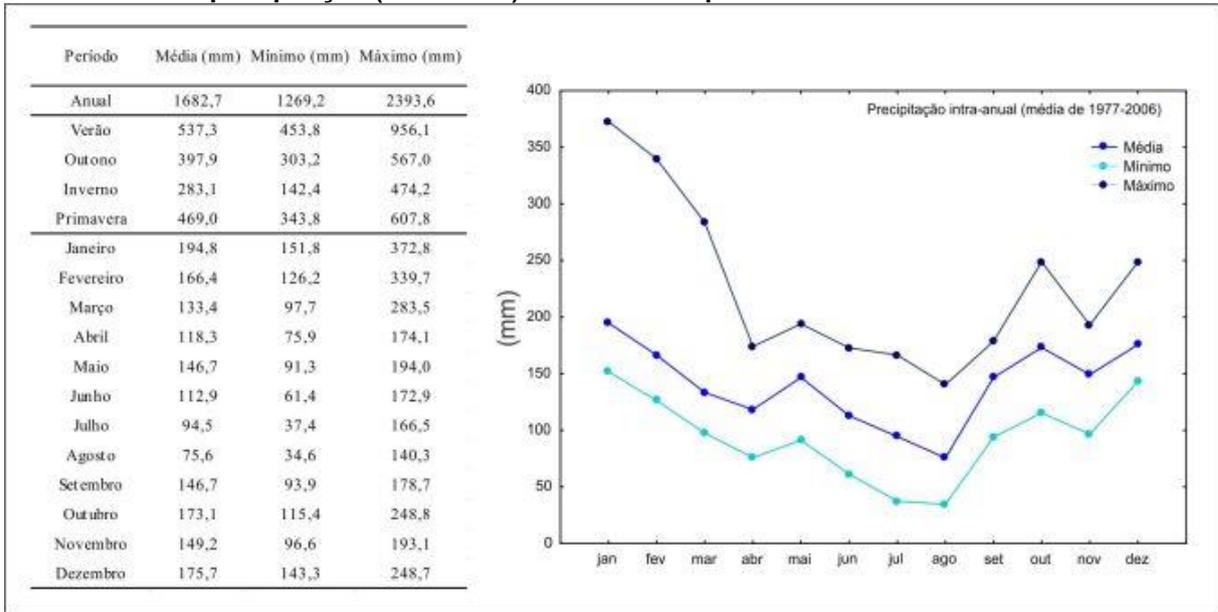
Figura 6: Gráfico com a precipitação anual máxima, média e mínima das estações pluviométricas analisadas para o período de 1977 a 2006



Fonte: MELLO e SAMPAIO, 2017

Já a figura 7 mostra a distribuição mensal da precipitação, sendo janeiro o mês mais chuvoso em média, com 194,8mm, e agosto o mês menos chuvoso com 76,8mm (MELLO e SAMPAIO, 2019).

Figura 7: Valores médios, mínimos e máximos de precipitação referente aos modelos de precipitação (1977-2006) selecionados para o estado do Paraná



Fonte: MELLO e SAMPAIO, 2019

2.1.4 Índices pluviométricos em Pato Branco

Segundo Tabalipa e Fiori (2008), a média de precipitação anual para o período de 1979 a 2005 em Pato Branco foi de 2109,79mm/ano, sendo agosto o mês menos chuvoso e outubro o mês com maior índice pluviométrico. O trimestre com mais chuva (outubro, novembro, dezembro) representou 29,93% do total da precipitação anual, enquanto o menos chuvoso (julho, agosto, setembro) apresentou 20,51% do total precipitado, o que mostra que a distribuição da precipitação durante o ano é uniforme.

Em um estudo realizado no sudoeste paranaense por Caldana et. al (2019), foi analisado o comportamento pluviométrico nos municípios da região, incluindo o município de Pato Branco, local onde o objeto de estudo do atual trabalho está localizado. Foram utilizadas estações de Chopinzinho, Francisco Beltrão, Pato Branco e Planalto no período de 1976 a 2017. A estação de Pato Branco apresentou altura pluviométrica anual mediana de 2221mm e um valor discrepante em 1983, com 3101mm. Já em uma análise mensal, a maior altura pluviométrica aconteceu em julho de 1983 com 723mm, seguido de novembro de 1982 com 575,5mm. O mês mais chuvoso em Pato Branco foi outubro com mediana de 218mm, e por outro lado, o mais seco foi março, com mediana de 122mm.

Dados mais atuais foram retirados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), no período de 2000 a 2021, das estações Pato Branco e Passo da Ilha. As

alturas anuais podem ser vistas nas Tabelas 3 e 4. Os dias de chuva nessas estações estão nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 3: Resumo anual das alturas de precipitação da Estação Pato Branco (2000 – 2020)

Alturas de precipitação Estação Pato Branco - Resumo Anual (mm)				
Ano	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2000	1890,4	89		119
2001	1754,40	92,0	01/10/2001	92
2002	2245,8	96,9	24/12/2002	124
2003	1609,2	106,3	17/11/2003	85
2004	1564,6	105,9	27/11/2004	90
2005	1991,6	109,0	21/05/2005	90
2006	1241,3	64,5	16/08/2006	90
2007	2070,30	131,8	26/04/2007	92
2008	1483,5	69,6	02/11/2008	106
2009	2105,4	96,3	12/10/2009	124
2010	1947,8	103,9	23/04/2010	106
2011	2047,9	86,6	18/07/2011	118
2012	1694,0	85,2	26/04/2012	104
2013	2468,7	115,0	16/05/2013	126
2014	2330,4	138,0	01/05/2014	115
2015	2642,0	94,0	05/03/2015	121
2016	1957,4	80,0	19/12/2016	99
2017	2167,3	92,4	22/10/2017	121
2018	1672,5	78,0	10/02/2018	109
2019	1759,1	109,2	31/05/2019	106
2020	1488,6	105,4	10/06/2020	78
Resumo anual				
Média	1911,1	97,6		105,5
Mínima	1241,3	64,5		78,0
Máxima	2642,0	138,0		126,0
Desvio Padrão	342,5	17,7		14,4

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2022

Tabela 4: Resumo anual das alturas de precipitação da Estação Passo da Ilha em Pato Branco (2000 – 2020)

Alturas de precipitação Estação Passo da Ilha- Resumo Anual (mm)				
Ano	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2000	2065,1	78	12/09/2000	122
2001	1841,2	109,7	01/10/2001	111
2002	2269,4	123,0	26/10/2002	127
2003	1809,0	117,7	17/11/2003	97
2004	1718,6	76,2	11/06/2004	103
2005	2016,1	115,0	05/10/2005	98
2006	1324,5	83,0	16/08/2006	105
2007	2167,1	131,9	26/04/2007	106
2008	1663,9	86,3	02/11/2008	111
2009	2115,4	95,0	31/12/2009	121
2010	2089,0	126,5	23/04/2010	114
2011	2037,3	91,8	18/07/2011	110
2012	1818,6	108,0	26/04/2012	89
2013	2415,5	109,0	16/05/2013	114
2014	2298,2	148,7	01/05/2014	121
2015	2468,0	81,4	10/12/2015	129
2016	1919,1	103,8	22/03/2016	106
2017	2051,0	103,1	19/05/2017	101
2018	1696,1	85,2	04/03/2018	110
2019	1720,1	83,6	27/11/2019	91
2020	1341,8	73,8	02/12/2020	77
2021	1472,9	60,0	14/09/2021	92
Resumo anual				
Média	1923,5	99,6		107,0
Mínima	1324,5	60,0		77,0
Máxima	2468,0	148,7		129,0
Desvio Padrão	310,0	21,5		12,8

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2022

Tabela 5: Dias de chuva na Estação Pato Branco

Dias de chuva na Estação Pato Branco												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	15	11	9	4	8	11	7	10	10	13	11	10
2001	10	11	5	10	8	5	6	4	10	10	8	5
2002	11	10	8	8	10	7	7	12	7	22	10	12
2003	11	14	8	2	2	5	6	4	7	6	9	11
2004	9	5	6	9	12	6	10	2	6	7	11	7
2005	11	6	3	8	9	8	5	5	11	15	5	4
2006	16	6	10	6	2	5	5	6	9	7	9	9
2007	10	5	10	11	8	0	8	4	9	7	10	10
2008	8	7	7	13	8	11	6	12	6	14	7	7
2009	13	11	10	4	12	7	13	7	14	10	11	12
2010	13	9	10	8	8	4	9	4	8	9	9	15
2011	13	18	7	5	4	11	11	13	8	10	8	10
2012	7	12	5	12	6	7	9	1	7	15	6	17
2013	11	13	13	5	13	15	6	9	10	10	11	10
2014	16	8	11	8	8	15	5	4	13	6	7	14
2015	17	14	9	6	7	5	15	4	5	11	14	14
2016	11	16	9	7	9	4	4	11	4	8	5	11
2017	12	12	12	10	14	10	1	8	3	16	8	15
2018	15	6	14	4	4	12	4	6	12	17	9	6
2019	14	14	8	10	17	3	5	3	6	7	8	11
2020	11	4	6	3	7	9	7	5	2	4	8	12
2021	20	6	8	-	1	7	3	2	9	-	6	5
MÉDIA	12,5	9,9	8,5	7,3	8,0	7,6	6,9	6,2	8,0	10,7	8,6	10,3
MÍNIMA	7	4	3	2	1	0	1	1	2	4	5	4
MÁXIMA	20	18	14	13	17	15	15	13	14	22	14	17
D. PADRÃO	3,6	3,0	2,5	2,1	2,5	2,4	2,1	2,0	2,4	3,1	2,5	3,0

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2022

Tabela 6: Dias de chuva na Estação Passo da Ilha em Pato Branco
Dias de chuva na Estação Passo da Ilha

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	9	9	9	7	9	14	10	8	12	13	10	12
2001	13	16	11	12	8	6	7	5	9	8	9	7
2002	11	9	7	9	10	8	9	12	9	20	10	13
2003	9	13	9	2	4	9	7	4	7	10	9	14
2004	10	7	6	9	13	8	11	2	8	8	12	9
2005	8	8	4	9	10	10	6	5	12	16	6	4
2006	15	14	10	6	3	5	7	5	10	10	9	11
2007	9	9	11	11	9	4	10	3	8	10	10	12
2008	9	10	8	17	7	11	5	11	6	13	7	7
2009	11	13	7	3	12	7	12	8	16	11	10	11
2010	15	8	12	9	7	6	10	4	8	11	8	16
2011	14	15	8	5	5	10	9	11	6	10	8	9
2012	7	8	4	9	3	7	7	1	7	14	7	15
2013	10	12	11	5	12	13	5	9	9	8	11	9
2014	16	12	13	8	8	15	7	4	13	5	6	14
2015	16	12	8	7	7	5	17	4	10	13	13	17
2016	11	15	12	7	10	5	6	11	4	8	6	11
2017	15	11	9	7	9	6	1	7	1	15	8	12
2018	15	7	14	5	3	13	3	6	11	17	9	7
2019	13	8	8	9	13	3	4	3	5	5	9	11
2020	10	5	6	3	8	10	7	6	2	3	7	10
2021	20	6	8	0	4	8	3	4	7	17	7	8
MÉDIA	12,1	10,3	8,9	7,2	7,9	8,3	7,4	6,0	8,2	11,1	8,7	10,9
MÍNIMA	7	5	4	0	3	3	1	1	1	3	6	4
MÁXIMA	20	16	14	17	13	15	17	12	16	20	13	17
D. PADRÃO	3,5	3,0	2,6	2,3	2,4	2,5	2,3	1,9	2,5	3,3	2,5	3,1

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2022

Na Tabela 7, tem-se a altura pluviométrica mensal e a média mensal da Estação Pato Branco do período de 2001 a 2020 (ANA, 2022).

Tabela 7: Precipitação mensal do período de 2001 a 2020 na Estação Pato Branco

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL ANUAL
2001	160,2	300,5	68,9	171	134,5	147,7	121,9	52,5	128,8	295,6	119,5	53,3	1754,4
2002	294,6	95,9	114,5	62,6	284,8	71	100,4	171,2	157,7	360,1	294,6	238,4	2245,8
2003	172,6	182,2	132,8	90,3	79,7	58,5	55,9	49,7	107,2	193,3	199,6	287,4	1609,2
2004	98,7	66,2	83,9	91,5	205	109,7	163	29,5	69,50	262,8	324,2	60,6	1564,6
2005	196,8	66,3	55,3	160	251,3	223,1	96	155	237,1	415,2	103,1	32,4	1991,6
2006	214,3	46,2	100,9	101,8	10,4	54,4	82,6	103,2	142,8	90,4	108,8	185,5	1241,3
2007	224,5	161,6	159,6	337,7	300	0	135,4	36,4	63,3	196,6	297,3	157,9	2070,3
2008	121	62,2	98,7	222,8	74,3	170,4	49,1	121,9	121,9	262	121	58,2	1483,5
2009	165,4	57,1	108,6	49,4	273,8	106,5	147,7	152,5	314,3	342,4	156,1	231,6	2105,4
2010	242,4	76,2	251,5	319,6	187,2	78,3	130,1	75,9	34,6	136,9	119,9	295,2	1947,8
2011	278,4	239,4	225,8	59,6	38,1	145,5	268,3	229,2	176,9	203,9	124,6	58,2	2047,9
2012	147,5	194,2	80,3	234,2	72,9	194,1	110,9	1,9	77,5	235,8	89,8	254,9	1694
2013	187	246,5	360,7	127,1	236,5	396,5	77,3	167,7	182,4	129,9	208,8	148,3	2468,7
2014	163,8	82,3	304,9	111,9	217,4	433,7	131,1	23,5	343	118,7	248,6	151,5	2330,4
2015	298,5	202,5	234,2	75,1	202,8	153,3	330	73,6	133,5	259,2	299,6	379,7	2642
2016	224	300,3	283,7	110,5	148,1	79,4	82,3	186,3	69,2	147,7	98,9	227	1957,4
2017	215,2	196,8	119,3	96,4	273,7	135	8,8	143,9	41,3	420	254,9	262	2167,3
2018	258,9	131,4	223,9	50,1	67	132	21,9	110,8	181,8	221	229,9	43,8	1672,5
2019	237,5	207,8	163	150,4	373,6	37,4	31	7,6	96,1	95,3	227,7	131,7	1759,1
2020	141,2	150,1	89,2	48,5	133,8	275,6	117,6	133,3	50,2	50	89,2	209,9	1488,6
Média	212,8	161,4	171,6	140,6	187,6	158,0	119,0	106,6	143,6	233,5	195,6	182,5	2012,7

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2022

2.2 Aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento de águas pluviais é uma medida que se encaixa nos princípios da construção sustentável, por gerar pouco impacto à qualidade ambiental (SCHERER & FENDRICH, 2004 apud FERREIRA, 2005).

O aproveitamento da água pluvial pode possuir diversas finalidades, como o uso doméstico, industrial e agrícola. Esta técnica vem crescendo e se propagando pelo mundo todo (MONTIBELLER & SCHMIDT, 2004 apud FERREIRA, 2005). Soares et al (1999) apud May (2009) relataram que o sistema de aproveitamento de águas pluviais como uso doméstico pode ser aplicado na descarga de vasos sanitários, sistemas de combate a incêndio, sistemas de ar-condicionado, lavagem de pisos, lavagem de veículos e ainda na irrigação de jardins. Já nas indústrias e estabelecimentos comerciais, as águas pluviais podem ser utilizadas para climatização interna, resfriamento de telhados e máquinas, torres de resfriamento,

lavanderia industrial, no processo de produção e lavagem de peças, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial.

Segundo Soares et al. (1999) apud Ferreira (2005), o emprego do aproveitamento da água de chuva é mais atrativo em alguns casos, como em áreas de precipitação elevada, com escassez de abastecimento e/ou com alto custo de extração de água subterrânea. Na área urbana, essa técnica contribui para a redução do consumo de água potável e melhor distribuição da carga de água de chuva imposta ao sistema de drenagem urbana.

Segundo Loreno (2005) apud Rolim (2017), o reaproveitamento ou o reuso de água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para outro ou o mesmo fim. Segundo Mieli (2001) apud Rolim (2017), essa reutilização pode ser classificada como direto ou indireta, planejada ou não-planejada:

- Reuso indireto não-planejado da água: Acontece quando a água é utilizada para alguma atividade humana e após o uso é derramada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, de forma não intencional e nem controlada.
- Reuso indireto planejado da água: Acontece quando os efluentes são tratados e após isso descarregados nos corpos de águas, subterrâneas ou superficiais, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada e para atender alguma necessidade.
- Reuso direto e planejado das águas: Acontece quando os efluentes são tratados e então armazenados ou encaminhados diretamente para seu próximo uso. Essa maneira de aproveitamento já é bastante utilizada em indústrias para resfriamento de equipamentos e no agronegócio para a irrigação.

2.2.1 Aproveitamento de águas pluviais no mundo: Histórico e usos atuais

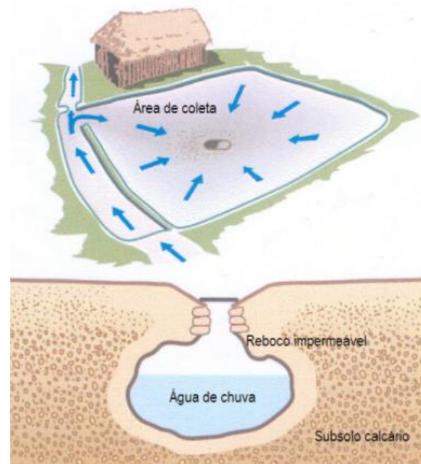
Tomaz (1998) apud Ferreira (2005), descreve que há indícios de que a humanidade sempre captou água de chuva conforme as suas necessidades, seja alguns povos para a preservação dos seus mananciais e outros para obter água para o próprio consumo. Inúmeras cisternas utilizadas para o armazenamento de água de chuva foram encontradas em rochas e datam de até 3000 a.C. Uma dessas é a fortaleza de Masada, em Israel, possui dez reservatórios escavados em rocha e totaliza uma capacidade de armazenamento de 40 milhões de litros. Na China, evidências arqueológicas comprovaram que esta técnica já era usada

aproximadamente há 6.000 anos (Gould and Nissen-Petersen, 1999 apud The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005).

Outro exemplo é no deserto de Negev, onde o sistema já era utilizado há mais de 4.000 anos. Durante a era Romana, foram construídos sistemas sofisticados para coleta e armazenagem de águas pluviais. Segundo Soares et al (2000) apud May (2004), é provável que os reservatórios de águas pluviais encontrados na região do Parque Nacional Mesa Verde, nos Estados Unidos, tenham sido construídos pelos Anasazis entre 750 a 1100 a.C.

Já no México, as ruínas mais antigas de coleta de águas pluviais são da época da civilização Asteca e da civilização Maia. Segundo Gnadlinger (2000) apud May (2004), no século X, ainda no México, ao sul da cidade de Oxtutzcab, a agricultura era baseada na coleta de águas pluviais. Os moradores se concentravam nas encostas e armazenavam águas pluviais nas chamadas de Chultuns, cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros. As cisternas Chultuns possuíam um diâmetro de aproximadamente 5m, eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável e acima delas existia uma área de coleta de 100 a 200 m². Na Figura 8, pode-se observar uma cisterna Chultun.

Figura 8: Cisterna do povo Maya, chamada Chultun.



Fonte: Gnadlinger, 2000 apud May, 2004.

Em muitos países da Europa há um forte incentivo à captação de água pluvial devido ao grande número de residências e empresas (FERREIRA, 2005). Segundo PNUD Brasil (2004) apud Ferreira (2005), na Alemanha esta técnica já é usada por cerca de 10% das residências. Ainda na Alemanha, na cidade de Hamburgo, aproximadamente 60% da água tratada utilizada para lavagem de aeronaves foi

substituída por água pluvial (BELLA CALHA, 2005 apud FERREIRA, 2005). Schmidt (2001) apud May (2004) conta que Berlim e outras cidades alemãs cobram, desde 2000 uma taxa pela introdução de águas pluviais no sistema público de esgoto. Até 2000, o valor da taxa para o tratamento de esgoto em Berlin era de DM\$ 3,85 ou EUR\$ 1,97 por m³ de água potável consumida. No ano seguinte, esta taxa foi dividida entre um valor de DM\$ 3,15 ou EUR\$ 1,61 por m³ de água potável consumida para tratamento de esgoto e DM\$ 2,50 ou EUR\$ 1,28 ao ano por m² de área impermeável. Isto funciona como um estímulo financeiro para moradores, que podem economizar esta taxa implantando o sistema de coleta de águas pluviais.

Segundo o IRPAA (2005) apud Ferreira (2005), a China também está seguindo o mesmo caminho. Nas regiões do Planalto de Loess, Norte e Noroeste da China, os níveis de precipitações são muito baixos e há escassez de água subterrânea, dificultando a produção da agricultura. Neste cenário, a coleta de água pluvial é um forte aliado. O governo local criou um projeto batizado como “121”, que incentiva e auxilia cada família a construir uma área de captação de água, dois tanques de armazenamento de água e um lote para plantação de culturas que são comercializáveis. O resultado do projeto foi muito positivo, ajudou a solucionar o problema de escassez de água para 260 mil famílias, o que representa aproximadamente 1,3 milhão de pessoas, e 1,18 milhão de cabeças de animais.

Em uma situação oposta à escassez da China, Singapura possui uma abundância de chuva, com uma média anual de 2.370mm, e é exemplo no aproveitamento de águas pluviais, aproveitando a abundância. No setor industrial, cerca de 56 indústrias utilizam juntas 867 mil m³ por mês de água oriunda do aproveitamento pluvial (TOMAZ, 1998 apud FERREIRA, 2005).

Outro país que investe e é referência nesta tecnologia é o Japão. Na cidade de Sumida, região da metrópole de Tóquio, tanques subterrâneos com capacidade de 10m³ foram construídos em locais estratégicos para a população utilizar a água pluvial captada para rega de jardins, combate a incêndios e demais usos. Ainda em 1978 foi construída uma casa com um sistema completo de aproveitamento de água pluvial. A água captada pelo telhado é armazenada em um tanque de cerca de 40m³ e posteriormente usada para lavagem de roupas, descargas sanitárias e resfriamento dos quartos. A casa é considerada pioneira ao se falar em estruturas que empregam sistemas completos de captação e aproveitamento de águas pluviais (GROUP RAINDROPS, 2002 apud FERREIRA, 2005). Segundo Kita et al (1999), apud May

(2004), ainda em Tóquio, os principais motivos do largo uso de águas pluviais são os fatos dos reservatórios de água que abastecem a cidade ficarem distantes e a cidade ter altos índices de superfície pavimentada, o que impede a infiltração da água no solo.

Em outro país, na Holanda, o motivo da coleta de água é diferente, para evitar o transbordamento de canais que rodeiam o país, já que ele está situado abaixo do nível do mar. Após coletada, a água é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais (PNUMA, 2001 apud MAY, 2004).

Já no Reino Unido, cerca de 30% do consumo de água potável das residências é utilizado na descarga de vasos sanitários. O uso deste sistema tem sido intensificado entre os britânicos devido a economia baseada no volume de água potável substituído por águas pluviais (FEWKES, 1999 apud MAY, 2004).

Ao se falar em regulamentações internacionais referente ao aproveitamento de água da chuva há a norma da Deutsches Institut für Normung – DIN 1989-1, que foi aprovada em abril de 2002 e abrange planejamento, execução, operação e manutenção (MAY, 2009).

2.2.2 Aproveitamento de águas pluviais no Brasil

2.2.2.1 Legislação Nacional

Além dos parâmetros técnicos sobre o aproveitamento de águas pluviais, é essencial a existência de parâmetros jurídicos. No Brasil, segundo Senra (2008) apud Rolim (2017), o Código de Águas, a Constituição Federal, a Legislação Subsequente e correlata, Agência Nacional de Águas e a Secretaria de Recursos Hídricos requereram a lei no 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecido como a Lei das Águas. Ela é um mecanismo de defesa dos recursos hídricos, institui diretrizes precisas de como se deve utilizar, e quais os parâmetros para regulamentação do uso da água. Com base nessa lei, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e Criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ROLIM, 2017).

Ao se falar especificamente de águas pluviais tem-se o decreto no 24.643 de 10 de julho de 1934, que em seu capítulo V, artigo 103, determina que “As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”. Entretanto, é proibido dissipar estas águas em prejuízo de outros prédios que não necessitem, de

forma que tragam quaisquer prejuízos, se tornando passível ao pagamento de indenização ao proprietário do prédio afetado. Além do mais, é proibido a execução de quaisquer desvios do curso natural das águas, afetando conseqüentemente outros edifícios na vizinhança (ROLIM, 2017).

Segundo Rolim (2017), já quanto ao reuso de água, a resolução do CONAMA no 357/2005 divide o uso de água doce em classes e suas respectivas permissões para uso, como pode se ver no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação das águas doces segundo seus usos preponderantes – Resolução CONAMA no 357 de 17 de março de 2005

Classe	Usos permitidos
Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; • À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; • À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; • À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • À aquicultura e à atividade de pesca.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • À pesca amadora; • À recreação de contato secundário; • À dessedentação de animais.
4	<ul style="list-style-type: none"> • À navegação;

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • À harmonia paisagística. |
|--|--|

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA nº357/2005 apud ROLIM (2017)

2.2.2.2 Normas Técnicas

Mesmo com um vasto uso do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais no Brasil, apenas em 2007 entrou em vigor uma norma para esse fim, a NBR 15527/2007 “Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”. Em 2019 ela foi atualizada, atualmente tem em vigor a NBR 15527/2019 “Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos”.

2.2.2.2.1 *Condições Gerais*

A NBR 15527/2019 aborda ainda algumas condições gerais sobre concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios de descarte e reservatório de águas pluviais, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema.

Concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva:

- A elaboração do projeto do sistema de coleta de água de chuva precisa seguir às ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844.
- A área de cobertura é a área de captação, então deve receber atenção quanto à presença de possíveis fontes de contaminação;
- Deve-se fazer o levantamento de alguns dados para elaboração do projeto, como: caracterização geral do local, precipitação pluviométrica, área de captação, mecanismos para melhoria da qualidade da água, volume do reservatório, demanda a ser atendida e percentual de atendimento estimado desta demanda.
- É levado em consideração na elaboração do projeto as séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será implantado o sistema;
- A norma abrange os seguintes usos não potáveis em edificações: lavagem de veículos, sistemas de resfriamento a água, lavagem de pisos, descarga de bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, uso ornamental e reserva técnica de incêndio.

- Em caso de outros usos, os parâmetros de qualidade e tratamento necessários devem ser estudados de forma individual.
- O sistema deve possuir soluções que obstruem a entrada e proliferação de vetores, principalmente mosquitos.

Calhas e condutores:

- Os condutores horizontais e calhas devem estar de acordo com a ABNT NBR 10844.
- Devem ser dimensionados observando o período de retorno, a intensidade pluviométrica e a vazão do projeto.
- É recomendado considerar um período de retorno de no mínimo 25 anos.

Pré-tratamento:

- A água da chuva captada deve passar por um pré-tratamento antes de ser reservada.
- Deve-se escolher dispositivos para o pré-tratamento de fácil manutenção e duráveis.
- É recomendado o uso de dispositivos no reservatório como telas e grades, para remoção de sólidos indesejáveis, para prevenir o risco de deterioração da qualidade de água.
- É recomendado instalar um sistema de dispositivo para o descarte de água de escoamento inicial, assim também melhorando a qualidade da água e diminuindo os sólidos suspensos. Ele deve ser dimensionado pelo projetista, mas na falta de dados, recomenda-se descartar 2 mm da precipitação inicial.
- Deve-se cuidar para nenhum dispositivo de descarte do escoamento inicial ou remoção de detritos interferirem no desempenho hidráulico de calhas e condutores da edificação, de forma a evitar a redução da seção ou vazão.

Reservatórios:

- As variáveis consideradas no dimensionamento do volume do reservatório são: área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser suprida.
- O reservatório além de ser seguro deve possuir dispositivo de esgotamento, extravasor, ventilação e inspeção.
- O esgotamento deve ser feito por bombeamento ou por gravidade.

- Além de ser fechado, o reservatório deve possuir dispositivos para evitar a entrada de roedores, insetos e outros animais.
- O turbilhonamento deve ser minimizado, a fim de dificultar a ressuspensão de sólidos e arraste de elementos flutuantes.
- É indicado que a saída de água do reservatório seja feita próxima à superfície, cerca de 15 cm abaixo dela.
- Deve-se instalar um dispositivo de separação atmosférica, quando for necessário suprir o reservatório de águas pluviais com água potável, para evitar contaminação da água potável. É recomendado que essa alimentação seja feita de maneira automatizada.
- Recomenda-se que a distância da separação atmosférica seja superior a 3 cm ou três vezes o diâmetro nominal da tubulação de água potável a partir da geratriz superior do extravasor.
- Para se dimensionar os reservatórios, deve-se ter como base critérios técnicos, ambientais e econômicos, além de boas práticas da engenharia.
- A parcela de águas pluviais que não será aproveitada, poderá ser distribuída na rede de galerias de águas pluviais ou via pública, ou ainda ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático.
- Deve-se proteger a água pluvial reservada contra a luz solar direta e outras fontes de calor.
- Deve-se identificar devidamente o reservatório de armazenamento de águas pluviais.

Instalações pluviais:

- As instalações prediais devem seguir a ABNT NBR 5626 referente às recomendações dos materiais de construção das instalações, dos dispositivos de prevenção de refluxo, da retrossifonagem, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do controle de ruídos e vibrações e do dimensionamento das tubulações.
- O bombeamento, se necessário, deve atender a ABNT NBR 5626.
- Deve-se diferenciar claramente as tubulações e demais componentes de águas pluviais das de água potável.

- Deve-se identificar os trechos de tubulação de recalque e distribuição do sistema de água não potável, independentemente de serem aparentes, embutidos ou recobertos.
- A tubulação pode ser da cor roxa e/ou possuir identificação gráfica por meio de fitas contínuas para tubulações embutidas e recobertas, e para tubulações aparentes fitas adesivas a cada 3 metros informando “água não potável”.
- Deve-se prever pelo projetista em caso de reformas, alternativas para identificar tubulações embutidas, com o objetivo de evitar conexão cruzada.
- Pintura ou identificação dos tubos deve ser resistente ao longo da vida útil do sistema de aproveitamento.
- O sistema de águas pluviais deve ser separado do sistema de água potável, não sendo permitido a conexão cruzada conforme prevê a ABNT NBR 5626.
- Os pontos de consumo devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência “água não potável” e identificação gráfica.
- Separar os reservatórios de água potável e não potável para impedir a mistura entre as águas. Quando instalados no mesmo pavimento e lado a lado, as faces externas devem possuir no mínimo 60 cm de distância entre uma e outra.
- Quando os reservatórios estão dispostos um sobre o outro, o reservatório de água potável deve estar acima do reservatório de água não potável.
- Deve-se prever acessos para desobstrução e inspeção das tubulações.
- É recomendado o uso de dispositivo de *by-pass* do sistema de tratamento, para casos de manutenção e/ou emergência.

Tratamento:

- Quando o pré-tratamento não for suficiente para atingir os parâmetros mínimos citados anteriormente, deve-se adicionar um tratamento por meio de soluções físicas e químicas até se atingir o parâmetro necessário.
- O tratamento também varia conforme o uso e qualidade de água requerida.

2.2.2.3 Legislação do Paraná

A Assembleia Legislativa do Estado do Paraná através da Lei nº 14.823 de 23 de agosto de 2005, criou o Programa de Água da Chuva, que tem como objetivo captar, armazenar e reutilizar águas pluviais nas edificações públicas do Estado do

Paraná. O Art. 2º especifica que cada edificação deverá ter uma caixa de água destinada exclusivamente ao armazenamento de água pluvial e que a água coletada deverá ser utilizada em atividades que dispensem o tratamento de água. O Art. 3º detalha que as despesas causadas pela aplicação da lei serão de responsabilidades orçamentárias próprias (ASSEMBLEIA..., 2005).

2.2.2.4 Legislação de Pato Branco

O município de Pato Branco conta atualmente com duas leis que regulamentam a captação e aproveitamento de águas pluviais, a Lei nº 2.349 de 18 de junho de 2004 e a Lei nº 3.309 de 6 de janeiro de 2010. O Art. 1º da Lei nº 2.349 sanciona que o Programa de Conservação e Uso Racional da Água deve instituir medidas que estimulem a conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações, assim como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Já o Art. 6º diz que as ações de Utilização de Fontes Alternativas compreendem a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas de águas servidas. O Art. 7º especifica que a água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhadas a um tanque ou cisterna, e deve ser utilizada em atividades que não necessitem de tratamento da água, como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas e pisos e descargas de vasos sanitários (PATO BRANCO, 2004).

O Art. 1º da Lei nº 3.309 autoriza o Poder Executivo a criar o Programa de Captação de Águas Pluviais no Município de Pato Branco, abrangendo a implantação de sistemas para captação, retenção, recalque e a utilização das águas pluviais, com os seguintes objetivos:

I – diminuir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas, por possuírem alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldades de drenagem;

II – reduzir a ocorrência de inundações, minimizar os problemas das vazões de cheias e sua conseqüente extensão dos prejuízos;

III – ajudar na redução do consumo e uso adequado da água potável tratada;

IV – colaborar pedagogicamente para a educação tornando o poder público um exemplo para as crianças do Ensino Fundamental referente aos cuidados ao meio ambiente (PATO BRANCO, 2010).

O artigo ainda especifica que o Chefe do Poder Executivo determinará os locais onde deverão ser construídos os sistemas, sendo obrigatório em todas as escolas municipais e centros de educação infantil já construídos e nos prédios públicos que venham a ser construídos a partir da data da publicação desta Lei. Além disso, ainda veta o uso de águas pluviais com a finalidade de potabilidade para o consumo humano (PATO BRANCO, 2010).

O Art. 2º traz que as águas pluviais devem ser captadas na cobertura dos edifícios para posteriormente serem conduzidos a um sistema de armazenamento, devendo obedecer aos padrões de qualidade para os diversos usos, como: regar jardins e hortas; lavagem de roupas da escola (toalhas de mesa, cortinas, etc.); lavagem de calçadas, pisos, vidros de janelas, etc.; lavagem de veículos; alimentar vasos sanitários. Além disso, o tamanho e a capacidade dos reservatórios deverão ser plenamente compatíveis com a área da cobertura das edificações. Já o Art. 3º especifica que a canalização das caixas coletoras de água da chuva deverá ser separada da canalização das caixas coletoras de água potável (PATO BRANCO, 2010).

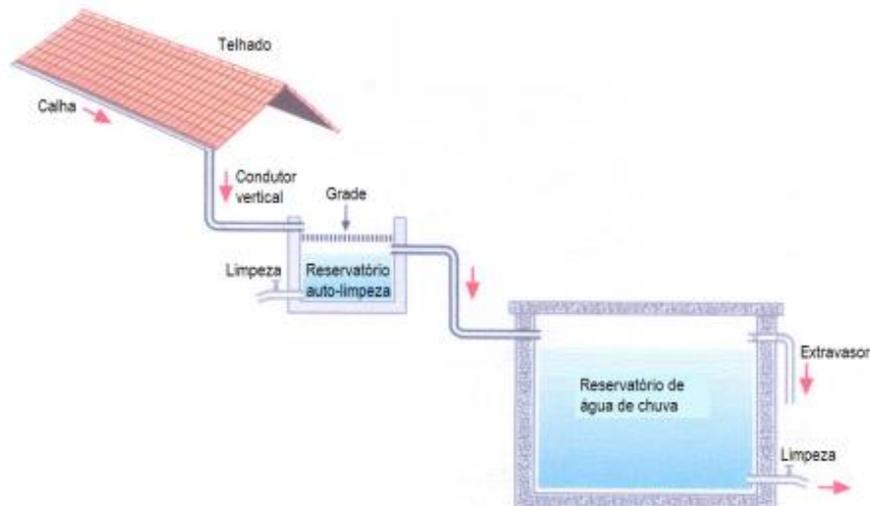
2.2.3 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Santana (2004) apud Ferreira (2005) relata que os sistemas de coleta de águas pluviais apresentam, de maneira geral, alguns componentes em comum, os componentes primários: superfícies de captação, reservatórios, mecanismos de filtragem e distribuição. Conforme cada projeto e objetivos eles podem apresentar variações. Alguns princípios são fundamentais para a elaboração de um bom projeto de captação de água pluvial, como confiabilidade, custos, materiais disponíveis, precipitação atmosférica da região e uso final da água coletada. De maneira inicial, o sistema consiste em captar a água que cai no telhado, na varanda, calçada ou em uma laje. É necessário descartar um volume inicial de água, considerando como uma limpeza do telhado. A próxima etapa é a água passar por um filtro para retirar impurezas maiores e galhos. Após isso, então a água é armazenada em uma cisterna apropriada. Em residências normalmente a captação é feita através do telhado e a água é transportada através de calhas. As dimensões dos tanques de armazenagem dependem do volume de água a ser recolhido e do espaço disponível.

2.2.3.1 Modelos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais;

Segundo Leal (2000) apud May (2009), no sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais primeiramente a água é coletada de áreas impermeáveis, para depois ser tratada e armazenada em reservatório de acumulação, que pode disposto de maneira apoiado, enterrado ou elevado e ser feito de diferentes materiais como: blocos de concreto, concreto armado, aço, alvenaria de tijolos, plástico, poliéster, polietileno e outros. Na Figura 9, pode-se ver um esquema de funcionamento do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais com reservatório de autolimpeza.

Figura 9: Esquema de funcionamento do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais com reservatório de autolimpeza



Fonte: Tomaz, 1998 apud May, 2009

2.2.3.2 Componentes e equipamentos;

Pode-se resumir o sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais nos seguintes componentes:

Área de coleta: o volume de águas pluviais que pode ser armazenado depende de algumas variáveis, como a área de coleta, a precipitação atmosférica do local, o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e o fator de captação. A área de coleta de águas pluviais normalmente é o telhado ou a laje da edificação. Para os cálculos, é recomendado considerar a projeção horizontal do telhado, e para locais onde a área de telhado é pequena, considerar as fachadas da edificação. O telhado pode ser feito de vários materiais, os mais comuns são cerâmica, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, acrílico, manta

asfáltica, etc. Outros locais também podem ser utilizados para a coleta, como pátios, calçadas e estacionamentos para fazer a coleta das águas pluviais. Entretanto, nestas áreas é necessário um sistema preliminar de tratamento para retirar detritos, papéis e plásticos que são encontrados nesses locais. Além disso, deve-se também projetar a retirada de óleos e graxas derramada de automóveis, evitando assim danos no sistema operacional de coleta e tratamento das águas pluviais (MAY, 2009). As figuras 10, 11 e 12 mostram as áreas de coleta citadas (MAY, 2009).

Figura 10: Área de coleta - telhado: comprimento x largura



Fonte: Waterfall, 2002 apud May, 2009

Figura 11: Área de coleta - laje: comprimento x largura



Fonte: Waterfall, 2002 apud May, 2009

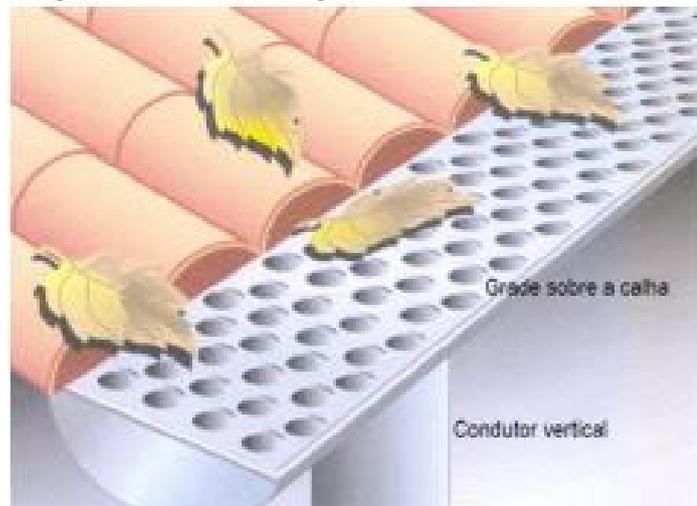
Figura 12: Área de coleta - telhado e pátio: armazenamento em reservatório subterrâneo



Fonte: Waterfall, 2002 apud May, 2009

Alguns cuidados devem ser tomados para evitar que ocorram entupimentos nos condutores que levam as águas pluviais provenientes do telhado até o reservatório, como o uso de peneiras para a retirada de folhas e galhos. Para isso é recomendado utilizar um dispositivo na saída da calha, uma grade na entrada de água do reservatório ou uma grade que percorre toda a calha, mostrada na Figura 13 (MAY, 2009).

Figura 13: Sistema de grade localizada sobre a calha



Fonte: Waterfall, 2002 apud May, 2009

Condutores: O sistema é composto pelos condutores horizontais, como calhas, e os condutores verticais, os que transportam a água até o sistema de armazenamento (MAY, 2009).

Armazenamento: Após coletada, a água precisa de um reservatório para ser armazenada. Para calcular o volume mínimo do reservatório de acumulação precisa-se conhecer a área de coleta, a precipitação média da região e a demanda mensal. O reservatório costuma ser o componente mais custoso do sistema, então deve-se dimensionar de maneira cautelosa para tornar o sistema viável (MAY, 2009).

Algo importante a ser cuidado é que o armazenamento da água de chuva deve ser feito em cisternas que assegurem a qualidade para evitar possíveis problemas de contaminação. Estas cisternas são construídas em diversos tipos de materiais, variando conforme seu uso, capacidade volumétrica, custo e necessidades. Na atualidade, os materiais mais utilizados são: concreto, aço, madeira, fibra de vidro e polietileno. O critério básico para escolher o material mais adequado é a estanqueidade. Marinoski et al. (2004) apud Ferreira (2005) diz que para volumes menores a 15.000 galões (que equivalem 56.700 litros), os tanques de polietileno e fibra de vidro apresentam melhor custo/benefício. Para tanques com um volume maior que este, concreto e aço possuem menor custo efetivo podendo, até mesmo, ser incorporados à estrutura da edificação.

Os tanques de metal com forros plásticos possuem baixo custo e são fáceis de instalar, mas possuem menor durabilidade e resistência. Ao se falar de reservatórios de aço, apresentam um bom balanço entre custo e durabilidade, mas também são mais suscetíveis a problemas de oxidação e deterioração no seu interior. Já os tanques de concreto são duráveis, mas seu ponto negativo é que não podem ser removidos ou reutilizados em outros locais. Nos dias atuais, os tanques de madeira são os que aparecem em desuso, principalmente por desenvolverem problemas de estanqueidade e contaminação da estrutura. Outra opção são os reservatórios de fibra de vidro e polietileno, que são leves, resistentes a raios ultravioleta, pré-fabricados e encontrados facilmente nas lojas de material de construção, mas precisam de cuidados no momento da compra, para garantir que não foram feitos com materiais tóxicos (MARINOSKI et. al, 2004 apud FERREIRA, 2005).

Tratamento: O nível de tratamento das águas pluviais varia conforme a qualidade da água coletada e do seu uso ao ser reaproveitada. O item 2.3 aborda os tipos de tratamento para cada situação. De maneira geral, a utilização de um sistema de captação e tratamento de águas pluviais é de fácil manipulação, baixo custo de instalação e bastante viável economicamente favorável em locais com precipitação anual elevada (MAY, 2009).

2.2.3.3 Instalação do sistema;

2.2.3.3.1 *Técnicas de coleta de águas pluviais para irrigação de jardins e limpeza de vasos sanitários*

Um dos usos da água pluvial é para rega de plantas e jardins, e a complexidade do sistema para esse fim vai variar conforme a área a ser regada. O cuidado que deve ser tomado é na escolha do tipo de planta que poderá ser cultivada no local. A água de limpeza do telhado, que é descartada, possui materiais orgânicos como galhos, folhas e fezes, o que pode ser considerado como adubo para as plantas. Para se ter a máxima eficácia do sistema de águas pluviais para jardins, é recomendado que a água seja usada em períodos entre uma chuva e outra. A água para a irrigação pode ser distribuída através de mangueira de jardim, gotejamento ou aspersores (MAY, 2009). A Figura 14 mostra um modelo de sistema de irrigação de jardins com aproveitamento de águas pluviais.

Figura 14: Irrigação de jardins: área de coleta, condutor horizontal (calha), condutor vertical, sistema de armazenamento (reservatório) e sistema de distribuição para rega do jardim



Fonte: Waterfall, 2002 apud May, 2009

Segundo May (2009), outro uso de águas pluviais bastante difundido é para descarga de vasos sanitários, uma vez que costumam estar entre os três maiores consumos de água em uma residência. O princípio de funcionamento é o mesmo do sistema para irrigação de jardins, mas o principal cuidado que deve se ter é na instalação. Para evitar contaminação, águas pluviais não podem ser misturadas à água potável, portanto deve-se fazer dois sistemas de distribuição separados. Os reservatórios de águas pluviais para vasos sanitários podem ser enterrados ou apoiados no nível do chão, necessitando nesses casos de recalque até os pontos de utilização, ou também pode estar apoiado na laje da residência ou edifício.

2.2.3.4 Manutenção do sistema;

Segundo May (2009), neste sistema alguns cuidados precisam ser tomados com relação à instalação e a manutenção do sistema, como:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a probabilidade de proliferação de microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção sempre fechada;
- Colocar grade na saída do tubo extravasor do reservatório para evitar a entrada de pequenos animais;
- O fundo do reservatório deverá possuir uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada do lodo;
- Durante uma estiagem prolongada, prever o reabastecimento do reservatório de águas pluviais com água potável, de forma a garantir o consumo diário;
- Fazer a entrada de água potável no reservatório de águas pluviais acima da entrada de águas pluviais, evitando que a águas pluvial retorne ao reservatório de água potável;
- Tomar cuidado para as águas pluviais não contaminem o reservatório de água potável, quando há alguma ligação entre os dois reservatórios;
- Colocar um dispositivo no fundo do reservatório para evitar turbulência na água, evitando que o material sedimentado do fundo do reservatório seja agitado;

Além disso, a manutenção de todo o sistema, deverá ser efetuada conforme as orientações da NBR 5674/2012 – Manutenção de Edificações, disponível pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2012). O Quadro 2 resume algumas manutenções:

Quadro 2: Periodicidade de manutenções do sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo ABNT NBR 5674/2012

Periodicidade	Elemento/Componente	Atividade	Responsável
Semanalmente	Sistema de irrigação	Verificar o funcionamento dos dispositivos	Equipe de manutenção local
A cada 15 dias	Bombas de água potável, água servida e piscinas	Verificar o funcionamento e alternar a chave no painel elétrico para utilizá-las em sistema de rodízio, quando aplicável	Equipe de manutenção local
Mensal	Ralos, grelhas, calhas e canaletas	Limpar o sistema das águas pluviais e ajustar a periodicidade em função da sazonalidade, especialmente em épocas de chuvas intensas	Equipe de manutenção local

Fonte: ABNT, 2012

Além disso, a NBR 15527/2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, também possui alguns dados de manutenção, expressos no Quadro 3:

Quadro 3: Periodicidade de manutenções do sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo ABNT NBR 15527/2019

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Calhas	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário

Fonte: ABNT, 2019

2.3 Qualidade e tratamento de águas pluviais

2.3.1 Parâmetros da qualidade da água para usos não potáveis

A qualidade das águas pluviais varia conforme a localização do sistema de coleta, a presença de vegetação, as condições meteorológicas e a presença de carga poluidora. Por isso é necessário verificar a qualidade das águas pluviais para que seu uso não ofereça riscos à saúde pública (MAY, 2009). Blum (2007) apud Rolim (2017), ressalta que o contato humano com água de reuso pode ocorrer de diversas maneiras:

- Contato por ingestão direta de água;
- Contato na pele por banhos em lagos contendo água de reuso;
- Contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas e consumidas cruas;
- Contato por ingestão de alimentos processados (caso dos vegetais enlatados que foram irrigados com água de reuso);
- Contato por meio de visão e o olfato, como no caso de descargas sanitárias;
- Contato por inalação de aerossóis formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão ou em aeração superficial de lagoas.

Além disso, ao se falar em qualidade de água, é necessário entender qual a finalidade do uso e local de coleta, uma vez que o tratamento da água está

diretamente ligado a isso. Os Quadros 4 e 5 mostram quais os processos para tratamento necessários conforme seu uso final e local de coleta.

Quadro 4: Necessidade de tratamento de água exigido conforme o uso

Uso da água da chuva	Tratamento de água
Rega de jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de carros e roupas	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano de forma direta ou indireta
Piscina/banho, beber ou para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indireta.

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002 apud ROLIM, 2017

Quadro 5: Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Uso da água da chuva
A	Telhados (Lugares não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água quando filtrada é potável
B	Telhados (Lugares frequentados por pessoas e animais)	Lavar banheiros, rega as plantas, a água não pode ser utilizada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, área de estacionamento	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002 apud ROLIM, 2017

Ainda é importante comentar que mesmo que esta utilização seja para fins não potáveis, pelo menos um tratamento simples é necessário, pode ser por sedimentação natural ou filtragem básica, para garantir a diminuição de manutenção e prolongamento da vida útil do sistema (ROLIM, 2017).

A ABNT NBR 15527/2019 também traz algumas informações sobre a qualidade de água pluvial:

- Esta norma não contempla os parâmetros para projeto e tratamento em casos de uso do sistema de águas pluviais para resfriamento à água, sendo necessário que as informações sejam fornecidas pelo fabricante, pelo responsável pela colocação do produto no mercado nacional ou ainda por profissional habilitado.

- Os parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis devem atender o Quadro 6:

Quadro 6: Parâmetros de qualidade para usos não potáveis da água

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

Fonte: ANBT NBR 15527/2019

- A contagem de coliformes (*E. coli*) por volume de 100 ml deve ser inferior a 200 organismos por 100 ml. Para confirmação desse requisito, é necessário realizar análise de presença/ausência. O requisito é atendido se a análise da amostra constituir ausência.
- O valor máximo de turbidez para todas as amostras deve ser 5 uT (unidades de turbidez).
- Caso necessário, deve-se prever ajuste de pH para proteção dos equipamentos de distribuição.
- Em alguns casos pode ser necessária a desinfecção da água da chuva antes de seu uso, ela pode ser feita usando cloro, ultravioleta, ozônio ou outros. Em caso de cloro a concentração recomendada é entre 0,5 e 2,0 mg/L, e o valor máximo permitido é 5 mg/L.
- Outros parâmetros de qualidade devem ser considerados em função dos materiais e equipamentos conforme a orientação do fabricante.
- Os parâmetros de qualidade devem ser monitorados periodicamente pelo menos uma vez por semestre.
- A água não potável deve ser monitorada por meio de análises laboratoriais com amostra retirada na saída do reservatório de distribuição, e em sua ausência, após o tratamento.
- Em casos que a contaminação é constatada deve-se: suspender a utilização da água temporariamente; repetir a análise para se obter a confirmação da contaminação; determinar e eliminar sua causa e restaurar as condições de preservação de qualidade de água, em casos de contaminação confirmada; após resolvido o problema, restabelecer a distribuição.

2.3.2 Tratamento das águas pluviais

Devido aos riscos de contaminação por microrganismos, as águas pluviais necessitam de algum tratamento para serem usadas. O tratamento adequado depende do uso pretendido e da qualidade da água captada (HELMREICH, 2009 apud BASSANESI, 2014). Os métodos mais tradicionais e de baixo custo são filtração lenta e a cloração, empregados há muito tempo no tratamento da água para abastecimento público (KARON, 2010 apud BASSANESI, 2014). Para os usos não potáveis mais comuns, são usados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou radiação ultravioleta (ANA, 2005 apud BASSANESI, 2014).

Para a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), o tratamento da água pode ser dividido em três categorias: tratamento avançado, convencional e simplificado. Após a caracterização da qualidade da água bruta e escolha do uso final da água, escolhe-se o tratamento mais adequado:

- Tratamento avançado: são técnicas de inativação e/ou remoção de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir a água características como cor, sabor, odor, atividade tóxica ou patogênica;
- Tratamento convencional: é a clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- Tratamento simplificado: é a clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

Segundo a ANA (2005), alguns tratamentos são recomendados de acordo com os usos finais da água coletada, mas para cada implantação do sistema, é necessário avaliar a qualidade da água para determinar o tratamento mais adequado. Os sistemas de tratamento recomendados estão descritos no Quadro 7.

Quadro 7: Sugestões para o tratamento da água da chuva devido ao uso

Usos Potenciais	Tratamento para aproveitamento pluvial
Lavagem de roupas	Sistema físico – gradeamento Sistema físico – sedimentação e filtração simples por meio de decantador e filtro de areia
Descarga das bacias sanitárias	
Limpeza de pisos	
Irrigação e rega de jardins	

Lavagem de veículos	Desinfecção
Uso ornamental	Correção do pH

Fonte: FIESP, 2006 apud BASSANESI, 2014

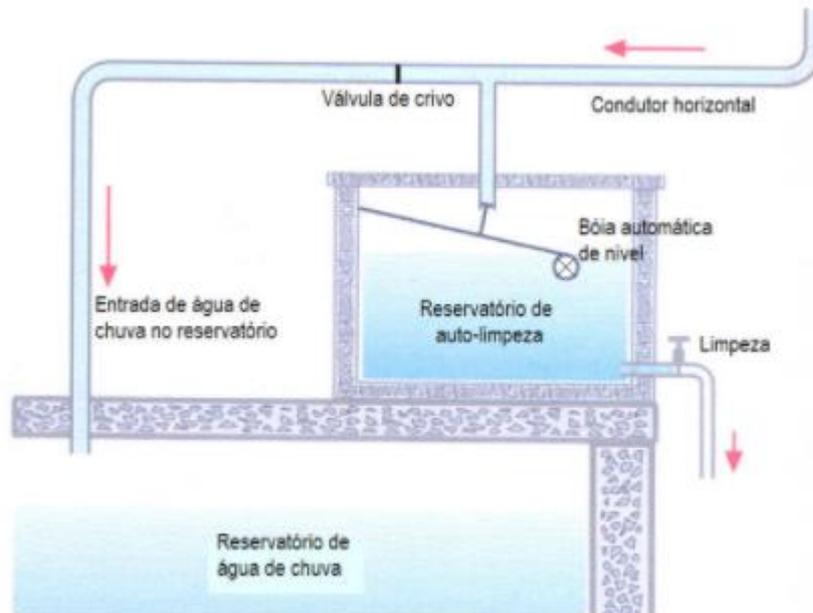
2.3.2.1 Descarte da água de limpeza do telhado e gradeamento (first flush):

Segundo Andrade Neto (2003) apud Bassanesi (2014), a água da chuva pode conter diversas substâncias químicas dissolvidas e material particulado, em menor ou maior proporção, e o descarte dos primeiros milímetros de precipitação (first flush), normalmente melhora a qualidade da água de maneira significativa.

Há evidências de que a primeira passagem de água na superfície do telhado durante a chuva pode conter quantidades maiores do que a média de poeira, fezes de animais, galhos, folhas e outros detritos. Essa técnica deve ser considerada como uma barreira adicional para reduzir a contaminação e não como substituto das atividades normais de manutenção de limpeza de telhados (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010 apud BASSANESI, 2014).

Uma das maneiras desse descarte ser feito é através de um reservatório de autolimpeza com torneira boia. O volume desse reservatório é calculado através da área de telhado e o volume de água necessário para fazer a limpeza, devendo possuir uma capacidade de 0,4 litros/m² de telhado (TOMAZ, 1998 apud MAY, 2004). O reservatório de autolimpeza deve estar situado sobre o reservatório de água pluvial, possuir uma boia de nível e estar vazio. Ao iniciar a chuva, o reservatório de autolimpeza recebe água até atingir seu limite e fechando automaticamente a torneira boia. Após esse processo que a água começa a ser armazenada no reservatório de água pluvial. Ao fim da chuva, o registro do reservatório de autolimpeza deve ser aberto para esvaziar e descartar a água inutilizada (MAY, 2004). A Figura 15 mostra o modelo de funcionamento do reservatório de autolimpeza com torneira boia.

Figura 15: Reservatório de autolimpeza com torneira boia



Fonte: DACACH (1990) apud MAY (2004)

2.3.2.2 Filtração;

A filtração pode ser feita utilizando filtros de areia, que conseguem reter materiais sólidos em suspensão, como algas, areias finas, outros materiais orgânicos e partículas de silte (DASBERG; BRESSLER, 1985 apud BASSANESI, 2014). Os filtros devem ser dimensionados conforme a utilização final da água pluvial, garantindo o fluxo adequado e a pressão do fornecimento (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010 apud BASSANESI, 2014). Alguns fatores são determinantes durante a escolha do filtro, como granulometria do meio filtrante, espessura da camada filtrante, vazão e pressão da água sobre a superfície da areia e processo de retrolavagem do filtro. A filtração fornece uma água de qualidade adequada para usos em descargas sanitárias, lavagem de roupas, irrigação e usos ornamentais.

O Código de boas práticas BS 8512 recomenda que a filtração ocorra antes do reservatório principal de distribuição, evitando que detritos se acumulem neste mesmo reservatório. Além disso, recomenda que o filtro seja resistente a intempéries, que possa ser removido facilmente para manutenção, que tenha uma eficiência de pelo menos 90% e que passe um tamanho máximo de partículas de 1,25 milímetros (BASSANESI, 2014).

2.3.2.3 Desinfecção;

Segundo Libânio (2005) apud Bassanesi (2014), a desinfecção da água pode ser feita de duas maneiras, através de agentes químicos e agentes físicos. A desinfecção química é feita por compostos com potencial de oxidação como cloro, dióxido de cloro e ozônio. Já a desinfecção física, pode ser feita usando radiação ultravioleta (UV), radiação gama e radiação solar.

A utilização de cloro é eficaz contra bactérias nocivas e muitos vírus, mas não é recomendada contra *Cyptosporidium*. A cloração também pode remover os odores da água da chuva através da oxidação de substâncias químicas. A quantidade de cloro recomendada depende da concentração de matéria orgânica e outras impurezas. Para uma garantia razoável de desinfecção, é indicado que seja adicionado 40 ml de hipoclorito de sódio líquido (12,5% de cloro) para 1000 litros de água ou 7 g de hipoclorito de cálcio granular (75% de cloro) para 1000 litros de água, proporcionando uma dosagem de cloro residual de cerca de 5 mg/L (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010 apud BASSANESI, 2014).

Já a utilização de irradiação com luz ultravioleta garante uma qualidade da água contínua. Os sistemas de iluminação de UV precisam de pouca manutenção e não necessitam da adição de produtos químicos. A luz UV pode ser instalada na tubulação do fornecimento de água do reservatório de distribuição. Neste sistema, é importante utilizar um sensor para indicar quando o dispositivo está operando ou não, uma vez que as lâmpadas UV têm uma vida útil limitada de nove a doze meses (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010 apud BASSANESI, 2014).

2.4 Métodos de dimensionamento de reservatórios (metodologia)

A NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) traz em seus anexos alguns métodos de dimensionamento de reservatório de acumulação de águas pluviais, como método de Rippl, método da simulação, método de Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano. A sua atualização NBR 15527/2019 (ABNT, 2019), não traz esses anexos.

2.4.1 Método de Rippl

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, este método faz uso de séries históricas mensais ou diárias:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

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

$$\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

Sendo $S_{(t)}$ o volume de água no reservatório no tempo t , $Q_{(t)}$ o volume de chuva aproveitável no tempo t , $D_{(t)}$ a demanda ou consumo no tempo t , V o volume do reservatório e C o coeficiente de escoamento superficial.

2.4.2 Método da simulação

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, este método não leva em consideração a evaporação da água. Para um determinado mês, é aplicada a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$0 \leq S_{(t)} \leq V$$

Sendo $S_{(t)}$ o volume de água no reservatório no tempo t , $S_{(t-1)}$ o volume de água no reservatório no tempo $t-1$, $Q_{(t)}$ o volume de chuva no tempo t , $D_{(t)}$ a demanda ou consumo no tempo t , V o volume do reservatório fixado e C o coeficiente de escoamento superficial.

Para este método ser válido, deve-se considerar o reservatório cheio no início da contagem do tempo “ t ” e os dados históricos serem representativos para as condições futuras.

2.4.3 Método Azevedo Neto

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, o volume de chuva é encontrado pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Sendo P o valor numérico da precipitação média anual (mm), T o valor numérico de meses de pouca chuva ou seca, A o valor numérico de área de coleta em projeção (m²), V o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.4.4 Método prático alemão

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, é um método empírico onde se considera o menor valor do volume do reservatório sendo 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável:

$$V_{adotado} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06(\%)$$

$$V_{adotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06$$

Sendo V é o valor numérico do volume de água da chuva aproveitável anual (L), D é o valor numérico da demanda anual da água não potável (L) e $V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório (L).

2.4.5 Método prático inglês

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, neste método, o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Sendo P o valor numérico da precipitação média anual (mm), A o valor numérico de área de coleta em projeção (m²), V o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.4.6 Método prático australiano

Segundo a ABNT NBR 15527/2007, neste método, o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Sendo C o coeficiente de escoamento superficial (normalmente 0,80), P o valor numérico da precipitação média mensal, A o valor numérico de área de coleta, I a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (normalmente 2 mm) e Q o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é feito por tentativas, até que sejam usados valores otimizados de confiança e volume do reservatório:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Sendo Q_t o volume mensal produzido pela chuva no mês t , V_t o volume de água que está no tanque o fim do mês t , V_{t-1} o volume de água que está no tanque no início do mês t e D_t a demanda mensal.

Para o primeiro mês é considerado o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então $V_t = 0$ e o volume do tanque escolhido será T .

Confiança:

$$P_r = \frac{N_r}{N}$$

Sendo P_r a falha, N_r o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, ou seja, quando $V_t = 0$ e N o número de meses considerado (normalmente 12 meses);

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

É recomendado que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

2.5 Etapas do dimensionamento

A primeira etapa do dimensionamento é encontrar a disponibilidade teórica de água de chuva para captação são, e segundo a ABNT NBR 15527/2019, pode ser estimada pelo produto entre precipitação, área de captação, coeficiente de escoamento superficial da cobertura e eficiência do sistema de tratamento:

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta$$

Onde V_{disp} é o volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva (L), P é a precipitação média anual, mensal ou diária (mm), A é a área de coleta (m²); C é o coeficiente de runoff, η é a eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, se utilizado. Estes dados devem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista, sendo recomendado um fator de captação de 0,85.

O coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff) de uma cobertura depende diretamente do material do telhado, uma vez que a textura dos diferentes materiais causa diferente retenção, comportamento de escoamento e

processos de intemperismo (RIBEIRO; MARINOSKI, 2020). No Quadro 8, tem-se valores de coeficiente de runoff para os diferentes tipos de materiais de coberturas:

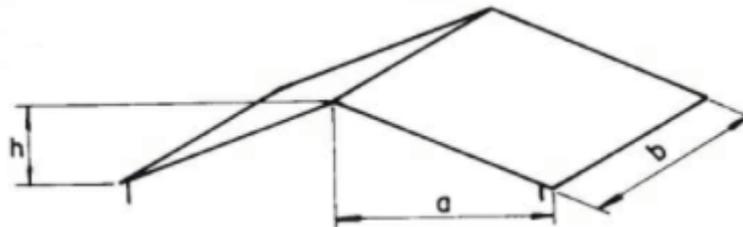
Quadro 8: Coeficientes de runoff em função do tipo do material da superfície da cobertura

Material da Cobertura	Coeficiente de runoff	Fonte
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
	0,20	Thomaz e Martinson (2007)
Cerâmico	0,56	Khan (2001)
	0,75 - 0,95	Pruski et al. (2004)
	0,80 – 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
Metálico	0,81 – 0,84	Liaw and Tsai (2004)
	0,80 – 0,85	UNEP (2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 – 0,95	Wilken (1978)
Cimento	0,62 – 0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw and Tsai (2004)
Alumínio	0,70	Ward et al. (2010)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Concreto asfáltico	0,90	Lancaster (2006)
Aço galvanizado	>0,90	Thomaz e Martinson (2007)

Fonte: Farrey et al (2001); May (2004); Hangemann (2009); Tomaz (2003) apud RIBEIRO E MARINOSKI (2020)

A ABNT NBR 10844/1989 traz que a área de captação para um telhado tradicional (Figura 16), é dada pela seguinte equação:

Figura 16: Captação de um telhado tradicional



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

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

- A = área de captação;
a = largura da água da cobertura;
h = altura da cobertura;
b = comprimento da cobertura.

Com essas informações é possível calcular a disponibilidade teórica de água de chuva para captação. Após isso é necessário fazer a estimativa de demanda consumo de água potável, que pode ser feita baseada nos Quadros 9 e 10:

Quadro 9: Demanda residencial de água potável na área interna

Uso interno	Unidades	Valores médios
Gasto mensal	m ³ /mês/pessoa	4
Número de pessoas	Pessoa	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	5
Volume de descarga	Litros/descarga	9
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	1
Duração do banho	Minutos	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,15
Uso de banheira	Banho/pessoa/dia	0,1
Volume de água da banheira	Litros/banho	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoas/dias	0,1
Volume de água da máquina de lavar pratos	Litros/ciclo	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa	0,37
Volume de água da máquina de lavar roupa	Litros/ciclo	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,15
Torneira do banheiro	Minuto/pessoa/dia	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,15

Fonte: Plínio Tomaz apud SILVA, 2015

Quadro 10: Demanda residencial de água potável na área externa

Uso externo	Unidades	Valores médios
Casa com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim	Litros/dia	50
Manutenção de piscinas	Litros/dia/m ²	3
Perdas por evaporação em piscinas	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450

Tamanho do lote	m ²	125 a 750
-----------------	----------------	-----------

Fonte: Plínio Tomaz apud SILVA, 2015

Após o cálculo da estimativa de demanda é possível fazer o dimensionamento do reservatório inferior usando algum dos métodos da ABNT NBR 15527/2007 citados anteriormente.

A próxima etapa é o dimensionamento dos diâmetros da tubulação de recalque e sucção. Segundo Macintyre (2018), inicia-se encontrando a vazão horária pela seguinte equação:

$$Q_r = \frac{CD}{Tempo}$$

Onde,

Q_r é vazão horária (m³/h);

CD é consumo diário (m³);

$Tempo$ é o tempo de enchimento (horas);

Calcula-se então o diâmetro de canalização de recalque (Dr) pela seguinte equação:

$$Dr = 1,3 \times \sqrt{Q_r} \times \sqrt[4]{X}$$

Onde,

Dr é o diâmetro de recalque (m);

Q_r é vazão horária (m³/s);

X é a razão do número de horas de funcionamento por dia pelas 24 horas do dia;

O diâmetro de canalização de sucção deverá ser no mínimo um diâmetro nominal superior ao Dr . Os diâmetros são encontrados na ABNT NBR 5648/2018 e estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8: Dimensões dos tubos de PVC-U

Diâmetro Nominal (DN)	Diâmetro Externo (DE)	Espessura mínima da parede (mm)	
		Espessura mín.	Tolerância
15	20	1,5	+0,3
20	25	1,7	
25	32	2,1	
32	40	2,4	+0,4
40	50	3,0	
50	60	3,3	+0,5
65	75	4,2	+0,6

75	85	4,7	
100	110	6,1	+0,8

Fonte: ABNT NBR 5648/2018

3 METODOLOGIA

O presente trabalho pretende elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica no município de Pato Branco-PR.

Para Fonseca (2002), a pesquisa científica é o resultado de uma investigação, feita com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos. Uma pesquisa pode ser classificada quanto aos procedimentos técnicos, abordagem e objetivos. Quanto aos procedimentos técnicos ela pode ser documental, experimental, bibliográfica, etnográfica, participante, levantamento, estudo de caso, entre outros. Este trabalho é considerado um estudo de caso, que é caracterizado pelo estudo de uma entidade bem definida, como um programa, instituição, pessoa, etc., e neste caso, a indústria gráfica em questão (FONSECA, 2002).

Já em relação a abordagem, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa quantitativa (viabilidade técnica e econômica). Os dados quantitativos são referentes aos valores necessários para o dimensionamento do sistema, como vazão de água de cada aparelho hidráulico, número de pontos, área de cobertura, informações do projeto arquitetônico, além dos próprios resultados após dimensionamento, como volume do reservatório, diâmetro das tubulações, entre outros.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória e descritiva. Segundo Gil (2007), estudos de caso são normalmente pesquisas exploratórias pois envolvem levantamento bibliográfico e análise de exemplos para melhor compreensão. Para Triviños (1987), estudos de caso são pesquisas descritivas pois descrevem fenômenos e fatos que acontecem em determinada realidade.

Para iniciar este trabalho, considerando ser um estudo de caso, foi definido o objeto de estudo sendo uma indústria gráfica de painéis e letreiros, no município de Pato Branco-PR, que ainda está na fase de elaboração de projetos. A escolha se deu justamente pelo acesso aos projetos e por ser uma necessidade real da indústria, que será uma construção mista em pré-moldado e concreto armado convencional, e também contará com uma residência em anexo em um mezanino do galpão.

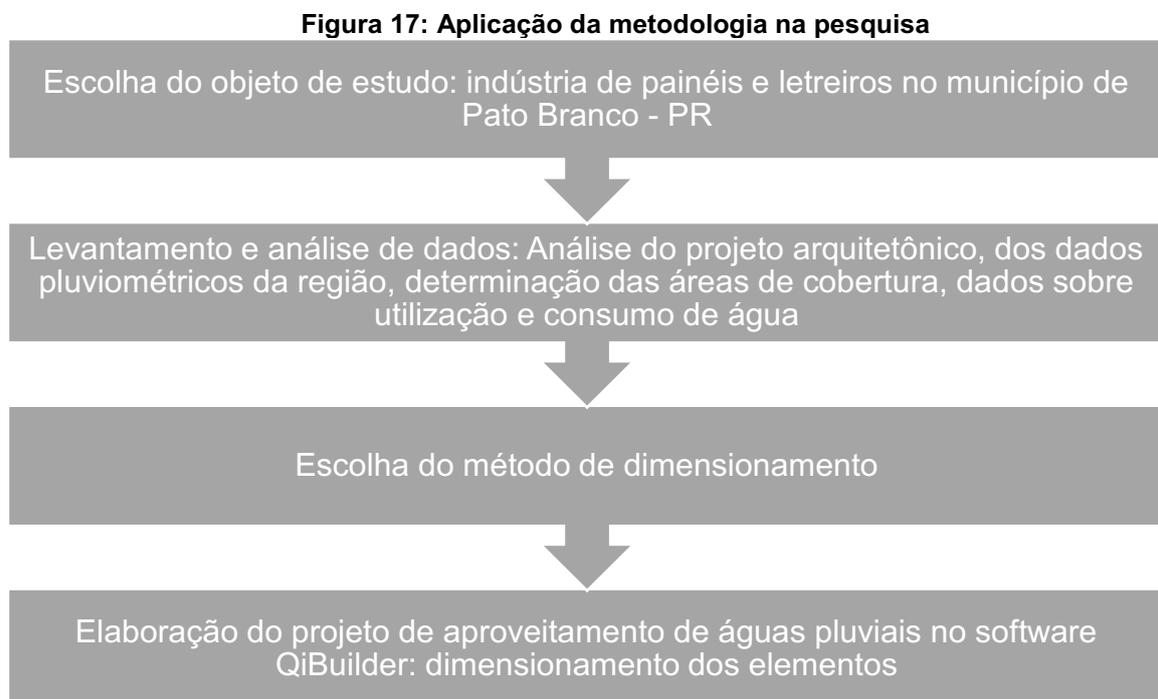
Em seguida, obtiveram-se as referências teóricas deste trabalho através de uma revisão bibliográfica que englobou os seguintes assuntos: índices pluviométricos e disponibilidade de água potável, sistemas de aproveitamento de águas pluviais,

qualidade e tratamento da água pluvial, métodos e etapas de dimensionamento de reservatórios.

Após esta revisão, iniciou-se o processo de análise de dados, analisando o projeto arquitetônico da indústria, os dados pluviométricos do município, e levantamento de dados sobre a utilização de máquinas e equipamentos, quantidade de funcionários, entre outras informações que permitem a análise sobre utilização e consumo de água.

Tendo conhecimento destas informações e dos métodos de dimensionamento mais utilizados, que foram levantados na revisão bibliográfica, pode-se então escolher o método mais adequado a este projeto. Então foi feita a elaboração do projeto de aproveitamento de águas pluviais no software QiBuilder da empresa AltoQi, cuja licença foi cedida para o estudo pelo mesmo escritório de engenharia que repassou os projetos e tinha contato direto com o dono da indústria.

A seguir, pode-se ver um diagrama que resume etapas da pesquisa (Figura 19).



Fonte: Autoria própria (2021)

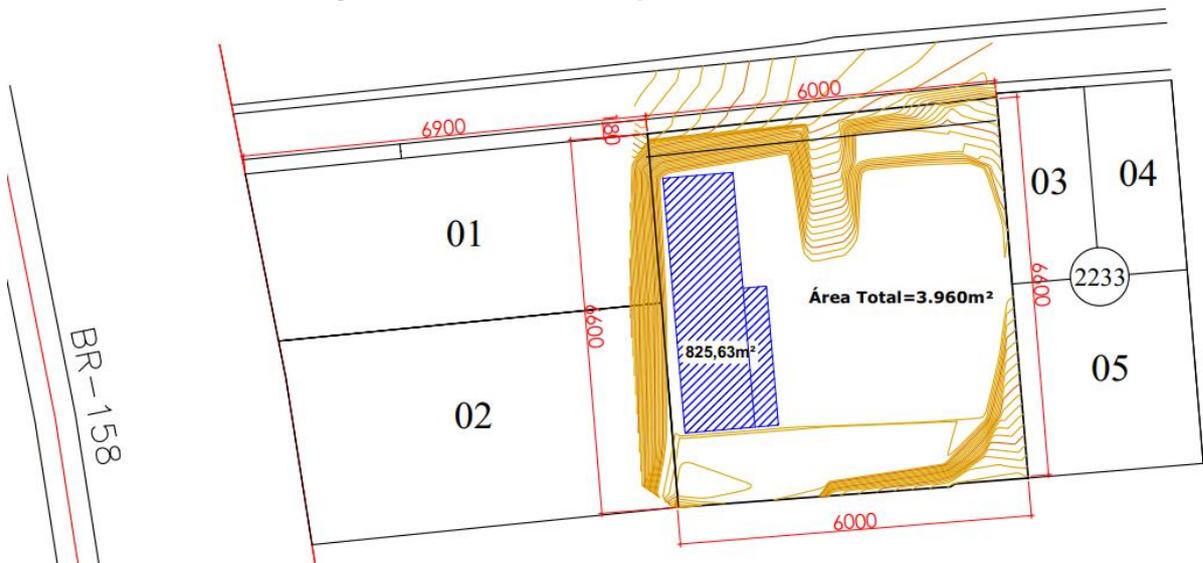
4 RESULTADOS

4.1 Estudo de caso

Este tópico possui por objetivo apresentar a indústria gráfica alvo deste estudo, apresentando sua localização e suas características técnicas, para que a seguir possa ser apresentada a elaboração do projeto de aproveitamento de águas pluviais.

A indústria será construída no município de Pato Branco, transversal a rodovia BR-158, no núcleo Bom Retiro. Demais informações sobre a localização da indústria não serão apresentadas a pedido dos proprietários do empreendimento. O terreno possui faces, a frontal e dos fundos possui 60 metros e as laterais 66 metros, totalizando uma área total de 3.690m² (Figura 18).

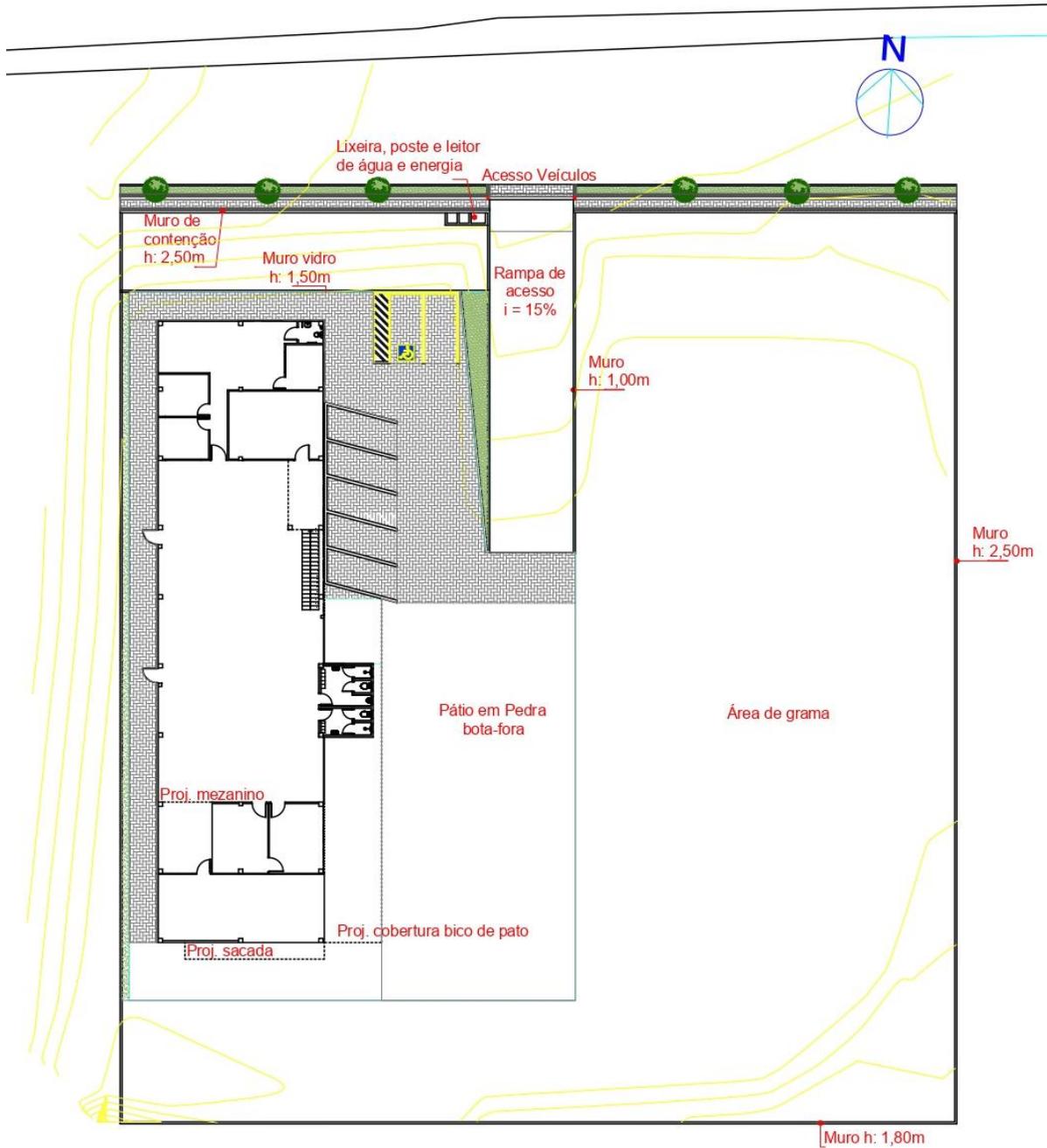
Figura 18: Planta de situação do caso de estudo



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

A indústria possui uma área construída de 825,63m² em estrutura pré-moldada, alvenaria convencional e fechamento com paredes metálicas. A parte externa conta com pátio de grama, rampa de acesso de veículos, pátio em pedra botafora, estacionamento em paver e muros cercando o terreno, como pode ser visto na planta de implantação na Figura 19.

Figura 19: Planta de implantação do caso de estudo

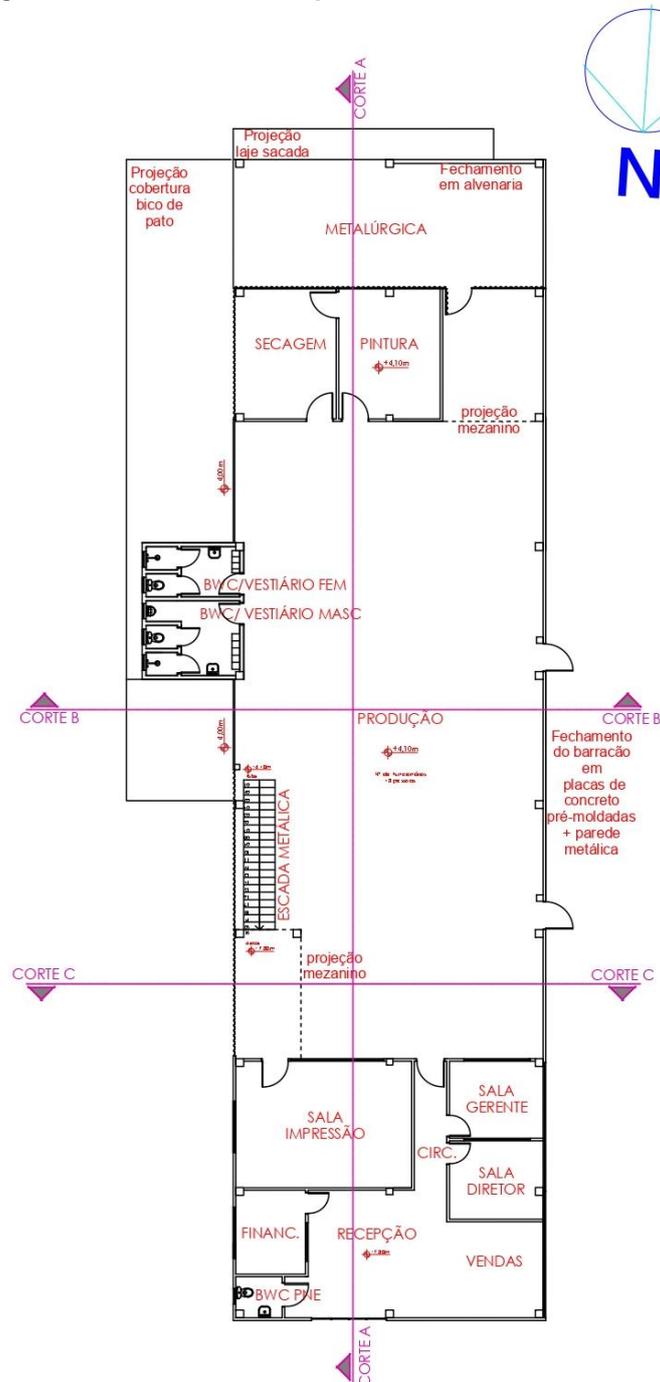


Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável e adaptado pela autora

A indústria é composta pelo pavimento térreo e pelo pavimento dos mezaninos. O térreo conta com 559,08m² e é ocupado pelo setor administrativo e a produção (Figura 20). A parte administrativa conta com a recepção (27,45m²), financeiro (8,62m²), banheiro PNE (2,73m²), área de vendas (13,87m²), sala de diretor (10,98m²), sala de gerente (10,84m²) e corredor de circulação do administrativo (6,00m²). Na parte fabril tem-se a produção (302,15m²), banheiro e vestiário masculino (3,89m²), banheiro e vestiário feminino (3,11m²), escada de acesso ao mezanino

(5,86m²), sala impressão (32,90m²), sala de secagem (19,29m²), sala de pintura (19,57m²) e metalúrgica (60,00m²).

Figura 20: Planta baixa do pavimento térreo do caso de estudo

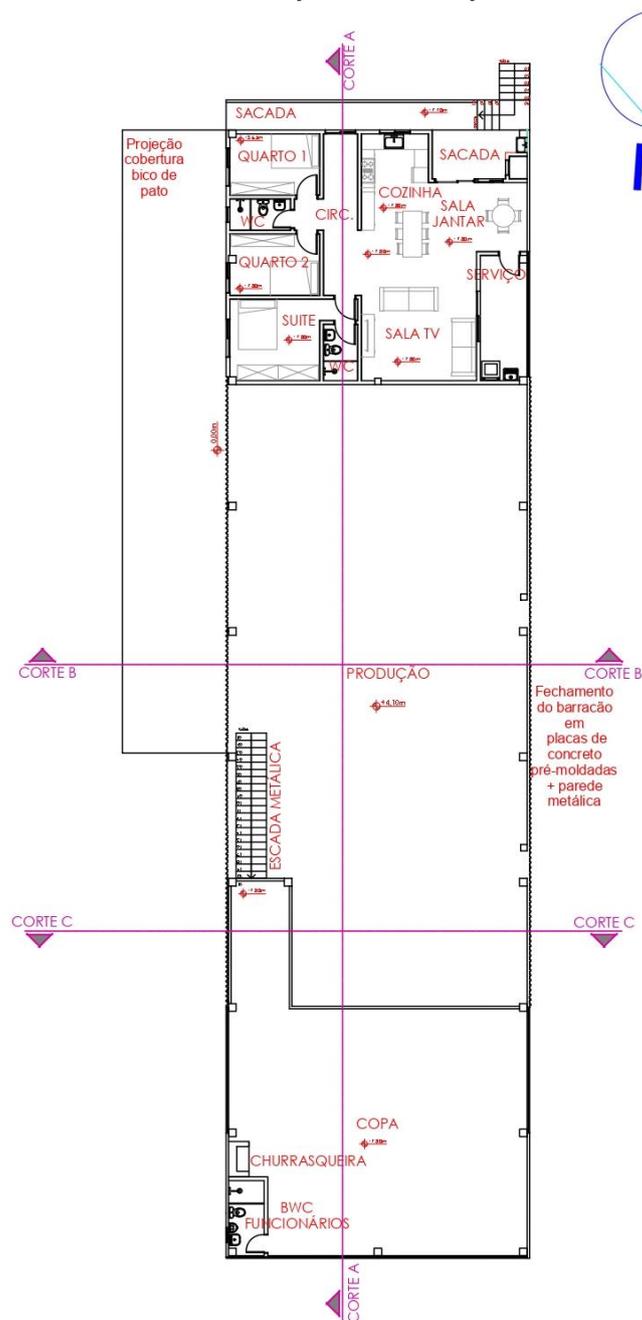


Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável e adaptado pela autora

No pavimento superior (Figura 21), o primeiro mezanino conta com uma copa com churrasqueira (121,40m²) e banheiro para funcionários (4,11m²). O outro mezanino é residencial, tendo acesso pelos fundos da indústria e contando com uma

sala de TV (18,23m²), sala de jantar (20,89m²), cozinha (7,53m²), área de serviço (8,66m²), suíte (12,67m²), banheiro da suíte (3,04m²), quarto 1 (8,66m²), quarto 2 (8,62m²), banheiro (3,00m²), circulação da área íntima (8,70m²), sacada (12,00m²) e sacada da churrasqueira (6,42m²).

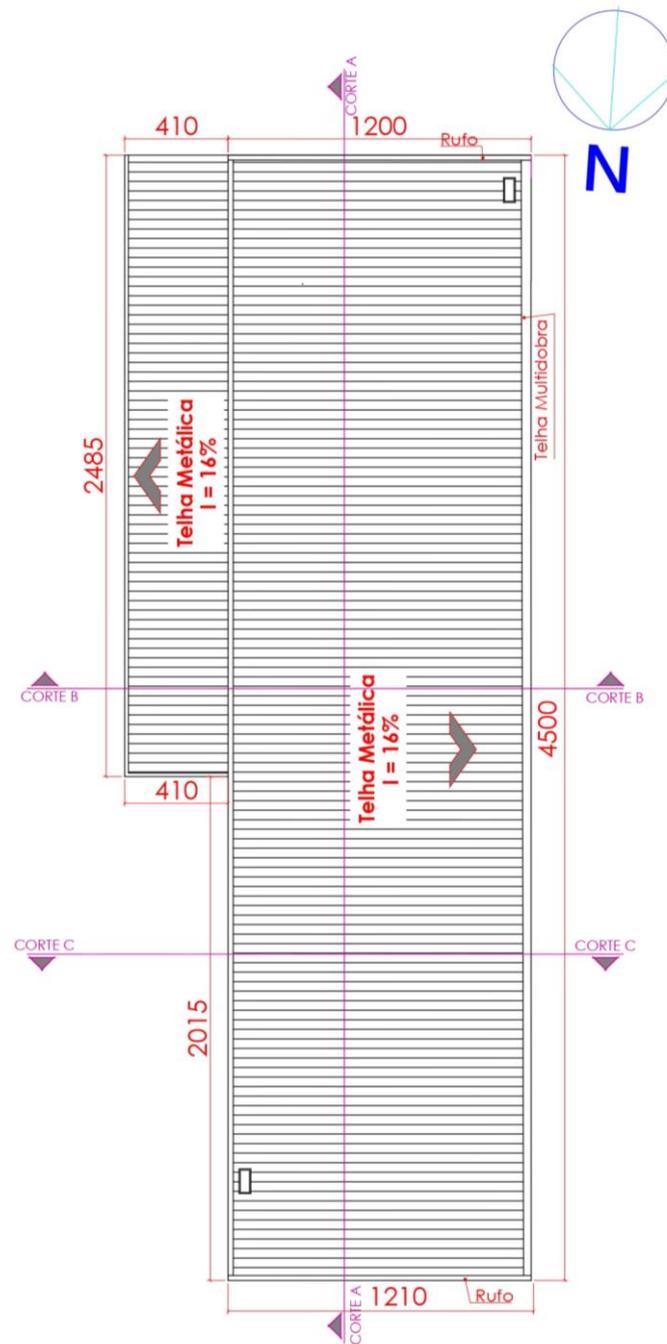
Figura 21: Planta baixa do pavimento superior do caso de estudo



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável e adaptado pela autora

A cobertura é composta por duas águas principais em telha metálica com inclinação de 16% (Figura 22).

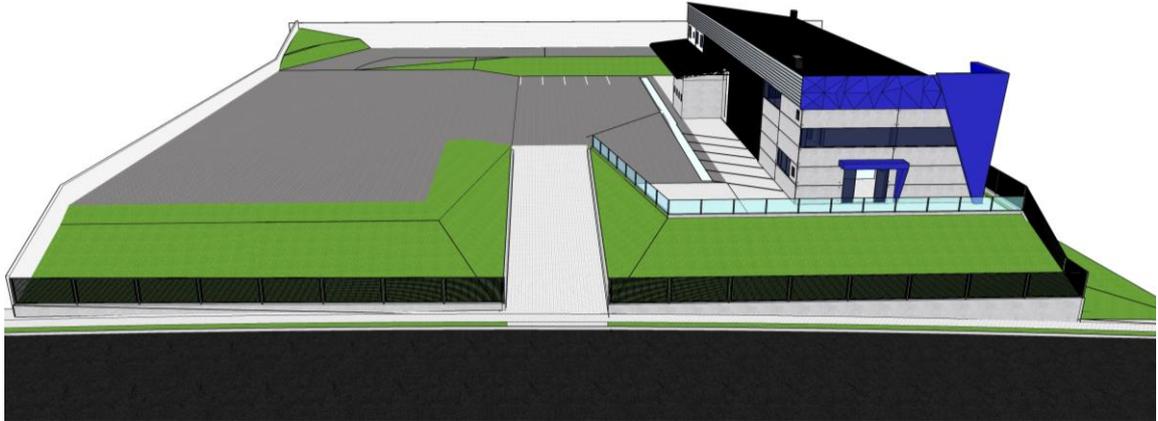
Figura 22: Planta de cobertura do caso de estudo



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável e adaptado pela autora

As Figuras 23 a 27 mostram a representação externa da indústria em 3D.

Figura 23: Representação externa da indústria em 3D



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

Figura 24: Representação externa da indústria em 3D



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

Figura 25: Representação externa da indústria em 3D



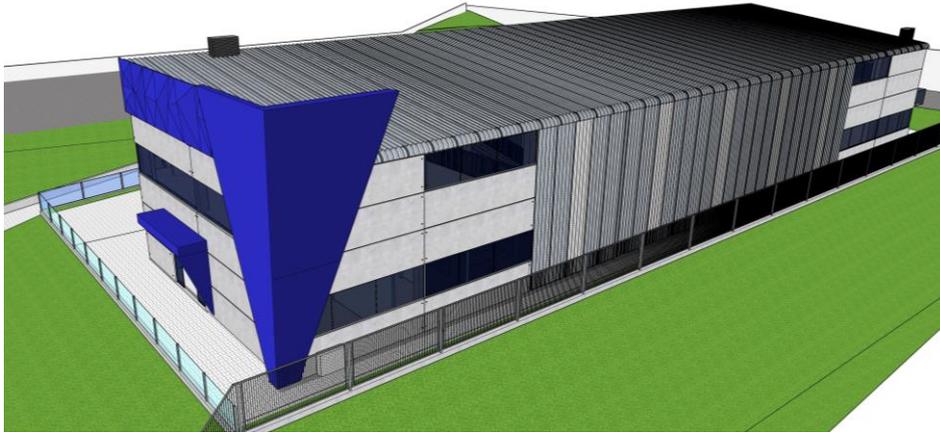
Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

Figura 26: Representação externa da indústria em 3D



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

Figura 27: Representação externa da indústria em 3D



Fonte: Projeto cedido pela arquiteta responsável

4.2 Dimensionamento do Sistema

Para o aproveitamento de águas pluviais será usado inicialmente apenas o telhado de maior área, caso a necessidade de água seja maior, o projeto será redimensionado considerando os demais telhados e drenagem do terreno. As dimensões no plano horizontal desse telhado são de 45 metros de comprimento por 12 metros de largura, com uma inclinação de 16%, portanto é necessário calcular a área efetiva, dada pela ABNT NBR 10844/1989:

$$A = \left(12 + \frac{1,92}{2}\right) \times 45 = 583,2 \text{ m}^2$$

Considerando que a precipitação média anual das duas estações pluviométricas de Pato Branco nos últimos 20 anos é de 1917,3 mm, o coeficiente de Runoff de 0,95 (dado mais recente para cobertura de telhas metálicas) e o fator de

captação de 0,85 (recomendado pela ABNT NBR 15527/2019), aplicando na equação a seguir tem-se a disponibilidade teórica de água de chuva para captação:

$$S = 583,2 \text{ m}^2 \times 1,9173 \text{ m/ano} \times 0,95 \times 0,85$$

$$S = 902 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Para fazer o levantamento da demanda de água potável, inicialmente dividiu-se os ambientes em cinco setores: residência, administrativo, produção, mezanino produção e área externa. Em cada ambiente, foi levantado os tipos e quantidades de equipamentos hidráulicos ou pontos de água. Na residência, inicialmente serão 3 moradores, mas com previsão da família ser composta por 5 pessoas futuramente, portanto foi considerado 5 moradores utilizando o ambiente em tempo integral durante os 30 dias do mês. A fábrica prevê que futuramente possua até 40 funcionários trabalhando, desses, foram considerados 7 no setor administrativo e 33 no setor de produção. O mezanino da produção é o ambiente de descanso para os funcionários, e, portanto, foi considerado um fluxo de 20 funcionários por dia ocupando o ambiente durante o período do almoço e intervalos. Para os ambientes da indústria, foi considerando o funcionamento por 8h diárias durante 5 dias na semana, totalizando 20 dias mensais.

Para a residência, a frequência de uso e o consumo de cada equipamento foi baseado na bibliografia descrita no Quadro 9: Demanda residencial de água potável na área interna. O consumo mensal do tanque da lavanderia foi calculado de maneira diferente. Segundo a SABESP (2010) apud PIVA (2012), uma casa com 5 moradores possui um consumo mensal no tanque da lavanderia de 640 litros/mês, portanto esse foi o valor considerado.

No setor administrativo, os consumos de lavatório e bacia sanitária foram baseados no Quadro 9, considerando uma frequência de cinco vezes ao dia por pessoa. O uso de bebedouro foi considerado 2 vezes ao dia enchendo recipientes de 1 litro cada vez, resultando em 2 litros de água por dia, quantidade média recomendada para consumo, já que o consumo ideal depende de cada pessoa (SALLES, 2016). A torneira interna foi considerada ser usada três vezes na semana apenas para a limpeza dos ambientes pelo profissional responsável por isso, consumindo 0,2 litros/m²/dia (NASCIMENTO e SANT'ANA, 2014).

No setor da produção, nos vestiários, os chuveiros serão usados de maneira esporádica, portanto foi considerado apenas 1 pessoa de cada gênero tomando banho

por dia nesse ambiente. O uso do bebedouro foi feito da mesma maneira que no setor administrativo, considerando 2 litros/pessoa/dia. Neste ambiente há duas torneiras internas, para serem usadas em uma limpeza de piso no mês, e um tanque, para pequenas limpezas diárias.

No mezanino da produção, os usos também foram baseados no Quadro 9, com exceção do chuveiro (que considerou 1 pessoa tomando banho por dia) e a torneira interna, que foi considerado uma limpeza ambiente uma vez por semana com 1,1 litros/m²/dia (NASCIMENTO e SANT'ANA, 2014). Na área externa há duas torneiras de jardim, uma foi considerada para duas lavagens por mês da calçada, com lavadora de alta pressão, que possui uma vazão de 0,1 litros/m²/dia (NASCIMENTO e SANT'ANA, 2014) e a outra para duas irrigações de jardim no mês.

O consumo total mensal para a residência foi de 28.729,0 litros e para a indústria foi 57.037,6 litros, totalizando uma demanda de 85766,6 litros por mês na edificação, o que significa aproximadamente 86 m³, como pode-se observar na Tabela 9.

Tabela 9: Estimativa de consumo de água potável na indústria em estudo

Equipamentos	N°	Frequência de uso		Consumo equipamentos		Pessoas	Dias	Consumo mensal (L)
Residência (119 m²)								
Chuveiro	2	7,3	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	5	30	9855
Lavatório	2	4	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	5	30	5400
Bacia Sanitária	2	5	(descarga/pessoa/dia)	9	(Litros/descarga)	5	30	6750
Pia cozinha	2	4	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	5	30	90
Tanque	1	-	-	-	-	5	30	640
Máquina de lavar roupa	1	0,37	(carga/pessoa/dia)	108	(Litros/ciclo)	5	30	5994
Administrativo (78 m²)								
Lavatório	1	4	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	7	20	5040
Bacia Sanitária	1	5	(descarga/pessoa/dia)	9	(Litros/descarga)	7	20	6300
Bebedouro	1	2	(usos/pessoa/dia)	1	(Litro/uso)	7	20	280
Torneira interna	1	3	(dias/semana)	0,2	(Litros/m ² /dia)	1	12	187,2
Produção (447 m²)								
Chuveiro	2	7,3	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	2	20	2628
Lavatório	2	4	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	33	20	396
Bacia Sanitária e mictório	2	5	(descarga/pessoa/dia)	9	(Litros/descarga)	33	20	29700
Torneira interna	2	1	(dias/mês)	2	(Litros/m ²)	1	1	894
Bebedouro	1	2	(usos/pessoa/dia)	1	(Litro/uso)	33	20	1320
Tanque	1	2	(dias/semana)	50	(Litros/dia)	-	8	400
Mezanino produção (126 m²)								
Chuveiro	1	7,3	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	1	20	1314
Lavatório	1	1	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	20	20	3600
Bacia Sanitária e mictório	1	1	(descarga/pessoa/dia)	9	(Litros/descarga)	20	20	3600
Torneira interna	2	1	(dias/semana)	1,1	(Litros/m ² /dia)	1	4	554,4
Pia cozinha	1	2	(minutos/pessoa/dia)	0,15	(Litros/segundo)	20	20	120
Área externa (Calçada: 520 m²; Gramado: 150 m²)								
Torneira de limpeza	1	2	(dias/mês)	0,1	(Litros/m ²)	1	2	104
Torneira de jardim	1	2	(dias/mês)	2	(Litros/dia/m ²)	1	2	600
Total								85766,6

Fonte: Autoria própria

Para o aproveitamento de águas pluviais foram considerados apenas os equipamentos que não necessitem de água potável: bacia sanitária, mictório, torneira

interna e torneira de jardim. A demanda de água para esses usos resultou em 48.689,6 litros por mês, aproximadamente 49m³ (Tabela 10). A quantia de água que pode ser aproveitada da chuva representa 57% do consumo total mensal.

Tabela 10: Estimativa de consumo de água reaproveitável na indústria em estudo

Equipamentos	N°	Frequência de uso	Consumo equipamentos	Pessoas	Dias	Consumo mensal (L)
Residência (119 m²)						
Bacia Sanitária	2	5 (descarga/pessoa/dia)	9 (Litros/descarga)	5	30	6750
Administrativo (78 m²)						
Bacia Sanitária	1	5 (descarga/pessoa/dia)	9 (Litros/descarga)	7	20	6300
Torneira interna	1	3 (dias/semana)	0,2 (Litros/m ² /dia)	1	12	187,2
Produção (447 m²)						
Bacia Sanitária e mictório	2	5 (descarga/pessoa/dia)	9 (Litros/descarga)	33	20	29700
Torneira interna	2	1 (dias/mês)	2 (Litros/m ²)	1	1	894
Mezanino produção (126 m²)						
Bacia Sanitária e mictório	1	1 (descarga/pessoa/dia)	9 (Litros/descarga)	20	20	3600
Torneira interna	2	1 (dias/semana)	1,1 (Litros/m ² /dia)	1	4	554,4
Área externa (Calçada: 520 m²; Gramado: 150 m²)						
Torneira de limpeza	1	2 (dias/mês)	0,1 (Litros/m ²)	1	2	104
Torneira de jardim	1	2 (dias/mês)	2 (Litros/dia/m ²)	1	2	600
Total						48689,6

Fonte: Autoria própria

Conhecendo o consumo médio mensal de água não potável (49m³), pode-se calcular o consumo médio anual multiplicando pelos 12 meses do ano, o que resulta em 588m³ por ano. A disponibilidade teórica de água de chuva para captação calculada foi de 902m³ por ano, maior que o consumo médio anual, portanto, a área do telhado atende à demanda. Devido a isso, foi optado por reduzir 10 metros do comprimento da área de coleta da cobertura, resultando em uma área efetiva de 453,6m² e disponibilidade teórica de água de chuva para captação 702,3m³/ano, ainda suficiente para a demanda de 588m³/ano.

O método adotado para o dimensionamento do reservatório foi o Método de Rippl por considerar séries mensais de precipitação e a demanda de água não potável.

Segundo o estudo de Brandão e Marcoen (2018), os reservatórios dimensionados através de Rippl Mensal tiveram garantias de abastecimento próximas de 100%, pois regulariza a vazão para suprir a demanda de água no período mais seco da série histórica.

Para calcular usando o Método de Rippl, foi considerado a série histórica mensal citada no Tabela 7, coeficiente de runoff sendo 0,95, o fator de captação de 0,85 (first flush), demanda mensal de 49 m³ e área de captação de 453,6m². A Tabela 11 mostra os resultados obtidos:

Tabela 11: Dimensionamento pelo Método de Rippl Mensal.

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório*
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	212,76	49	453,60	78	-29	0	E
Fevereiro	161,35	49	453,60	59	-10	0	E
Março	171,60	49	453,60	63	-14	0	E
Abril	141,00	49	453,60	52	-3	0	E
Mai	188,00	49	453,60	69	-20	0	E
Junho	158,00	49	453,60	58	-9	0	E
Julho	119,00	49	453,60	44	5	5	D
Agosto	106,60	49	453,60	39	10	15	D
Setembro	143,64	49	453,60	53	-4	11	S
Outubro	233,52	49	453,60	86	-37	0	E
Novembro	195,58	49	453,60	72	-23	0	E
Dezembro	182,50	49	453,60	67	-18	0	E
Total	2013,55	588		740	Volume=	15	

*E: água escoando pelo extravasor; D: nível de água baixando; S: nível de água subindo.

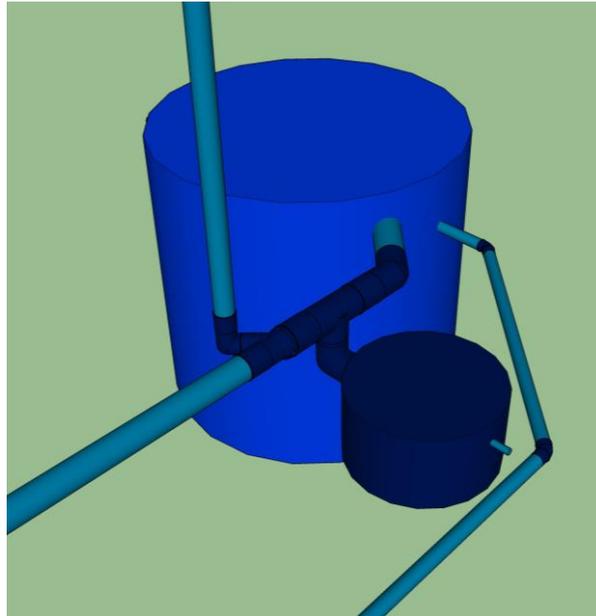
Fonte: Autoria própria.

A tabela mostra que será necessário um reservatório de 15m³ para atender a demanda. Todos os meses terão água escoando pelo extravasor (maior coleta do que demanda), exceto agosto, que vai utilizar reserva do mês anterior para atender a demanda da indústria.

Para calcular o volume do reservatório de autolimpeza, usado para descarte inicial de água (first flush), deve possuir uma capacidade de 0,4 litros/m² de telhado. Como a área que será destinada a coleta de águas pluviais é de 453,6m², o volume mínimo do reservatório de autolimpeza será de 181,44 litros e, portanto, será usado

um reservatório de 250 litros. A Figura 28 mostra um esquema em 3D representando o reservatório de autolimpeza. Também pode-se notar a ligação entre o condutor vertical, horizontal e os dois reservatórios, além dos tubos de extravasão do reservatório inferior e de autolimpeza.

Figura 28: Reservatório inferior e reservatório de autolimpeza



Fonte: Autoria própria

A indústria conta com dois reservatórios de água potável, um de 500 litros que fica na parte frontal e abastece o setor administrativo e o mezanino da produção, e o outro de 1000 litros, que abastece a residência e a produção.

Para a distribuição de águas pluviais será necessário também dois reservatórios superiores, que tem como principal função o abastecimento das colunas de distribuição, e não o armazenamento da água pluvial total. Para a escolha do volume de cada reservatório, inicialmente foi definido quais ambientes cada reservatório iria atender e qual seria o consumo diário. Para o cálculo do consumo diário foram desconsiderados os consumos esporádicos, como por exemplo torneiras para limpeza que serão usadas apenas duas vezes ao mês. As torneiras de jardim da área externa não foram ligadas em nenhum reservatório superior, a ligação foi feita diretamente do reservatório inferior. A Tabela 12 mostra que para o abastecimento da parte frontal (alimenta mezanino e setor administrativo) foi adotado em projeto um reservatório de 500 L e o da parte dos fundos de 1000 L (alimenta produção e residência).

Tabela 12: Reservatórios superiores

Reservatório	Equipamentos	Consumo mensal (L)	Consumo diário (L)	Consumo diário (L)	Reservatório adotado (L)
1	Administrativo (78 m²)			330,00	500
	Bacia Sanitária	6300	210		
	Mezanino produção (126 m²)				
	Bacia Sanitária e mictório	3600	120		
2	Produção (447 m²)			1215,00	1000
	Bacia Sanitária e mictório	29700	990		
	Residência (119 m²)				
	Bacia Sanitária	6750	225		
Ligação direta	Área externa (Calçada: 520 m²; Gramado: 150 m²)			23,47	-
	Torneira de limpeza	104	3,47		
	Torneira de jardim	600	20		

Fonte: Autoria própria

Após a determinação do volume dos reservatórios superiores, encontrou-se os diâmetros das tubulações de recalque e sucção. Para isso, o consumo diário considerado foi o volume total de cada reservatório e o tempo de enchimento de 4 horas. A Tabela 13 mostra que o diâmetro mínimo de recalque e sucção é, respectivamente, 15 mm e 20 mm para os dois reservatórios.

Tabela 13: Determinação dos diâmetros de recalque e sucção

Reservatório	1	2
Consumo diário (L)	330,00	1215,00
Qr Vazão horária (m ³ /h)	0,0825	0,30375
Qr Vazão horária (m ³ /s)	0,00002292	0,00008438
x ^(1/4)	0,64	0,64
Diametro canalização recalque Dr (m)	0,00398	0,00763
D recalque (mm)	3,98	7,63
Dr nominal adotado (mm)	15,00	15,00
Dr externo (mm)	20,00	20,00
Dr interno (mm)	17,00	17,00
D sucção nominal (mm)	20,00	20,00
Ds externo (mm)	25,00	25,00
Ds interno (mm)	21,60	21,60

Fonte: Autoria própria

Conhecendo Dr e Ds é possível determinar a potência da bomba. Como são dois reservatórios, será necessário dois conjuntos moto-bomba, um para cada

reservatório, e cada conjunto contará com duas bombas, para garantir a continuidade de abastecimento em caso de falha de alguma delas. A Tabela 14 mostra o dimensionamento dos conjuntos.

Tabela 14: Dimensionamento dos conjuntos moto-bomba

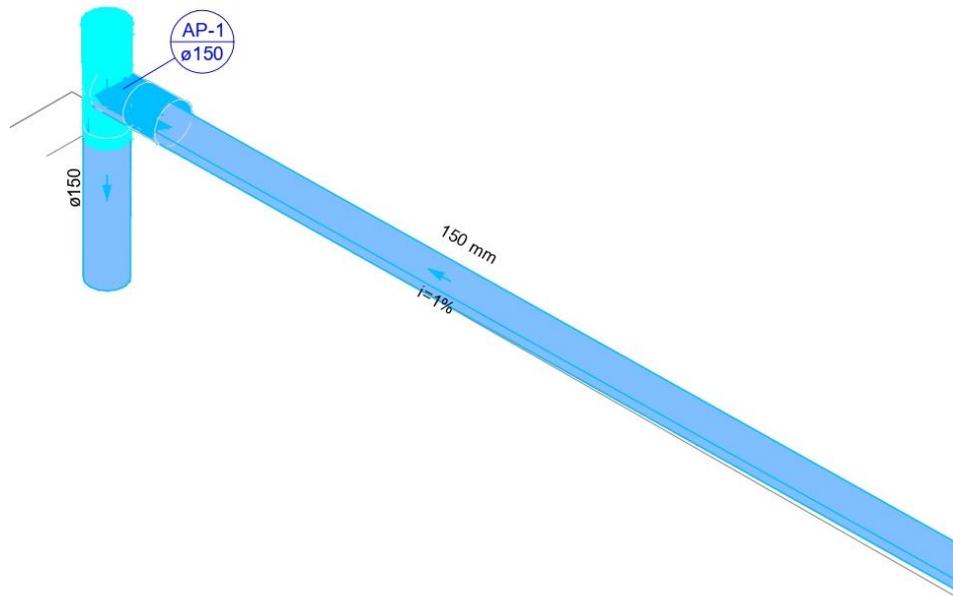
Reservatório	1	2
H est rec (mca)	7,05	7,25
J rec (mca)	0,21	0,3
H man rec (mca)	7,26	7,55
H est suc (mca)	0,2	0,2
J suc (mca)	0,27	0,11
H man suc (mca)	0,47	0,31
H man (mca)	7,73	7,86
Qr Vazão horária (m ³ /s)	0,00214722	0,00218333
Peso específico da água (kgf/m ³)	1000,00	1000,00
Rendimento do conjunto elevatório	0,50	0,50
Potência (CV)	0,44	0,46
Potência Comercial adotada (CV)	0,5	0,5

Fonte: Autoria própria

O dimensionamento de colunas, ramais e sub-ramais de água fria de reuso foram dimensionados diretamente pelo software Qibuilder da AltoQi, sendo usados tubos de PVC com diâmetro nominal de 25 mm. Apenas as tubulações de limpeza e extravasor foram com o diâmetro nominal superior, de 32 mm. O Apêndice A mostra os detalhes isométricos do banheiro do setor administrativo, de uma torneira externa e interna, dos vestiários da produção, do banheiro do mezanino e dos banheiros da residência. Também mostra os detalhes isométricos dos reservatórios de água pluvial e potável da parte da frente (reservatório 1) e da parte dos fundos (reservatório 2).

O dimensionamento das calhas, colunas e condutores pluviais também foi feito diretamente pelo software Qibuilder da AltoQi. As calhas usadas no projeto foram semicirculares de 150 mm, as colunas pluviais de 150 mm de diâmetro e os condutores horizontais variaram entre 150 a 250mm. A distribuição da água coletada no telhado foi feita usando 4 condutores verticais de 150mm, desse total, 3 condutores foram destinados ao reservatório. A Figura 29 mostra o detalhe isométrico de uma ligação entre calha e coluna.

Figura 29: Detalhe isométrico da ligação entre calha e coluna pluvial



Fonte: Autoria própria

4.3 Análise de resultados

Neste trabalho foi possível elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica no município de Pato Branco-PR. A indústria não utiliza água no seu processo produtivo, mas utiliza em áreas de apoio, como banheiros, vestiários, limpeza, irrigação de jardins, copa, etc. O projeto em questão pode ser reproduzido, com adaptações, em outras indústrias similares a do trabalho, independentemente do ramo de atuação. O dimensionamento de tubulações e reservatórios aconteceu dentro do esperado, não resultando em diâmetros ou volumes muito elevados.

O consumo total estimado de água potável mensal é de aproximadamente 86m³, e o consumo de águas pluviais previsto é de 49m³, o que pode representar uma economia para o proprietário de 57% na fatura mensal de água.

Com base nos dados pluviométricos levantados no município de Pato Branco, pode-se observar que, em média, outubro é o mês com maior precipitação e agosto o mês de maior seca. Isso influencia diretamente no dimensionamento do reservatório de águas pluviais, como pode-se perceber através do Método de Rippl, que os meses de julho e agosto irão necessitar de reserva de meses anteriores para poderem suprir a demanda.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma indústria gráfica no município de Pato Branco-PR.

Os estudos iniciais permitiram entender a disponibilidade hídrica e demanda de água no Brasil, além de aprofundar os conhecimentos acerca da conservação, poluição e desperdício da água no país. Também foi possível compreender como a urbanização, impermeabilização do solo e drenagem urbana possuem relação com o aproveitamento de águas pluviais. Após esse panorama a nível nacional, foi analisado os índices pluviométricos no estado do Paraná e no município de Pato Branco, local onde a indústria está instalada.

Em seguida, foi estudado sobre o aproveitamento de águas pluviais no mundo e no Brasil, incluindo seus usos atuais e históricos e as legislações nacional, estadual e municipal acerca do tema. Além de como funciona o sistema de aproveitamento propriamente dito, alguns modelos, seus componentes, equipamentos, instalação e manutenção. Foi possível entender mais profundamente também sobre a qualidade e o tratamento da água coletada, incluindo o descarte inicial (first flush), filtração e desinfecção. Ainda no referencial bibliográfico, pode-se conhecer alguns métodos de dimensionamento de reservatório e quais as etapas seguidas para a elaboração do projeto.

A escolha do objeto de estudo se deu devido a possibilidade de acesso aos projetos arquitetônico e estrutural da indústria, além da indústria estar localizada no mesmo município que a UTFPR está inserida.

Com a indústria alvo do estudo determinada, iniciou-se a análise do projeto arquitetônico, começando pelas dimensões e áreas da edificação e do terreno. Após foram analisados os pavimentos térreo e mezanino, os ambientes de cada pavimento e suas respectivas áreas. A próxima análise foi do projeto de cobertura, verificando inclinação do telhado, dimensões e materiais da cobertura.

A próxima etapa foi o levantamento dos pontos de uso de água potável e pluvial na edificação. Informações sobre utilização de máquinas e equipamentos, quantidade de funcionários, número de moradores na residência, etc. foram repassados pelo proprietário da indústria. Dessa maneira, pode-se estimar o consumo de água potável e pluvial. Tendo conhecimento destas informações e dos métodos de

dimensionamento mais utilizados, que foram levantados na revisão bibliográfica, foi escolhido o Método de Rippl para o dimensionamento do reservatório inferior. Por possuir uma área de coleta grande, não foi necessário usar a área de cobertura completa. Após calculadas as demandas diárias de consumo, foram adotados os volumes dos reservatórios superiores, calculado os diâmetros de recalque e sucção e a potência dos conjuntos moto-bombas. O projeto foi elaborado no software QiBuilder da empresa AltoQi, onde foi possível dimensionar calhas, colunas e condutores pluviais e colunas, ramais e sub-ramais de água fria e pluvial de maneira direta.

Neste estudo, o uso de águas pluviais pode substituir 57% do uso de água potável da edificação, o que mostra a importância e a economia possível com a utilização do sistema de aproveitamento. O principal benefício para o proprietário da indústria é em relação a diminuição do consumo de água da rede, mas o sistema também tem sua contribuição com a região, ao reter parte da água da chuva, ajuda a descarregar o sistema de drenagem urbana do município.

Entende-se que os objetivos indicados foram cumpridos, além de todos os conhecimentos adquiridos sobre elaboração de projetos e o software escolhido.

Para trabalhos futuros relacionados a sistemas de aproveitamento de águas pluviais sugere-se a análise de viabilidade econômica do projeto, levando em consideração tempo de retorno do investimento, consumo de água e energia, entre outros. Também é interessante, um estudo para comparação dos métodos de dimensionamento de reservatórios citados na ABNT NBR 15527/2007. Outra possibilidade é um estudo do dimensionamento utilizando o Método de Rippl levando comparando probabilidades pluviométricas diferentes da média mensal, como 50%, 75%, 85% e 95%.

Através do trabalho desenvolvido além do conhecimento obtido com a realização e desenvolvimento da pesquisa espera-se contribuir com demais indústrias e edificações, uma vez que o projeto pode ser reproduzido, com adaptações, em outras edificações similares.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2005/ConservacaoEReusoDaAguaEmEdificacoes.pdf>. Acesso em: 1 out. 2021.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 15 abr. 2022.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PARANÁ. **Lei nº 14.823, de 23 de agosto de 2005**. Fica criado o Programa de Água da Chuva, nos termos desta lei, objetivando a captação, armazenamento e utilização das águas pluviais pelas edificações públicas do Estado do Paraná. [S. l.], 23 ago. 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5648**: Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edifícios: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais: Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ABNT - 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.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água da chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas para fins não potáveis: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- BARRETO, Renato Costa Meno. **Proposta de um sistema de captação de águas pluviais para redução de custo com abastecimento: CASO IFAM-CMC**. 2013. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, MANAUS, 2013. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3864>. Acesso em: 9 out. 2021.
- BASSANESI, Karine. **Análise de risco do aproveitamento da água de chuva para uso não potável em edificações**. 2014. Dissertação (Mestre em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4702>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- BRANDÃO, João Luiz Boccia; MARCON, Priscila. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1031-1041, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018129228>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/kCz967pDWf5YKpbKTZyBj5p/?lang=pt>. Acesso em: 25 abr. 2022.

CALDANA, Nathan Felipe da Silva *et al.* **Frequência, intensidade e variabilidade pluviométrica na mesorregião sudoeste paranaense**. [S. l.]: Revista Brasileira de Climatologia, 2019. v. 25. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/64516>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. [S. l.], 17 mar. 2005.

FERREIRA, Daniel Fabrício. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. 2005. 152 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS, 2005. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/node/181>. Acesso em: 12 jan. 2022.

FLESCH, Vinícius da Costa. **Aproveitamento de águas pluviais: análise do projeto de um edifício vertical**. 2011. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/34415>. Acesso em: 7 nov. 2021.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

G1. Como seca histórica no Brasil traz risco de inflação e racionamento de energia. **G1**, [S. l.], p. 1, 31 maio 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/31/como-seca-historica-no-brasil-traz-risco-de-inflacao-e-acionamento-de-energia.ghtml>. Acesso em: 20 nov. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. **Dados Meteorológicos Históricos e Atuais**. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Dados-Meteorologicos-Historicos-e-Atuais>. Acesso em: 5 abr. 2022.

JABUR, Andrea Sartori; BENETTI, Heloiza Piassa; SILIPRANDI, Elizangela Marcelo. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis**. CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, VII., 2011, NITERÓI. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0353_2014.pdf. Acesso em: 14 dez. 2021.

KAMMERS, Pauline Cristiane. **Usos finais de água em edifícios públicos: estudo de caso em Florianópolis - sc**. 2004. Artigo (Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Catarina, [S. l.], 2004. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC_Pauline.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

LEUCK, M. F. **Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17386>. Acesso em: 19 mar. 2022.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**, 2018. 4. ed. Rio de Janeiro, 2018.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/pt-br.php>. Acesso em: 20 out. 2021.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/pt-br.php>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MELLO, Yara Rúbia de; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. **Análise geoestatística da precipitação média para o estado do Paraná**. [S. l.]: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/64468/39738>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MELLO, Yara Rúbia de; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. **Análise estatística preliminar de dados pluviométricos mensais, sazonais e anuais para o Estado do Paraná**. [S. l.]: Revista Brasileira de Climatologia, 2019. v. 25. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2090>. Acesso em: 19 fev. 2022.

NASCIMENTO, Eduarda Aun de Azevedo; SANT'ANA, Daniel. **Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília**. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 156-167, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v3n2p156-167>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/733>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PIVA, Juan. **Água de chuva é 'dinheiro que cai do céu'**. SOLAM - Soluções ambientais e segurança do trabalho, 2012. Disponível em: <http://www.solam.com.br/blog/?p=58>. Acesso em: 2 maio 2022.

PATO BRANCO, Município de. **Lei nº 3.309, de 6 de janeiro de 2010**. Autoriza o Poder Executivo criar o Programa de Captação de Águas Pluviais e dá outras providências. [S. l.], 6 jan. 2010.

PATO BRANCO, Município de. **Lei nº 2.349, de 18 de junho de 2004**. Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas edificações. [S. l.], 18 jun. 2004.

RIBEIRO, Ana Kelly Marinoski; MARINOSKI, Deivis Luis. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 53-66, mai. 2020.

ROLIM, Mateus Lacerda. **Reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis**: Viabilidade econômica para a implantação em uma residência unifamiliar em Palmas - TO. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas - TO, 2017. Disponível em: <https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/515>. Acesso em: 23 nov. 2021.

SALLES, Carol. **O que acontece quando passamos a beber 8 copos de água por dia**. UOL, 2016. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/listas/o-que-acontece-com-o-corpo-quando-passamos-a-beber-8-copos-dagua-por-dia.htm>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SILVA, Julian. **Dimensionamento de reservatório de água da chuva pelo método de Rippl**. [S. l.]: Altoqi, 2015. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-da-chuva-pelo-metodo-de-ripppl/>. Acesso em: 13 maio 2022.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnósticos SNIS 2021/2022**. Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SOUZA, Tays Maria Rosado de. **Potencial de aproveitamento de água de chuva e reuso de águas cinzas na UFPE**: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina. 2018. 104 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32585/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Tays%20Maria%20Rosado%20de%20Souza.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

TABALIPA, Ney Lyzandro; FIORI, Alberto Pio. **Estudo do clima do município de Pato Branco, Paraná**, Pato Branco - PR, 2008. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/287/91>. Acesso em: 25 fev. 2022.

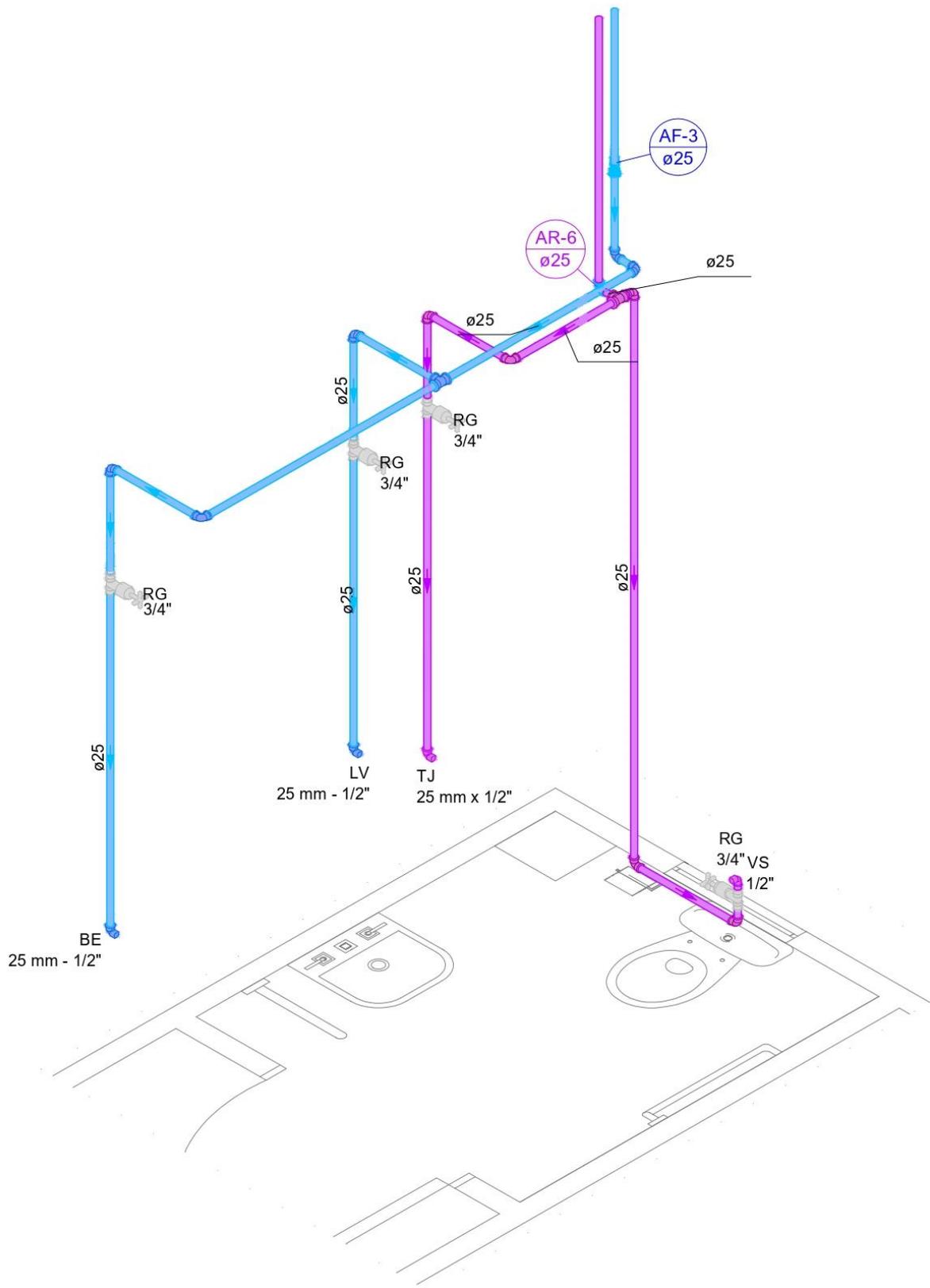
TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, Third Edition, Austin, Texas, 2005. Disponível em http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/rainwaterharvestingmanual_3rdedition.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987

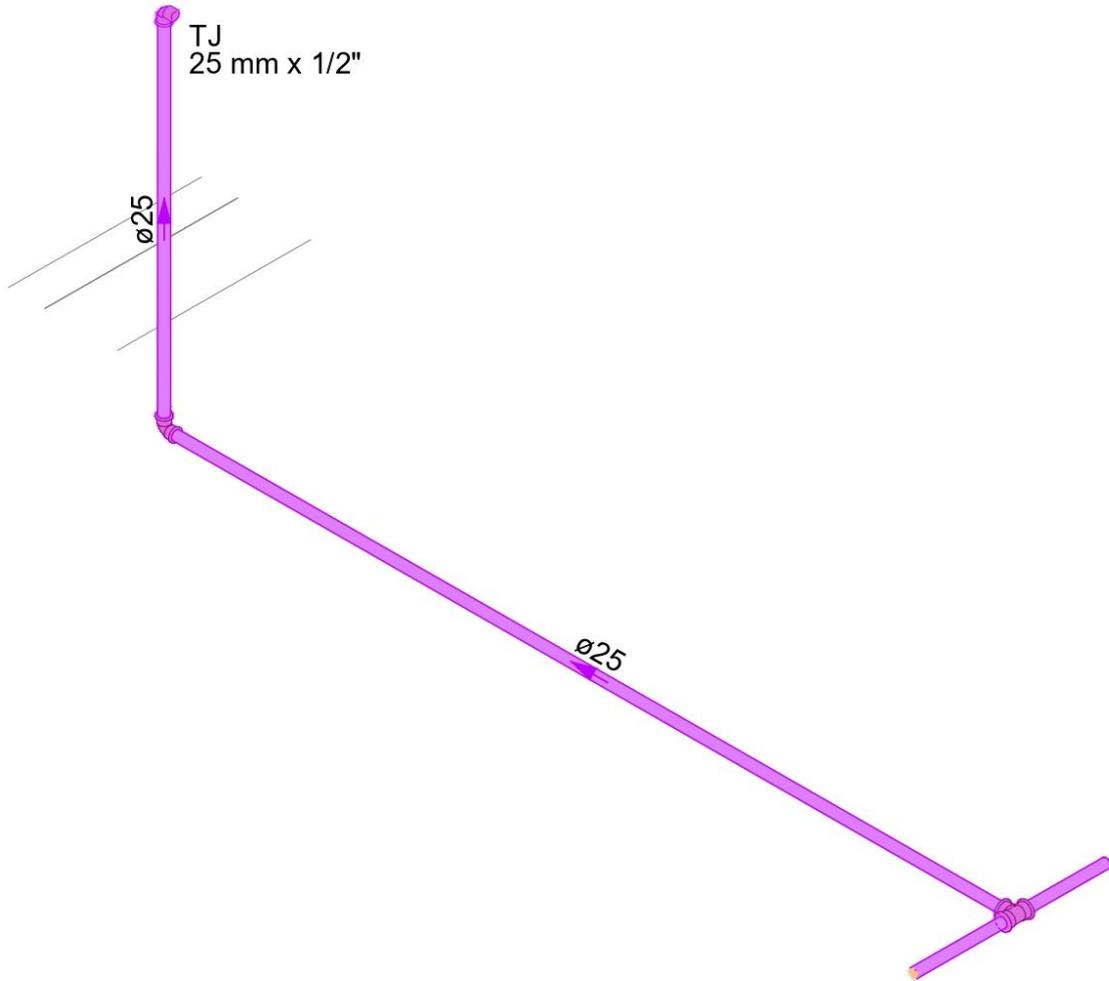
UNESCO WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME et al. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019**: Não deixar ninguém para trás, resumo executivo [s. l.], 2019. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por. Acesso em: 15 nov. 2021.

APÊNDICE A - Detalhes Isométricos Hidráulicos

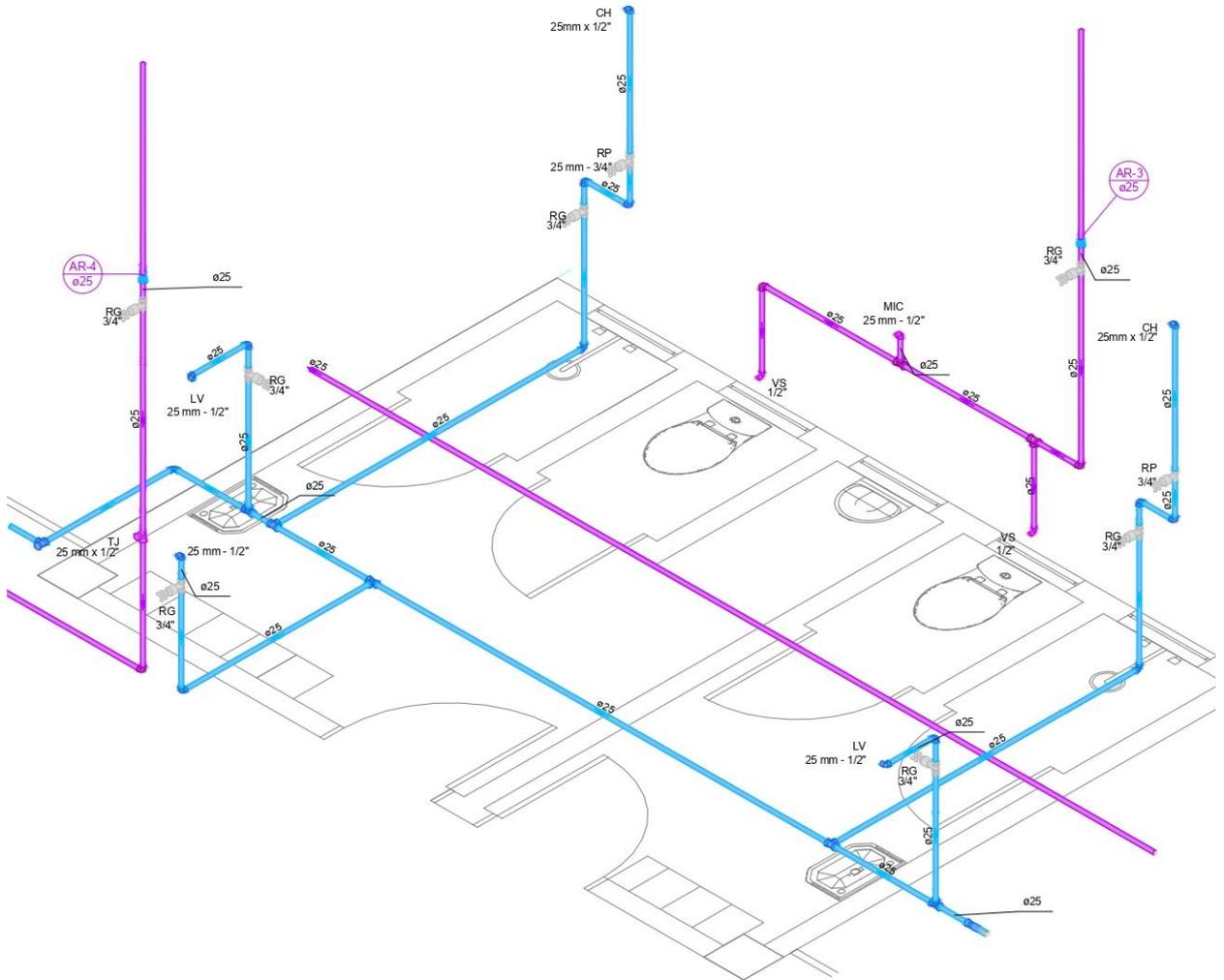
DETALHE ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DO SETOR ADMINISTRATIVO

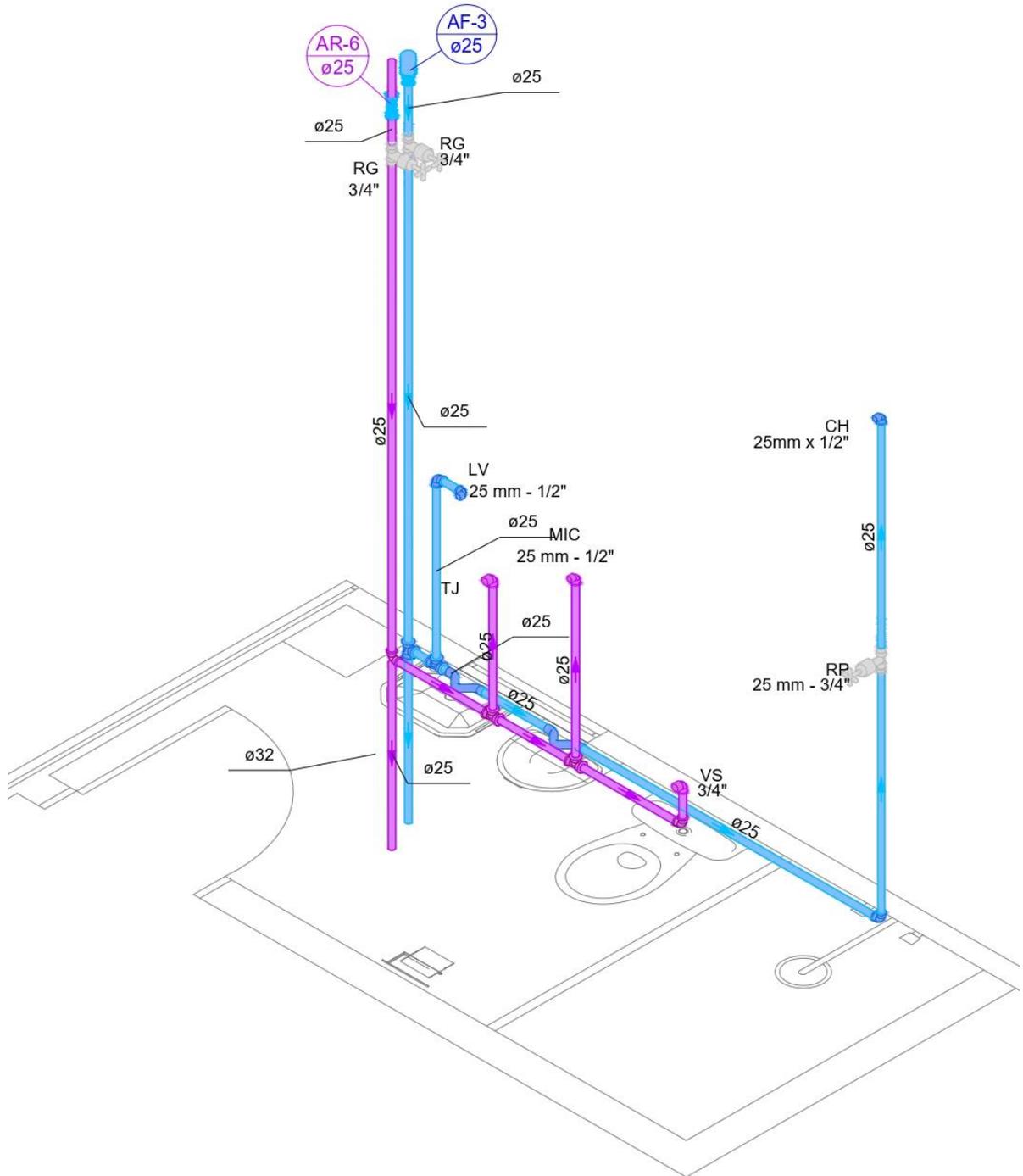


DETALHE ISOMÉTRICO DA TORNEIRA EXTERNA

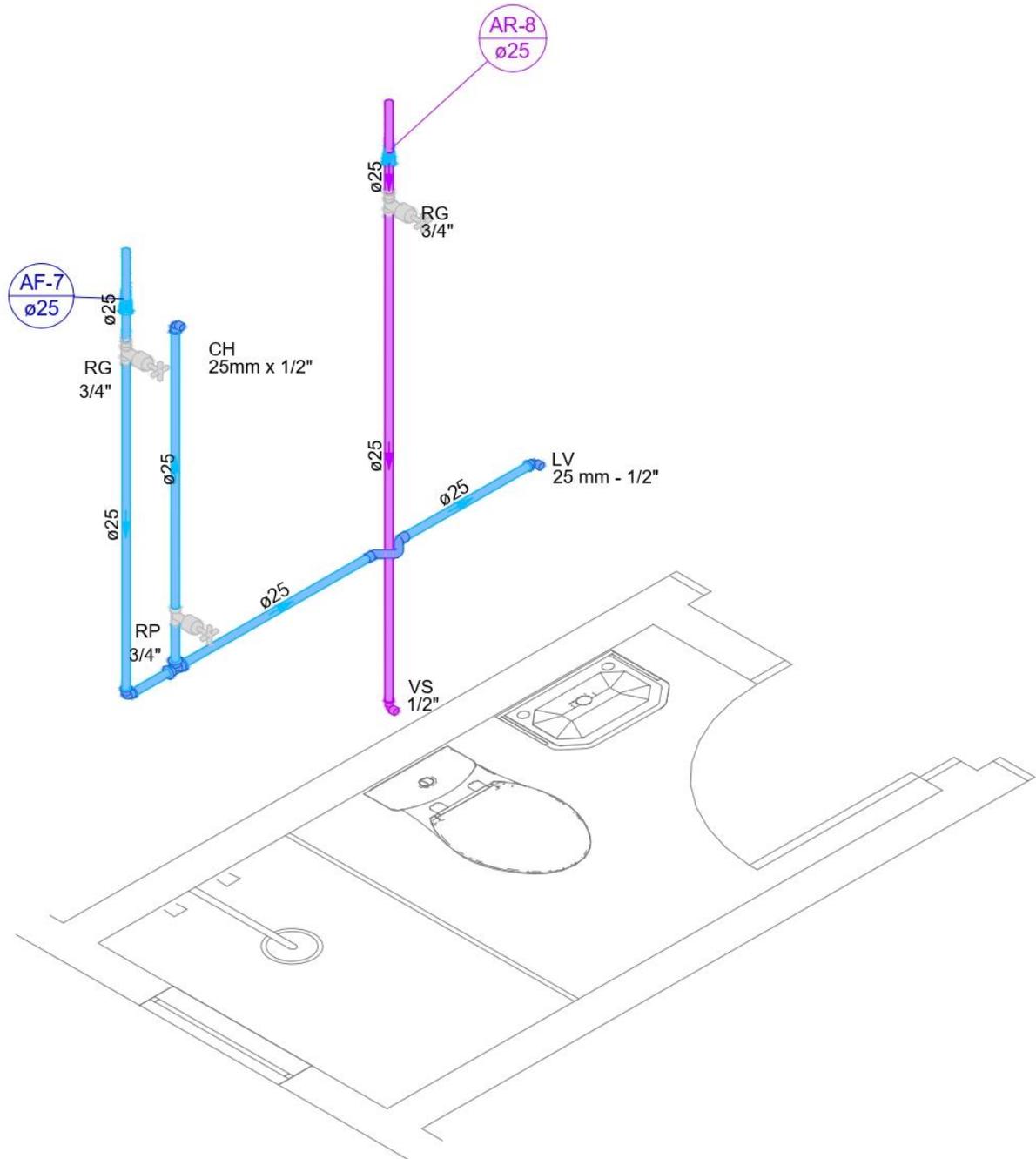


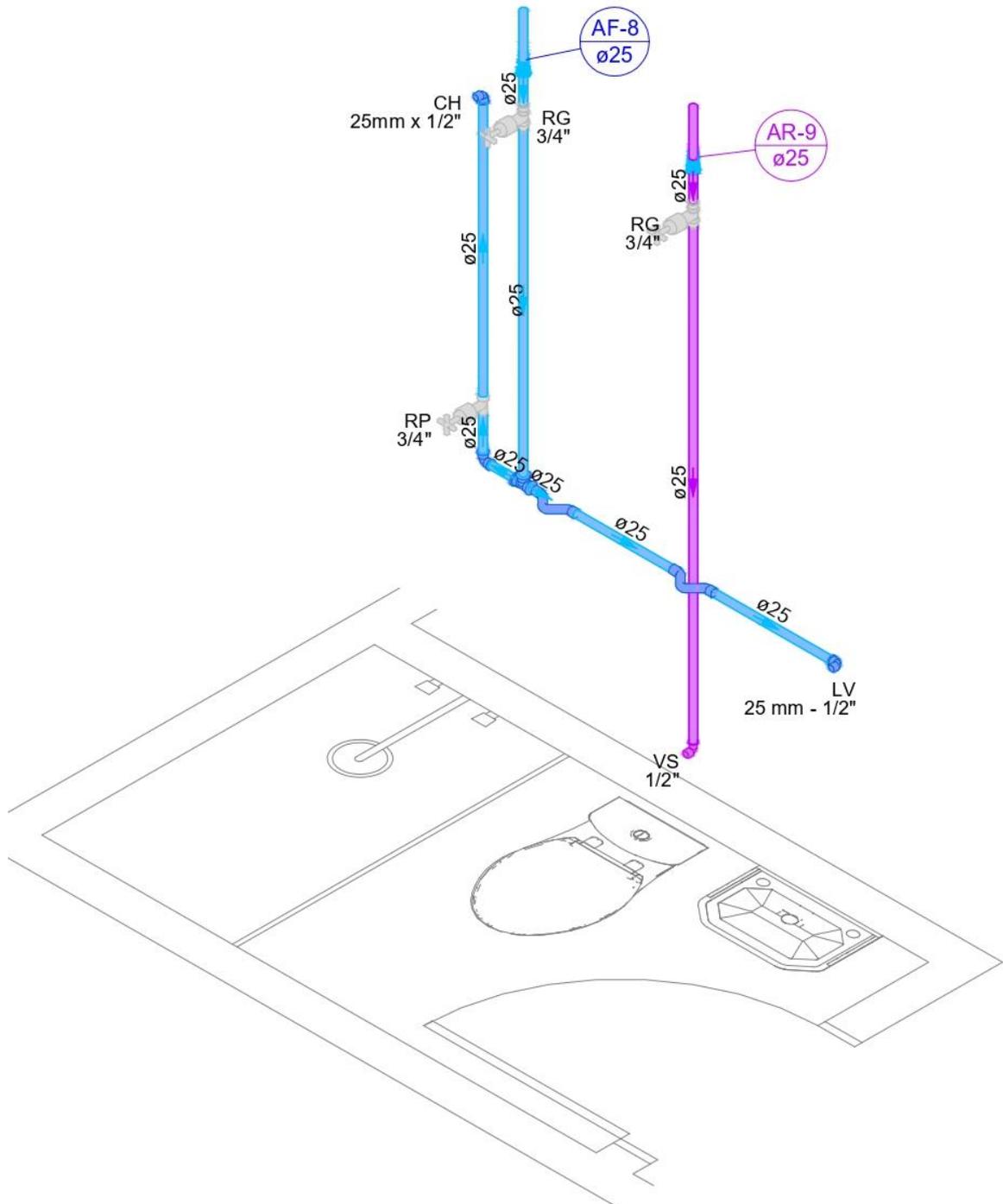
DETALHE ISOMÉTRICO DOS VESTIÁRIOS DA PRODUÇÃO

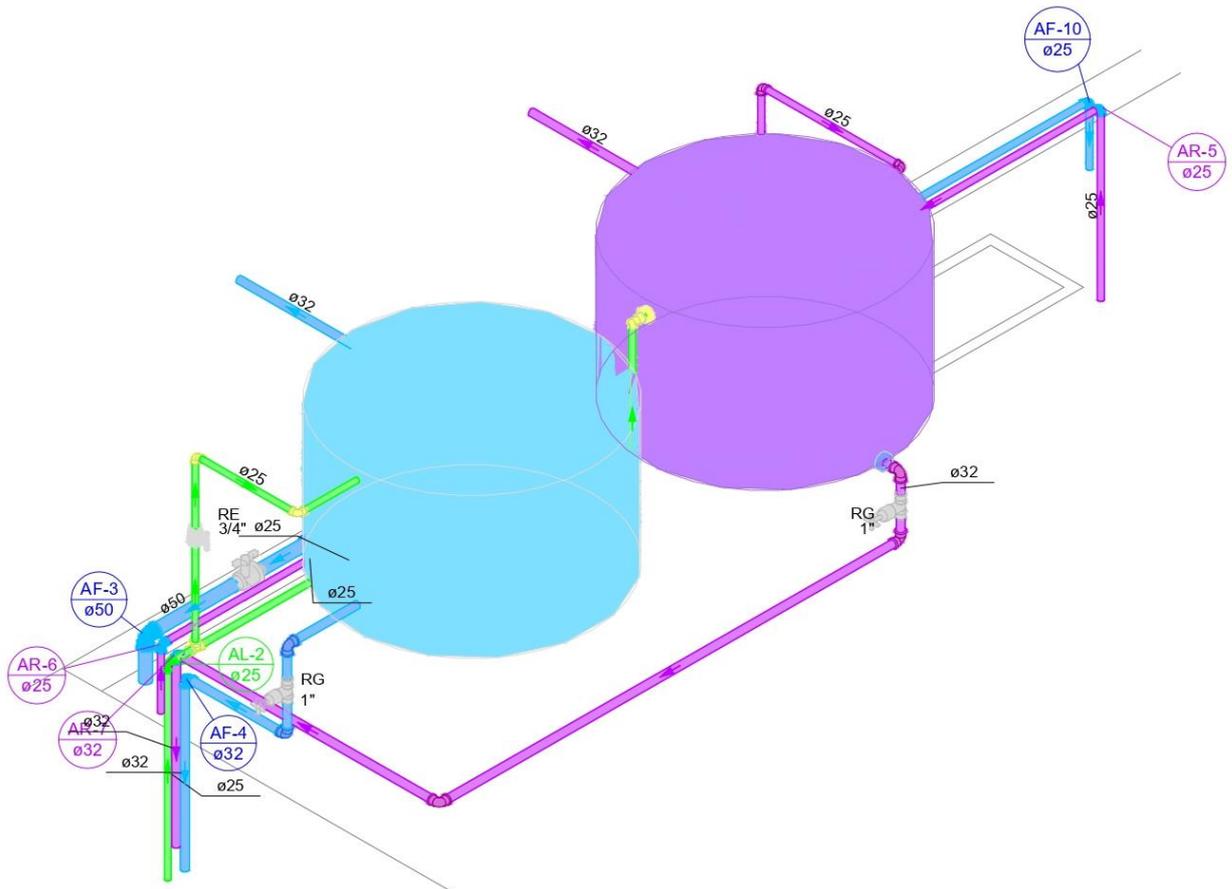


DETALHE ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DO MEZANINO DA PRODUÇÃO

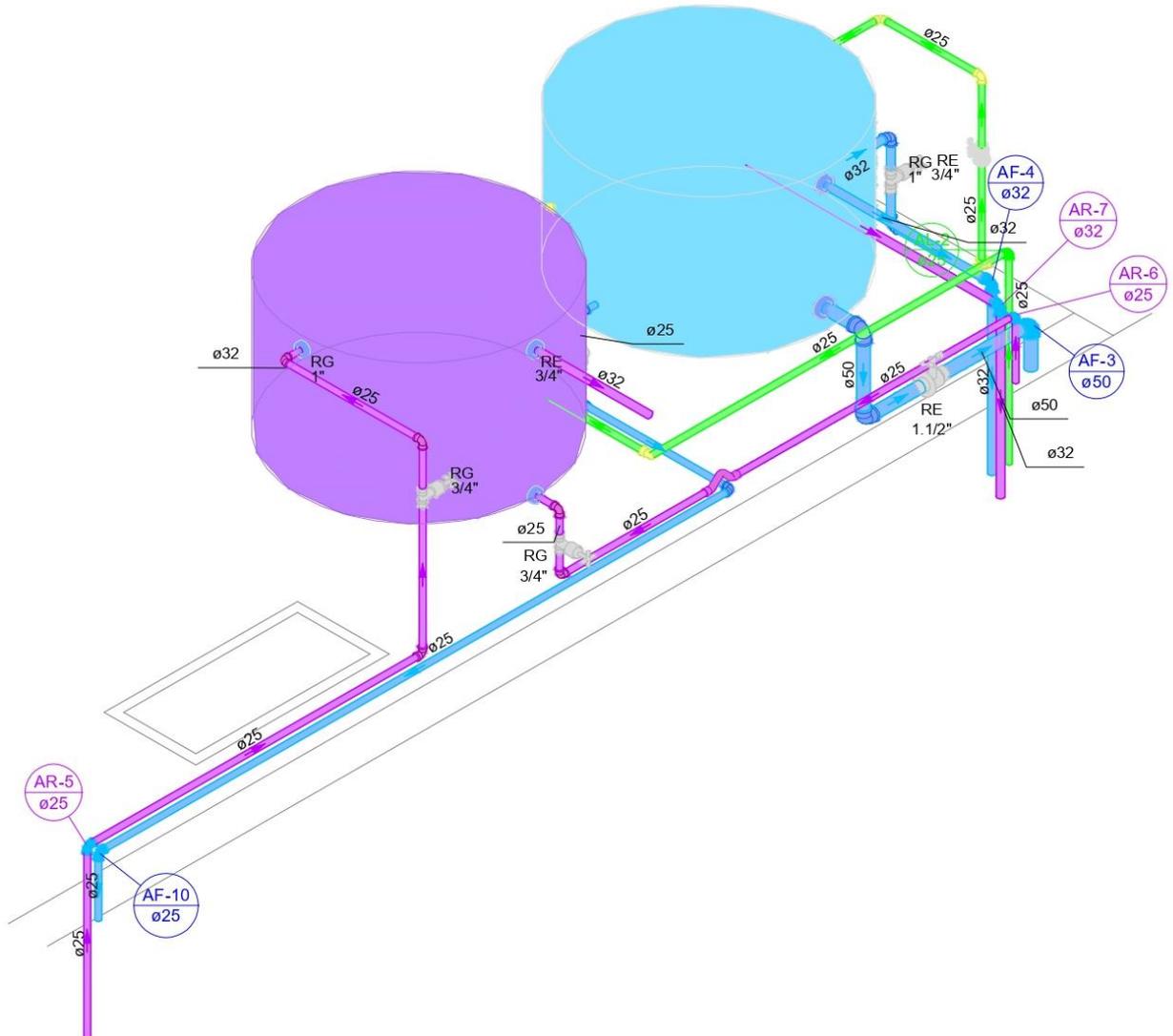
DETALHE ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DA RESIDÊNCIA



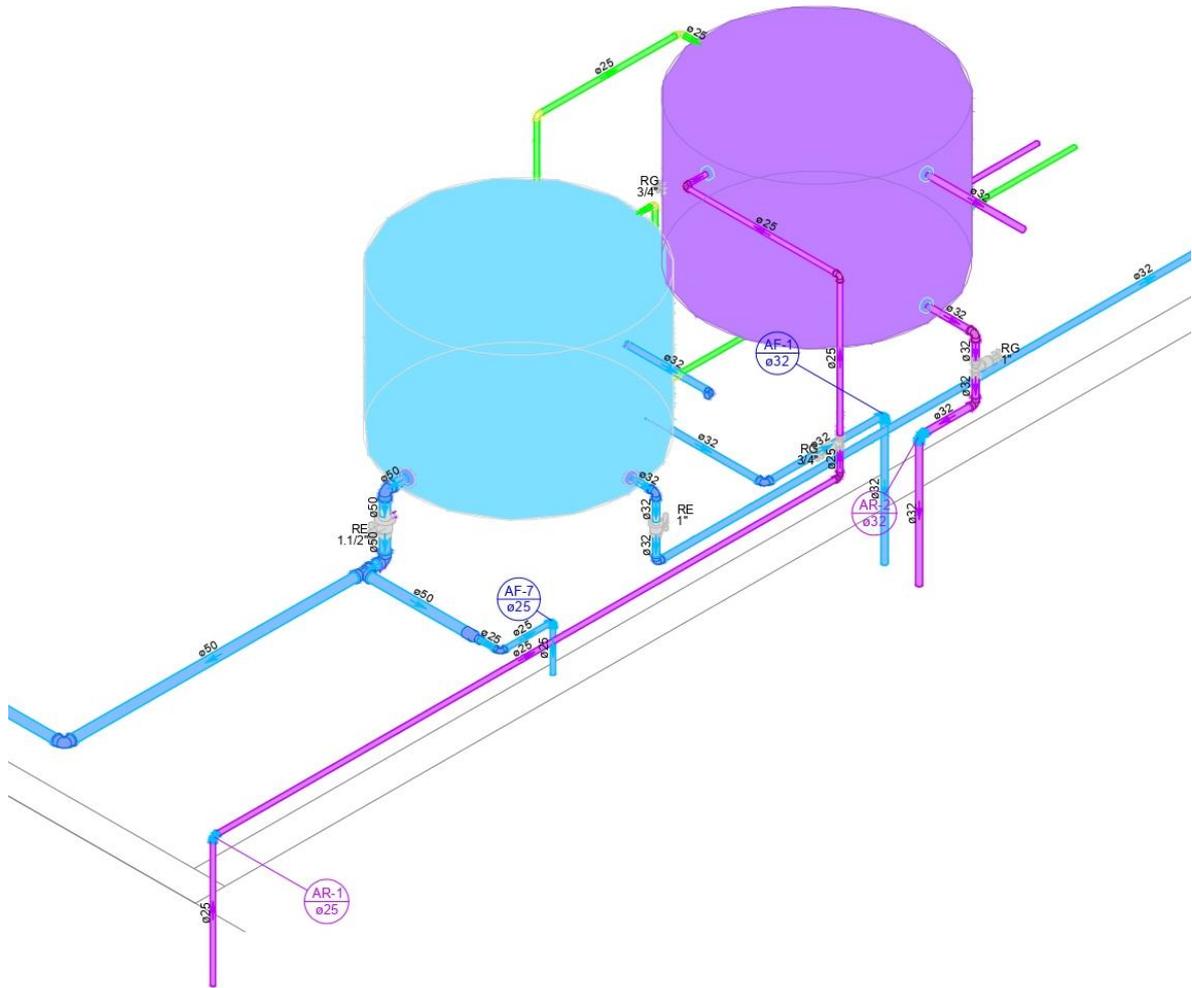
DETALHE ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DA SUÍTE DA RESIDÊNCIA

DETALHE ISOMÉTRICO DOS RESERVATÓRIOS FRONTAIS (ÂNGULO 01)

DETALHE ISOMÉTRICO DOS RESERVATÓRIOS FRONTAIS (ÂNGULO 02)



DETALHE ISOMÉTRICO DOS RESERVATÓRIOS DOS FUNDOS (ÂNGULO 01)



DETALHE ISOMÉTRICO DOS RESERVATÓRIOS DOS FUNDOS (ÂNGULO 02)