



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Higino Ilson da Silva

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO
DE CASO EM ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

Florianópolis

2024

Higino Ilson da Silva

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO
DE CASO EM ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, Ph.D.

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Higino Ilson da
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS:
ESTUDO DE CASO EM ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO / Higino Ilson da
Silva ; orientador, EneDir Ghisi, 2024.
81 p.

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

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento de água pluvial.
3. Economia de água potável. 4. Usos finais de água. 5.
Viabilidade econômica. I. Ghisi, EneDir. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

Higino Ilson da Silva

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO
DE CASO EM ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

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

Florianópolis, 03 de dezembro de 2024

Banca examinadora:

Prof. EneDir Ghisi, PhD.
Orientador

Prof^a. Liseane Padilha Thives, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Igor Catão Martins Vaz, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Marilene e Ilson, minhas principais referências, que possibilitaram esta graduação e sempre me guiaram pelo caminho da estabilidade e coerência.

Sou grato pelo amor e apoio incondicionais,

Aos meus irmãos, Karina e Gustavo, por sempre estarem ao meu lado.

À minha namorada Emmanoela, por tornar o trajeto mais leve com seu carinho, compreensão e, principalmente, incentivo durante esta graduação.

Ao meu orientador, professor EneDir Ghisi, pela receptividade, paciência e por todos os aprendizados que acompanharam o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, que sempre me incentivaram e tornaram a graduação mais prazerosa

Aos meus colegas da Fit Sul, pelo conhecimento transmitido e por me tornarem apto a enfrentar os desafios da vida profissional.

RESUMO

Nas últimas décadas, o consumo de água no Brasil aumentou de forma expressiva, e estima-se que a tendência de crescimento continue nos próximos anos. Entre 2022 e 2040 o consumo de água no país deve crescer 30%, entretanto, a previsão é que 73,7 milhões de brasileiros estejam sujeitos a desabastecimento em 2035. O aproveitamento de água pluvial é uma alternativa racional de preservação dos recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável e a pressão sobre o sistema público de abastecimento, cujo índice de perda nas redes de distribuição em 2022 foi de 37,8% da água transportada. Em edificações, o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis é considerado uma alternativa de baixa complexidade para economia de água potável, em que a captação é realizada em uma área impermeável que, geralmente, já compõe a edificação, como o telhado. Desta forma, o objetivo deste trabalho é determinar o potencial de economia de água potável em uma academia de musculação a ser construída na cidade de Palhoça, em Santa Catarina. Os projetos arquitetônicos e hidrossanitários da edificação serviram como base para determinar as quantidades e modelos dos equipamentos hidrossanitários que serão instalados na academia. Em outra academia da região, localizada em Florianópolis, foram aplicados questionários com os usuários para estimar os hábitos de consumo, além de realizadas medições do consumo dos equipamentos hidrossanitários. Estes dados, combinados com a estimativa do número de alunos e professores que frequentarão a academia de Palhoça, permitiram estimar o os usos finais da academia de estudo, com as duchas sendo responsáveis por 66,6% do consumo total, enquanto usos finais passíveis de serem substituídos por água pluvial representaram 24,4%. O programa Netuno, versão 4, foi utilizado para determinar o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial de 11.000 L, para o qual a economia de água potável foi de 7,04%. Por fim, foi realizada a análise econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, também com emprego do Netuno, sem considerar a fatura de esgoto por não haver rede pública de coleta e tratamento no endereço da academia. Estimou-se o custo de implantação de R\$ 13.240,72 e o período de retorno do investimento de quinze meses, sendo considerado viável economicamente. Entretanto, ao analisar a viabilidade econômica considerando a fatura de esgoto, os indicadores de viabilidade econômica se tornaram mais favoráveis, com tempo de retorno do investimento de oito meses.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Economia de água potável. Usos finais de água. Viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior gerado pelo programa Netuno.	30
Figura 2 - Mapa de Santa Catarina com a localização de Palhoça.	40
Figura 3 - Localização do bairro Pagani dentro da região central de Palhoça.	41
Figura 4 - Limites do terreno do empreendimento.	41
Figura 5 - Representação da fachada da academia.	42
Figura 6 - Esquema de distribuição de água aos pontos de consumo da academia pelos reservatórios de água potável e pluvial.	53
Figura 7 - Bacia sanitária com caixa de descarga presente na academia do bairro Coqueiros.	57
Figura 8 - Caixa de descarga prevista em projeto para a academia de Palhoça.	57
Figura 9 - Mictório instalado na academia do bairro Coqueiros.	58
Figura 10 - Torneira de lavatório instalada na academia do bairro Coqueiros.	58
Figura 11 - Ducha instalada na academia do bairro Coqueiros.	58
Figura 12 - Usos finais estimados para a academia Smart Fit de Palhoça.	64
Figura 13 - Precipitação mensal entre fevereiro de 2003 e janeiro de 2024.	65
Figura 14 - Precipitação anual entre 2004 e 2023.	66
Figura 15 – Simulação do programa Netuno para o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalos de valores para o coeficiente de <i>runoff</i>	23
Tabela 2 - Diferença dos parâmetros de qualidade da água pluvial precipitada sobre telhas de diferentes materiais levantada por Zerbinatti <i>et al.</i> (2011).	24
Tabela 3 - Usos finais de água para fins não potáveis nas dez edificações analisadas por Kammers e Ghisi (2006).	34
Tabela 4 - Usos finais de água para os quatro edifícios analisados por Proença e Ghisi (2009).	35
Tabela 5 - Consumo de água por acionamento das torneiras dos lavatórios.	59
Tabela 6 - Vazão da torneira da copa.	60
Tabela 7 - Consumo de água por uso da torneira da copa.	60
Tabela 8 - Representatividade das amostras de hábitos de consumo obtidas na Smart Fit do bairro Coqueiros.	61
Tabela 9 - Hábitos de consumo de água dos funcionários da academia Smart Fit de Coqueiros.	62
Tabela 10 - Hábitos de consumo de água dos alunos da academia Smart Fit de Coqueiros. ...	62
Tabela 11 - Usos de baldes de água de dez litros pelos funcionários da limpeza da Smart Fit de Coqueiros.	63
Tabela 12 - Estimativa do consumo mensal de água para a academia de Palhoça.	63
Tabela 13 - Dados de entrada para simulação do volume do reservatório inferior de água pluvial no programa Netuno.	66
Tabela 14 - Valores de reservatório e motobomba em três lojas da Grande Florianópolis.	68
Tabela 15 - Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.	69
Tabela 16 - Estimativa do custo do quilowatt-hora com base nas faturas de energia elétrica da academia de Coqueiros para o mês de setembro de 2024.	69
Tabela 17 - Tarifas de água aplicados aos consumidores comerciais pela CASAN no mês de setembro de 2024.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com a NBR 15527.	25
Quadro 2 - Relação dos equipamentos hidrossanitários da academia.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
DML	Depósito de Materiais de Limpeza
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas
PNE	Pessoa com Necessidades Especiais
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1. Objetivos.....	16
1.1.1. Objetivo geral	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. Estrutura do trabalho	16
2. Revisão bibliográfica	18
2.1. Consumo de água no Brasil.....	18
2.2. Aproveitamento de água pluvial em edificações	19
2.2.1. Sistema de aproveitamento de água pluvial	21
2.2.2. Qualidade da água pluvial	23
2.2.3. Reservatório de água pluvial	25
2.2.3.1. Método de Rippl	26
2.2.3.2. Método da simulação.....	27
2.2.3.3. Método de Azevedo Neto	27
2.2.3.4. Método prático alemão	28
2.2.3.5. Método prático inglês	28
2.2.3.6. Método prático australiano	28
2.2.3.7. Programa Netuno.....	29
2.2.4. Legislação.....	31
2.3. Usos finais de água em edificações	33
2.4. Análise de viabilidade econômica	36
2.5. Considerações finais.....	37
3. Materiais e métodos.....	39
3.1. Área de estudo	39
3.2. Objeto de estudo	40
3.2.1. Equipamentos hidrossanitários	43

3.3. Usos finais de água	43
3.3.1. Vazões e consumos	43
3.3.2. Estimativa do consumo mensal	44
3.3.2.1. Estimativa do consumo mensal das torneiras dos lavatórios.....	45
3.3.2.2. Estimativa do consumo mensal das duchas.....	46
3.3.2.3. Estimativa do consumo mensal dos mictórios.....	47
3.3.2.4. Estimativa do consumo mensal das bacias sanitárias.....	48
3.3.2.5. Estimativa do consumo mensal da torneira da copa.....	49
3.3.2.6. Estimativa do consumo mensal para limpeza.....	49
3.3.3. Estimativa dos usos finais	50
3.4. Volume dos reservatórios de água pluvial	50
3.4.1. Dados pluviométricos	51
3.4.2. Área de captação.....	51
3.4.3. Demanda total de água e percentual a ser substituída por água pluvial	51
3.4.4. Coeficiente de escoamento superficial	52
3.4.5. Volume do reservatório superior de água pluvial	52
3.4.6. Estimativa do volume do reservatório inferior	52
3.5. Análise econômica.....	53
4. Resultados e discussões	56
4.1. Equipamentos hidrossanitários	56
4.1.1. Vazões e consumos dos equipamentos hidrossanitários	59
4.2. Usos finais de água	61
4.2.1. Questionários e entrevistas	61
4.2.2. Estimativa do consumo mensal de água	63
4.3. Reservatórios de água pluvial.....	64
4.3.1. Volume do reservatório superior de água potável.....	64
4.3.2. Dados pluviométricos	64
4.3.3. Volume do reservatório inferior de água pluvial	66

4.4. Análise econômica.....	68
4.4.1. Levantamento de custos	68
4.4.2. Viabilidade econômica	70
5. Conclusão	72
5.1. Limitações do trabalho	73
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	73
Referências	75
Apêndice 1: Questionário aplicado aos funcionários da academia Smart Fit do bairro Coqueiros	81

1. Introdução

Os elementos disponíveis na natureza que tenham utilidade para preservação da vida humana e para o desenvolvimento de suas atividades podem ser chamados de recursos naturais. Dentre esses recursos, o mais abundante na Terra é a água, denominada também de recurso hídrico. Elemento fundamental à vida e que, apesar de renovável, é limitado, estando sua disponibilidade e qualidade ameaçadas pelo uso desordenado e pela poluição, principalmente em centros urbanos (Dias, 2013).

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é regida pela Política Nacional de Recursos Hídricos, que vigora por meio da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997). A legislação estabelece a água como um domínio público, com valor econômico e uso prioritário ao consumo humano, além de determinar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. O incentivo e promoção à captação e ao aproveitamento de água pluvial foram acrescentados à Política Nacional de Recursos Hídricos em 30 de outubro de 2017, pela Lei nº 13.501 (Brasil, 2017).

Nas últimas décadas, o consumo de água no país cresceu expressivamente devido, principalmente, ao aumento da população, desenvolvimento industrial, urbanização e mudanças nos padrões de consumo. Entre 2000 e 2020 foram utilizados, em média, 1 trilhão e 189 bilhões de litros de água por ano, contra 781 bilhões de litros anuais das duas décadas anteriores. Continuando a tendência de aumento na demanda, a estimativa é de crescimento de 30% no consumo de água entre 2022 e 2040 (ANA, 2023).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a segurança hídrica é estabelecida quando há água de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender as necessidades humanas, a preservação dos ecossistemas e a prática das atividades econômicas, com baixo risco de eventos de secas e cheias. Em 2017, havia 60,9 milhões de pessoas em risco de desabastecimento de água no Brasil, com previsão de aumento para 73,7 milhões até 2035 (ANA, 2019b).

O aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis representa uma forma racional de preservação hídrica em centros urbanos. A água pode ser utilizada no mesmo local em que é coletada, sem o tratamento para potabilidade, desnecessário para as finalidades propostas. Logo, há redução na demanda de água potável, bem como nos custos com captação, tratamento e distribuição (Viola; Nunes; Freitas, 2007).

Conforme exposto por Viola, Nunes e Freitas (2007), a captação de água pluvial tem impacto ambiental significativo. O volume de água retido na área de captação não contribui para o escoamento superficial, havendo redução no risco de enchentes em ambientes urbanos

onde a taxa de impermeabilização do solo é elevada. Conseqüentemente, reduz-se também a erosão dos leitos de rios decorrente do carregamento de material. Por fim, o menor risco de enchentes representa também redução nas chances de perda de vidas e bens materiais, assim como de prejuízo às atividades econômicas atingidas por esses eventos.

Em edificações, o aproveitamento de água pluvial é realizado a partir da captação da água que precipita sobre áreas impermeáveis, com utilização restrita a usos que não necessitem de água potável. Geralmente, as superfícies utilizadas para captação são os telhados ou as lajes de cobertura, por apresentarem menos impurezas e menor fluxo de pessoas e animais em comparação aos pisos. Desta forma, faz-se necessário o emprego de dispositivos destinados ao transporte, tratamento, armazenamento e utilização da água pluvial (Oliveira *et al.*, 2007).

Em estudo realizado por Marinoski e Ghisi (2008), verificou-se o potencial de economia de água potável a partir de um sistema de aproveitamento de água pluvial em instituição de ensino em Florianópolis. Concluiu-se que o potencial de captação de água da área de cobertura da edificação era suficiente para atender todos os usos não potáveis, sendo que o emprego para essas finalidades representaria economia de 63,5% no consumo de água potável, mas devido ao volume ideal do reservatório inferior de água pluvial o potencial de economia de água potável estimado foi de 45,8%. A análise econômica para o sistema previu *payback* descontado de 4,8 anos.

Reis (2016) comparou a viabilidade econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificação multifamiliar padrão em Florianópolis, Goiânia e Recife. Foi determinado o potencial de economia de água potável de 16,47% para Florianópolis, sendo a cidade que, por meio do método do Valor Presente Líquido (VPL), apresentou maior atratividade econômica para a instalação do sistema.

Ghisi, Montibiller e Schimidt (2005) realizaram estudo para determinar o potencial de economia de água potável a partir do aproveitamento de água pluvial em 62 cidades de Santa Catarina. Em média, o potencial de economia foi de 71%, variando entre 34% e 95%, valores referentes as cidades de Armazém e Curitibanos, respectivamente. Foi constatada também variação considerável de acordo com a época do ano, como no caso de Florianópolis, com potencial de economia de 27% em junho e de 73% em fevereiro.

Considerando o aumento acelerado na demanda de água, a adoção de alternativas que diminuam o consumo de água potável é fundamental para manutenção e ampliação da segurança hídrica no país. Logo, a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações representa uma alternativa para economia de água potável quando o potencial de redução no consumo e a viabilidade econômica forem favoráveis.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é determinar o potencial de economia de água potável por meio da utilização de um sistema de captação, armazenamento e utilização de água pluvial para fins não potáveis em uma academia a ser edificada na cidade de Palhoça-SC, bem como analisar a viabilidade econômica de implementação do sistema.

1.1.2. Objetivos específicos

Seccionando o objetivo geral a fim de estruturar o desenvolvimento deste trabalho, os objetivos específicos são:

- Estimar o consumo de água para fins não potáveis da academia a partir de dados amostrais de consumo de outra academia da Grande Florianópolis;
- Estimar os usos finais de água da academia;
- Dimensionar o reservatório inferior de água pluvial;
- Estimar a redução do consumo de água potável;
- Determinar a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial.

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho é dividido em cinco capítulos, os quais serão apresentados brevemente a seguir.

O primeiro capítulo é a introdução, que relaciona o aumento na demanda por água no cenário nacional com o potencial de economia de água potável e demais benefícios decorrentes da implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Também são apresentados os objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo contém a revisão da bibliografia utilizada. O objetivo é expor definições pertinentes ao trabalho, dando subsídios à plena compreensão dos demais capítulos, além de apresentar as normas e os resultados de estudos que embasam as decisões tomadas no decorrer deste trabalho. Assim, é realizada a contextualização do consumo e aproveitamento de água no país e, em seguida, apresentados os conceitos e metodologias acerca dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. São abordados temas como a qualidade da água pluvial, o

dimensionamento dos reservatórios, os usos finais da água em edificações e a viabilidade econômica dos sistemas.

O terceiro capítulo é destinado a apresentar os materiais e métodos empregados para caracterizar o objeto de estudo e estimar os usos finais de água, o volume dos reservatórios de água pluvial e a viabilidade econômica de instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial para a academia. Este capítulo permite a compreensão dos procedimentos utilizados para direcionar o estudo aos objetivos determinados no primeiro capítulo.

O quarto capítulo apresenta e analisa os resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos e materiais previstos no capítulo três. São expostos os consumos mensais estimados para cada uso final de água considerado neste trabalho, o potencial de economia de água potável, o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial e a viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões, assim como as limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho e as sugestões para trabalhos futuro.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Consumo de água no Brasil

No Brasil, o consumo e a disponibilidade dos recursos hídricos não seguem a mesma distribuição dentro do território nacional. As regiões sudeste e nordeste, que representam em torno de 69,0% da população, possuem apenas 10% da água disponível para consumo. Em contrapartida, enquanto a bacia Amazônica detém quase 80% da água superficial do país, a região norte tem a menor demanda, sendo responsável por 8,9% das retiradas em 2022 (ANA, 2023; SNIS 2023).

Os usos dos recursos hídricos podem ser divididos em duas categorias. As atividades que efetivamente consomem água, como consumo humano, consumo animal, produção industrial e irrigação agrícola, são classificadas como usos consuntivos. No caso das atividades que dependem da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, mas que não retiram água dos mananciais, como transporte, pesca e lazer, são denominadas de usos não consuntivos (ANA, 2019a).

Cerca de 64,18 trilhões de litros de água foram retirados dos reservatórios em 2022 para usos consuntivos no país, sendo a irrigação responsável por 50,5% do consumo. O abastecimento urbano foi o segundo setor com maior demanda, atingindo 23,9%. Em Santa Catarina, as retiradas durante o ano foram de 81,57 m³/s, com o abastecimento urbano representando 19,5% desse valor (ANA, 2023; ANA, 2024).

O abastecimento de água pelas redes públicas de distribuição contemplou, em 2022, 84,9% da população brasileira, tendo a região sul a maior cobertura, chegando a 91,6%. Apesar do atendimento amplo, o índice de perdas nas redes públicas de distribuição foi de 37,8%. As perdas são levantadas por meio do volume de água disponibilizado, mas não contabilizado no consumo devido a vazamentos, falhas na medição ou ligações clandestinas. Mesmo com mais de um terço da água disponível para abastecimento público nos municípios não sendo efetivamente consumida, nota-se pouco avanço no aprimoramento dos sistemas de distribuição, tendo em vista que o mesmo indicador em 2011 era de 39,4% (SNIS, 2013; SNIS, 2023).

O consumo de água nas regiões brasileiras é condicionado pela disponibilidade hídrica, o que fica evidente com o caso do nordeste, região com menor disponibilidade e que em 2022 teve consumo médio per capita de 121,4 l/hab./dia. Foi a única região abaixo da média nacional, de 149,8 l/hab./dia. No cenário regional, os estados de Alagoas, Sergipe e da Paraíba chamam ainda mais atenção, com consumo médio per capita de 101,7, 109,3 e 106,7 l/hab./dia,

respectivamente. Os valores são inferiores aos 110 litros por dia estabelecidos pela ONU como necessários para atender as necessidades básicas de consumo e higiene de uma pessoa (SNIS, 2023).

Considerando os dados de 2022 para Palhoça, cidade de implantação da academia deste estudo, apenas 75,88% da população era atendida pela rede pública de distribuição de água, com consumo per capita de 221,0 l/hab./dia. O valor é consideravelmente acima da média nacional e, inclusive, acima da média estadual, que é de 156,0 l/hab./dia (SNIS, 2024).

Do abastecimento de água urbano, 80% se tornam esgoto, devendo ser tratado para retornar aos corpos hídricos. Índices baixos de coleta e tratamento de esgoto ameaçam a qualidade dos recursos hídricos, podendo inviabilizar determinados usos, em especial, o consumo humano (ANA, 2017). No caso de Palhoça, a rede de coleta de esgoto atende 15,00% da população, sendo apenas 7,79% do esgoto gerado no município é tratado pelo sistema público, uma porção pequena e que pode comprometer a qualidade dos mananciais da região, influenciando a oferta de água potável (SNIS, 2024).

2.2. Aproveitamento de água pluvial em edificações

Sistemas de aproveitamento de água pluvial representam uma alternativa de baixa complexidade para redução do uso de água potável em edificações. A captação a partir de estruturas já existentes, como os telhados, e o pouco tratamento necessário para fins não potáveis reduzem o impacto ambiental e o custo da solução (Bona *et al.*, 2018).

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial possuem viabilidade condicionada pelos seguintes fatores: histórico de precipitação, área de coleta e consumo de água. Logo, quanto mais favoráveis ao fornecimento de água pluvial para uso forem estes fatores, mais econômica será a implementação do sistema se considerado o tempo de retorno do investimento, como no caso de postos de combustíveis e lavanderias, por exemplo. Tendo em vista que o reservatório para armazenamento da água precipitada costuma ser o componente mais oneroso do sistema, deve-se atenção especial ao respectivo dimensionamento (May, 2004).

Para determinar o potencial de economia de água potável por meio da utilização de água pluvial é necessário estabelecer quais são usos não potáveis. A norma NBR 15527 (ABNT, 2019) dispõe sobre o aproveitamento de água pluvial em coberturas para fins não potáveis, estabelecendo os seguintes usos em edificações:

- Sistemas de resfriamento de água;
- Descarga de mictórios e bacias sanitárias;

- Lavagem de veículos e pisos;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental;
- Irrigação para paisagismo.

Lage (2010) desenvolveu estudo acerca do aproveitamento de água pluvial para lavagem de veículos em seis concessionárias na cidade de Belo Horizonte. Verificou-se economia de água potável entre 9,74% e 25,27% para as concessionárias avaliadas, variação considerável para edificações com mesma tipologia e sob mesma influência climática. Entretanto, a avaliação entre o consumo de água e o número de veículos lavados mostrou que não há correlação entre estas variáveis, o que justifica a oscilação dos valores de economia. Assim, a quantidade de água utilizada nas concessionárias está mais ligada aos padrões de consumo e, possivelmente, às condições das instalações hidráulicas, que à quantidade de veículos lavados.

Santos (2018) verificou a possibilidade de aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza para fins não potáveis na rodoviária de Brasília – DF, que possui elevada demanda de água para estes fins. Foi levantada uma média diária de 10.746 usuários dos banheiros, sendo gastos diariamente, em média, 7.214 litros para atendimento dos mictórios e bacias sanitárias, além de 2.040 litros para limpeza da rodoviária. Devido a estes consumos, até 80% da água potável poderia ser economizada com o emprego de sistema de aproveitamento de água pluvial, no entanto, seria necessário um reservatório de 1.761 m³, cuja construção é inviável. O volume do reservatório é justificado pelos períodos longos de seca presentes na região do Distrito Federal. Mesmo considerando a utilização de água pluvial para atender somente a água destinada a limpeza, cerca de 15% do consumo edificação, o volume do reservatório é considerado elevado, de 330 m³.

Bruch (2018) verificou a capacidade de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificação residencial de treze pavimentos localizada em Itapema - SC. Obteve potencial de economia de água potável de 5,01% para reservatório inferior de 15.000 litros, sendo considerada inviável tecnicamente a utilização de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Este resultado decorre da pequena área de captação em relação à área construída, reflexo da verticalidade da edificação.

Ghisi e Oliveira (2007) realizaram estudo para determinar a viabilidade do aproveitamento de água pluvial e de água de reuso para fins não potáveis em duas residências unifamiliares em Palhoça, considerando as descargas sanitárias e máquinas de lavar roupas como usos não potáveis. A utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial resultou em economia de água potável de 35,5% para a residência um, com reservatório de 5000 litros,

e de 33,6% para residências dois, com reservatório de 3000 litros. Entretanto, a solução foi considerada economicamente inviável por apresentar *payback*, para a residência 1, de 22 anos e, para a residência 2, de 67 anos. O elevado período de retorno do investimento pode representar uma dificuldade de implementação do sistema em edificações menores em virtude do menor custo da tarifa de água para consumos mensais pequenos, como exposto no estudo.

Figueroba (2023) levantou a possibilidade de implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada em Florianópolis. Foi considerada a água captada na cobertura da edificação, com 4.210 m² de projeção horizontal, para utilização em bacias sanitárias e mictórios. Para estes usos a economia de água potável prevista foi de 25,22%, com tempo de retorno do investimento de 73 meses, expressando a viabilidade do sistema para a edificação.

Em outro estudo realizado em Florianópolis, Fasola *et al.* (2011) determinaram o potencial de economia de água em duas escolas do centro da cidade, uma municipal e outra estadual. As escolas apresentaram índices de consumo por pessoa semelhantes, sendo de 28,8 litros/dia.pessoa na municipal e, na estadual, de 25,3 litros/dia.pessoa. Apesar do consumo parecido, a utilização de água pluvial para fins não potáveis resultou em diferença considerável na economia de água potável nas escolas municipal e estadual, sendo de 22,9% e 42,5%, respectivamente. Esta discrepância no potencial de economia, em edificações de mesma tipologia e com consumos por pessoa semelhantes, evidencia a influência dos padrões de consumo na capacidade de economia de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Os três estudos realizados por Ghisi e Oliveira (2005), Figueroba (2023) e Fasola *et al.* (2011), todos na Região Metropolitana de Florianópolis, mostram potencial de economia de água potável superior a 20% por meio da utilização de água pluvial para fins não potáveis. Conforme exposto por Fasola *et al.* (2011), tal desempenho pode ser explicado pelo clima temperado da região litorânea onde os estudos foram desenvolvidos, que faz com que ocorram chuvas regulares durante todas as estações do ano.

2.2.1. Sistema de aproveitamento de água pluvial

Oliveira *et al.* (2011) mostram a necessidade da instalação de diversos componentes nos sistemas hidráulicos das edificações para possibilitar o aproveitamento de água pluvial. Os autores dividem o sistema de aproveitamento de água pluvial em sistemas que representam cada etapa do processo, da captação à utilização, conforme exposto a seguir.

a) Sistema de captação: constituído pelas áreas impermeáveis da edificação destinadas à captação da água precipitada, geralmente os telhados e lajes de cobertura, por serem estruturas já prontas e com menor teor de impurezas que os pisos.

b) Sistema de transporte: representado pelas calhas e condutores verticais e horizontais responsáveis pela condução da água captada até o reservatório.

c) Sistema de descarte: instalado para descartar o volume de água precipitado inicialmente, que geralmente carrega grande quantidade de poluentes, servindo como uma espécie de limpeza prévia da área de captação. Composto por *bypass* instalado após o sistema de captação.

d) Sistema de gradeamento: dispositivo destinado a retirada de materiais sólidos carregados pela água, separando estes materiais do fluxo de água que segue para o reservatório.

e) Sistema de reservação: representado pelo reservatório que armazena a água para posterior emprego nos pontos destinados aos usos não potáveis da edificação. O reservatório deve possuir extravasor para escoar a água excedente quando o volume captado for superior à capacidade de armazenamento, podendo ser ligado diretamente ao sistema pluvial.

f) Sistema de tratamento e desinfecção: empregado em casos em que há necessidade de melhorar as características físicas ou químicas da água armazenada. Normalmente é formado por filtros de várias camadas ou filtro de areia.

g) Sistema de recalque: utilizado quando o reservatório de água pluvial fica abaixo do nível necessário para distribuição de água para os pontos de consumo por gravidade. Neste caso são empregadas bombas para transporte da água para o reservatório superior.

h) Sistema de distribuição: instalações hidráulicas responsáveis por conduzir a água do reservatório aos pontos de utilização.

i) Sistema de sinalização: sinalização específica em todos os outros subsistemas listados destinada a informar sobre a origem da água e a não potabilidade.

A separação total do sistema de água pluvial e do sistema de água potável está prevista na norma NBR 15537 (ABNT, 2019). Todos os componentes do sistema de água pluvial devem estar devidamente identificados, com as tubulações pintadas na cor roxa ou apresentando fitas com a frase “ÁGUA NÃO POTÁVEL” a cada três metros; os pontos de utilização devem possuir o mesmo aviso. Os reservatórios de água potável e pluvial, quando colocados lado a lado, devem ser separados por, no mínimo, 60 centímetros, e quando sobrepostos, o destinado à água pluvial deve ficar abaixo.

A capacidade de captação de água pluvial pelo sistema pode ser determinada por meio da Equação 1. Para o cálculo é necessário histórico pluviométrico da região de implantação,

assim como a área de captação, com seu respectivo coeficiente de escoamento superficial, e a eficiência do sistema de tratamento (ABNT, 2019).

$$V_{disp} = P \times A \times C \times n \quad (1)$$

Onde:

V_{disp} é o volume disponível, podendo ser diário, mensal ou anual (L);

P é a precipitação média, podendo ser diária, mensal ou anual (mm);

A é a área de captação (m^2);

C é o coeficiente de escoamento superficial do material que compõe a área de captação (*runoff*);

n é a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com as perdas pelos sistemas de descarte e gradeamento. Na falta de valores de referência a norma indica utilizar 0,85.

Tomaz (2003) definiu o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* como a relação entre o volume total de água que precipita sobre a superfície composta por determinado material e o volume que realmente escoar superficialmente. A Tabela 1 apresenta os intervalos de valores do coeficiente de *runoff* para materiais que comumente são utilizados em telhados.

Tabela 1 - Intervalos de valores para o coeficiente de *runoff*.

Material	Coeficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

2.2.2. Qualidade da água pluvial

A verificação da qualidade da água pluvial é fundamental aos sistemas de captação e aproveitamento, pois está diretamente ligada à aceitação e segurança dos usuários. A presença de material orgânico pode promover a proliferação de microrganismos danosos à saúde humana, assim como compostos inorgânicos nocivos que também podem estar presentes na água captada (Sant'Ana; Medeiros, 2017).

Conforme Tomaz (2003), a composição da água precipitada é influenciada pela geografia, condição climática e ocupação da região de captação. Em locais litorâneos, a concentração de elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio é proporcional à

presente no mar. Ao se afastar do oceano é comum a presença de materiais que compõem o solo como sílica, alumínio, ferro, entre outros.

Em áreas urbanizadas, a poluição atmosférica altera a composição da água pluvial captada, podendo haver maior concentração de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, chumbo, zinco e outros compostos provenientes da queima de combustíveis e da produção industrial. Este fenômeno contribui para redução do pH da chuva, que em regiões livres de poluição é cerca de 5,0, mas pode chegar a 3,5 em regiões poluídas (Tomaz, 2003).

Ainda de acordo com Tomaz (2003), a superfície de captação também impacta na qualidade da água dos sistemas de aproveitamento, uma vez que fezes de animais, poeira, vegetação, entre outros materiais, podem ser carregados e chegar até o reservatório. Para reduzir a influência destes contaminantes é recomendado que a primeira parcela de água precipitada em cada chuva seja descartada. A norma NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda que na falta de dados, os 2 mm precipitados inicialmente sejam descartados.

O material da superfície de captação também pode representar uma fonte de contaminação da água a ser captada. Zerbinatti *et al.* (2011) determinaram a diferença de parâmetros de qualidade da água pluvial de um mesmo evento de chuva para telhados de barro novo, barro velho e fibrocimento, além de água da chuva que precipitou diretamente sobre um recipiente de coleta. O local de estudo foi o campus do Instituto Federal do Sul de Minas, localizado na cidade de Inconfidentes. Conforme a Tabela 2, a água captada de forma direta apresentou melhores parâmetros, como o esperado, enquanto a água que escorreu sobre a telha de fibrocimento apresentou os piores indicativos, com exceção da turbidez. Apesar de os telhados de captação serem próximos e a precipitação dos primeiros 10 minutos ter sido descartada, a falta de tratamento prévio dos telhados e a presença não homogênea de vegetação nas proximidades podem ter influenciado significativamente nos resultados.

Tabela 2 - Diferença dos parâmetros de qualidade da água pluvial precipitada sobre telhas de diferentes materiais levantada por Zerbinatti *et al.* (2011).

Material	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos (mg/L)	Condutividade ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Barro novo	4,81	36,21	14,00	35,44	6,51
Barro velho	6,00	41,97	24,60	49,37	9,92
Fibrocimento	5,72	23,38	27,48	54,90	7,61
Direto da chuva	6,18	14,40	24,58	35,41	10,59

Fonte: Adaptado de Zerbinatti *et al.* (2011).

A norma NBR 15527 (2019) determina os parâmetros mínimos de qualidade para a água a ser utilizada para fins não potáveis, os quais devem ser verificados de maneira semestral por meio de testes de laboratório. A turbidez da água deve ser inferior a 5,0 unidades de turbidez, a quantidade de bactérias *Escherichia Coli* (coliformes fecais) deve ser inferior a 200 organismos por 100 ml e o pH aceitável é entre 6,0 e 9,0. Quando constatado o não cumprimento, deve ser suspenso o uso da água captada até a determinação e eliminação da causa da contaminação. Em casos que for necessário o tratamento com cloro, a concentração recomendada de cloro residual livre é de 0,5 a 2,0 mg/L, não podendo ultrapassar o valor de 5,0 mg/L. Por fim, como forma de auxiliar no cumprimento dos parâmetros de qualidade, a norma estipula as frequências de manutenção no sistema de aproveitamento de água pluvial conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com a NBR 15527.

Componente	Frequência	
	Inspeção	Limpeza
Dispositivos de descarte de detritos	Mensal	Trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Mensal	Trimestral
Calhas	Semestral	Quando necessário
Área de captação e condutores verticais e horizontais	Semestral	Quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Mensal	Mensal
Bombas	Mensal	Mensal
Reservatório	Anual	Quando necessário

Fonte: Adaptado de ABNT (2019).

2.2.3. Reservatório de água pluvial

Dimensionar o reservatório geralmente é um ponto determinante para estabelecer as viabilidades técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial. O reservatório tende a ser um dos componentes mais caros para implantação do sistema, influenciando no período de retorno do investimento e, conseqüentemente, na viabilidade econômica. A capacidade de armazenamento é a principal responsável pela segurança quanto ao abastecimento, para evitar eventos em que o volume de água contido no reservatório não atenda a demanda. Logo, o superdimensionamento do reservatório implica em gastos desnecessários, enquanto o subdimensionamento reduz a confiança no sistema (Rupp; Munarim; Ghisi, 2011).

A edição de 2007 da NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta como alternativas para o dimensionamento do reservatório de água pluvial os seguintes métodos: de Rippl, da simulação,

de Azevedo Neto, prático alemão, prático inglês e prático australiano. Em 2019 a ABNT publicou a revisão da norma, retirando os métodos de dimensionamento do texto e mencionando apenas que para determinar o volume do reservatório deve ser considerada a área de captação, o regime pluviométrico e a demanda de água não potável da edificação.

2.2.3.1. Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2003), o método de Rippl é alimentado por séries históricas de precipitações, podendo ser mensais ou diárias, em que as precipitações são transformadas em vazões direcionadas ao reservatório. As séries históricas podem ser utilizadas como base para formulação de bases sintéticas a serem aplicadas na determinação do volume como forma de simplificação do cálculo.

O método busca o atendimento pleno da demanda a partir da regularização da vazão, apresentando geralmente volumes superdimensionados para o reservatório (Murça; Julio; Moruzzi, 2014). O volume do reservatório pelo método de Rippl pode ser determinado por meio da aplicação das Equações 2, 3 e 4, conforme exposto na NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

$$S_{(t)} = D_{(t)} \times Q_{(t)} \quad (2)$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t (L);

$D_{(t)}$ é a demanda no tempo t (L);

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t (L).

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A_{(t)} \quad (3)$$

Onde:

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial ou de *runoff*;

$P_{(t)}$ é a precipitação no tempo t (mm);

A é a área de captação (m²).

$$V = \sum S_{(t)} \quad (4)$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t (L);

$D_{(t)}$ é o volume do reservatório (L).

2.2.3.2. Método da simulação

O método não produz um volume específico de reservatório, mas gera o comportamento do nível de água para reservatórios de diferentes volumes. Devem ser estabelecidos cenários para serem reproduzidos pelo método, estando a determinação do volume do reservatório condicionada à análise dos resultados de critérios como o atendimento da demanda (Murça; Julio; Moruzzi, 2014).

A NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) desconsidera a perda de água por evaporação, devendo ser realizadas as hipóteses que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e que os dados históricos são representativos para o futuro. O comportamento do volume de água no reservatório arbitrado é estabelecido pela Equação 5.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (5)$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t (L);

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$ (L);

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t , como na Equação 3 (L);

$D_{(t)}$ é a demanda no tempo t (L).

2.2.3.3. Método de Azevedo Neto

Conhecido também como método prático brasileiro, o método de Azevedo Neto é empírico, baseado na precipitação média anual e nos meses de pouca chuva ou seca. A Equação 6 apresenta a forma de cálculo do reservatório de água pluvial conforme a NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) para este método. Apesar da norma não estabelecer o critério para determinação dos meses de pouca chuva ou seca, em estudo realizado por Rupp, Munarim e Ghisi (2011) foram considerados os meses com precipitação igual ou inferior a 80% da precipitação média mensal como meses com pouca chuva.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L);

P é a precipitação média anual (mm);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de captação (m^2).

2.2.3.4. Método prático alemão

O volume do reservatório também é estabelecido de forma empírica, por meio do cálculo do volume anual de consumo e do volume anual de precipitação aproveitável. O volume do reservatório de água pluvial pelo método é igual a 6% do menor destes valores (ABNT, 2007). Como a norma não apresenta a forma de cálculo do volume anual de precipitação aproveitável, Rupp, Munarim e Ghisi (2011) utilizaram a Equação 3 para determinação do parâmetro.

2.2.3.5. Método prático inglês

Segundo a NBR 15527/2007 (ABNT, 2007), o volume do reservatório de água pluvial pelo método prático inglês é obtido pela Equação 7.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (7)$$

Onde:

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação (m^2).

2.2.3.6. Método prático australiano

No método prático australiano o dimensionamento é realizado por tentativas, até atingir valores de confiança e volume adequados. Inicialmente é calculado o volume mensal de água captada por meio da Equação 8, para posterior aplicação na Equação 9, que determina o volume de água no reservatório no final do mês de análise. Geralmente são considerados 12 meses, sendo que no primeiro mês o reservatório é considerado vazio (ABNT, 2007).

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (8)$$

Onde:

Q é o volume mensal produzido pela chuva (L);

A é a área de captação (m^2);

C é o coeficiente de escoamento superficial ou de *runoff*;

P é a precipitação média mensal (mm);

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente, de acordo com a norma, 2 mm.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (9)$$

Onde:

$V_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no fim do mês t (L);

$V_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no início do mês t (L);

$Q_{(t)}$ é o volume mensal produzido pela chuva, conforme Equação 8 (L);

$D_{(t)}$ é a demanda mensal (L).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda valores de confiança entre 90% e 99%, estabelecidos por meio da Equação 10.

$$\text{Confiança} = 1 - \frac{N_r}{N} \quad (10)$$

Onde:

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda;

N é o número de meses considerado.

2.2.3.7. Programa Netuno

O programa computacional Netuno simula sistemas de captação de água pluvial, resultando em dados como a relação do volume do reservatório e do potencial de economia de água potável, indicadores de viabilidade econômica, água extravasada, entre outros. Para realização das simulações o programa utiliza modelos comportamentais, aplicando as seguintes informações fornecidas pelo usuário (Ghisi; Cordova, 2014):

- Dados de precipitação;
- Área de captação;
- Demanda total de água;
- Número de moradores;
- Percentual da demanda total de água a ser suprida pelo sistema de água pluvial;
- Coeficiente de escoamento superficial da superfície de captação;
- Dados sobre os reservatórios.

Caso o sistema de aproveitamento a ser simulado necessite de reservatório superior, o Netuno apresenta duas opções. O usuário pode entrar com um volume de reservatório já definido ou selecionar para que o programa estabeleça um volume, que é calculado conforme a Equação 11, que representa a demanda média diária de água pluvial (Ghisi; Cordova, 2014).

$$V_{res\ sup} = d \times n_{mor} \times \frac{p_{subst}}{100} \quad (11)$$

Onde:

$V_{(res\ sup)}$ é o volume do reservatório superior (L);

d é a demanda per capita/dia (L);

n_{mor} é o número de moradores;

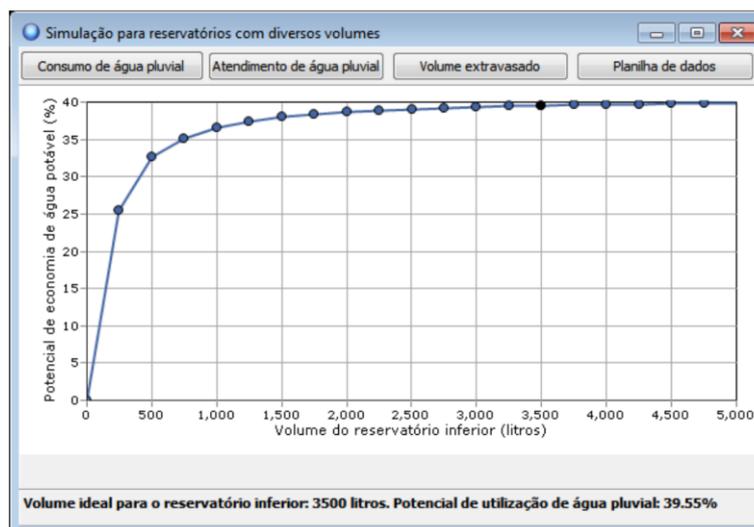
p_{subst} é o percentual de água potável que pode ser substituída por água pluvial (%).

Para o reservatório inferior, o Netuno permite que o usuário realize a simulação para reservatório com volume preestabelecido ou para reservatórios com diversos volumes. Quando a capacidade do reservatório já foi estabelecida o programa fornece as seguintes informações relacionadas à eficiência do sistema de aproveitamento em análise (Ghisi; Cordova, 2014):

- Potencial de economia de água potável;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é totalmente atendida;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é atendida parcialmente;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial não é atendida;
- Volumes consumidos de água pluvial e potável;
- Volume extravasado de água pluvial.

Quando for necessário que o programa determine o volume do reservatório inferior, o usuário deve entrar com o volume máximo do reservatório e o intervalo entre volumes para análise. Desta forma, o Netuno fornecerá um gráfico com o potencial de aproveitamento de água pluvial para cada um dos volumes. A Figura 1 mostra o gráfico resultante de uma simulação com volume máximo de reservatório de 5.000 litros e intervalo entre volumes de 250 litros. O Netuno também gera gráficos com os consumos de água pluvial, volumes extravasados e demandas de água pluvial para cada volume de reservatório simulado (Ghisi; Cordova, 2014).

Figura 1 - Gráfico de potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior gerado pelo programa Netuno.



Fonte: Ghisi e Cordova (2014).

2.2.4. Legislação

As atualizações nas legislações a fim de regular e incentivar o aproveitamento de água pluvial demonstram o aumento da atenção dos órgãos governamentais pelo assunto. Apesar de muitas das promulgações relativas ao tema serem recentes, a inclusão de novas leis do âmbito municipal ao federal ocorre de forma acelerada para os padrões brasileiros.

Além da Lei nº 13.501, de outubro de 2017 (Brasil, 2017), que acrescenta na Política Nacional de Recursos Hídricos o incentivo ao aproveitamento de água pluvial, o governo federal reforçou o estímulo à prática por meio da Lei nº 14.546, de abril de 2023 (Brasil, 2023). Foi acrescentada à Lei de Saneamento Básico a responsabilidade da União ao estímulo do aproveitamento de água pluvial em novas edificações e em finalidades paisagísticas, agrícolas, florestais e industriais.

A cidade de Curitiba, no Paraná, tem relevância nacional ao criar, em 18 de setembro de 2003, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, por meio da Lei nº 10.785 (Curitiba, 2003), sendo a primeira cidade com legislação sobre o aproveitamento de água pluvial. A lei institui que a água captada na cobertura das edificações deve ser conduzida a um reservatório para posterior utilização em fins não potáveis. Em 2006, o Decreto nº 293 (Curitiba, 2006) regulou o estipulado na lei de 2003, condicionando o licenciamento de construções no município a instalação de mecanismos para captação e aproveitamento de água pluvial.

No estado de São Paulo, em 2 de janeiro de 2007, foi promulgada a Lei nº 12.526 (São Paulo, 2007), que obriga a construção de cisternas para retenção de água pluvial coletada em telhados, coberturas, terraços, pavimentos e lotes com área impermeável superior a 500 m². A finalidade da lei é controlar o escoamento da água em bacias hidrográficas que englobem áreas urbanas, minimizar o risco de inundações e contribuir para redução do consumo de água potável tratada. Em 15 de setembro de 2021, por meio da Lei nº 17.394 (São Paulo, 2021), os projetos arquitetônicos para edificações do governo do estado passaram a ter de prever reservatório para captação de água pluvial para utilização em fins não potáveis.

O governo do estado de Santa Catarina, por meio do Decreto nº 1.846, de 20 de dezembro de 2018 (Santa Catarina, 2018), regulamentou as diretrizes básicas a serem seguidas para o aproveitamento de água pluvial no território catarinense. Foi estabelecido que as instalações devem seguir as orientações da ABNT, podendo a água pluvial ser utilizada para fins potáveis na ausência de rede pública de abastecimento, desde que se garanta os padrões de potabilidade. Quanto à captação, o decreto limita que apenas a água que precipite sobre telhados

e coberturas onde não haja circulação de pessoas, animais ou veículos possa ser aproveitada. Outra legislação de destaque em Santa Catarina é a Lei nº 18.550, de 20 de dezembro de 2022 (Santa Catarina, 2022), que obriga a previsão de sistemas de aproveitamento de água pluvial em todos os projetos arquitetônicos de construção ou reforma de edificações públicas estaduais.

Em nível municipal, Palhoça promulgou em 27 de junho de 2018, pela Lei nº 4.631 (Palhoça, 2018), a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais. A lei estipula que a água pluvial pode ser aproveitada apenas para usos não potáveis, devendo os projetos com área superior a 300 m² destinados a usos habitacionais, industriais, comerciais e de serviços preverem instalações para captação e aproveitamento de água pluvial. O artigo quinto da lei, que foi vetado, condicionava a liberação do alvará de construção e do habite-se para novas edificação à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Apesar das legislações abordadas instituírem o aproveitamento de água pluvial em diferentes esferas, não ficam estabelecidas penas para descumprimentos como multas e cassação de alvarás de construção. Logo, a efetividade destas legislações pode ser impactada pela falta de consequências ao não seguimento dos preceitos, possivelmente sendo consideradas como recomendação.

Em Florianópolis, a Lei Complementar nº 567 (Florianópolis, 2016), de 4 de julho de 2016, institui a obrigatoriedade de instalação de cisterna para aproveitamento de água pluvial em todos os postos de combustíveis que possuam lavagem de automóveis, assim como nos demais estabelecimentos que ofereçam este serviço. A utilização de água do abastecimento público para esta finalidade fica proibida, exceto quando o reservatório de água pluvial estiver vazio. A emissão ou renovação do alvará de funcionamento para estes estabelecimentos fica condicionada ao cumprimento da lei.

A revisão do Código de Obras da cidade catarinense de Bombinhas, que vigora por meio da Lei Complementar nº 369 (Bombinhas, 2021), de novembro de 2021, dispõe sobre a obrigatoriedade de sistema para captação, retenção e aproveitamento de água pluvial em todos os empreendimentos no município. O volume mínimo do reservatório de acumulação de água pluvial segundo é apresentado na legislação conforme a Equação 12.

$$V = 0,15 \times A_i \times I_p \times t \quad (12)$$

Onde:

V é o volume do reservatório (m³);

A_i é a área de captação (m²);

I_p é o índice pluviométrico de 0,06 m/h;

t é o tempo de duração da chuva de 1 h.

A Equação 12 informa o índice pluviométrico e o tempo de duração da chuva a serem adotados. A mesma equação, com os mesmos valores para estes parâmetros, é adotada pelo estado de São Paulo na Lei nº 12.526 (São Paulo, 2007). Por serem regiões com climas diferentes, os parâmetros para determinação do reservatório em cada situação deveriam ser analisados de forma mais criteriosa, levando em conta os índices pluviométricos locais.

2.3. Usos finais de água em edificações

Em uma edificação os usos finais são determinados pela quantidade de água consumida em cada dispositivo hidrossanitário, servindo como forma de determinar a parcela de água potável utilizada que pode ser substituída por água pluvial (Marinoski, 2007). Estabelecer os usos finais é fundamental para elaborar as estratégias de economia de água potável a serem adotadas em edificações (Kammers; Ghisi, 2006).

Gonçalves (2006) define que a tecnologia dos equipamentos hidrossanitários e os hábitos de consumo são os fatores responsáveis pela variação nos usos finais. O primeiro está relacionado com as características de construção e funcionamento dos equipamentos, que impactam diretamente do consumo, independente das ações do usuário. No caso dos hábitos de consumo, a quantidade de água utilizada para cada finalidade fica sujeita às especificidades da cultura de utilização dos usuários.

Os dois fatores expostos por Gonçalves (2006) devem ser levados em consideração na metodologia de levantamento dos usos finais em edificações, como realizado por Kammers e Ghisi (2006) e Proença e Ghisi (2009). Estes estudos definiram os usos finais para edifícios em Florianópolis utilizando uma metodologia muito empregada na literatura, utilizando a medição da vazão dos aparelhos hidrossanitários e entrevista com os usuários para estabelecer os consumos de cada aparelho hidrossanitário. Em paralelo foram analisados os consumos das edificações fornecidos pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) como forma de conferência da precisão dos dados coletados. Esta metodologia permite estimar os usos finais de água em edificações de forma relativamente simples, sem a necessidade de intervenções nas instalações hidráulicas.

Devido à falta de trabalhos realizados no país para estipular os usos finais de água em academias de musculação, serão abordados na sequência estudos que determinaram os usos finais em estabelecimentos de uso coletivo com diferentes tipologias, como o realizado por Kammers e Ghisi (2006). Neste caso foram estimados os usos finais para dez edifícios públicos na cidade de Florianópolis.

Em cinco das edificações os vasos sanitários representaram o principal uso final, com média de 47,7% do consumo se analisadas as dez edificações. Os mictórios foram, em média, o segundo maior uso final, com 30,6%, apresentando valores mais elevados em edificações em que a população masculina era superior à feminina. Os usos finais de água para fins não potáveis representaram média de 77,0% do consumo. A Tabela 3 evidencia a prevalência dos fins não potáveis nestes estabelecimentos.

Tabela 3 - Usos finais de água para fins não potáveis nas dez edificações analisadas por Kammers e Ghisi (2006).

Edifício	Uso final (%)			
	Vaso sanitário	Mictório	Outros	Total
Badesc	55,8	14,3	11,1	81,2
Celesc	31,9	32,8	6,6	71,3
Crea	23,0	47,0	3,9	73,9
Deter	66,6	---	1,8	68,4
Epagri	33,1	43,9	5,0	82,0
Secretária da Agricultura	27,9	16,4	7,9	52,2
Secretária da Educação	70,0	14,3	2,1	86,4
Secretária da Segurança Pública	78,8	---	2,5	81,3
Tribunal de Contas	36,4	45,9	2,6	84,9
Tribunal de Justiça	53,2	29,9	5,9	88,9

Fonte: Adaptado de Kammers e Ghisi (2006).

O trabalho realizado por Proença e Ghisi (2009) levantou os usos finais de quatro edifícios de escritórios em Florianópolis. Os edifícios possuíam entre 12 e 21 escritórios, com área média variando entre 50,00 m² e 108,20 m² e, em dois dos edifícios analisados, a ocupação se estendia a atividades com uso mais diversificado de água, como consultórios odontológicos.

Na estimativa dos consumos dos escritórios foram analisados os lavatórios, as bacias sanitárias e a limpeza dos escritórios e áreas comuns, além de outros consumos como lavagem de louça e consumo humano. No caso dos lavatórios, a vazão foi calculada a partir do tempo necessário para encher um recipiente de 0,5 litro, realizando a medição em diferentes torneiras em cada andar da edificação e adotando a vazão média. Para as bacias sanitárias com válvula de descarga foi adotada a vazão máxima da NBR 5626 (ABNT, 1998), de 1,7 litro/segundo, enquanto para as bacias com caixa acoplada foi adotado o volume de armazenamento da caixa. Para a limpeza foi considerado o volume dos baldes utilizados.

Os usos finais para os quatro edifícios, presentes na Tabela 4, mostram que em todos os casos as bacias sanitárias foram responsáveis por mais da metade do consumo de água da

edificação, variando entre 52,0% e 79,1%. Nos edifícios Aliança e Ilha de Santorini outros consumos tiveram a segunda maior influência, com 35,0% e 29,7%, respectivamente, o que contribuiu para reduzir a participação das bacias sanitárias. Justamente nestas edificações há o desempenho de atividades com usos mais variados de água como consultórios odontológicos.

Tabela 4 - Usos finais de água para os quatro edifícios analisados por Proença e Ghisi (2009).

Edifício	Uso final (%)			
	Bacia sanitária	Lavatórios	Limpeza	Outros
A	54,0	8,4	2,6	35,0
B	79,1	14,5	1,5	4,9
C	71,5	19,4	4,3	4,8
D	52,0	14,4	3,9	29,7

Fonte: Adaptado de Proença e Ghisi (2009).

Em estudo desenvolvido por Marinoski e Ghisi (2008) foram estimados os usos finais para uma instituição de ensino em Florianópolis a partir do mesmo método aplicado por Proença e Ghisi (2009) e Kammers e Ghisi (2006). Os principais usos finais foram as bacias sanitárias, com 45,0%, as torneiras dos lavatórios, com 18,7%, a torneira da pia da cozinha, com 15,2%, e os mictório, responsáveis por 11,1% do consumo de água. Os usos de água para fins não potáveis representam 63,5% do consumo da edificação.

Figueroba (2023) estimou os usos finais de água na Biblioteca Central da UFSC por meio da medição das vazões dos aparelhos hidrossanitários, aplicação de questionários com os usuários e funcionários e determinação do consumo diário real, obtido pela leitura do hidrômetro da edificação. As bacias sanitárias representaram o uso com maior impacto, com 47,6%, seguidas pelas torneiras dos lavatórios, mictórios e bebedouros, com 20,8%, 15,5% e 6,7% do consumo, respectivamente. Outros usos finais menos significativos também foram levantados, como no tanque da copa, no bebedouro de funcionários e na limpeza dos banheiros.

Para estimar os usos finais de água na rodoviária de Brasília, Santos (2018) usou uma equipe para monitorar por oito horas diárias, das 8h às 18h, durante três dias consecutivos, os acionamentos dos aparelhos hidrossanitários. Também foi realizada a medição da vazão dos lavatórios, enquanto para os mictórios e vasos sanitários foram consideradas as vazões fornecidas pelo fabricante. Considerando a população média diária de 10.746 pessoas, foi possível obter os usos finais em litro por pessoa por dia (L/p/dia) de 0,54 para os vasos sanitários, de 0,18 para os lavatórios e de 0,13 para os mictórios.

Os usos finais de água nos banheiros femininos e masculinos da rodoviária também foram analisados separadamente em porcentagem. Os lavatórios representaram 62% do consumo nos banheiros femininos, contra 38% da descarga dos vasos sanitários. No caso dos banheiros masculinos, os lavatórios, mictórios e vasos sanitários tiveram consumo de 50%, 42% e 8%, respectivamente.

O consumo de água para limpeza dos pisos da rodoviária também foi levantado por Santos (2018), separando entre pisos de circulação e dos banheiros. Para determinar a quantidade de água consumida diariamente na limpeza foi levantado o número e volume dos baldes empregados na atividade, além da área de cada piso, gerando um indicador de consumo em litro por metro quadrado por dia (L/m²/dia). Os pisos de circulação consumiram 0,41 L/m²/dia, enquanto o consumo dos pisos dos banheiros foi de 0,05 L/m²/dia.

2.4. Análise de viabilidade econômica

A norma NBR 14653-4 (ABNT, 2002) apresenta indicadores que podem ser utilizados para determinar a viabilidade econômica de empreendimentos, como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback*. Estes indicadores são amplamente utilizados por autores que realizam estudos a respeito do potencial de economia de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Determinar a viabilidade por meio do VPL consiste em conduzir todo o fluxo de caixa projetado para a data zero, com o desconto da taxa mínima de atratividade (TMA), que é a taxa de retorno mínima sobre o investimento para que não ocorra prejuízo por custo financeiro. Para aceitação do projeto o VPL deve ser maior que zero, sendo que entre dois ou mais projetos que satisfaçam esta condição, o maior retorno virá do que apresentar o maior indicador (Miranda, 2011). O cálculo do VPL pode ser realizado de acordo com a Equação 13.

$$VPL = -FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1+TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} \quad (13)$$

Onde:

VPL é o valor presente líquido (R\$);

*FC*₀ é o investimento inicial (R\$);

*FC*₁ é o fluxo de caixa no período 1 (R\$);

TMA é a taxa mínima de atratividade (%);

n é o número de períodos de análise do investimento.

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido a zero, ou seja, os investimentos e as receitas previstas para o projeto se igualam. É considerado que o projeto é

viável quando a TIR é maior que a TMA, sendo que quanto maior a TIR, mais rentável é o projeto (Lima, 2019). A taxa interna de retorno é calculada por meio da Equação 14.

$$0 = -FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (14)$$

Onde:

FC_0 é o investimento inicial (R\$);

FC_1 é o fluxo de caixa no período 1 (R\$);

TIR é a taxa interna de retorno (%);

n é o número de períodos de análise do investimento.

Outra forma de verificar a viabilidade econômica de um investimento é com a utilização do período de retorno, ou *payback*. Em outras palavras, os fluxos de caixa de cada período são somados ao investimento inicial de forma gradativa, até o resultado ser zero, que representa o período em que os investimentos e as receitas se igualam. O *payback* pode ser calculado de forma simples ou descontada, em que no modelo descontado são considerados os fluxos de caixa descontados, geralmente pela TMA, o que não ocorre no *payback* simples. A viabilidade econômica é determinada se o *payback* for igual ou menor ao período de retorno estabelecido como aceitável pelo investidor (Lima, 2019).

2.5. Considerações finais

No Brasil, a importância e contemporaneidade do aproveitamento de água pluvial fica evidente pelo recente acréscimo de novas legislações acerca do tema. Movimento justificado principalmente pela capacidade de redução no consumo de água potável tratada, o que contribui para o aumento da segurança hídrica em um cenário nacional de elevação na demanda de água, além da redução do risco de enchentes nos centros urbanos.

Neste capítulo foram abordados estudos que comprovam a viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações com diferentes usos. A relativa simplicidade dos sistemas de aproveitamento, com utilização de elementos já existentes para captação, como os telhados, torna atrativa a implementação quando os indicadores de viabilidade econômica forem favoráveis. A água captada pode ser utilizada com baixo nível de tratamento sem afetar a saúde e aceitação dos usuários.

Considerando os estudos a respeito dos usos finais de água em edificações de uso coletivo expostos neste capítulo, é perceptível a grande contribuição de fins não potáveis como bacias sanitárias, mictórios e limpeza no consumo. Este trabalho permitirá verificar a relevância

destes usos na academia de musculação estudada que, apesar do uso coletivo, apresenta utilização considerável de chuveiros.

3. Materiais e métodos

Neste capítulo são expostos os métodos adotados para atingir os objetivos do estudo, segmentando e detalhando os processos de coleta e tratamento de dados. Os procedimentos descritos podem ser separados entre a caracterização do objeto de estudo, o levantamento de dados de consumo de água, a obtenção do volume do reservatório de água pluvial e o levantamento dos parâmetros para determinação da viabilidade econômica.

A caracterização do objeto de estudo inicia com uma breve apresentação da região em que a academia está situada, prosseguindo para descrição da academia e suas instalações. Os projetos da academia serviram como base para obter as informações necessárias, principalmente acerca das instalações hidrossanitárias.

Para estimar os usos finais de água para a academia foram realizados levantamentos de dados de consumo e vazão dos equipamentos hidrossanitários, assim como de hábitos de consumo de usuários, de outra academia da Grande Florianópolis com características semelhantes à academia de estudo.

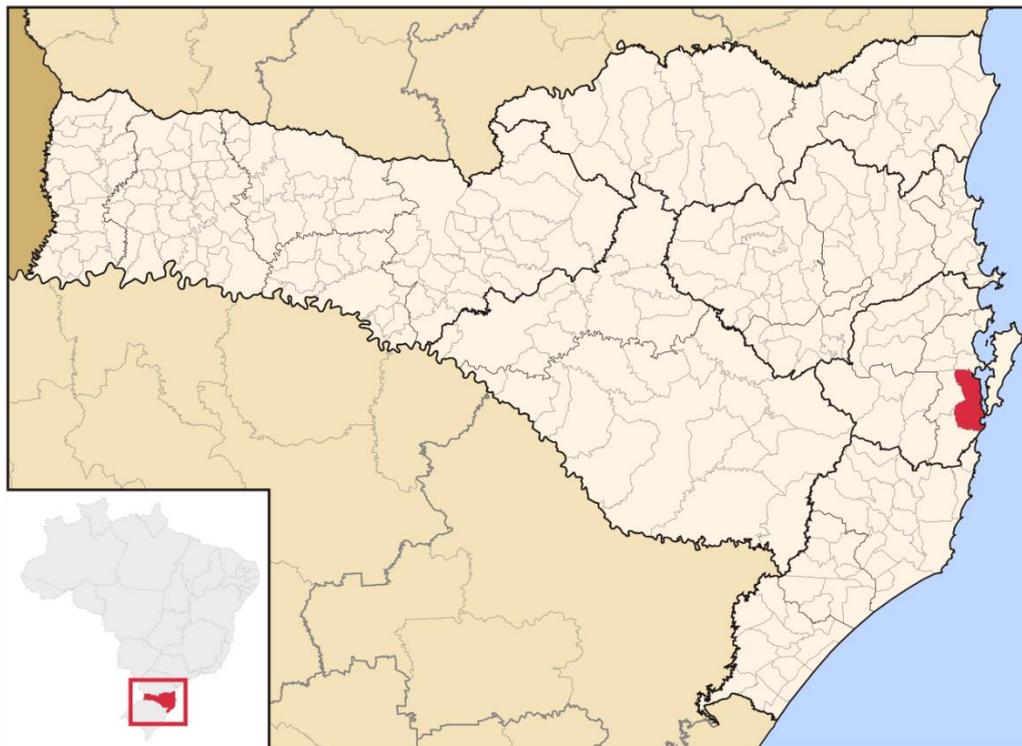
O volume do reservatório de água pluvial foi obtido com o auxílio do programa Netuno, versão 4, por meio da entrada de parâmetros como área de captação, dados pluviométricos e coeficiente de escoamento superficial. Logo, é exposta a forma de obtenção destas informações, assim como as ponderações realizadas.

Por fim, é abordado o método empregado na determinação da viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, que também contou com a aplicação do Netuno, versão 4, com a descrição das considerações realizadas para obter os parâmetros financeiros necessários à aplicação do programa.

3.1. Área de estudo

A área de estudo fica localizada no bairro Pagani, em Palhoça, município litorâneo da região metropolitana de Florianópolis. A cidade, destacada no mapa de Santa Catarina na Figura 2, está localizada em uma região de clima temperado úmido, entre os paralelos 27°36' e 27°55' de latitude sul e os meridianos 48°33' e 48°45' de longitude oeste. Palhoça possui 222.598 habitantes, distribuídos em um território de 394,85 km² e com 92,7% dos domicílios atendidos pelo abastecimento público de água (IBGE, 2022).

Figura 2 - Mapa de Santa Catarina com a localização de Palhoça.

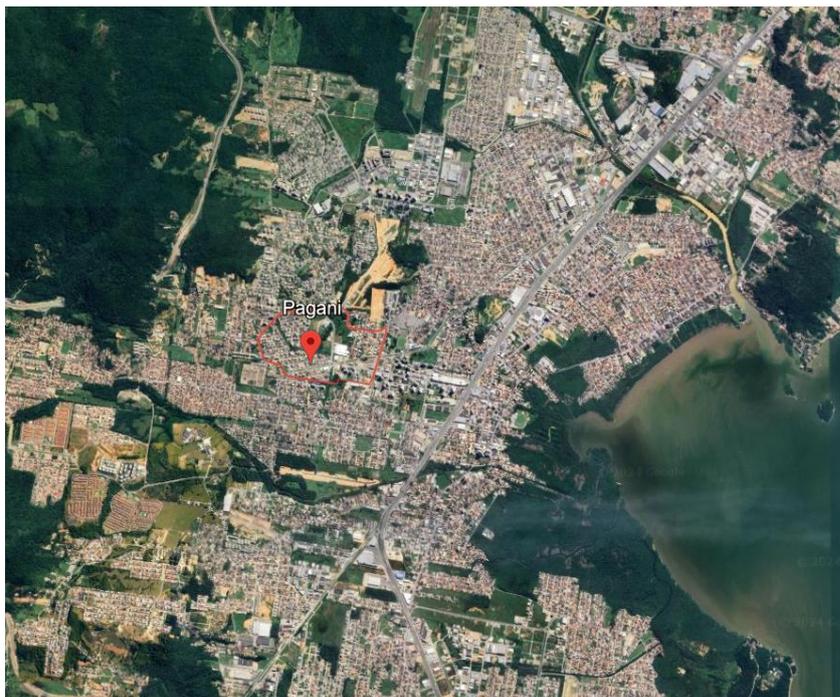


Fonte: Wikipedia (2006).

3.2. Objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é a academia de musculação a ser implantada em empreendimento comercial que está sendo construído na Avenida Atílio Pedro Pagani, lotes 15, 16, 17 e 18, bairro Pagani. A entrega do empreendimento está prevista para fevereiro de 2025, com inauguração da academia no mesmo mês. Na Figura 3 estão presentes os limites do bairro Pagani dentro da região central de Palhoça, enquanto a Figura 4 mostra as delimitações do terreno no qual estão sendo desenvolvidas as atividades de construção da edificação.

Figura 3 - Localização do bairro Pagani dentro da região central de Palhoça.



Fonte: Google Earth (2024).

Figura 4 - Limites do terreno do empreendimento.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

O empreendimento terá 3.602 m² de área construída dividida em três pavimentos, denominados neste trabalho de pavimento térreo, pavimento superior e pavimento cobertura. O pavimento térreo contará com oito lojas comerciais, com áreas que variam entre 74,40 m² e

168,36 m², além do hall de acesso à academia, com 42,76 m². O pavimento superior, com área de 1.069,69 m², será ocupado exclusivamente pela academia. Por fim, no pavimento cobertura ficará alojado um estacionamento de 1.068,75 m², dos quais 638,45 m² serão cobertos por estrutura com telhas metálicas que servirá como área de captação para este estudo. Ainda no pavimento superior, há outro hall de acesso à academia de 42,76 m² localizado sob a torre da caixa d'água.

A academia, cujo projeto da fachada está representado na Figura 5, é uma franquia da rede Smart Fit, seguindo os padrões construtivos e de instalações das demais unidades da rede. Como as obras do empreendimento e da academia não estão concluídas, a consulta aos projetos arquitetônicos e hidrossanitários serviram como base para levantar os dados relevantes ao desenvolvimento do trabalho. Logo, como contido nos projetos, além da área para desenvolvimento de exercícios de musculação e cardiovasculares, a academia contará com recepção, sala de gerência, sala com cadeiras de massagem, depósito, copa para os funcionários, três bebedouros, depósito de material de limpeza (DML), vestiário masculino, vestiário feminino e vestiário para pessoas com necessidades especiais (PNE).

Figura 5 - Representação da fachada da academia.



3.2.1. Equipamentos hidrossanitários

Com exceção do depósito, da sala da gerência e da sala com cadeiras de massagem, todos os demais ambientes da academia possuem equipamentos hidrossanitários. O levantamento das quantidades e modelos utilizados nestes ambientes foi realizado com base na leitura dos projetos.

3.3. Usos finais de água

Para estimar os usos finais de água na academia foram necessários dados para determinar a vazão dos equipamentos hidrossanitários, os hábitos de consumo e o número de funcionários e alunos da academia. Desta forma, foram utilizados levantamentos e entrevistas realizados em outra franquia da Smart Fit na Grande Florianópolis.

Neste trabalho foram estabelecidos os seguintes usos finais:

- Torneiras dos lavatórios;
- Duchas;
- Mictórios;
- Bacias sanitárias;
- Torneira da copa;
- Limpeza.

Entre estes usos foram considerados como usos não potáveis os mictórios, as bacias sanitárias e a limpeza.

3.3.1. Vazões e consumos

Para estimar as vazões e consumos dos equipamentos hidrossanitários foi realizada visita à Smart Fit localizada na Rua João Roberto Sanford, nº 41, no bairro Coqueiros, em Florianópolis. Nesta unidade são utilizados os mesmos equipamentos hidrossanitários previstos no projeto da academia de Palhoça, com exceção da ducha e torneira do vestiário PNE e das bacias sanitárias com caixa de descarga. Em decorrência do grande fluxo de alunos durante o horário de funcionamento, optou-se por levantar as vazões e consumos em horário que a academia estava fechada, em que o livre acesso aos vestiários foi permitido.

Na visita foram utilizados para estimar a vazão da torneira da copa um recipiente graduado, uma balança empregada para auxiliar na determinação do volume de água no

recipiente, e um cronômetro. A vazão foi estimada com o auxílio de três funcionários da academia que costumam usar o equipamento. Foi solicitado que os funcionários abrissem o registro da torneira da forma que costumam fazer cotidianamente e medido o tempo necessário para encher o recipiente graduado. Cada funcionário repetiu o procedimento três vezes, sendo realizada a média das nove vazões obtidas para determinar a vazão usual da torneira.

Para as torneiras dos lavatórios com acionamento hidromecânico optou-se por estabelecer o volume de água consumido por acionamento. Foi realizado o acionamento pleno de cada torneira dos vestiários masculino e feminino, utilizando o recipiente graduado e a balança para determinar a quantidade de água consumida. Para obter o consumo do equipamento foram extraídas três amostras de cada torneira e calculada a média. No caso das bacias sanitárias com caixa de descarga, ducha e mictórios foram consultadas as fichas técnicas dos fabricantes dos modelos que serão utilizados em Palhoça para determinar o consumo de água.

Para limpeza das academias são utilizados baldes, logo, optou-se por estabelecer o volume e número de baldes utilizados semanalmente para esta finalidade. Desta forma, não foi necessário estimar a vazão das torneiras para tanque e jardim.

O consumo utilizado para hidratação por meio dos bebedouros foi desconsiderado neste estudo devido a variabilidade dos dados. Os frequentadores costumam consumir água diretamente nos bebedouros ou enchendo garrafas com variados volumes, o que dificulta a obtenção de dados amostrais.

3.3.2. Estimativa do consumo mensal

Para estimar o consumo mensal de água foram realizadas entrevistas e aplicados questionários na Smart Fit localizada no bairro Coqueiros. A unidade possui área próxima à da academia de estudo, servindo como base para o levantamento de dados sobre os hábitos de consumo. Nesta academia está localizado o escritório administrativo da empresa proprietária das academias Smart Fit da Grande Florianópolis. Os hábitos de consumo dos funcionários e as práticas de limpeza deste ambiente foram desconsiderados pois não há ambiente equivalente na academia de Palhoça.

Como não foi possível aplicar o questionário com todos os alunos e funcionários em razão do tamanho da população, foi utilizada a Equação 15, apresentada por Barbetta (2012), para determinar a amostra representativa de acordo com a população total e o erro amostral adotado neste trabalho.

$$n \geq \frac{n_0 \times N}{n_0 + N} \quad (15)$$

Onde:

$$n_0 \geq \frac{1}{E_0^2}$$

N é o tamanho da população;

E_0 é o erro amostral tolerável;

n é o tamanho da amostra.

Foram elaborados dois modelos de questionários, um para os alunos e outro direcionado aos funcionários, para estabelecer os hábitos de consumo de água nos equipamentos hidrossanitários. A aplicação aos alunos foi de forma *online*, em que o *link* para acesso ao questionário ficou disponível durante uma semana em placa colocada na recepção da academia e contou com o auxílio dos recepcionistas para estimular a participação. O questionário destinado aos funcionários, disponível no Apêndice 1, foi aplicado de forma presencial.

No caso das entrevistas, foram realizadas com os funcionários responsáveis pela limpeza da academia para estimar o consumo de água utilizado na atividade. Também foi contatada a empresa proprietária de todas as academias Smart Fit da Grande Florianópolis para obter número de alunos e funcionários que frequentam a academia do bairro Coqueiros e a estimativa do número de alunos e funcionários que frequentarão a academia em Palhoça. Como a academia terá horários diferentes de segunda-feira a sexta-feira, aos sábados e aos domingos, a empresa forneceu a estimativa semanal do número de alunos que frequentarão a academia com base nos acessos registrados nas outras unidades da região.

3.3.2.1. Estimativa do consumo mensal das torneiras dos lavatórios

Para estimar o consumo mensal de água das torneiras dos lavatórios foram utilizadas informações extraídas dos questionários aplicados aos alunos e funcionários. Foi realizado o somatório da frequência diária de utilização multiplicada pelo número de acionamentos informados por cada usuário que respondeu o questionário. O somatório foi dividido pelo número de amostras e multiplicado pela estimativa semanal de usuários que frequentarão a academia de Palhoça, o que corresponde ao número total de acionamentos semanais das torneiras dos lavatórios. Por fim, multiplicou-se este valor pelo volume de água consumido por acionamento do equipamento e pelo número de semanas presentes no mês. Foi realizada a separação dos hábitos de consumo entre alunos e funcionários, conforme apresentado na Equação 16.

$$C_{torneiras\ lavat\u00f3rio} = \frac{N_{dm}}{7} \times V_a \times \left(QS_a \times \frac{\sum_i^{n_a} f_i \times N_i}{n_a} + QS_f \times \frac{\sum_i^{n_f} f_i \times N_i}{n_f} \right) \quad (16)$$

Onde:

$C_{torneiras\ lavat\u00f3rio}$ \u00e9 o consumo mensal de \u00e1gua nas torneiras dos lavat\u00f3rios (L/m\u00eas);

N_{dm} \u00e9 o n\u00famero de dias no m\u00eas;

V_a \u00e9 o volume de \u00e1gua utilizado por acionamento (L/acionamento);

f_i \u00e9 a frequ\u00eancia di\u00e1ria de uso das torneiras dos lavat\u00f3rios (usos/dia);

N_i \u00e9 a quantidade de acionamentos por uso das torneiras dos lavat\u00f3rios (acionamentos/uso);

n_a \u00e9 o n\u00famero de amostras de alunos;

n_{af} \u00e9 o n\u00famero de amostras de funcion\u00e1rios;

QS_a \u00e9 a estimativa da quantidade semanal de alunos que frequentar\u00e3o a academia de Palho\u00e7a;

QS_f \u00e9 a estimativa da quantidade semanal de funcion\u00e1rios que frequentar\u00e3o a academia de Palho\u00e7a;

3.3.2.2. Estimativa do consumo mensal das duchas

Foram estimados, por meio dos question\u00e1rios, os tempos de utiliza\u00e7\u00e3o das duchas por uso para os alunos e para os funcion\u00e1rios, sendo constatado que, em m\u00e9dia, os usu\u00e1rios do vesti\u00e1rio feminino utilizavam a ducha por per\u00edodos maiores. Portanto, na Equa\u00e7\u00e3o 17, o c\u00e1lculo do consumo mensal de \u00e1gua das duchas foi realizado segregando os h\u00e1bitos de consumo entre os usu\u00e1rios do vesti\u00e1rio feminino e masculino.

$$C_{duchas} = \frac{N_{dm}}{7} \times V_a \times \left[\left(\frac{\sum_i^{n_{af}} f_i \times t_i}{n_{af}} \times P_{af} + \frac{\sum_i^{n_{am}} f_i \times t_i}{n_{am}} \times P_{am} \right) \times QS_a \right. \\ \left. + \left(\frac{\sum_i^{n_{ff}} f_i \times t_i}{n_{ff}} \times P_{ff} + \frac{\sum_i^{n_{fm}} f_i \times t_i}{n_{fm}} \times P_{fm} \right) \times QS_f \right] \quad [17]$$

Onde:

C_{duchas} \u00e9 o consumo mensal de \u00e1gua das duchas(L/m\u00eas);

N_{dm} \u00e9 o n\u00famero de dias no m\u00eas;

V_a \u00e9 o vaz\u00e3o das duchas (L/s);

f_i \u00e9 a frequ\u00eancia di\u00e1ria de uso das duchas (usos/dia);

t_i \u00e9 o tempo de utiliza\u00e7\u00e3o do equipamento por uso (s/uso);

n_{af} \u00e9 o n\u00famero de amostras de alunos que utilizam o vesti\u00e1rio feminino;

P_{af} \u00e9 o percentual de alunos que utilizam o vesti\u00e1rio feminino (%);

n_{am} é o número de amostras de alunos que utilizam o vestiário masculino;

P_{am} é o percentual de alunos que utilizam o vestiário masculino (%);

QS_a é a estimativa da quantidade semanal de alunos que frequentarão a academia de Palhoça;

n_{ff} é o número de amostras de funcionários que utilizam o vestiário feminino;

P_{ff} é o percentual de funcionários que utilizam o vestiário feminino (%);

n_{fm} é o número de amostras de funcionários que utilizam o vestiário masculino;

P_{fm} é o percentual de funcionários que utilizam o vestiário masculino (%);

QS_f é a estimativa da quantidade semanal de funcionários que frequentarão a academia de Palhoça.

A porcentagem de alunos e funcionários que frequentam cada vestiário obedece a proporção fornecida pela empresa proprietária das academias entre os gêneros feminino e masculino para os alunos e funcionários da academia do bairro Coqueiros. Como em ambos os questionários não foram obtidas respostas de usuários do vestiário PNE, não foi possível considerar os hábitos de consumo deste vestiário nos cálculos de consumo dos usos finais.

3.3.2.3. Estimativa do consumo mensal dos mictórios

O consumo dos mictórios foi estimado de forma semelhante ao realizado para as torneiras dos lavatórios, mas ponderando a porcentagem de alunos e funcionários que utilizam o vestiário masculino. Também foi considerada nos questionários a possibilidade de os usuários utilizarem o mictório e não pressionarem a descarga. A Equação 18 apresenta a forma de cálculo do consumo mensal dos mictórios.

$$C_{mictórios} = \frac{N_{dm}}{7} \times V_a \times \left(QS_a \times P_{am} \times \frac{\sum_i^{n_{am}} f_i \times N_i}{n_{am}} + QS_f \times P_{fm} \times \frac{\sum_i^{n_{fm}} f_i \times N_i}{n_{fm}} \right) \quad (18)$$

Onde:

$C_{mictórios}$ é o consumo mensal de água dos mictórios (L/mês);

N_{dm} é o número de dias no mês;

V_a é o volume de água utilizado por acionamento (L/acionamento);

f_i é a frequência diária de uso dos mictórios (usos/dia);

N_i é a quantidade de acionamentos por uso dos mictórios (acionamentos/uso);

n_{am} é o número de amostras de alunos que utilizam o vestiário masculino;

n_{fm} é o número de amostras de funcionários que utilizam o vestiário masculino;

P_{am} é o percentual de alunos que utilizam o vestiário masculino (%);

P_{fm} é o percentual de funcionários que utilizam o vestiário masculino (%);

QS_a é a estimativa da quantidade semanal de alunos que frequentarão a academia de Palhoça;

QS_f é a estimativa da quantidade semanal de funcionários que frequentarão a academia de Palhoça.

3.3.2.4. Estimativa do consumo mensal das bacias sanitárias

Assim como para as duchas, foi realizado o desmembramento dos hábitos de utilização das bacias sanitárias entre os usuários dos vestiários feminino e masculino. Nos questionários foi considerada a possibilidade de os usuários utilizarem a bacia sanitária e não acionarem a descarga. A Equação 19 foi utilizada para estimar o consumo mensal de água das bacias sanitárias para a academia de estudo.

$$C_{bacia\ sanitária} = \frac{N_{dm}}{7} \times V_a \times \left[\left(\frac{\sum_i^{n_{af}} f_i \times N_i}{n_{af}} \times P_{af} + \frac{\sum_i^{n_{am}} f_i \times N_i}{n_{am}} \times P_{am} \right) \times QS_a \right. \\ \left. + \left(\frac{\sum_i^{n_{ff}} f_i \times N_i}{n_{ff}} \times P_{ff} + \frac{\sum_i^{n_{fm}} f_i \times N_i}{n_{fm}} \times P_{fm} \right) \times QS_f \right] \quad (19)$$

Onde:

$C_{bacia\ sanitária}$ é o consumo mensal de água das bacias sanitárias (L/mês);

N_{dm} é o número de dias no mês;

V_a é o volume de água por acionamento das bacias sanitárias (L);

f_i é a frequência diária de uso das bacias sanitárias (usos/dia);

N_i é a quantidade de acionamentos por uso da bacia sanitária (acionamentos/uso);

n_{af} é o número de amostras de alunos que utilizam o vestiário feminino;

P_{af} é o percentual de alunos que utilizam o vestiário feminino (%);

n_{am} é o número de amostras de alunos que utilizam o vestiário masculino;

P_{am} é o percentual de alunos que utilizam o vestiário masculino (%);

QS_a é a estimativa da quantidade semanal de alunos que frequentarão a academia de Palhoça;

n_{ff} é o número de amostras de funcionários que utilizam o vestiário feminino;

P_{ff} é o percentual de funcionários que utilizam o vestiário feminino (%);

n_{fm} é o número de amostras de funcionários que utilizam o vestiário masculino;

P_{fm} é o percentual de funcionários que utilizam o vestiário masculino (%);

QS_f é a estimativa da quantidade semanal de funcionários que frequentarão a academia de Palhoça.

3.3.2.5. Estimativa do consumo mensal da torneira da copa

O consumo mensal de água da torneira da copa foi estimado a partir do acompanhamento da utilização do equipamento por três funcionários da Smart Fit localizada no bairro Coqueiros. Foram acompanhados três usos de cada funcionário, sendo cronometrado o tempo que permaneceram com o registro da torneira aberto. Posteriormente foi calculada a média dos nove períodos de utilização, que ao ser multiplicada pela vazão forneceu o consumo por uso. Conforme a Equação 20, para obter o consumo mensal do equipamento também foi utilizada a estimativa do número de funcionários que frequentarão a academia de Palhoça e as frequências de utilização e número de amostras, obtidos por meio do questionário aplicado aos funcionários.

$$C_{torneira\ copa} = \frac{N_{dm}}{7} \times C_{uso_copa} \times QS_f \times \frac{\sum_i^{n_f} f_i}{n_f} \quad (20)$$

Onde:

$C_{torneira\ copa}$ é o consumo mensal de água da torneira da copa (L/mês);

N_{dm} é o número de dias no mês;

C_{uso_copa} é o consumo de água por uso da torneira da copa (L/uso);

QS_f é a estimativa da quantidade semanal de funcionários que frequentarão a academia de Palhoça;

f_f é a frequência diária de uso (usos/dias);

n_f é o número de amostras de funcionários.

3.3.2.6. Estimativa do consumo mensal para limpeza

Na entrevista realizada com os funcionários responsáveis pela limpeza da academia do bairro Coqueiros foi solicitado que estimassem a quantidade de baldes empregados diariamente na atividade e verificado o número de dias de trabalho por semana de cada funcionário. Com estes dados foi possível estimar o número de baldes utilizados semanalmente para a limpeza da academia que, após verificação do volume dos baldes, permitiu estimar o consumo mensal de água para limpeza por meio da Equação 21.

$$C_{limpeza} = \frac{N_{dm}}{7} \times V_b \times Q_{bs} \quad (21)$$

Onde:

$C_{limpeza}$ é o consumo mensal de água para limpeza da academia (L/mês);

N_{dm} é o número de dias no mês;

V_b é o volume de água consumido por uso dos baldes (L);

Q_{bs} é a quantidade de baldes utilizados semanalmente na limpeza da academia.

3.3.3. Estimativa dos usos finais

Para estimar os usos finais da academia foi preciso determinar o consumo mensal total, obtido por meio da soma de todos os consumos estimados. Desta forma, o percentual que representa a parcela do consumo de água destinada à cada uso foi calculado conforme a Equação 22.

$$P_{uso\ final} = \frac{C_{mensal\ uso}}{C_{mensal\ total}} \times 100 \quad (22)$$

Onde:

$P_{uso\ final}$ é o percentual de água consumida pelo uso final em relação ao consumo total da academia (%);

$C_{mensal\ uso}$ é o consumo mensal de água do uso final (L);

$C_{mensal\ total}$ é o consumo mensal total de água da academia (L).

3.4. Volume dos reservatórios de água pluvial

Conforme Ghisi e Cordova (2014), para o armazenamento de água pluvial em edificações há a alternativa de utilizar dois reservatórios, inferior e superior, ou apenas o reservatório inferior. Caso ocorra o emprego do reservatório superior, a água inicialmente é captada no reservatório inferior e recalca para o reservatório superior, para posterior distribuição aos pontos de consumo. Quando apenas o reservatório inferior é adotado, são utilizadas motobombas para recalcar a água diretamente para os pontos de consumo.

Neste trabalho foi considerada a utilização de ambos os reservatórios, inferior e superior, sendo o volume ideal do reservatório inferior estimado a partir de simulação no programa Netuno (Ghisi; Cordova, 2014) considerando o uso de reservatório superior com volume conhecido. Para realizar a simulação no programa foram fornecidos os seguintes dados:

- Dados pluviométricos;
- Área de captação;
- Demanda total de água;
- Percentual da demanda total de água a ser substituída por água pluvial;
- Coeficiente de escoamento superficial;

- Volume do reservatório superior de água pluvial.

3.4.1. Dados pluviométricos

Os níveis diários de precipitação foram obtidos a partir de consulta ao Banco de Dados Meteorológicas disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024). Foi selecionada a estação automática nº 806 como base para obtenção dos dados e a estação convencional nº 83.897 para complemento aos dias em que não houve registro pela estação principal. Foram extraídos os dados pluviométricos entre 01/02/2003 e 31/01/2024. Ambas as estações estão localizadas na latitude $-27^{\circ}36'$ e na longitude $-48^{\circ}37'$, na cidade de São José, e a cerca de 7,5 km do endereço da academia.

3.4.2. Área de captação

Conforme a norma NBR 15527 (ABNT, 2019), a área de captação consiste na projeção horizontal da superfície em que a água está sendo captada, expressa em metros quadrados. Desta forma, foram utilizados os 638,45 m² de estacionamento coberto por estrutura com telhas metálicas como área de captação de água pluvial.

3.4.3. Demanda total de água e percentual a ser substituída por água pluvial

A demanda total de água de entrada no Netuno corresponde ao volume necessário para suprir o consumo total de água potável da edificação. O programa possibilita a entrada deste dado de forma fixa, com a demanda diária, ou variável, com a demanda diária ou mensal. Neste trabalho foi considerado o consumo médio diário da academia como a demanda total de água, sendo realizada a conversão em base diária pelo programa.

O percentual da demanda total água a ser substituída por água pluvial representa a parcela do consumo total que é utilizada para fins que poderiam ser atendidos por água não potável. Neste trabalho o percentual pode ser obtido pelo somatório dos usos finais de água dos mictórios, bacias sanitárias e limpeza.

3.4.4. Coeficiente de escoamento superficial

Conforme a Tabela 1, o coeficiente de escoamento superficial, ou de *runoff*, para telhas metálicas corrugadas varia entre 0,80 e 0,90 segundo Tomaz (2003). Como está prevista a utilização de telhas metálicas trapezoidais para cobertura do estacionamento, que servirá como área de captação, foi adotado o coeficiente de escoamento superficial no centro do intervalo apresentado por Tomaz, ou seja, de 0,85.

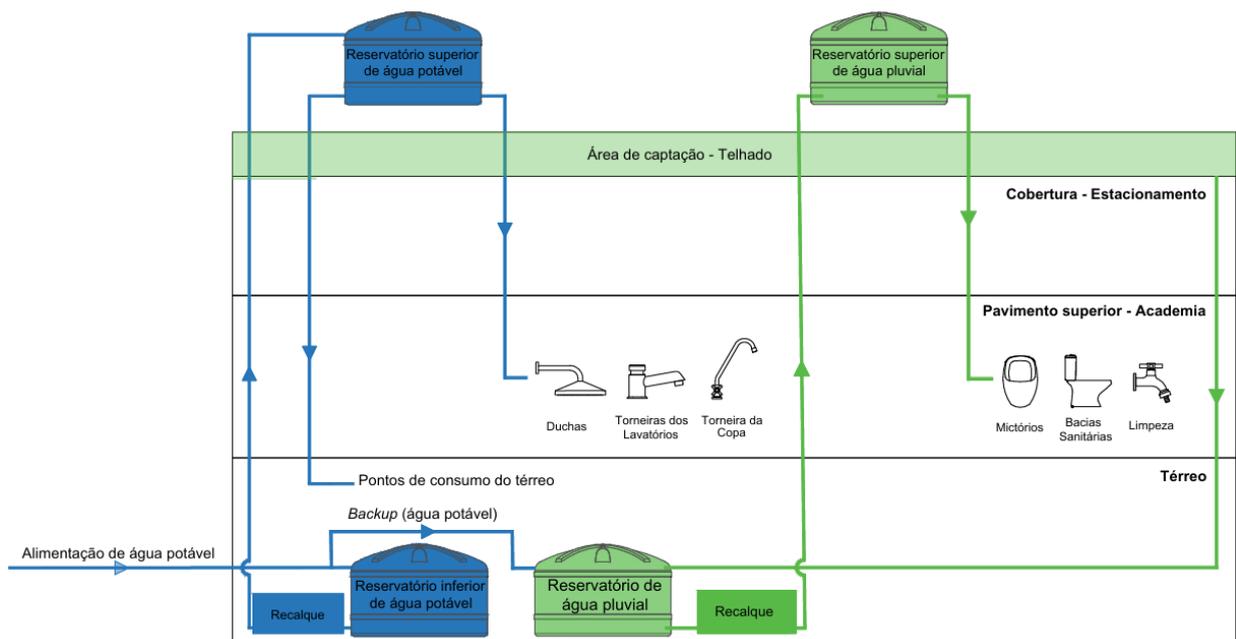
3.4.5. Volume do reservatório superior de água pluvial

O volume do reservatório superior de água pluvial foi considerado como o volume comercial mais próximo à demanda diária média de água para fins não potáveis, cujo valor foi calculado como a soma dos consumos mensais de água dos usos finais não potáveis dividida pela média de 30 dias no mês.

3.4.6. Estimativa do volume do reservatório inferior

Em consulta ao projeto arquitetônico da edificação, verificou-se no térreo a disponibilidade de espaço para dois reservatórios de 10.000 litros abaixo da rampa de acesso ao estacionamento. Logo, foi considerada a instalação de um reservatório para atender a demanda de água potável e do reservatório inferior de água pluvial, ambos abaixo da rampa. Foi inserido no Netuno o volume máximo do reservatório inferior para água pluvial de 10.000 L, com variação em intervalos de 500 L para a simulação do potencial de economia de água potável. O programa foi configurado para que quando esta variação de volume resultar em aumento no potencial de econômica de água potável igual ou inferior a 1 %/m³, o volume anterior simulado é considerado como volume ideal do reservatório inferior. A Figura 6 representa o esquema de fornecimento de água aos pontos de consumo da academia pelos reservatórios de água potável e pluvial.

Figura 6 - Esquema de distribuição de água aos pontos de consumo da academia pelos reservatórios de água potável e pluvial.



3.5. Análise econômica

A determinação da viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizada por meio do programa Netuno, que fornece como indicadores o VPL, o período de retorno e a TIR do investimento. De acordo com Ghisi e Cordova (2014), os custos podem ser divididos entre iniciais, destinados à construção do sistema, e de operação e manutenção, devendo serem inseridos no Netuno juntamente às seguintes variáveis:

- Período de análise da viabilidade econômica;
- Estimativa mensal da inflação;
- Periodicidade de reajuste dos custos de operação e manutenção;
- Taxa mínima de atratividade mensal;
- Mês de implantação do sistema.

Entre os custos iniciais foram considerados neste trabalho os reservatórios, a motobomba, a mão de obra e as tubulações, conexões e filtros. Para determinar o custo com o reservatório inferior foi avaliado o volume comercial mais próximo ao volume ideal fornecido pelo Netuno, sendo realizados orçamentos dos reservatórios em três lojas da Grande Florianópolis e adotado o menor valor encontrado. O mesmo procedimento foi efetuado para estabelecer o custo da motobomba, cujo modelo orçado possui a mesma especificação prevista em projeto para o recalque do sistema de água potável.

O custo da mão de obra para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi baseado no estudo desenvolvido por Istchuk e Ghisi (2023), que estimou o custo médio com mão de obra para implantação em oito cidades brasileiras como 24% dos demais custos iniciais. Neste estudo considerou-se o custo com mão de obra de 24% dos valores dos reservatórios e motobomba. No caso das tubulações, conexões e filtros, foi estipulado o custo equivalente a 15% do valor total dos outros itens de implantação do sistema, como realizado no estudo de Ferreira (2005).

Como custos de operação e manutenção foram considerados o custo de operação da motobomba e com a limpeza dos reservatórios. Para calcular o custo de operação da motobomba são necessários os parâmetros de operação do equipamento, fornecidos no catálogo do fabricante, e a tarifa de energia elétrica. As academias Smart Fit da Grande Florianópolis são consumidoras do mercado livre de energia elétrica, ou seja, possuem liberdade para negociar a compra de energia diretamente com os produtores e agentes de comercialização, mas permanecendo condicionadas a pagar os custos de distribuição e os encargos setoriais à empresa responsável pela distribuição de energia na região. Assim, a cobrança da energia elétrica para as academias é realizada em duas faturas, uma da Celesc, empresa responsável pela distribuição de energia em Santa Catarina, e outra do agente de comercialização de energia contratado pela empresa proprietária das academias. Para estabelecer a tarifa de energia, em quilowatt-hora, inserida no Netuno, foram somadas as duas tarifas referentes ao mês de setembro de 2024 da academia Smart Fit do bairro Coqueiros e o resultado dividido pelo consumo de energia da academia no mês.

Segundo a CASAN, os reservatórios de água potável devem ser limpos a cada seis meses para preservação dos parâmetros de consumo (CASAN, 2023), sendo considerada esta periodicidade para a limpeza dos reservatórios de água pluvial deste estudo. Para determinar o custo da limpeza dos reservatórios foi realizado orçamento com empresa da Grande Florianópolis que presta este serviço.

Para estimar o fluxo de caixa e a economia financeira com o sistema de aproveitamento de água pluvial, o Netuno utiliza as estimativas do consumo total de água e da economia de água potável com a implantação do sistema, além das tarifas de água e esgoto. A CASAN, responsável por fornecer água para a academia, conta com três faixas de tarifação para edificações comerciais, além da Tarifa Fixa de Disponibilidade de Infraestrutura. As faixas, implementadas no Netuno, correspondem a valores diferentes a serem cobrados pelo metro cúbico de acordo com a quantidade de água consumida.

Foi utilizado o período de análise de 20 anos, como realizado nos estudos de Ramos (2017) e Delowski (2023). A TMA considerada foi de 0,57% ao mês, que corresponde ao rendimento da poupança estipulado pelo Banco Central do Brasil para o mês de setembro de 2024. No caso da estimativa mensal da inflação, foi utilizada a média do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), divulgado pelo IBGE, entre os meses de outubro de 2023 e setembro de 2024, que corresponde a 0,36% ao mês, com periodicidade do reajuste dos custos de 12 meses.

4. Resultados e discussões

4.1. Equipamentos hidrossanitários

As quantidades e modelos dos equipamentos hidrossanitários a serem instalados na academia foram extraídos dos projetos. O Quadro 2 apresenta a relação entre as quantidades e ambientes dos equipamentos.

Quadro 2 - Relação dos equipamentos hidrossanitários da academia.

Ambiente	Equipamentos hidrossanitários
Área de musculação	- Três bebedouros.
DML	- Uma torneira para tanque e jardim utilizada para limpeza.
Copa	- Uma torneira de cozinha.
Vestiários PNE	- Um lavatório com torneira com acionamento hidromecânico; - Uma bacia sanitária com caixa de descarga; - Uma ducha com aquecimento a gás e acionamento monocomando.
Vestiário masculino	- Três lavatórios com torneira com acionamento hidromecânico; - Dois mictórios; - Duas bacias sanitárias com caixa de descarga; - Uma torneira para tanque e jardim utilizada para limpeza. - Cinco duchas com aquecimento a gás e acionamento monocomando;
Vestiário feminino	- Quatro lavatórios com torneiras com acionamento hidromecânico; - Quatro bacias sanitárias com caixa de descarga; - Uma torneira para tanque e jardim utilizada para limpeza. - Cinco duchas com aquecimento a gás e acionamento monocomando;

Constatou-se na visita à academia do bairro Coqueiros que as bacias sanitárias com caixa de descarga e a torneira de lavatório do vestiário PNE eram de modelos diferentes aos previstos para a academia em estudo. Como nos questionários aplicados não houve respostas de usuários que utilizavam o vestiário PNE, optou-se por desconsiderar o consumo dos equipamentos hidrossanitários presentes neste vestiário. No caso das bacias sanitárias, o modelo previsto para a academia de Palhoça é de acionamento único, sendo considerado que a diferença entre os modelos não afeta os hábitos de consumo. A Figura 7 mostra o modelo de bacia sanitária com caixa de descarga presente na academia de Coqueiros, enquanto a Figura 8

apresenta o modelo de caixa de descarga previsto para ser utilizada na academia de Palhoça, o qual é embutido na parede.

Figura 7 - Bacia sanitária com caixa de descarga presente na academia do bairro Coqueiros.



Figura 8 - Caixa de descarga prevista em projeto para a academia de Palhoça.



Os equipamentos hidrossanitários da academia do bairro Coqueiros possuíam funcionamento normal, com exceção da torneira do lavatório do vestiário PNE, que apresentava vazamento ao ser acionada. Quanto às quantidades de equipamentos, foi constatado uma torneira de lavatório e uma bacia sanitária a menos, ambas no vestiário feminino, além de um mictório a mais em relação ao previsto para ser instalado na academia de Palhoça.

A Figura 9 mostra o mictório e a válvula de descarga utilizados na academia de Coqueiros e que serão instalados na academia de Palhoça, assim como as torneiras de lavatório e duchas, representadas nas Figura 10 e Figura 11, respectivamente.

Figura 9 - Mictório instalado na academia do bairro Coqueiros.



Figura 10 - Torneira de lavatório instalada na academia do bairro Coqueiros.



Figura 11 - Ducha instalada na academia do bairro Coqueiros.



4.1.1. Vazões e consumos dos equipamentos hidrossanitários

Os consumos de água das bacias sanitárias e dos mictórios foram estimados por meio de consulta às fichas técnicas destes equipamentos. Segundo o documento do fabricante das caixas de descarga previstas para as bacias sanitárias da academia de Palhoça, são utilizados em média 6,8 litros de água por descarga, logo, foi considerado este valor para o consumo por acionamento. No caso dos mictórios, o volume por acionamento informado na ficha técnica da válvula de descarga é de 1,2 litro.

A vazão das duchas, assim como realizado para as bacias sanitárias e para os mictórios, foi estimada em consulta a documento do fabricante devido à impossibilidade de estimar o quanto, em média, os usuários abrem o registro. O catálogo do fabricante informa que a ducha fornece vazão constante entre sete e doze litros por minuto, considerando-se a vazão de 9,5 litros por minuto para estimar o consumo das duchas.

A Tabela 5 apresenta, para as torneiras dos lavatórios, o consumo de água por acionamento para cada amostra e o consumo médio por acionamento resultante. Este último valor foi considerado como o consumo de água por acionamento das torneiras de lavatório da academia de estudo.

Tabela 5 - Consumo de água por acionamento das torneiras dos lavatórios.

Equipamento	Consumo (L/acionamento)			Consumo médio (L/acionamento)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
Torneira 1	0,428	0,428	0,414	0,423
Torneira 2	0,477	0,477	0,480	0,478
Torneira 3	0,484	0,493	0,482	0,486
Torneira 4	0,597	0,589	0,587	0,591
Torneira 5	0,496	0,485	0,474	0,485
Torneira 6	0,500	0,504	0,497	0,500
Consumo médio (L/acionamento)				0,495

A vazão estimada para torneira da copa da academia de estudo foi de 0,089 litro por segundo, correspondendo à média entre os valores das nove amostras levantadas com o auxílio dos funcionários da academia. A Tabela 6 apresenta os dados obtidos para cada amostra.

Tabela 6 - Vazão da torneira da copa.

Amostra	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)
Amostra 1	2,055	32	0,064
Amostra 2	1,963	22	0,089
Amostra 3	2,051	26	0,079
Amostra 4	2,073	24	0,086
Amostra 5	2,093	19	0,110
Amostra 6	2,018	20	0,101
Amostra 7	2,042	23	0,089
Amostra 8	2,048	22	0,093
Amostra 9	2,091	22	0,105
Vazão média (L/s)			0,089

Geralmente a torneira da copa é utilizada para lavagem de utensílios como potes e talheres. Para estimar o consumo do equipamento por uso foram acompanhadas três utilizações de cada funcionário que auxiliou no levantamento das vazões, sendo cronometrado o tempo em que a torneira permaneceu aberta. A média dos nove períodos representa o tempo médio de utilização, que ao ser multiplicado pela vazão média forneceu, em litros, o consumo de água por uso, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo de água por uso da torneira da copa.

Amostra	Tempo (s)
Amostra 1	20
Amostra 2	28
Amostra 3	22
Amostra 4	15
Amostra 5	22
Amostra 6	23
Amostra 7	17
Amostra 8	19
Amostra 9	25
Tempo médio (s)	21,22
Vazão média (L/s)	0,089
Consumo por uso (L)	1,89

Na visita realizada à academia de Coqueiros verificou-se que a limpeza da academia geralmente é realizada por meio de baldes de dez litros, sendo considerado este volume para o consumo de água por uso dos baldes. Neste trabalho foi desconsiderado o consumo de água

para lavagem de panos, tornando desnecessária a estimativa da vazão das torneiras para tanque e jardim.

4.2. Usos finais de água

Para estimar os usos finais de água adotados para a academia de estudo foi necessário o número de alunos e funcionários que frequentam a academia do bairro Coqueiros, assim como a estimativa da quantidade que frequentará a unidade de Palhoça. Esses dados foram fornecidos pela empresa proprietária das academias, mas a decisão foi de não os divulgar em razão do risco de impacto na operação das unidades ao torná-los públicos.

4.2.1. Questionários e entrevistas

Em razão do número de alunos e funcionários da academia de Coqueiros, foi considerado o erro amostral de 12% para determinar, por meio da Equação 15, a quantidade de amostras necessárias para aplicação dos questionários. Contudo, devido a disponibilidade dos funcionários e o número de alunos que responderam aos questionários, não foi possível coletar o tamanho da amostra necessária, ocasionando erros amostrais superiores a 12%. A Tabela 8 apresenta a porcentagem da população total que respondeu o questionário para cada grupo, além de separar por gênero e expor os respectivos erros amostrais.

Tabela 8 - Representatividade das amostras de hábitos de consumo obtidas na Smart Fit do bairro Coqueiros.

Grupo	Funcionários			Alunos		
	Total	Feminino	Masculino	Total	Feminino	Masculino
Percentual entrevistado	76%	86%	70%	3,04%	3,33%	2,77%
Erro amostral	13%	15%	21%	10%	14%	15%

Durante a entrevista com funcionários da empresa proprietária das academias, constatou-se que 41% dos funcionários da unidade localizada no bairro Coqueiros são mulheres, enquanto 59% são do gênero masculino. Em relação aos alunos, a distribuição entre os gêneros feminino e masculino é de 48% e 52%, respectivamente. Essas mesmas proporções foram consideradas na estimativa de alunos e funcionários que frequentarão a academia de Palhoça.

As Tabelas 9 e 10 apresentam os dados sobre os hábitos de consumo extraídos dos questionários aplicados aos funcionários e alunos. Para o mictório e bacia sanitária foi considerada a possibilidade de utilização do equipamento sem acionar a descarga, sendo que para a bacia sanitária foi contabilizado apenas um acionamento por uso dos usuários que relataram acionar a descarga, pois o documento da fabricante das caixas acopladas informa que o tempo para enchimento para nova descarga completa é entre 32 e 160 segundos.

Tabela 9 - Hábitos de consumo de água dos funcionários da academia Smart Fit de Coqueiros.

Equipamento	Descrição	Quantidade³
Torneiras dos lavatórios	Acionamentos	8,23 acionamentos/dia
Duchas VF ¹	Tempo de utilização	700,00 s
Duchas VM ²	Tempo de utilização	256,14 s
Mictório	Acionamentos	4,14 acionamentos/dia
Bacia sanitária VF ¹	Acionamentos	6,67 acionamentos/dia
Bacia sanitária VM ²	Acionamentos	2,71 acionamentos/dia
Torneira da copa	Usos	3,08 usos/dia

Nota 1: VF é o vestiário feminino.

Nota 2: VM é o vestiário masculino.

Nota 3: Valores médios diários por funcionário.

Tabela 10 - Hábitos de consumo de água dos alunos da academia Smart Fit de Coqueiros.

Equipamento	Descrição	Quantidade³
Torneiras dos lavatórios	Acionamentos	4,55 acionamentos/dia
Duchas VF ¹	Tempo de utilização	144,49 s
Duchas VM ²	Tempo de utilização	69,55 s
Mictório	Acionamentos	1,77 acionamentos/dia
Bacia sanitária VF ¹	Acionamentos	1,04 acionamentos/dia
Bacia sanitária VM ²	Acionamentos	0,34 acionamentos/dia

Nota 1: VF é o vestiário feminino.

Nota 2: VM é o vestiário masculino.

Nota 3: Valores médios diários por aluno.

Verifica-se que os usuários do gênero feminino consomem, em média, mais água devido a utilização das duchas, tanto entre os alunos, como entre os funcionários. O mesmo ocorre para as bacias sanitárias, entretanto, neste caso os usuários masculinos possuem o mictório como alternativa para suprir parcialmente as necessidades de uso.

Nas entrevistas realizadas com os funcionários responsáveis pela limpeza da academia de Coqueiros verificou-se que quatro funcionários exercem esta função de segunda-feira a sexta-feira, dois homens e duas mulheres, divididos em dois turnos. Aos sábados e domingos,

em que a academia funciona em horário reduzido, trabalham dois funcionários em turno único, sendo um de cada gênero. Desta forma, os funcionários da limpeza trabalham seis dias por semana.

A Tabela 11 apresenta a quantidade estimada por cada funcionário de usos diários de baldes de dez litros, excluindo os usos para limpeza do escritório, que ao ser multiplicada pelos seis dias trabalhados por semana resulta na quantidade semanal de baldes utilizada nas atividades de limpeza.

Tabela 11 - Usos de baldes de água de dez litros pelos funcionários da limpeza da Smart Fit de Coqueiros.

Funcionário	Baldes por dia	Baldes por semana
Feminino 1	8	48
Masculino 1	7	42
Feminino 2	5	30
Masculino 2	8	48
Total de baldes por semana		168

4.2.2. Estimativa do consumo mensal de água

Definidos os consumos de água dos equipamentos hidrossanitários que serão utilizados na academia de Palhoça e os hábitos de consumo dos usuários da academia do bairro Coqueiros, foi possível estimar o consumo mensal de água para os usos finais, conforme exposto na Tabela 12. Para o cálculo foram empregadas as equações de consumo presentes na seção 3.3.2, considerando a média anual de 30 dias por mês.

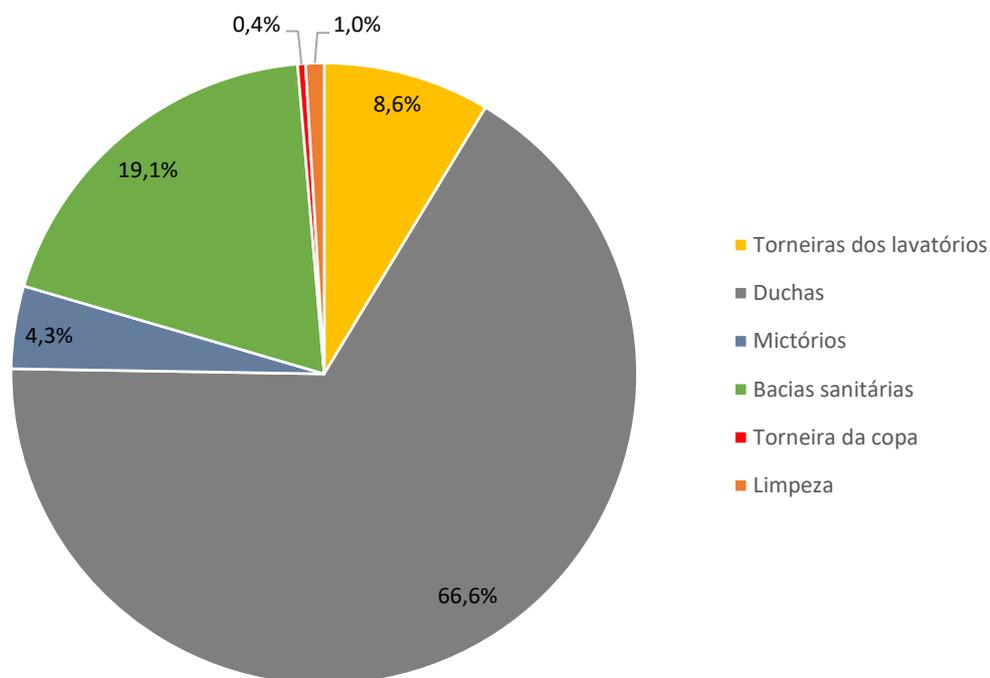
Tabela 12 - Estimativa do consumo mensal de água para a academia de Palhoça.

Uso	Consumo (L)
Torneiras dos lavatórios	64.849
Duchas	501.732
Mictórios	32.349
Bacias sanitárias	143.629
Torneira da copa	3.041
Limpeza	7.200
Total	752.800

A Figura 12 apresenta a distribuição percentual dos usos finais no consumo total estimado para a academia de Palhoça. As duchas são responsáveis pela maior parte do consumo,

representando 66,6% do total. Os usos finais de água não potáveis, referentes aos mictórios, bacias sanitárias e limpeza, correspondem a 24,4% do consumo estimado, representando a parcela que poderia ser suprida pelo sistema de aproveitamento de água pluvial e equivalente ao consumo mensal de água de 183.178 L.

Figura 12 - Usos finais estimados para a academia Smart Fit de Palhoça.



4.3. Reservatórios de água pluvial

4.3.1. Volume do reservatório superior de água potável

O consumo médio diário de água dos usos finais não potáveis foi calculado por meio da divisão do consumo mensal destes usos pela média de 30 dias no mês, atingindo o valor de 6.105,93 L. Foi selecionado o volume comercial mais próximo a este valor, correspondente a 5.000 L, como volume do reservatório superior.

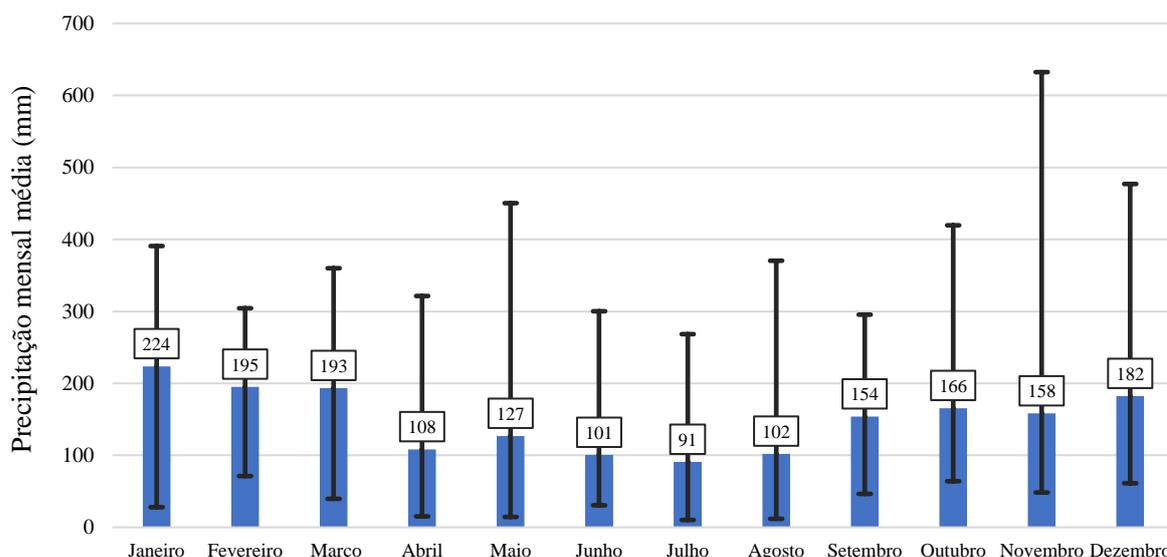
4.3.2. Dados pluviométricos

Para estabelecer o volume do reservatório inferior de água pluvial por meio do programa Netuno foram utilizados os dados diários de precipitação fornecidos pelo Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET). Foram adotados como base os dados coletados pela estação meteorológica automática nº 806 entre 01/02/2003 e 31/01/2024, contudo, constatou-se que para este período não foram registradas as informações de precipitação correspondentes a 613 dias. Utilizou-se a estação convencional nº 83.897 como complemento por estar situadas no mesmo local da estação automática, servindo para fornecer a precipitação dos dias em que não houve o registro da estação nº 806, restando 75 dias sem registro de precipitação por ambas as estações.

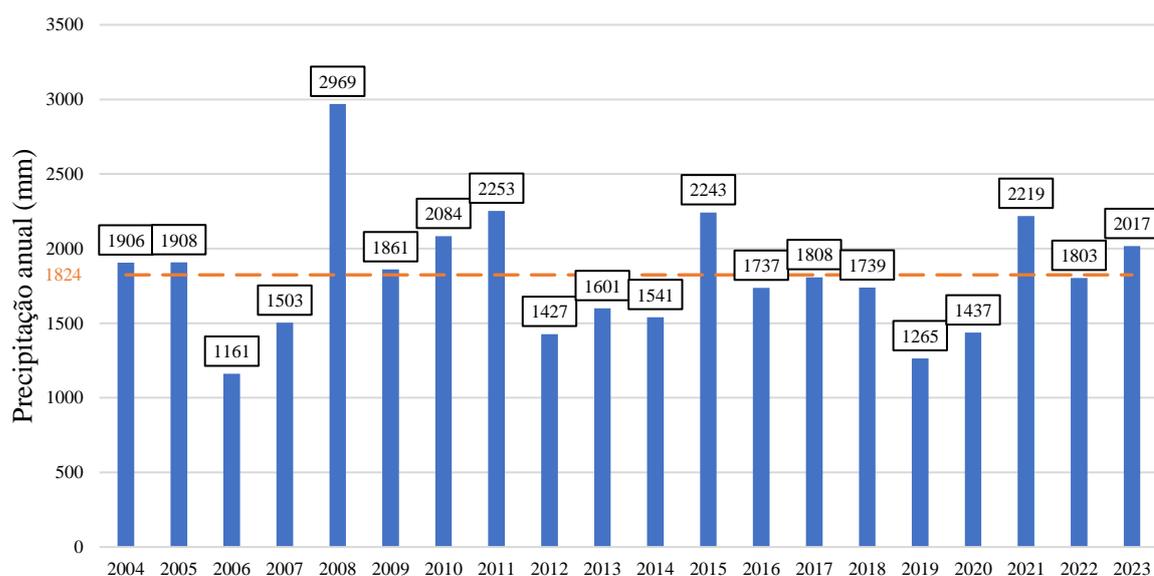
A partir das informações coletadas das estações meteorológicas foi elaborado o gráfico com as precipitações médias mensais, presente na Figura 13. Verifica-se que, apesar de certa regularidade, os meses de verão tendem a ser mais chuvosos, enquanto o inverno é a estação mais seca. O mês de janeiro corresponde a maior precipitação média, de 224 mm, e julho é o mês com menor valor, de 91 mm. A precipitação média mensal para todo o período de análise é de 150 mm e a média diária é de 4,98 mm.

Figura 13 - Precipitação mensal entre fevereiro de 2003 e janeiro de 2024.



A Figura 14 apresenta a precipitação anual entre 2004 e 2023, cujos valores variam entre 1.161 mm, correspondente ao ano de 2006, e 2.969 mm, em 2008. Neste ano Santa Catarina sofreu com o maior volume mensal de chuva já registrado no estado devido as precipitações ocorridas no mês de novembro (EPAGRI, 2019). A média anual levantada é de 1.824 mm.

Figura 14 - Precipitação anual entre 2004 e 2023.



4.3.3. Volume do reservatório inferior de água pluvial

Para determinar o volume do reservatório inferior de água pluvial foi realizada simulação no programa Netuno para reservatório com diversos volumes e com reservatório superior de água pluvial de volume conhecido, cujas variáveis inseridas no programa estão presentes na Tabela 13. A simulação foi realizada considerando a demanda diária total de água como o consumo total mensal estimado na Tabela 12 dividido pela média de 30 dias no mês.

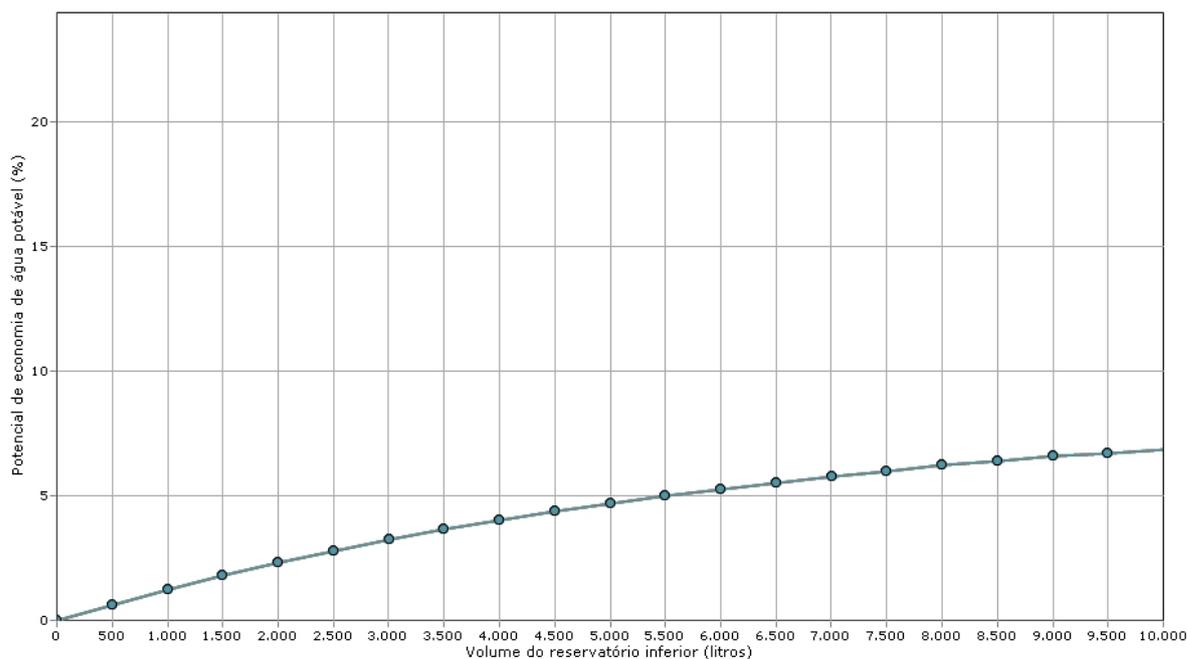
Tabela 13 - Dados de entrada para simulação do volume do reservatório inferior de água pluvial no programa Netuno.

Variável	Valor
Dados de precipitação	De 01/02/2003 até 31/01/2024
Descarte escoamento inicial (mm)	2
Área de captação (m ²)	638,45
Demanda diária total de água (L)	25.093
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	24,4
Coefficiente de escoamento superficial	0,85
Volume do reservatório superior de água pluvial (L)	5.000
Volume máximo do reservatório (L)	10.000
Intervalo entre volumes (L)	500
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m ³)	1

Para estabelecer o descarte do escoamento inicial para limpeza da superfície de captação foi consultada a norma NBR 15527 (ABNT, 2019), que recomenda o descarte dos primeiros 2 mm precipitados. Foi considerado o percentual a ser substituído por água pluvial como a soma dos usos finais não potáveis, representados pelos mictórios, bacias sanitárias e limpeza. As demais variáveis seguem as diretrizes previstas na seção 3.4.

A simulação resultou na relação entre o potencial de economia de água potável e o volume do reservatório de água pluvial apresentada na Figura 15. Neste caso, o volume ideal do reservatório inferior não foi encontrado, ou seja, o volume limite de 10.000 L é inferior ao ideal.

Figura 15 – Simulação do programa Netuno para o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial.



Devido ao resultado da simulação para reservatório inferior com limite de 10.000 L, realizou-se nova simulação, aumentando o volume limite para 20.000 L. Sob estas condições, o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial encontrado foi de 11.000 L, com potencial de economia de água potável de 7,04%, que representa uma economia mensal de 52.997 L de água potável.

Em consulta aos volumes de reservatórios comercializados em lojas da Grande Florianópolis, verificou-se que o volume disponível mais próximo ao ideal é de 10.000 L. Logo, considerou-se neste estudo a implantação de reservatório inferior de água pluvial com este

volume. Por fim, para definir a economia de água potável com a utilização do reservatório de 10.000 L, foi realizada nova simulação no Netuno para reservatório inferior com volume conhecido. Obteve-se potencial de economia de água potável de 6,08%, que corresponde a 45.770 L mensais.

4.4. Análise econômica

A realização da análise econômica foi baseada no VPL, período de retorno e TIR para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, obtidos por meio de simulação realizada no programa Netuno. Foram estimados os custos iniciais e operacionais, assim como a inflação, TMA e período de reajuste das tarifas de água e energia elétrica.

4.4.1. Levantamento de custos

Os custos iniciais foram divididos entre os reservatórios, motobomba, mão de obra e tubulações, conexões e filtros. Foram realizados orçamentos em três lojas da Grande Florianópolis para os reservatórios e para a motobomba e adotado o menor valor. Para os reservatórios superior e inferior de água pluvial foram orçados reservatórios de polietileno com capacidade para 5.000 e 10.000 litros, respectivamente. O modelo de motobomba orçado foi o BCR-2010, com potência de um cavalo-vapor, da fabricante Schneider, que dispõe da mesma especificação prevista em projeto para o recalque do sistema de água potável. A Tabela 14 apresenta os valores de cada equipamento orçados pelas três lojas considerando a entrega.

Tabela 14 - Valores de reservatório e motobomba em três lojas da Grande Florianópolis.

Loja	Reservatório de polietileno de 5.000 L (R\$)	Reservatório de polietileno de 10.000 L (R\$)	Motobomba BCR-2010 (R\$)
Casas da Água	3.350,00	6.780,00	910,00
Cassol	2.636,58	4.989,00	829,82
Leroy Merlin	2.669,90	5.795,53	836,15

Os custos iniciais para implantar o sistema de aproveitamento de água pluvial são apresentados na Tabela 15. Considerou-se a utilização de uma motobomba reserva do mesmo modelo. Foi utilizado o custo com mão de obra de 24% dos valores dos reservatórios e

motobombas, enquanto as tubulações, conexões e filtros corresponderam a 15% do custo dos demais itens de implantação.

Tabela 15 - Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Item	Valor (R\$)
Reservatórios de polietileno	7.625,58
Duas motobombas TSP-4-2DC	1.659,64
Mão de obra	2.228,45
Tubulações, conexões e filtros	1.727,05
Custos total de implantação	13.240,72

Os custos operacionais adotados neste trabalho são de limpeza dos reservatórios e operação da motobomba. Realizou-se orçamento de limpeza para os dois reservatórios com uma empresa da Grande Florianópolis especializada neste serviço, cujo valor apresentado e aplicado na análise econômica foi de R\$ 1.600,00. Foi utilizada a periodicidade de limpeza de seis meses.

O custo operação da motobomba foi estabelecido com base nas características de operação do equipamento, fornecidas pelo fabricante, e no custo da tarifa de energia elétrica. Para a altura manométrica de projeto, a vazão da motobomba é de aproximadamente 2.500 litros por hora, com rendimento de 30%. Para estabelecer o custo da tarifa de energia elétrica foram somados os valores das faturas, emitidas pela Celesc e pela agente de comercialização, referentes ao consumo da academia de Coqueiros para o mês de setembro de 2024. Conforme apresentado na Tabela 16, o somatório foi dividido pelo consumo no período para estabelecer o custo do quilowatt-hora, o qual já contempla os impostos incidentes sobre as faturas.

Tabela 16 - Estimativa do custo do quilowatt-hora com base nas faturas de energia elétrica da academia de Coqueiros para o mês de setembro de 2024.

Variáveis	Valores
Tarifa Celesc (R\$)	5.636,25
Tarifa agente de distribuição (R\$)	3.934,16
Consumo (kWh)	14.177
Custos da tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)	0,675

Para estimar a economia financeira com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, foram consideradas as tarifas de água para consumidores comerciais aplicadas pela CASAN para o mês de setembro de 2024, expostas na Tabela 17. Como no endereço de

construção da academia não há rede pública de coleta e tratamento de esgoto, foi desconsiderada a contribuição da tarifa de esgoto. Foi adotada a periodicidade de reajuste das tarifas de água e energia elétrica de doze meses.

Tabela 17 - Tarifas de água aplicadas aos consumidores comerciais pela CASAN no mês de setembro de 2024.

Faixa de consumo	Volume (m³)	Valor
-	Tarifa fixa de infraestrutura	R\$ 43,31
1	1 a 10	R\$ 6,37 / m ³
2	11 a 50	R\$ 17,89 / m ³
3	51 a 99999	R\$ 22,51 / m ³

Nota: Tarifa de esgoto igual a 100% da tarifa de água.

Fonte: Adaptado de CASAN ([2024]).

Foram consideradas a TMA e inflação mensais de 0,57% e 0,36%, respectivamente, assim como período de análise de 20 anos, conforme descrito na seção 3.5.

4.4.2. Viabilidade econômica

A análise econômica proveniente da simulação realizada no Netuno resultou no VPL de R\$ 146.085,85, com a taxa interna de retorno de 6,99% ao mês e período de retorno do investimento de quinze meses. Tais indicadores sinalizam a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na academia de estudo como um investimento viável. Contudo, realizou-se nova simulação, considerando o cenário futuro de uma possível ampliação na rede pública de coleta e tratamento de esgoto, de forma a atender a academia. Neste caso, a economia com o aproveitamento de água pluvial dobraria em razão da cobrança da tarifa de esgoto igual a 100% da tarifa de água fornecida pelo sistema público de abastecimento. Para este cenário obteve-se um VPL de R\$ 359.946,54, com TIR de 15,86% e tempo de retorno do investimento de oito meses.

Verificou-se o período de retorno do investimento para implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em outros estudos desenvolvidos na região da Grande Florianópolis. Delowski (2023), obteve um tempo de retorno do investimento de sete meses para a instalação do sistema em um edifício residencial multifamiliar em que os usos finais não potáveis estimados corresponderam a 28,56% do consumo total da edificação. No estudo desenvolvido por Dalsenter (2016), que analisou a possibilidade de implantação em três blocos

residenciais multifamiliares em que os usos finais não potáveis correspondiam entre 22,1% e 26,6% do consumo total, o tempo de retorno do investimento variou entre doze e treze meses. Por fim, Figueroba (2023) obteve um período de retorno do investimento de 73 meses para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial com custo de R\$ 127.060,20 devido a previsão de instalação de duas estações de tratamento de água pluvial.

Devido aos indicadores de viabilidade econômica obtidos para a academia de Palhoça e reforçados pelos indicadores dos demais estudos expostos nesta seção, considerou-se a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial viável economicamente. Contudo, a falta de estudos destinados ao aproveitamento de água pluvial em academias e similares impossibilita o comparativo dos resultados com modelos mais próximos.

5. Conclusão

Este trabalho analisou o potencial de economia de água potável para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma academia de musculação da rede Smart Fit, a ser construída na cidade de Palhoça, Santa Catarina.

Estimou-se o consumo mensal total de água para a academia de estudo de 752.800 litros, sendo as duchas responsáveis por 66,6% deste valor. Os usos finais passíveis de serem atendido por água não potável, relativos aos mictórios, bacias sanitárias e limpeza, corresponderam a 24,4% do consumo total, o que equivale a 183.178 litros por mês.

Adotou-se o volume de 5.000 L para o reservatório superior de água pluvial, pois é o volume comercial mais próximo da demanda diária de água dos usos finais que poderiam ser supridos por água pluvial. Para determinar o volume ideal do reservatório inferior foi realizada uma simulação no programa Netuno, considerando o percentual da demanda total de água a ser substituída por água pluvial de 24,4%. O volume ideal obtido para o reservatório foi de 11.000 L, que corresponde a economia de água potável de 7,04%.

Na análise econômica estimou-se o custo de implantação de R\$ 13.240,72 para o sistema de aproveitamento de água pluvial com reservatório inferior de 10.000 L. A partir de simulação realizada no Netuno, desconsiderando a tarifa de esgoto devido à ausência de rede pública de coleta e tratamento, obteve-se o período de retorno do investimento de quinze meses. Ao considerar o cenário com a cobrança da tarifa de esgoto proveniente de uma possível ampliação da rede pública de coleta e tratamento de esgoto, resultou no período de retorno do investimento de oito meses. Tendo em vista que a cobertura de coleta e tratamento de esgoto nas áreas de abrangência da CASAN é de 34,6% (CASAN, 2024) e que a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (Brasil, 2020), estabelece que 90% da população deve possuir acesso a coleta e tratamento de esgoto até 2033, considerou-se o cenário de futuro atendimento pela rede pública de esgoto como provável.

Portanto, concluiu-se que a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial na academia de estudo é viável economicamente e resulta em uma significativa redução no consumo de água potável. Os indicadores financeiros podem ser ainda mais favoráveis em caso de futuro atendimento pela rede pública de coleta e tratamento de esgoto. A implantação do sistema é uma medida que contribui para assegurar o abastecimento em centros urbanos, em especial no cenário brasileiro de amplo crescimento da demanda de água. Este trabalho corrobora com resultados obtidos em outros estudos acerca do tema realizados na Grande Florianópolis. Por fim, identificou-se a necessidade de novos estudos relacionados ao

aproveitamento de água pluvial em academias e tipologias semelhantes, o que pode estimular a implantação de sistemas como o apresentado neste trabalho e permitir o comparativo dos resultados para diferentes propostas.

5.1. Limitações do trabalho

Durante a realização deste trabalho, as seguintes limitações foram encontradas:

- Falta de dados na literatura sobre aproveitamento de água pluvial em academias de musculação;
- Número de amostras dos usuários inferior ao desejado;
- Incertezas nas respostas dos usuários sobre os hábitos de consumo;
- Dificuldades em estimar o custo com mão de obra, tubos, filtros e conexões para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.
- Não realização do dimensionamento da motobomba para a vazão e altura manométrica do sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Possibilidade de os hábitos de consumo da academia de Palhoça serem significativamente diferentes aos da academia de Coqueiros, principalmente pela diferença geográfica;
- Possibilidade de alterações na execução da obra da academia de Palhoça em relação ao projetado, principalmente nos modelos dos equipamentos hidrossanitários;
- Possibilidade de variação entre o consumo medido dos equipamentos hidrossanitários da academia de Coqueiros e os instalados na academia de Palhoça.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Ao fim deste trabalho, os seguintes assuntos são sugeridos para serem abordados em trabalhos futuros:

- Analisar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em academias de musculação de diferentes regiões brasileiras;
- Verificar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em academia de musculação em operação na Grande Florianópolis;

- Verificar a viabilidade econômica de implantação de um sistema de tratamento de água pluvial para tornar o consumo próprio para banhos, permitindo suprir o principal uso final encontrado neste estudo;
- Projetar o sistema de aproveitamento de água pluvial e realizar o levantamento de custos detalhado dos tubos, conexões, filtros e mão de obra.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-4: Avaliação de bens. Parte 4: Empreendimentos.** Rio de Janeiro, 2002. 16 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2019. 10 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos de Água no Brasil.** Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWE2ZTE1NmItOGUyZS00ZTc1LTljMzUtNDgwYjVhODcyNW11IiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItdm90YjRkLTkyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 03 maio 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2017.** 2017. 169p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2023.** 2024. 118p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** 2019a. 75p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes>. Acesso em: 31 mai. 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano Nacional de Segurança Hídrica.** 2019b. 111p. Disponível em: <https://www.ppi.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/pnsh.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais.** 8. ed. Florianópolis: Ufsc, 2012. 318 p.
- BONA, Berenice de Oliveira; GONÇALVES, Daiane; MUNEROLI, Jessica Citron; ZANATA, Jessica; FREIRE, Nilson da Luz. **Aproveitamento da Água da Chuva para Fins Não**

- Potáveis em Edificação Multifamiliar na Cidade de Carazinho (RS). In: MACHADO, Marcos William Kaspchak. **A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 4**. Belo Horizonte: Atena, 2018. p. 180-192.
- BOMBINHAS. **Lei Complementar nº 369**, de 10 de novembro de 2021. Dispõe sobre a revisão do Código de Obras do Município de Bombinhas. Bombinhas, 10 nov. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 9433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 09 jan. 1997.
- BRASIL. **Lei nº 13501**, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 31 out. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 14026**, de 15 de julho de 2020. . Brasília,
- BRASIL. **Lei nº 14.546**, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reuso não potável das águas cinzas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 5 out. 2023.
- BRUCH, Julia Teresa. **Projeto de Instalações Hidrossanitárias com Aquecimento Solar e Aproveitamento de Água Pluvial em uma Edificação Residencial Multifamiliar**. 2018. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Santa Catarina). **CASAN reforça investimentos para ampliação do saneamento e instalação de reservatórios mais modernos**. 2024. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-reforca-investimentos-para-ampliacao-do-saneamento-e-instalacao-de-reservatorios-mais-modernos#0>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Tarifas**. (Santa Catarina) [2024]. Disponível em: <https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Tarifas/Tabela%20Tarif%C3%A1ria%202024-RTE.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Santa Catarina). **Manual do Usuário CASAN**. 2023. Disponível em: https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/2023-11_-_Manual_Usuario_4_ed.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.
- CURITIBA. **Decreto nº 293**, de 22 de março de 2006. Regula a Lei nº 10.785 e dispõe sobre os critérios de uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. Curitiba, 22 mar. 2006.
- CURITIBA. **Lei Complementar nº 10.785**, de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Curitiba, 18 set. 2003.
- DELOWSKI, Lucas Carvalho. **Análise de viabilidade econômica e potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em Florianópolis**. 2023. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.
- DALSENTER, Marta Elisa Vettori. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC**. (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- DIAS, Rosineide da Silva. **Recursos naturais: uso, proteção e fiscalização**. Manaus: Ministério da Educação, 2013.
- EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). **Após chuvas de 2008, Epagri consolida maior rede estações meteorológicas do País**. 2019. Disponível em: <https://blog.epagri.sc.gov.br/index.php/apos-chuvas-de-2008-epagri-consolida-maior-rede-estacoes-meteorologicas-do-pais/>. Acesso em: 17 out. 2024.
- FASOLA, Gabriel Balparda; GHISI, Enedir; MARINOSKI, Ana Kelly; BORINELLI, Jaffer Bressan. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, dez. 2011.
- FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.
- FIGUEROBA, Caio Morelli. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de Estratégias de Redução do Consumo de Água Potável na Biblioteca Central da Universidade**

- Federal de Santa Catarina**. 2023. 176 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.
- FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº 567**, de 04 de julho de 2016. Inclui os arts. 188A ao 188D na Lei Complementar nº 60, de 2000. Florianópolis, 4 jul. 2016.
- GHISI, Enedir.; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4**. Manual do Usuário. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf. Acesso em: 29 jun. 2024.
- GHISI, Enedir.; OLIVEIRA, Sulayre Mengotti. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, Inglaterra, v. 42, p. 1731-1742, 2007.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do Senso 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 30 jul. 2024.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapa de Estações Meteorológicas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- ISTCHUK, R. N.; GHISI, E. Influence of design variables on the financial feasibility of rainwater harvesting systems. *Water*, v. 15, p. 1112, 2023.
- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2006.
- LAGE, Epaminondas de Souza. **Aproveitamento de Água Pluvial em Concessionária de Veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- LIMA, Fabiano Roberto Santos de. **Viabilidade Econômica e Financeira de Projetos**. Volta Redonda: Ferp, 2019. 144 p.
- MARINOSKI, A.K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de Ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MIRANDA, Joseane Borges de. **Engenharia Econômica**: livro didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2011. 149 p.

- MURÇA, Mayara Condé Rocha; JULIO, Marcelo de; MORUZZI, Rodrigo Braga. Metodologia de Otimização para o Dimensionamento de Reservatórios de Águas Pluviais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 29-40, jun. 2014.
- OLIVEIRA, Lucia Helena de; ILHA, Marina S. de Oliveira; GONÇALVES, Orestes M.; YWASHIMA, Laís; REIS, Ricardo Prado Abreu. **Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: Finep, 2007. 107 p. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/tecnologias-para-construcao-mais-sustentavel/HabitacaomaisSustentavel_D2.1_agua.pdf. Acesso em: 11 maio 2024. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.
- PALHOÇA. **Lei nº 4.631**, de 27 de junho de 2018. Estabelece a política municipal de captação armazenamento e aproveitamento de águas pluviais. Palhoça, 5 jul. 2018.
- PROENÇA, Lúcio Costa; GHISI, Enedir. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 95-108, 2009.
- RAMOS, Paulo Jorge. **Análise do potencial de economia de água potável por meio da utilização de água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado em Matão - SP**. 2017. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- REIS, Pedro Henrique Ribeiro. **Avaliação Econômica de Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em Edificação Residencial Multifamiliar em Três Capitais Brasileiras**. 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- RUPP, Ricardo Formagiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, dez. 2011.
- SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira. Universidade de Brasília. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Edificações: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção**. Brasília, 2017. 56 p.
- SANTA CATARINA. **Decreto nº 1.846**, de 20 de dezembro de 2018. Regulamenta o serviço de abastecimento de água para consumo humano no Estado de Santa Catarina e estabelece outras providências. Florianópolis, 20 dez. 2018.
- SANTOS, Susanna Almeida dos. **Análise Comparativa do Uso de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas na Rodoviária do**

- Plano Piloto, Brasília-DF.** 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- SÃO PAULO. **Lei nº 12.526**, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, 02 jan. 2007.
- SÃO PAULO. **Lei nº 17.394**, de 15 de setembro de 2021. Dispõe sobre o Poder Executivo, por meio do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado a instalação de cisterna de coleta para captação de água da chuva. São Paulo, 15 set. 2007.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto.** Brasília: Ministério das Cidades, 2023. 107 p.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico no Brasil.** Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/regionalizacao/web/site>. Acesso em: 04 maio 2024.
- TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2003
- VIOLA, Heitor; NUNES, Riane Torres S.; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de. **Aproveitamento de Águas Pluviais como Potencial Ação Mitigadora dos Efeitos das Mudanças Climáticas: o caso da cidade do samba no município do rio de janeiro.** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.
- ZERBINATTI, Oberdan Everton; SOUZA, Ivan Ulisses Lara de; PEREIRA, Ademir José; SILVA, Adriano Bortolotti da; SILVA, Adriano Bortolotti da. Qualidade da Água Proveniente da Chuva Coletada em Diferentes Telhados. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 3, p. 19-37, set. 2011.

Apêndice 1: Questionário aplicado aos funcionários da academia Smart Fit do bairro Coqueiros

Questionário sobre hábitos de consumo de água dos funcionários da academia Smart Fit do bairro Coqueiros

Responda o questionário com base no período em que você está trabalhando na academia Smart Fit do bairro Coqueiros.

Função: _____ Gênero: _____

1) Qual dos vestiários você costuma utilizar quando está trabalhando?

Feminino Masculino PNE

2) Em média, quantas vezes por dia você utiliza as torneiras dos lavatórios?

R.: _____

2.1) Em média, quantas vezes você aciona a torneira do lavatório cada vez que a utiliza?

R.: _____

3) Em média, quantas vezes por dia você utiliza os vasos sanitários? R.: _____

3.1) Você costuma acionar a descarga quando utiliza o vaso sanitário no trabalho?

Sim Não

4) Em média, quantas vezes por dia você utiliza os mictórios? R.: _____

4.1) Em média, quantas vezes você aciona a descarga do mictório cada vez que o utiliza?

R.: _____

5) Em média, quantas vezes por dia você costuma utilizar os chuveiros/duchas da academia?

R.: _____

5.1) Em média, quanto tempo costuma durar cada utilização do chuveiro/ducha?

R.: _____ minutos.

6) Em média, quantas vezes por dia você utiliza a torneira da copa?

R.: _____