



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

Lucas Carvalho Delowski

Análise de viabilidade econômica e potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em Florianópolis

Florianópolis

2023

Lucas Carvalho Delowski

Análise de viabilidade econômica e potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em Florianópolis.

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

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, Ph.D.

Florianópolis

2023

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

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 / Lucas Carvalho Delowski ; orientador, Enedir Ghisi, 2023.

67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento de água pluvial. 3. Programa Netuno. 4. Economia de água. 5. Viabilidade econômica. I. Ghisi, Enedir. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Lucas Carvalho Delowski

Análise de viabilidade econômica e potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em Florianópolis.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “bacharel em Engenharia Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Enedir Ghisi

Data: 06/12/2023 17:51:46-0300

CPF: ***.750.189-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Enedir Ghisi, Ph.D.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

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

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Igor Catão Martins Vaz

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis

Novembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais Rosana e Daniel (*in memoriam*) por me proporcionarem sempre as melhores condições possíveis para estudar, me desenvolver como pessoa e por todo o apoio incondicional ao longo desses anos longe de casa.

Aos meus familiares, em especial às minhas tias Lourdes e Roseli, aos meus tios Amauri e Luis, à minha avó Marly e ao meu padrasto Carlos, que me ajudaram diretamente em algum período durante a graduação, e a todos os demais que me incentivaram desde o início, por todo o carinho e suporte recebidos.

À minha namorada Valeska, por todo o afeto, incentivo e apoio, principalmente durante a elaboração deste trabalho, sempre me motivando e acreditando em mim.

Aos amigos que fiz nessa jornada e com certeza levarei para o resto da vida, em especial Sérgio, Gadoni, Malu, Spock e André, por toda a parceria e companheirismo durante esses anos.

Aos professores que passaram por toda a minha vida estudantil, pelos ensinamentos necessários para chegar até aqui.

Às pessoas que se mostraram dispostas a ajudar na pesquisa abordada neste estudo, em especial a síndica Nádia Pires e a subsíndica Lídia Nolio, do condomínio Itambé, por todo o auxílio em obter as informações necessárias.

Ao professor EneDir Ghisi, por toda orientação, dedicação, paciência e ensinamentos durante a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A água é um recurso indispensável para o desenvolvimento da vida na Terra. A humanidade depende diretamente da disponibilidade desse precioso bem para as mais diversas atividades, desde consumo próprio até a geração de energia. Contudo, a água potável, que representa uma parcela pequena de todo o volume disponível no planeta, é um recurso limitado. Por esse motivo, adotar práticas racionais no uso da água potável e a utilização de métodos de aproveitamento são ações fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável. Dentre as alternativas que visam economizar a água potável, o aproveitamento de água pluvial para uso não potável em edificações residenciais destaca-se atualmente. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar o potencial de economia de água ao substituir usos não potáveis por água pluvial, além de avaliar a rentabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um condomínio multifamiliar em Florianópolis. O condomínio avaliado foi o Itambé, localizado no bairro Trindade. Foram selecionados quatro blocos que são abastecidos por um mesmo reservatório para análise do consumo. O programa computacional Netuno 4 foi escolhido para realizar as simulações dos tamanhos dos reservatórios, calcular os potenciais de economia de água potável e realizar análise de viabilidade econômica. Para os dados de entrada, foram obtidos valores referentes à pluviosidade histórica na região, área de captação da água pluvial, demanda média diária de água e percentual de substituição de água potável por água pluvial. No levantamento de dados relacionados aos hábitos de consumo dos moradores, questionários contendo frequências de utilização e tempo médio de uso foram distribuídos e aplicados entre os apartamentos dos quatro blocos estudados. Conhecendo o percentual de usos não potáveis da população analisada e o consumo médio contabilizado pela concessionária de água, foi possível dimensionar reservatórios ideais de água pluvial por meio do Netuno, juntamente com o potencial de economia de água potável. Obtidos os volumes ideais, um levantamento dos custos envolvidos na implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi feito, revelando a viabilidade econômica do empreendimento. Os resultados apresentados mostram que, a um custo de implementação de R\$15.293,19, o tempo de retorno do investimento foi de sete meses, sendo assim viável economicamente.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Economia de água potável. Netuno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da cidade de Florianópolis.	25
Figura 2 - Localização do condomínio em Florianópolis.	26
Figura 3 - Delimitações do terreno do condomínio.	26
Figura 4 - Localização dos quatro blocos analisados.	27
Figura 5 - Cobertura do bloco B5 com abertura e reservatório elevado.	32
Figura 6 - Cobertura do bloco B5.	32
Figura 7 - Calha de captação horizontal da cobertura do bloco B5.	33
Figura 8 - Precipitação média anual entre 1996 e 2022.	42
Figura 9 - Consumo mensal de água e valores das faturas do conjunto de blocos analisados.	47
Figura 10 - Potenciais de economia de água potável para os cinco cenários.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de coeficiente de escoamento superficial.....	34
Tabela 2 - Frequência e tempo médio de uso dos aparelhos hidrossanitários por morador.....	44
Tabela 3 - Vazões dos aparelhos hidrossanitários medidos.	45
Tabela 4 - Consumo médio diário de água potável estimado por habitante.....	45
Tabela 5 - Consumo percentual médio diário de água potável.	46
Tabela 6 - Moradores por bloco e média por apartamento.	48
Tabela 7 - Consumo médio mensal de água potável por bloco.....	48
Tabela 8 - Consumo médio diário per capita de água potável.	48
Tabela 9 - Percentuais de substituição de água potável por pluvial dos aparelhos selecionados.	49
Tabela 10 - Diferentes percentuais de substituição de água potável por pluvial simulados.	50
Tabela 11 - Dados de entrada inseridos nas simulações do Netuno.	51
Tabela 12 - Resultados dos dimensionamentos referentes aos 5 cenários.	53
Tabela 13 - Valores do reservatório inferior considerado nas lojas consultadas.....	55
Tabela 14 - Valores do reservatório superior considerado nas lojas consultadas.....	55
Tabela 15 - Valores relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.	56
Tabela 16 - Dados de entrada para análise econômica do Netuno.....	56

SUMÁRIO

1. Introdução	11
1.1. Contextualização	11
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo geral	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
1.3. Estrutura do trabalho	13
2. Revisão bibliográfica	14
2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos.....	14
2.2. Uso racional da água e aproveitamento de água pluvial	15
2.3. Dimensionamento de reservatórios	18
2.4. Considerações finais.....	23
3. Método	24
3.1. Considerações iniciais	24
3.2. Área de estudo	24
3.3. Objeto de estudo.....	25
3.4. Levantamento de dados	28
3.4.1. Medição das vazões.....	28
3.4.2. Estimativa dos usos finais	29
3.5. Estimativa do volume dos reservatórios	30
3.5.1. Dados de precipitação.....	30
3.5.2. Área de captação	31
3.5.3. Coeficiente de escoamento superficial.....	33
3.5.4. Demanda total de água	34
3.5.5. Percentual da demanda total substituída por água pluvial	34
3.5.6. Volume do reservatório superior	35
3.5.7. Volume do reservatório inferior	36
3.6. Análise econômica.....	36
4. Resultados	41
4.1. Considerações iniciais	41

4.2. Área de estudo	41
4.2.1. Dados de precipitação.....	41
4.2.2. Área de captação	42
4.3. Levantamento de dados	43
4.3.1. Consumos estimados de água potável	43
4.3.2. Medição das vazões.....	44
4.3.3. Estimativa dos usos finais	45
4.3.4. Consumo medido pela concessionária.....	46
4.3.5. Porcentagem de substituição de água potável por pluvial	49
4.4. Análise no Netuno.....	50
4.4.1. Volume do reservatório inferior	51
4.4.2. Volume do reservatório superior	54
4.5. Análise econômica.....	54
5. Conclusões	58
5.1. Conclusões gerais	58
5.2. Limitações do estudo	59
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE A.....	65

1. Introdução

1.1. Contextualização

A água é um recurso natural de importância imensurável para a humanidade. Além de desempenhar funções vitais nos seres vivos, a água possui papel fundamental em diversos setores da economia, entre eles o da construção civil. Neste contexto, o uso racional e o aproveitamento de água pluvial são medidas essenciais para o desenvolvimento sustentável.

A preocupação pela disponibilidade de água potável é algo recente na história. Por muitos anos, pensava-se que a água era um recurso infinito devido a sua abundante oferta em grande parte do planeta Terra. Entretanto, desde o século passado há um crescente debate a respeito da preservação desse bem tão valioso (CARMO et al., 2013).

Segundo Shiklomanov (1998), 75% da superfície do planeta é coberta por água, totalizando 1,386 milhões de km³. Destes, apenas 2,5% equivalem à água doce, porém mais da metade (68,9%) encontra-se sob a forma de geleiras e outros 29,9% estão armazenados em aquíferos subterrâneos. Conseqüentemente, apenas 0,3% de toda a água doce do planeta Terra está apta para ser captada e consumida diretamente de rios, lagos e reservatórios naturais.

Com o constante crescimento populacional, principalmente nos grandes centros urbanos, há também acentuado aumento da demanda por água potável (MARTINE; CAMARGO, 1984). Somam-se ainda os efeitos das mudanças climáticas, que com o aumento progressivo das temperaturas médias do planeta, ocasionam períodos prolongados de seca e distribuições irregulares das chuvas. Esses fatores provocam cada vez mais a busca pelo uso consciente e de forma otimizada da água disponível de maneira natural (GOMES; WEBER; DELONG, 2010).

Dentre as alternativas para auxiliar o suprimento da demanda de água, pode-se destacar o aproveitamento de água pluvial como uma opção viável para fins não potáveis. A água pluvial exige técnicas não muito complexas para sua captação, necessitando basicamente de um sistema de coleta e outro para seu tratamento, e pode ser utilizada para diferentes finalidades após esses procedimentos. Em edifícios residenciais, por exemplo, pode ser usada para descarga em bacias sanitárias,

lavagem de pisos e calçadas, irrigação de plantas e jardins, entre outros usos (APOSTOLIDIS; HUTTON, 2006).

Além de proporcionar economia de água potável, a captação, o armazenamento e posterior utilização de água pluvial possibilitam a redução de problemas relacionados às chuvas de grande intensidade nas áreas densamente povoadas. O desenvolvimento urbano acelerado e frequentemente não planejado resulta na diminuição das áreas permeáveis, ocasionando menor infiltração das águas pluviais nos solos. Em regiões onde a infraestrutura urbana de captação da água pluvial não é adequada, precipitações volumosas podem ocasionar inundações e alagamentos (DORNELLES, 2012). Assim, a captação da água pluvial reduz o escoamento sobre áreas impermeáveis como calçadas e pavimentos asfálticos, diminuindo o risco de alagamentos.

Estudos analisando os potenciais de economia de água potável após substituição, para fins não potáveis, por águas pluviais foram feitos por diversos autores, como Ghisi (2006) e Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006). Além disso, foram feitas comparações entre os métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial, como exemplificados nos estudos de Amorim e Pereira (2008) e Rupp, Munarim e Ghisi (2011).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a potencial economia de água potável com a utilização de sistema de aproveitamento de água pluvial para uso não potável no condomínio residencial Itambé, no bairro Trindade, em Florianópolis.

1.2.2. Objetivos específicos

Com o propósito de alcançar o objetivo geral estabelecido anteriormente, é pertinente segmentar as metas a serem atingidas em tópicos de menor complexidade:

- Estimar os usos de água para fins não potáveis;

- Estimar o volume necessário dos reservatórios de água pluvial com base em diferentes percentuais de substituição de água potável, no consumo médio diário e na área de captação de um conjunto de blocos do condomínio;
- Analisar os dados necessários para o estudo de implementação do sistema de captação de água pluvial e realizar análise de viabilidade econômica para instalação em edificações similares no futuro.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído de cinco capítulos. O primeiro capítulo tem por objetivo introduzir o tema, expondo algumas considerações relevantes para o estudo, além de listar os objetivos específicos que devem ser atingidos. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica que fundamenta os conceitos técnicos e teóricos necessários, com base em artigos científicos e resultados de outros trabalhos similares. O terceiro capítulo apresenta o método utilizado para designação do potencial de economia e detalha o objeto de estudo. No quarto capítulo, os resultados obtidos são apresentados e discutidos para definição dos volumes dos reservatórios necessários, o potencial de economia de água potável e a viabilidade econômica de implantação. Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões, assim como as limitações constatadas e sugestões para trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos

A distribuição de água ao redor do mundo apresenta grande variabilidade entre os continentes. Como explicita Shiklomanov (1998), o valor médio anual de água potável renovável em todo o planeta é de 42700 km³. Ásia e América do Sul são os continentes mais favorecidos, com uma quantidade absoluta de 13500 km³ e 12000 km³, respectivamente. Por outro lado, Europa e Oceania são os que captam o menor volume, 2900 km³ e 2400 km³, nesta ordem. Estes valores podem variar entre 15 e 25% em determinados anos, aumentando ou diminuindo a quantidade absoluta que cada continente tem disponível de água potável.

Além da América do Sul contabilizar elevado volume anual disponível de água renovável, o Brasil se destaca dentro do continente em relação aos demais países. Dentre todos os recursos hídricos superficiais gerados na região, 50% encontram-se em domínio brasileiro, o que corresponde a 11% do total em todo o mundo. Contudo, a maneira com que esses recursos se distribuem ao longo do ano e pelo território do Brasil é irregular. Somente a Amazônia brasileira é responsável por 71,10% da vazão total gerada nacionalmente, enquanto outras bacias apresentam no máximo 7% cada uma de todo esse volume (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001).

Apesar de a região norte do Brasil ser a maior responsável pela geração de recursos hídricos superficiais, é a região que apresenta o menor índice de atendimento total de água para sua população: apenas 60% no ano de 2021. Outra região que fica abaixo da média nacional (84,20%) é a nordeste, com índice de 74,70%. As regiões que se destacam no atendimento de água à população são a sul e sudeste, com taxas iguais a 91,40% e 91,50%, respectivamente, no ano de 2021 (SNIS, 2021).

Outra maneira de avaliar o acesso à água é relacionando o volume que uma pessoa tem disponível para uso no período de um ano, não sendo necessariamente a quantidade de água que ela de fato utilizará. Por exemplo, a disponibilidade hídrica per capita é de 628938 m³ por ano na bacia amazônica, enquanto na bacia hidrográfica do atlântico leste é de apenas 1835 m³ por habitante por ano (FREITAS; SANTOS, 1999). Portanto, mesmo tendo uma disponibilidade hídrica por habitante

muito maior na área contemplada pela bacia amazônica, não equivale dizer que todo esse volume será utilizado pela população.

A região mais crítica nesse sentido é a Nordeste, em que boa parte dos estados apresenta constante e periódico estresse hídrico. Mesmo com a disponibilidade per capita dos estados variando de 1270 a 16219 m³ por ano (Pernambuco e Maranhão, respectivamente), a utilização total é de apenas 268 e 61 m³ por habitantes por ano. Em contrapartida, o estado de Santa Catarina apresenta disponibilidade per capita de 12717 m³ ao ano, e utilização total de 366 m³ por habitante anualmente (LIMA, 2001).

Apesar dos dados de disponibilidade de água relativos ao início do século em Santa Catarina serem considerados altos pela *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2002), a preservação desse recurso deve ser prioridade. Segundo uma previsão feita por Ghisi (2006), considerando a taxa de crescimento populacional atual, nas próximas décadas as reservas de água doce no Brasil diminuirão consideravelmente. A partir de 2075, a região sul apresentará disponibilidade hídrica inferior a 5000 m³ por habitante por ano, nível este considerado baixo pela UNEP.

2.2. Uso racional da água e aproveitamento de água pluvial

Para minimizar os problemas de abastecimento hídrico que já ocorrem em diversos lugares e ocorrerão em muitos outros até o final do século, alternativas para evitar o desperdício de águas não poluídas têm se tornado cada vez mais comuns. Uma das opções que se destacam é o aproveitamento de água pluvial por meio de sistemas de captação, direcionando essa água para usos não potáveis em residências, edifícios comerciais e industriais.

Segundo May (2004), sistemas de aproveitamento de água pluvial existem há milhares de anos. No território em que hoje se encontra Israel, registros desse tipo de sistema datam de mais de 4000 anos. No período do Império Romano, a água pluvial já era coletada e armazenada em reservatórios destinados para essa finalidade. No Brasil, a instalação mais antiga de sistema de aproveitamento da água pluvial data do ano de 1943, construído no arquipélago de Fernando de Noronha.

Dentre os benefícios de realizar a captação de água pluvial estão: reduzir o consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento, minimizar o risco

de inundações após temporais, estimular a prática da conservação hídrica e autossuficiência para a população, entre outros. No processo de captação, é recomendado que seja descartada a primeira água que cai sobre o telhado. Isto se deve ao fato de que, além de possuir maior concentração de poluentes atmosféricos e microrganismos, a primeira água é responsável pela lavagem do telhado ou cobertura. Ao incidir sobre a superfície seca, materiais como folhas, poeira e até mesmo fezes de pequenos animais são transportados pela primeira água, que através do descarte adequado, diminuem a chance de contaminação (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

Conforme apurado por May (2004), o descarte da primeira água, que realiza a limpeza do telhado, pode ser feito de maneira adequada através de certas técnicas, tanto manuais como automáticas. Pode-se utilizar um tonel fixado no solo com um pequeno orifício (0,5 cm de diâmetro) próximo à superfície inferior. À medida que a precipitação inicia e o recipiente é preenchido, parte da água escoar pelo orifício inferior. Caso a chuva seja de pequena intensidade, toda a água vai para o tonel e é posteriormente descartada pelo orifício. Entretanto, se a chuva for de maior intensidade, a água coletada vai subindo de altura no tonel até próximo de atingir o topo, onde um ramal horizontal transporta a água até o reservatório definitivo. Pode-se também utilizar um reservatório de autolimpeza com torneira boia sobre o reservatório de água pluvial. À medida que a chuva escoar pela calha e passa pelos condutores, ela é despejada neste primeiro reservatório munido de uma boia de nível, que ao atingir a posição limite de seu volume, aciona o fechamento da válvula. Só depois a água é armazenada no reservatório de água pluvial. Este método, porém, necessita que, depois de cessada a chuva, seja aberto o registro do reservatório de autolimpeza para esvaziamento da primeira água e assim o sistema possa ser utilizado novamente. Outro método possível é a instalação do reservatório de água pluvial com filtro de areia, em conjunto com um dispositivo bloqueador de folhas e galhos acoplado nas calhas. Esta técnica requer uma camada de areia e uma de pedregulhos que servem como filtro para a água pluvial, que depois é bombeada, a partir de um poço de sucção, para o segundo reservatório que por sua vez alimenta o sistema de distribuição. Por fim, pode-se utilizar um dispositivo filtrante acoplado com um amortecedor de ondas e um conjunto flutuante de sucção. O filtro retém partículas maiores de impurezas, enquanto o amortecedor de ondas garante que não haja

movimentações bruscas na água, a fim de não comprometer a sedimentação no fundo do reservatório. Com a água limpa sempre na parte de cima, a bomba de sucção realiza o transporte para o reservatório que irá realizar a distribuição da água pluvial.

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), após o tratamento adequado, a água pluvial pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, lavagem de veículos, limpeza de pisos e calçadas, entre outros usos.

Entretanto, não havendo o encorajamento para uso de água não potável para as finalidades descritas acima, deixa-se de economizar grandes volumes de água tratada que poderiam abastecer ainda mais pessoas. Conforme um estudo conduzido por Marinoski (2007), que analisou pesquisas sobre o consumo de água em residências de diversos países, foi constatado que a proporção de água tratada utilizada para fins não potáveis varia de 45% a 55%. Esta diferença ocorre devido a aspectos sociais, econômicos e culturais que influenciam o uso dos mesmos dispositivos, tais como bacia sanitária, chuveiro, lavagem de roupas e limpezas em geral. A possível substituição de até 55% de água tratada por pluvial para os usos citados é referente a um grupo específico de países, como Dinamarca, Estados Unidos, Reino Unido, Colômbia e Suíça. No Brasil, devido à grande variedade de usos não potáveis nas residências, esses índices podem ser ainda maiores.

De acordo com um estudo feito por Ghisi (2006), o potencial de economia de água potável ao utilizar água pluvial, no Brasil, varia de 48% a 100%, dependendo da região avaliada. No norte do país, onde a demanda de água chega a ser de apenas 88 litros por pessoa por dia, a possível economia de água potável é maior do que a demanda. Em contrapartida, na região sudeste, o índice de economia foi de apenas 48%. Os resultados foram obtidos relacionando o consumo per capita, os dados de precipitação e áreas disponíveis para captação de água pluvial.

Em um contexto regional, com foco no estado de Santa Catarina, Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006) estimaram que a economia de água potável, ao ser substituída por água pluvial, pode variar de 34% a 92%, dependendo da demanda local. O estudo contemplou 62 cidades do estado de Santa Catarina, e indicou que o potencial de economia médio foi de 69%.

Mediante um estudo sobre o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar em Florianópolis, Dalsenter (2016) concluiu que os potenciais de economia variaram de 7,21% até

8,42%. Esses valores foram obtidos após estudo sobre três blocos em um condomínio residencial, de maneira similar ao que foi realizado neste trabalho.

Ramos (2017), em um estudo análogo a este, verificou potenciais de economia variando de 4,62% a 19,09% para diferentes cenários analisados. O objeto de estudo foi um condomínio multifamiliar localizado na cidade de Matão, no estado de São Paulo. A variação nos resultados relativos à economia de água pode ser explicada pelos diferentes valores percentuais de substituição de água potável por pluvial, pela demanda diária de água potável por habitante e pelo número de moradores considerados na edificação.

Além dos potenciais de economia de água potável calculados nos estudos mencionados anteriormente, é possível observar a importância do dimensionamento correto dos reservatórios de água pluvial. Reservatórios de tamanhos ideais proporcionam, além de possíveis reduções nos custos do sistema, um abastecimento adequado à demanda e à rede hidráulica da edificação.

2.3. Dimensionamento de reservatórios

O dimensionamento da capacidade do reservatório de água pluvial é um dos aspectos cruciais na implantação do sistema de aproveitamento, pois garante confiabilidade ao conjunto e fornece fundamento para um aporte financeiro condizente, assegurando tempo viável de retorno do investimento (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). De acordo com Amorim e Pereira (2008), é essencial a determinação de quatro parâmetros para o dimensionamento do reservatório:

- Área de captação;
- Pluviometria local;
- Coeficiente de aproveitamento da água pluvial;
- Volume de água potável a ser substituída por água pluvial.

A área de captação depende da porcentagem disponível da cobertura da edificação. A pluviometria local é um parâmetro que pode ser extraído de bancos de dados de órgãos governamentais, como a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) para a localidade de Florianópolis. O coeficiente de aproveitamento representa o percentual do volume total de água pluvial

captada que é utilizada pelo sistema. Para estimar o volume de água potável a ser substituído pela água pluvial, deve-se estabelecer quais aparelhos passarão a utilizar a água captada e seus respectivos consumos mensais. O consumo de cada aparelho pode ser determinado através da frequência média de utilização, do tempo de uso da água e da vazão. O dimensionamento tem como principal fator determinante a variação dos dados pluviométricos, com o objetivo de suprir a demanda pelo maior período possível com o menor custo de implantação. Além disso, o reservatório não deve desperdiçar água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda e não deve permanecer por intervalos prolongados de tempo inativo (AMORIM; PEREIRA, 2008).

A antiga norma brasileira de aproveitamento de água pluvial em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – NBR 15527 (ABNT, 2007) sugeria seis métodos diferentes para o cálculo do dimensionamento do reservatório:

- Método de Rippl;
- Método da Simulação;
- Método Azevedo Neto;
- Método Prático Alemão;
- Método Prático Inglês;
- Método Prático Australiano.

Apesar de não serem utilizados neste trabalho, é válida a demonstração dos resultados de pesquisas que abordaram tais métodos, a fim de compará-los com o programa Netuno, que foi o escolhido para dimensionar os reservatórios neste trabalho. Um estudo comparativo dos métodos de dimensionamento foi realizado por Amorim e Pereira (2008), que aplicaram cinco dos seis diferentes procedimentos em um estudo de caso. O método não utilizado no estudo foi o Método Azevedo Neto. A análise foi feita no edifício AT6, que abrigava aulas teóricas dos cursos de medicina e enfermagem na Universidade Federal de São Carlos, no estado de São Paulo. A conclusão do estudo foi de que a definição do método mais apropriado a ser utilizado depende dos objetivos finais de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e da localidade a ser instalada. Os autores indicaram alguns casos em que determinados métodos seriam melhor aplicados que outros. Em regiões com elevados índices pluviométricos, por exemplo, os métodos mais indicados são os chamados conservadores, como o Método Rippl utilizando desvios padrão ou modo gráfico,

Método Prático Alemão e Método Prático Australiano. Em contrapartida, em locais que apresentam baixos índices pluviométricos, o recomendado é a utilização de métodos que superdimensionem o reservatório, como o Prático Inglês, possibilitando que em períodos de seca, a água coletada em dias chuvosos possa suprir a demanda.

Dapieve (2014) também realizou um estudo comparativo entre os métodos, porém com aplicação em 27 residências hipotéticas na cidade de Caçador, Santa Catarina. Para cada uma das habitações, variou-se a área de captação, o número de habitantes ou a demanda de água potável em três situações cada, formando assim as 27 combinações possíveis. A análise foi feita com valores assumidos de área de captação de águas pluviais de 100m², 200m² e 300m²; quantidade de moradores variando entre dois, quatro e seis habitantes; e percentual de substituição de água potável por pluvial com valores de 30%, 40% e 50%. A conclusão de qual método apresenta melhor viabilidade técnica e econômica foi o Método Prático Alemão, sendo considerado a melhor alternativa para o dimensionamento do reservatório de água pluvial em 22 dos 27 casos analisados.

Rupp, Munarim e Ghisi (2011) compararam os métodos de dimensionamento do reservatório de água pluvial presentes na NBR 15527 com o programa computacional Netuno 3.0 (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009). Os autores, utilizando os métodos da norma brasileira e o programa Netuno, calcularam os volumes de reservatório de água pluvial em três cidades brasileiras: Santos, Palhoça e Santana do Ipanema. Além disso, as variáveis alteradas para obtenção de diversos cenários distintos foram a área de captação, a demanda de água potável e a demanda de água pluvial em razão da porcentagem de substituição. A escolha das três cidades para a realização do estudo se deu em função das diferentes características de precipitação apresentadas. Os cenários analisados foram: área de captação de águas pluviais de 100m², 200m² e 300m²; demanda diária de água potável de 100, 200 e 300 litros per capita; e porcentagem de substituição de água potável por pluvial de 30%, 40% e 50%. Com isso, foram obtidos valores de demanda de água pluvial variando de 1800 litros por mês até 9000 litros por mês. Por fim, foi concluído que os métodos indicados na NBR 15527 (ABNT, 2007) são insuficientes e inadequados no atendimento pleno dos requisitos estabelecidos no artigo, que são: aplicabilidade do método aos casos avaliados; dimensionamento do reservatório; e cálculo do potencial de economia de água potável. Por outro lado, o programa Netuno foi o único cujo dimensionamento se

ajustou em função da demanda de água pluvial e do regime de precipitação em todas as situações, permitindo ao usuário a possibilidade de escolher a capacidade do reservatório com base no potencial de economia de água potável desejado.

Neste trabalho foi realizada análise para o dimensionamento do reservatório de água pluvial utilizando o programa Netuno 4 (GHISI; CORDOVA, 2014). O Netuno é um software utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais, que mediante algumas informações de modelagem, permite estimar valores para determinações de variáveis como o tamanho do reservatório. Dentre os resultados que o programa apresenta estão a correlação entre o potencial de economia de água potável através da utilização de água pluvial e a capacidade do reservatório, além do volume excedente de água pluvial. Também é possível a realização de análises econômicas por meio do Netuno para o sistema estudado, após o detalhamento da modelagem e determinando os custos envolvidos no processo de instalação do sistema.

Para a realização de simulações de sistemas de captação de água pluvial, o Netuno exige a entrada de determinados dados por parte do usuário:

- Dados de precipitação;
- Área de captação;
- Demanda total de água;
- Número de moradores;
- Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Existência de reservatório superior (caso exista, informar também o volume deste e o volume abaixo do qual há recalque, em litros e percentual);
- Definição do tipo de reservatório inferior (com volume definido pelo usuário, volume não definido ou definido pelo Netuno).

Os dados de precipitação devem ser inseridos em formato CSV (Valores separados por vírgula), pois o Netuno considera dados diários de precipitação, e é comum dados deste tipo apresentarem milhares de registros. Para a área de captação de água pluvial, o Netuno utiliza a definição da NBR 10844 (ABNT, 1989): é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação representada pela projeção horizontal da cobertura

da edificação. A unidade da área de captação a ser inserida no Netuno é metro quadrado. A demanda total de água é a quantidade requerida para atender às necessidades dos usuários da edificação em termos hídricos, podendo ser um valor fixo diário per capita determinado, ou um valor variável em litros per capita por dia ou em litros por mês. O número de moradores ou usuários da edificação deve ser inserido manualmente ou carregando um arquivo do tipo CSV, e é utilizado pelo software para calcular a demanda diária total de água em cada situação analisada. Caso a demanda total de água seja inserida como variável e com periodicidade mensal, o programa automaticamente define o número de moradores como sendo um. O percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial deve ser inserido no programa sendo maior que zero e menor que 100, com valores predefinidos em intervalos de 10% disponíveis na interface do Netuno. Para valores diferentes, pode-se inserir manualmente através da opção “Outro valor”. Através desse percentual é possível calcular a demanda diária de água pluvial. O coeficiente de escoamento superficial deve ser inserido com base principalmente no tipo de superfície para captação de água pluvial, e o valor inserido deve ser maior que zero e igual ou menor que um. Valores predefinidos em intervalos de 0,1 estão disponíveis na interface do programa, e assim como a variável anterior, pode-se inserir diferentes dígitos através da opção “Outro valor”. Este coeficiente representa o percentual do volume total de precipitação que é coletado pelo sistema de água pluvial, desconsiderando dessa maneira a quantidade de água pluvial que é perdida por evaporação ou absorção ao atingir a superfície. Referente ao reservatório superior, ele pode estar presente ou não em um sistema de aproveitamento de água pluvial. Caso não exista, deve ser selecionada a opção “Não utilizar reservatório superior”. Se houver, o usuário pode escolher que o Netuno decida o volume do reservatório superior através da demanda diária média de água pluvial, ou então inserir por meio da alternativa “Entrar com volume desejado” a capacidade escolhida. Caso o sistema conte com reservatório superior, é necessário determinar o volume mínimo que causa o bombeamento da água do reservatório inferior para o superior. Esse dado pode ser inserido em valor absoluto, em litros, ou em valor relativo, em porcentagem do volume do reservatório superior. Quanto ao reservatório inferior, é possível definir dois modos de uso: volume definido pelo usuário ou reservatório não definido. A designação é feita através das opções “Simulação para reservatório com volume conhecido” ou “Simulação para reservatórios com diversos

volumes”, respectivamente. Caso a escolha seja pela opção com diversos volumes, deve-se definir o volume máximo do reservatório a ser simulado e o intervalo entre volumes, ambos em litros. Pode-se ainda selecionar a opção “Indicar volume ideal para o reservatório inferior” para que o software determine esse valor, após inserir no campo “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial”, dado este em porcentagem por m³. Essa seleção faz com que o Netuno simule um gráfico de potencial de economia de água potável em função de diversos volumes do reservatório inferior, proporcionando ao usuário melhor visualização das possibilidades de economia e auxiliando na definição do reservatório (GHISI; CORDOVA, 2014).

2.4. Considerações finais

Diante do cenário hídrico atual e de previsões preocupantes a respeito da disponibilidade de água potável para a população em geral, o aproveitamento de água pluvial é uma alternativa que se destaca visando a economia de água tratada para fins não potáveis.

Analisando os métodos e resultados de estudos realizados por outros autores, pode-se notar que o aproveitamento de água pluvial apresenta um percentual significativo de economia de água potável. Além disso, sua implantação revela-se de baixo custo e com um retorno de investimento rápido. Assim, é um método relativamente simples e econômico de economizar água, desde que pontos críticos como volume do reservatório de água pluvial sejam dimensionados corretamente.

Como mostrado em comparação feita por Rupp, Munarim e Ghisi (2011), o programa computacional Netuno apresenta dimensionamento de reservatório de maneira mais apurada em relação aos métodos sugeridos pela NBR 15527. Por essa razão, o programa Netuno 4 foi escolhido para estimar o potencial de economia de água potável através da instalação de um sistema de captação de água pluvial.

3. Método

3.1. Considerações iniciais

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para estimar o potencial de economia de água potável através da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um conjunto de blocos de um condomínio residencial multifamiliar em Florianópolis. Além da caracterização da área e do objeto de estudo, o levantamento dos dados necessários para esta análise consiste na aplicação de questionários para determinação dos usos finais de água, comparação com as faturas de consumo e estimativa dos volumes dos reservatórios.

A caracterização do objeto de estudo contempla informações como localização geográfica, dados de precipitação e área de captação disponível na cobertura dos blocos do condomínio.

A obtenção dos dados para estimar a demanda de água potável a ser substituída provém da aplicação de questionários aos moradores do condomínio, contendo frequência e tempo de uso de aparelhos que consomem água nos apartamentos. Com base nas respostas dos moradores, são obtidos os usos finais de água em cada aparelho, e comparando com as leituras do hidrômetro, obtém-se a demanda real de água potável nos aparelhos que podem passar a ser abastecidos por água pluvial. Este percentual foi utilizado como dado de entrada posteriormente no programa Netuno, onde em conjunto com outros dados como coeficiente de escoamento e número de moradores, foi determinado o melhor volume do reservatório de água pluvial.

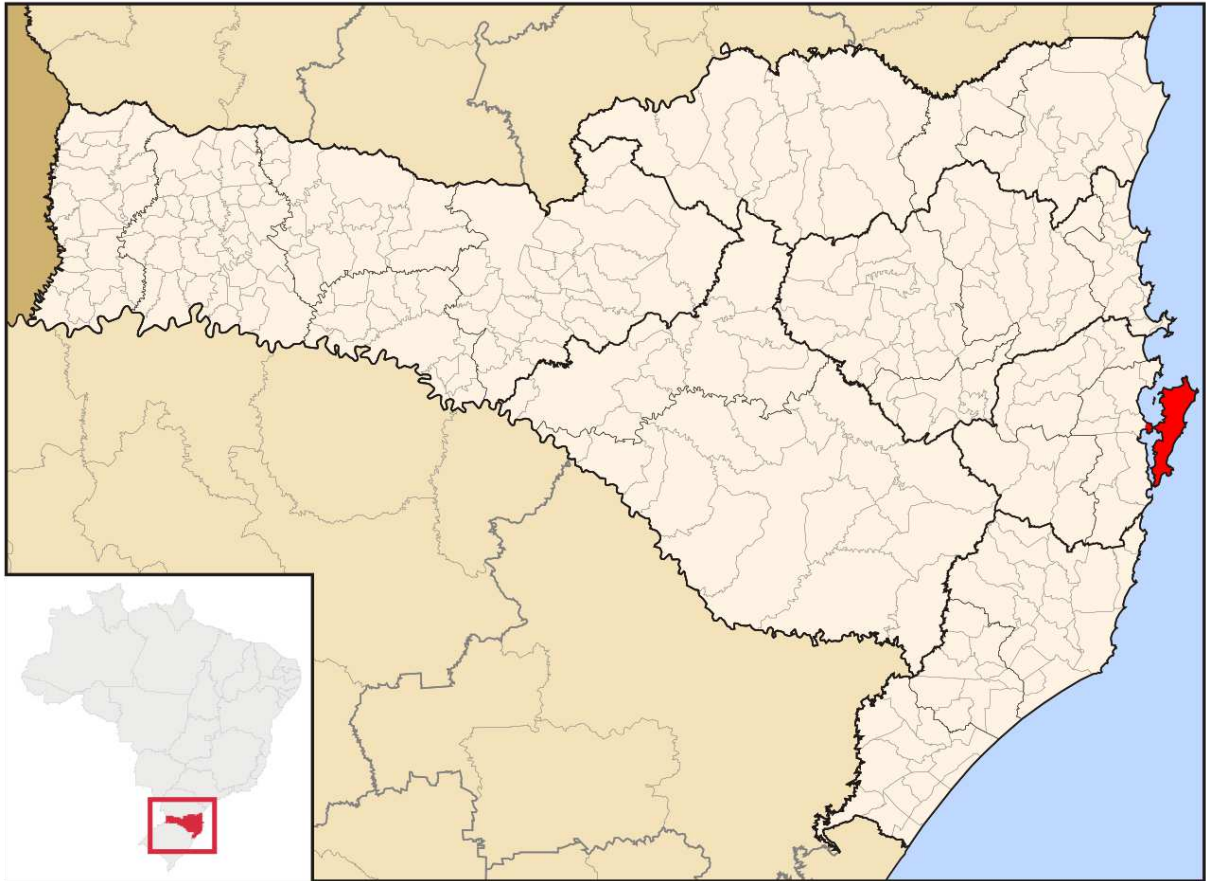
Por fim, é mostrada uma análise de viabilidade econômica para implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para edificações similares.

3.2. Área de estudo

A área de estudo localiza-se no bairro Trindade, na região central da ilha de Santa Catarina, em Florianópolis. Na Figura 1 está destacada a localização da cidade de Florianópolis no estado de Santa Catarina. A cidade de Florianópolis tem área total de 674.844 km² e população de 537.213 pessoas (IBGE, 2022). O clima da cidade é

subtropical úmido, com temperatura média de 20,8°C e 1506 mm de chuva registrados anualmente em média (CLIMATE-ORG, 2022).

Figura 1 - Localização da cidade de Florianópolis.



Fonte: Wikipédia (2006).

3.3. Objeto de estudo

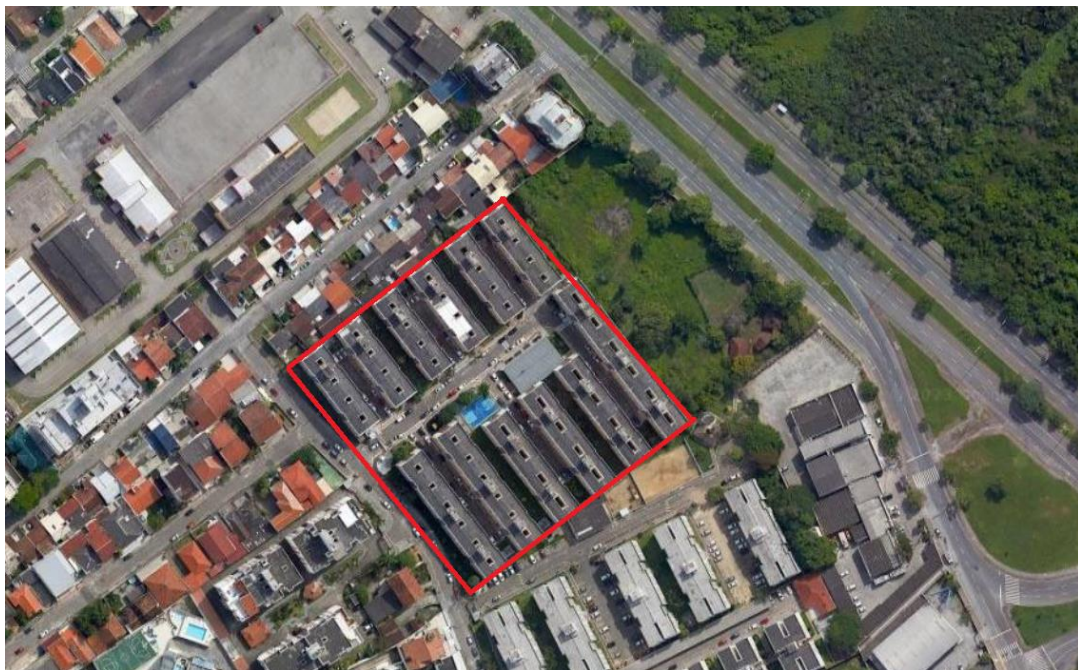
O objeto de estudo é o condomínio residencial Itambé, localizado na rua Luiz Oscar de Carvalho, número 75, no bairro Trindade. Na Figura 2 é apontada, em meio a região central de Florianópolis, a localização do condomínio. As delimitações do terreno em que se situam os blocos estão expostas na Figura 3.

Figura 2 - Localização do condomínio em Florianópolis.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

Figura 3 - Delimitações do terreno do condomínio.



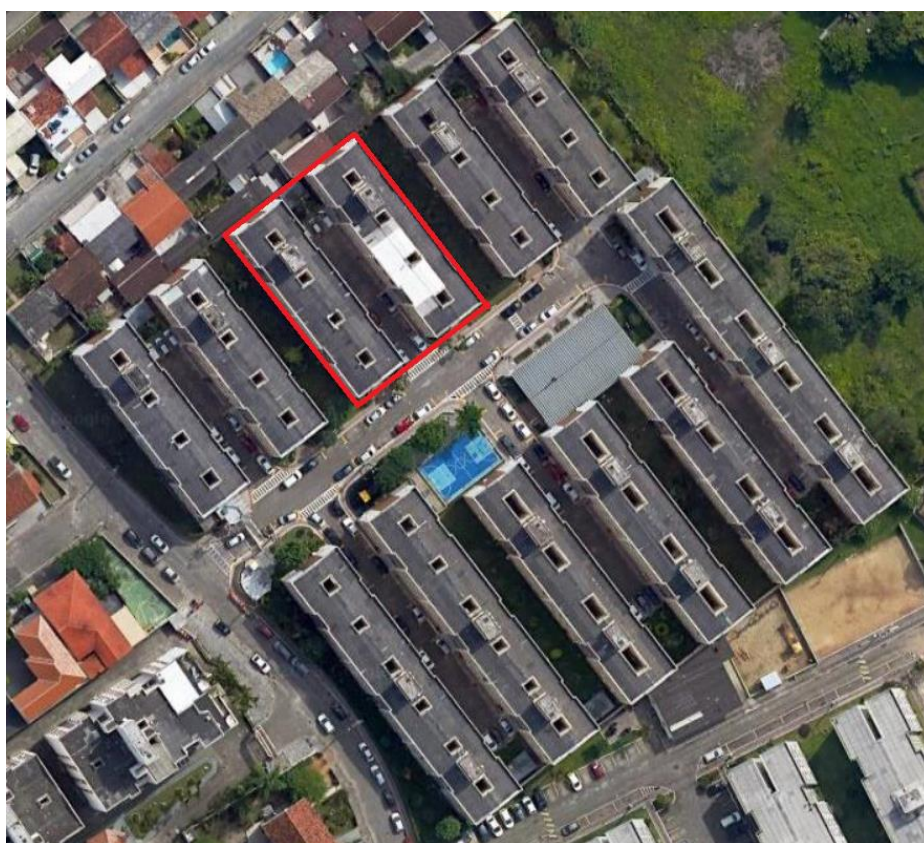
Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

O condomínio possui 27 blocos de quatro andares cada, sendo 9 blocos com apartamentos de 3 quartos e 18 blocos com apartamentos de 2 quartos, totalizando 405 apartamentos e 980 moradores. Todos os apartamentos possuem, além dos quartos, um banheiro, sala, cozinha e área de serviço. Originalmente, os pontos de

consumo de água nos apartamentos são chuveiro, vaso sanitário com válvula de descarga, lavatório, pia, tanque e máquina de lavar roupas. Nas áreas comuns do condomínio, torneiras de jardins estão espalhadas pelas várias vias de acesso dos blocos, além de lavatório, vaso sanitário e pia em cada um dos três salões de festa.

No entanto, por conta de limitações de se obter dados precisos referentes a todo o condomínio, devido aos arquivos antigos guardados em caixas e por sua extensa população, optou-se por abordar neste estudo apenas um conjunto de quatro blocos. O condomínio divide o abastecimento de água dos blocos de maneira que um reservatório de água potável abastece três ou quatro blocos, dependendo se são blocos de apartamentos de dois ou três quartos. O conjunto de blocos escolhido para ser analisado neste estudo foi o dos blocos B5, B6, B7 e B8, que são abastecidos por um reservatório em comum. A Figura 4 mostra os quatro blocos abordados no estudo.

Figura 4 - Localização dos quatro blocos analisados.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

3.4. Levantamento de dados

Para realizar a análise do consumo diário dos aparelhos sanitários em diferentes apartamentos, um questionário contendo frequência e tempo de uso foi distribuído entre os moradores dos quatro blocos analisados. O questionário possui divisão referentes aos dias da semana, em razão da diferença de uso dos aparelhos e tempo de permanência dentro dos apartamentos pelos moradores, principalmente entre dias úteis e finais de semana. Conhecendo, através das respostas do questionário, a frequência de uso de cada aparelho, e tendo sido medida a vazão dos principais aparelhos sanitários, tem-se o volume total utilizado em cada apartamento.

Nos questionários, além da divisão por uso dos aparelhos, encontra-se uma seção reservada ao responsável pela limpeza e preparo das refeições da moradia. O questionário encontra-se no apêndice A.

3.4.1. Medição das vazões

Para determinar-se a vazão dos aparelhos sanitários, foi utilizado um recipiente de volume conhecido e cronometrado o tempo necessário para o seu enchimento. Com o objetivo de manter o teste padronizado e autêntico, os registros foram abertos em 360°, levando 1 segundo para realizar uma volta completa. O teste foi repetido 3 vezes para cada aparelho, e o valor final adotado foi a média. Os aparelhos que tiveram suas vazões medidas foram: chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque da área de serviço. Em função da dificuldade de realizar, através desse método, a medição da vazão do vaso sanitário e da máquina de lavar roupas, foram adotadas diferentes abordagens para cada um dos aparelhos. Para a máquina de lavar roupas, foi levado em consideração o modelo, a capacidade e o nível de água costumeiramente utilizado nas lavagens. A bacia sanitária, por ser de válvula de descarga, teve o valor da vazão adotado em 1,7 L/s, conforme é indicado na vazão de projeto dos aparelhos sanitários da NBR5626 (ABNT, 2020).

Para efeitos de cálculo, a vazão, em função do volume e do tempo, é descrita por meio da Equação 1.

$$Q = \frac{V}{t} \tag{1}$$

Onde:

Q é a vazão (litros/segundo);

V é o volume do recipiente (litros);

t é o tempo cronometrado (segundos).

Por meio das medições nos registros, frequências de uso e vazão de cada aparelho sanitário, foi possível estimar o consumo total e os usos finais de água.

3.4.2. Estimativa dos usos finais

Após as medições de vazão dos aparelhos selecionados e das respostas dos moradores através do questionário, foi possível estimar os usos finais de água dos aparelhos e conseqüentemente o volume total gasto por morador. Contabilizando a frequência de uso e a vazão de cada aparelho, o consumo total pode ser descrito pela Equação 2.

$$C = Q . t . f \quad (2)$$

Onde:

C é o consumo diário total do aparelho (litros/dia);

Q é a vazão medida ou estimada do aparelho (litros/segundo);

t é o tempo de uso de cada aparelho isoladamente (segundos);

f é a frequência com que o aparelho é acionado (vezes/dia).

Caso o aparelho não seja de vazão constante, ou seja, dependa da quantidade de volume que o usuário opte por utilizar, como por exemplo a máquina de lavar roupas, o consumo é descrito por meio da Equação 3.

$$C = V . n . f \quad (3)$$

Onde:

C é o consumo diário total do aparelho (litros/dia);

V é o volume ou nível determinado pelo usuário (litros);

n é o número de vezes que a máquina enche até o nível escolhido (adimensional);

f é a frequência de utilização do aparelho (vezes/dia).

3.5. Estimativa do volume dos reservatórios

Para determinar o volume ideal de ambos os reservatórios superior e inferior, será utilizado o programa Netuno 4 (GHISI; CORDOVA, 2014). Os dados de entrada necessários para a simulação dos volumes e que tiveram seus valores estimados foram os seguintes:

- Dados de precipitação;
- Área de captação;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Demanda total de água;
- Percentual da demanda total substituída por água pluvial.

3.5.1. Dados de precipitação

Os dados pluviométricos necessários para as simulações do Netuno foram obtidos por meio do banco de dados da Epagri/Ciram (EPAGRI, 2023). O período compreendido pelas medições inicia em 08/01/1996 e se estende até 31/12/2022, na estação de propriedade da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina (FUNDAGRO). As coordenadas da estação são -27,59° de latitude e -48,51° de longitude.

Inicialmente, os dados concedidos pela EPAGRI estavam dispostos de maneira que cada linha correspondia a uma data, fazendo com que a planilha fosse facilmente compreendida e similar ao que o Netuno requer como dado de entrada. Segundo Ghisi e Cordova (2014), além dos valores de precipitação estarem em formato vetor-coluna, ou seja, um dado em cada linha, também devem estar em formato Valores Separados por Vírgulas (CSV) para que sejam interpretados corretamente pelo programa. É recomendado que não haja descontinuidade na inserção dos dados, pois o Netuno interpreta que células vazias significam dias com precipitação igual a zero. Deve-se

indicar a data inicial das medições para que o programa aloque corretamente as precipitações nos dias correspondentes e possa fornecer resultados para cada mês de determinado ano.

Além disso, é necessário indicar como dado de entrada o valor definido como descarte da precipitação inicial, em milímetros. Assim, o Netuno interpreta que se a medição em determinado dia for menor que o estipulado como descarte inicial, então é considerada precipitação igual a zero. O descarte inicial é necessário para que ocorra a limpeza da superfície da cobertura, visto que é natural que poeira, matéria orgânica e sujeiras em geral se acumulem na área de coleta e calhas. Portanto, a primeira água que cai deve ser descartada, evitando assim que impurezas sejam transportadas para dentro do reservatório. Conforme recomendado pela NBR15527 (ABNT, 2019), o descarte inicial adotado foi de 2mm.

3.5.2. Área de captação

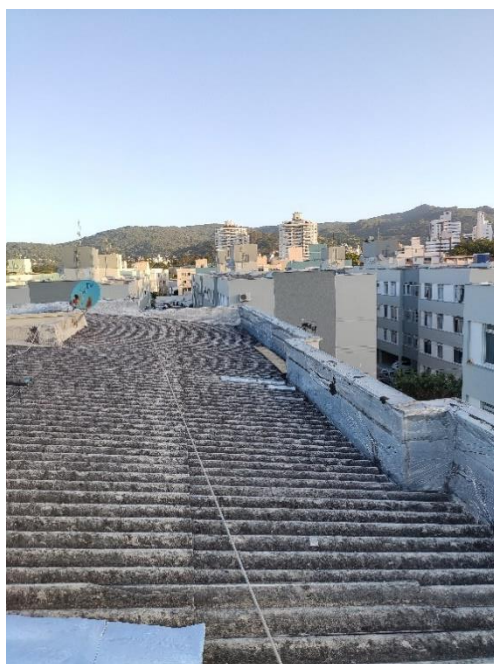
Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), a definição de área de captação é a projeção na horizontal relativa à área da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Para inserção como dado de entrada no Netuno, foi considerado a soma das áreas de cobertura dos blocos do conjunto, obtidas através das plantas impressas guardadas nos registros do condomínio e da ferramenta de medição do Google Maps. As Figuras 5 e 6 demonstram a cobertura do bloco B5, sendo possível observar a inclinação das telhas de fibrocimento. Na Figura 7 é possível observar a calha de captação horizontal da cobertura.

Figura 5 - Cobertura do bloco B5 com abertura e reservatório elevado.



Fonte: Reprodução própria (2023).

Figura 6 - Cobertura do bloco B5.



Fonte: Reprodução própria (2023).

Figura 7 - Calha de captação horizontal da cobertura do bloco B5.



Fonte: Reprodução própria (2023).

3.5.3. Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff*, é o fator que representa a relação entre o volume que esco superficialmente e o volume total precipitado (ABNT, 2019). Na prática, é o percentual relativo à água pluvial coletada pelo sistema de aproveitamento sobre todo o volume precipitado. O coeficiente indica as perdas do sistema, causadas principalmente pela evaporação e absorção do material da área de captação.

O valor a ser inserido como dado de entrada do Netuno precisa ser maior do que zero e menor ou igual a um. O coeficiente de escoamento superficial baseia-se essencialmente no tipo de material que constitui a superfície de captação da água pluvial, como indica a Tabela 1. Sendo a cobertura dos blocos do condomínio Itambé de material similar a fibrocimento, será considerado valor de coeficiente de *runoff* igual ao cimento amianto. Com isso, o coeficiente adotado foi 0,80.

Tabela 1 - Valores de coeficiente de escoamento superficial.

Material	Coeficiente de escoamento
Telha cerâmica	0,80 a 0,90
Telha esmaltada	0,90 a 0,95
Telha corrugada de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico/PVC	0,90 a 0,95

Fonte: Tomaz (2003).

3.5.4. Demanda total de água

A demanda total de água corresponde ao volume necessário para que todas as exigências relativas ao uso de aparelhos hidrossanitários por parte dos usuários de uma edificação sejam supridas de maneira satisfatória. O Netuno aceita como dados de entrada valor fixo de demanda diária de água potável per capita, ou valores variáveis, podendo a demanda ser diária ou mensal, ambas em litros per capita.

Através dos questionários aplicados aos moradores, foi possível estimar o uso diário per capita em cada apartamento separadamente. Realizando uma análise conjunta com os valores registrados nas faturas mensais, e dividindo esses valores pelo número de blocos, apartamentos e conseqüentemente moradores atendidos, tem-se o volume médio consumido por pessoa no período analisado. Divide-se então pelo número de dias referentes às leituras dos medidores e obtém-se o volume médio diário per capita, podendo assim ser inserido como dado de entrada no Netuno.

3.5.5. Percentual da demanda total substituída por água pluvial

Com base nos dados sobre os usos finais de água nos apartamentos advindos dos questionários aplicados, pode-se definir qual a demanda total de água a ser suprida pela água pluvial. Os aparelhos que possibilitam serem abastecidos por água pluvial ao invés de água potável são a bacia sanitária, a máquina de lavar roupa e o tanque da área de serviço.

O valor a ser inserido no Netuno deve estar no intervalo de zero a 100. Após definido o percentual a ser substituído e tendo os dados da demanda total de água, é possível calcular a demanda diária de água pluvial.

3.5.6. Volume do reservatório superior

Segundo Ghisi e Cordova (2014), a existência de um reservatório superior de água pluvial em edificações que possuam sistemas de aproveitamento é facultativa. Nas situações em que há reservatório superior, presume-se que a água pluvial, após ser captada na área de cobertura e direcionada às calhas, é armazenada no reservatório inferior para então ser recalçada ao superior e enfim utilizada. Nos casos em que não existe o reservatório superior, depois de captada, transportada e armazenada no reservatório inferior, a água pluvial é consumida diretamente desse ponto através do auxílio de motobombas.

O programa Netuno admite as duas opções como dado de entrada, sendo que caso não haja o reservatório superior, basta o usuário selecionar essa alternativa através da interface na respectiva aba. Como neste trabalho será considerada a existência de reservatório superior, o Netuno calcula, através da demanda diária média de água pluvial, a capacidade ideal deste reservatório. A Equação 4 demonstra quais os dados necessários para a determinação do volume ideal.

$$V_{res\ sup} = d \cdot n_{mor} \cdot \frac{P_{subs}}{100} \quad (4)$$

Onde:

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

d é a demanda de água per capita por dia (litros);

n_{mor} é o número de moradores da edificação (adimensional);

P_{subs} é o percentual da demanda total de água substituída por água pluvial (%).

Após determinada a capacidade deste reservatório, é necessário definir a partir de qual volume do reservatório superior há recalque do reservatório inferior. É possível determinar um valor relativo à capacidade do reservatório superior, em porcentagem, ou um valor absoluto, em litros. O valor para que haja recalque do reservatório inferior foi definido quando o nível do reservatório superior for menor que 10% de sua capacidade total.

3.5.7. Volume do reservatório inferior

Para a estimativa de volume do reservatório inferior, o Netuno apresenta duas possibilidades. O usuário deve escolher entre simulação para reservatório com volume conhecido, caso este seja um dado previamente determinado, ou então simulação para reservatório com diversos volumes. A segunda opção foi utilizada para que se encontre a relação ideal entre a demanda total de água pluvial e o volume do reservatório inferior. Neste cenário, é necessário que seja informado o máximo volume da simulação, em litros, e o intervalo entre os valores calculados pelo programa, também em litros. Os valores escolhidos foram de 25000 litros para o volume máximo simulado e 500 litros como intervalo dos volumes calculados.

Para a definição do volume ideal do reservatório inferior, foi considerado o gráfico gerado pelo Netuno que relaciona o aumento do volume, no intervalo definido anteriormente, pelo potencial de economia de água potável. O programa possibilita indicar a diferença desejada entre potenciais de economia por meio do aproveitamento de água pluvial para que seja apontado o volume ideal. Assim, definiu-se que a variação para qual o Netuno indica o volume ideal do reservatório é de $1\%/m^3$. Portanto, quando a variação do potencial de economia de água potável for inferior a 1% para cada metro cúbico de volume acrescido na simulação, a capacidade adotada será justamente a anterior a essa.

3.6. Análise econômica

Após os dimensionamentos dos reservatórios adequados para cada situação desejada, é possível realizar uma análise econômica englobando a viabilidade financeira do sistema por meio do próprio Netuno. Embasando-se nos custos de construção e de manutenção, além da economia de água, um fluxo de caixa pode ser desenvolvido. Assim, pode-se estimar o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno.

Segundo Ghisi e Cordova (2014), os custos de um sistema de captação de água pluvial podem ser divididos em duas categorias:

- Custos iniciais relativos ao aspecto construtivo, como reservatórios, motobombas, tubulações e mão de obra;

- Custos de manutenção e operação, que englobam a energia necessária para funcionamento adequado do sistema, como ativação das motobombas, limpeza dos reservatórios e desinfecção da água armazenada.

Além dos custos de implantação, manutenção e economia de água, as outras variáveis necessárias para a análise de fluxo de caixa são:

- Período de análise (quantidade de anos) referente ao estudo econômico;
- Inflação mensal (valor estimado);
- Período de reajuste dos custos de manutenção e das tarifas de água e energia;
- Taxa mínima de atratividade (base mensal);
- Mês em que é instalado o sistema de captação de águas pluviais.

Quanto aos custos iniciais de implantação do sistema, por se tratar de um estudo de viabilidade e não de um projeto detalhado de fato, existem restrições para o levantamento de gastos. Como não se têm a quantidade necessária de tubulações, conexões e filtros que seriam utilizados na instalação do sistema, uma porcentagem do valor referente ao custo dos reservatórios, motobombas e mão de obra será aplicado nesse total para simbolizar o custo desses materiais. Como demonstra Ferreira (2005), tubos e conexões representam um pequeno montante do valor final de uma obra, e para sistemas de mesma natureza do apresentado neste estudo, um fator de 15% sobre o total orçado pode ser utilizado. Esta porcentagem representa, além dos custos nominais de tubulações, conexões e filtros, o valor referente às instalações internas na edificação.

Para se determinar os custos reais dos reservatórios e motobombas, foi feita uma pesquisa de preço em três diferentes lojas de materiais de construção situadas em Florianópolis. O valor considerado de cada item foi o menor dos preços obtidos nas lojas pesquisadas. Para a estimativa do custo da mão de obra necessária para a instalação, foram utilizados os valores mais atuais disponíveis no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

O dimensionamento das motobombas necessárias seguiram as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 2020). Assim, o sistema de recalque deve considerar o aproveitamento mais eficiente da pressão disponível na edificação, além de possuir no mínimo duas bombas com funcionamentos independentes. Essa

exigência garante o abastecimento contínuo de água em caso de falha mecânica e permitir que o sistema permaneça funcionando nos períodos de manutenção de uma das bombas. A Equação 5 demonstra como foi calculada a potência necessária das motobombas.

$$P = \frac{Q \cdot H_{man}}{75 \cdot R} \quad (5)$$

Onde:

P é a potência requerida pela motobomba (CV);

Q é a vazão de recalque (litros por segundo);

H_{man} é a altura manométrica dinâmica (metros);

R é o rendimento da motobomba (adimensional).

A Equação 6 ilustra como o rendimento das motobombas é determinado.

$$R = \frac{P_o}{P_m} \quad (6)$$

Onde:

R é o rendimento da motobomba (adimensional);

P_o é a potência operacional (CV);

P_m é a potência nominal (CV).

A Equação 7 expõe a forma como a altura manométrica é calculada.

$$H_{man} = H_{man(rec)} + H_{man(suc)} \quad (7)$$

Onde:

H_{man} é a altura manométrica (metros);

$H_{man(rec)}$ é a altura manométrica de recalque (metros);

$H_{man(suc)}$ é a altura manométrica de sucção (metros).

A Equação 8 exemplifica como a altura manométrica de recalque é determinada.

$$H_{\text{man}(\text{rec})} = H_{\text{est}(\text{rec})} + J_{(\text{rec})} \quad (8)$$

Onde:

$H_{\text{man}(\text{rec})}$ é a altura manométrica de recalque (metros);

$H_{\text{est}(\text{rec})}$ é a altura estática de recalque (metros);

$J_{(\text{rec})}$ é a perda de carga no recalque (metros).

A Equação 9 representa a forma que a altura manométrica de sucção é definida.

$$H_{\text{man}(\text{suc})} = H_{\text{est}(\text{suc})} + J_{(\text{suc})} \quad (9)$$

Onde:

$H_{\text{man}(\text{suc})}$ é a altura manométrica de sucção (metros);

$H_{\text{est}(\text{suc})}$ é a altura estática de sucção (metros);

$J_{(\text{suc})}$ é a perda de carga na sucção (metros).

Para determinar as alturas manométricas de recalque e de sucção, os valores das perdas de carga de ambas as alturas são necessários. Entretanto, conforme explicitado anteriormente, o projeto de instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial não foi abordado neste trabalho, e por isso, esses valores foram estimados. Como exposto por Dalsenter (2016), a variação da estimativa de valores das perdas de carga possui pequena influência no resultado da determinação da potência necessária das motobombas. Assim, pode-se admitir que os valores das perdas de carga correspondem a 10% das alturas manométricas, tanto para o recalque como para a sucção.

A fim de estabelecer o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno, o período determinado de análise do estudo econômico foi de 20 anos. Esse período foi escolhido por ser comumente utilizado em outros trabalhos de mesma natureza, como Meinheim (2015) e Ramos (2017).

A taxa de inflação foi determinada por meio dos valores mensais do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), tendo como base a média dos últimos doze meses referentes ao período de análise (outubro de 2022 até setembro de 2023). O período de reajuste das tarifas de energia elétrica e de água e esgoto utilizado foi de 12 meses, e os valores das taxas aplicados pelas companhias CELESC e CASAN, respectivamente, teve como base as tarifas do mês de setembro de 2023.

A taxa mínima de atratividade considerada foi de 0,5% ao mês, por ser o valor base de remuneração dos depósitos de poupança de acordo com o Banco Central do Brasil. Para efeitos de simplificação, foi desconsiderada a variação da remuneração adicional, que acontece quando a meta da taxa Selic é igual ou inferior a 8,5% ao ano. Esta taxa mínima de atratividade, mesmo que conservadora, foi adotada para minimizar possíveis interferências na análise sobre o valor presente líquido.

4. Resultados

4.1. Considerações iniciais

Neste capítulo são apresentados os resultados decorrentes dos estudos e análises realizados, por meio do programa Netuno 4, a respeito da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no condomínio Itambé. Ademais, são mostrados resultados referentes à avaliação de custo-benefício do sistema de modo geral.

Seguindo os procedimentos descritos no capítulo anterior, foi possível simular cenários com diferentes potenciais de economia de água potável, e assim, determinar a viabilidade econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para edificações similares. Além do dimensionamento ideal dos reservatórios de armazenamento de água pluvial, fator este determinante para a viabilidade do sistema, a análise econômica revelou o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno do empreendimento.

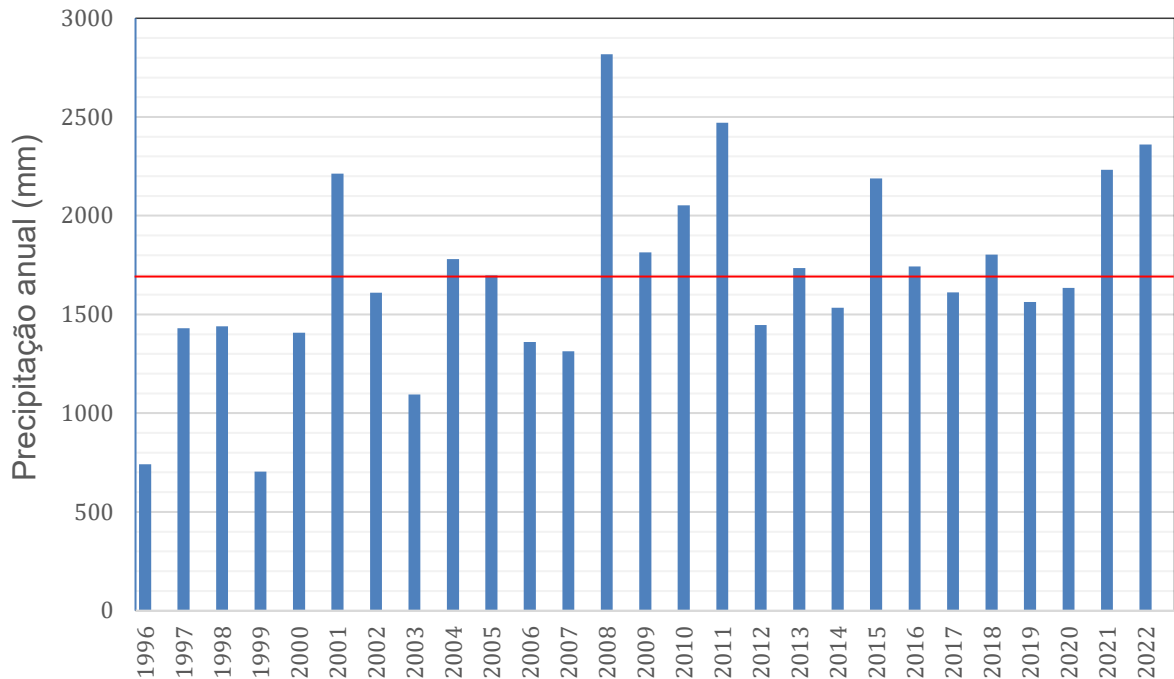
4.2. Área de estudo

4.2.1. Dados de precipitação

A obtenção dos dados pluviométricos utilizados para o levantamento dos valores médios de precipitação em cada mês e de precipitação anual foram obtidos através do banco de dados da Epagri/Ciram (EPAGRI, 2020), conforme descrito na seção 3.5.1.

O período compreendido pelas medições estende-se desde 01/01/1996 até 31/12/2022, totalizando 27 anos de dados pluviométricos contabilizados diariamente. Neste período, a menor precipitação registrada ocorreu no ano de 1999, com apenas 704 milímetros. Por outro lado, o maior registro de volume pluvial documentado aconteceu no ano de 2008, que contabilizou 2817 milímetros de chuva. A precipitação média diária de todo o período analisado foi de 5 milímetros, enquanto a média anual foi de 1696 milímetros. A Figura 8 mostra os valores de precipitação acumulada em cada ano durante o período analisado, em milímetros, além da média anual no intervalo, representada pela linha horizontal vermelha.

Figura 8 - Precipitação média anual entre 1996 e 2022.



Fonte: Epagri (2023).

4.2.2. Área de captação

A área de captação do conjunto dos blocos analisados foi determinada por meio das plantas estruturais da cobertura de um dos blocos separadamente, e depois multiplicada por quatro para obter o valor absoluto. A planta arquitetônica da cobertura do bloco tido como modelo, nas folhas mantidas em arquivo pela administração do condomínio, apesar de possuir maior nível de detalhes em relação a aberturas, não possuía cotas. Assim, o levantamento foi feito considerando as dimensões das lajes nas quais as telhas estão apoiadas, desconsiderando áreas descontínuas da cobertura. As áreas que foram subtraídas no levantamento final foram as aberturas de ar e luz, relativas aos fossos dos banheiros, e do reservatório elevado. Desse modo, as áreas de captação contempladas foram apenas as superfícies que já continham telhas e inclinação, dispensando assim modificações elaboradas que poderiam ser necessárias na cobertura para máxima utilização da área para captação de água pluvial.

A área determinada de captação do bloco que se obteve a planta de cobertura dos arquivos foi de 185,50 m². Portanto, a área total considerada para análise dos quatro blocos em conjunto foi de 742 m².

4.3. Levantamento de dados

4.3.1. Consumos estimados de água potável

A obtenção dos dados necessários referentes aos consumos médios diários e consumos finais de água por aparelho foram primeiramente decorrentes das respostas do questionário distribuído aos moradores do condomínio. Foram entregues questionários impressos aos residentes do conjunto dos quatro blocos analisados e feita a orientação para que fossem respondidos com a maior precisão possível, além de se possível, realizarem as anotações ao final de cada dia.

Contudo, mesmo com as orientações destacadas acima, o consumo médio registrado por morador mostrou-se consideravelmente distante da média calculada de consumo de água per capita segundo as faturas da concessionária. Esse erro pode ocorrer devido à imprecisão dos moradores ao registrarem o tempo de utilização dos aparelhos, à baixa taxa de retorno dos questionários respondidos ou à comparação feita com faturas de meses anteriores, em vez de considerar o período correspondente às respostas. Por esse motivo, os questionários apenas foram utilizados para estimar a porcentagem da demanda total de água a ser suprida pela água pluvial.

Visto que a porcentagem de substituição da água potável por água pluvial é um dado de entrada para a determinação dos volumes dos reservatórios através do Netuno, optou-se por realizar diferentes cenários, alternando a porcentagem de substituição. Assim, foram feitas simulações no Netuno variando o percentual de substituição em -10%, -5%, +5% e +10% em relação ao valor inicial determinado. A Tabela 2 apresenta os dados referentes à frequência e tempo médio de uso com base nos questionários respondidos.

Tabela 2 - Frequência e tempo médio de uso dos aparelhos hidrossanitários por morador.

Utilização	Frequência de uso (vezes/dia)	Tempo médio (min)
Banho	1,44	10,46
Descarga	4,16	0,06
Lavar mãos/rosto	5,97	0,33
Escovar dentes/ fazer a barba	2,49	0,36
Lavar a louça	1,74	5,72
Cozinhar	2,01	0,57
Tanque	0,52	0,20
Máquina de lavar roupa	0,37	-
Outros	0,07	1,20

Nos questionários em que foram respondidos o item “outros usos”, verificou-se que sempre se tratava necessariamente de uso de água potável, como por exemplo colocar água na cafeteira ou encher um filtro de barro para consumo da água. Por esse motivo, esse item não foi incluído na porcentagem de substituição de água potável por pluvial.

4.3.2. Medição das vazões

Conforme descrito na seção 3.4.1., os aparelhos que tiveram suas vazões medidas foram chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque da área de serviço. A medição foi realizada no apartamento 22 do bloco B5, situado no segundo andar, o que corresponde ao penúltimo pavimento da edificação. Foram efetuadas três medições para cada aparelho em diferentes períodos, a fim de mitigar possíveis divergências causadas por uso simultâneo da prumada. Para a medição da vazão do chuveiro, em razão da maior área de dispersão da água, foi utilizada uma bacia larga para que toda a água fosse captada enquanto era cronometrado o tempo necessário para o enchimento. Para os outros três pontos de água, como apresentavam menor dispersão na saída do aparelho, foi possível realizar a medição utilizando um

recipiente menor, de 500 ml de volume. Os resultados obtidos estão ilustrados na Tabela 3, assim como a média para cada aparelho.

Tabela 3 - Vazões dos aparelhos hidrossanitários medidos.

Aparelho	Volume do recipiente (L)	Tempo para enchimento do recipiente (s)				Vazão (L/s)
		T1	T2	T3	Média	
Chuveiro	5,2	55,2	52,38	56,1	54,56	0,10
Torneira do lavatório	0,5	3,8	3,86	3,81	3,82	0,13
Torneira da pia	0,5	8,2	8,67	8,65	8,51	0,06
Torneira do tanque	0,5	6,65	7,03	7,21	6,96	0,07

4.3.3. Estimativa dos usos finais

Após a vazão de cada aparelho ter sido determinada, em conjunto com as respostas fornecidas através dos questionários e com o auxílio dos métodos descritos na seção 3.4.2., foi possível estimar o consumo médio diário per capita nos blocos. A Tabela 4 demonstra a média per capita de consumo em todos os aparelhos contemplados no questionário, em um dia, do conjunto de blocos analisados.

Tabela 4 - Consumo médio diário de água potável estimado por habitante.

Utilização	Média de consumo de água potável (L/habitante.dia)
Banho	86,33
Descarga	25,48
Lavar mãos/rosto	15,28
Escovar dentes/ fazer a barba	7,02
Lavar a louça	35,12
Cozinhar	4,04
Tanque	0,44
Máquina de lavar roupa	33,24
Outros	0,20
Total	207,15

Para determinar a porcentagem de água potável a ser substituída por água pluvial, foi calculado o percentual de consumo de cada aparelho. Tendo o percentual dos aparelhos que foram considerados aptos a serem abastecidos por água pluvial, tem-se a porcentagem de água potável que pode ser substituída. Tabela 5 apresenta a média de consumo, em valores percentuais, de cada um dos aparelhos analisados nos questionários.

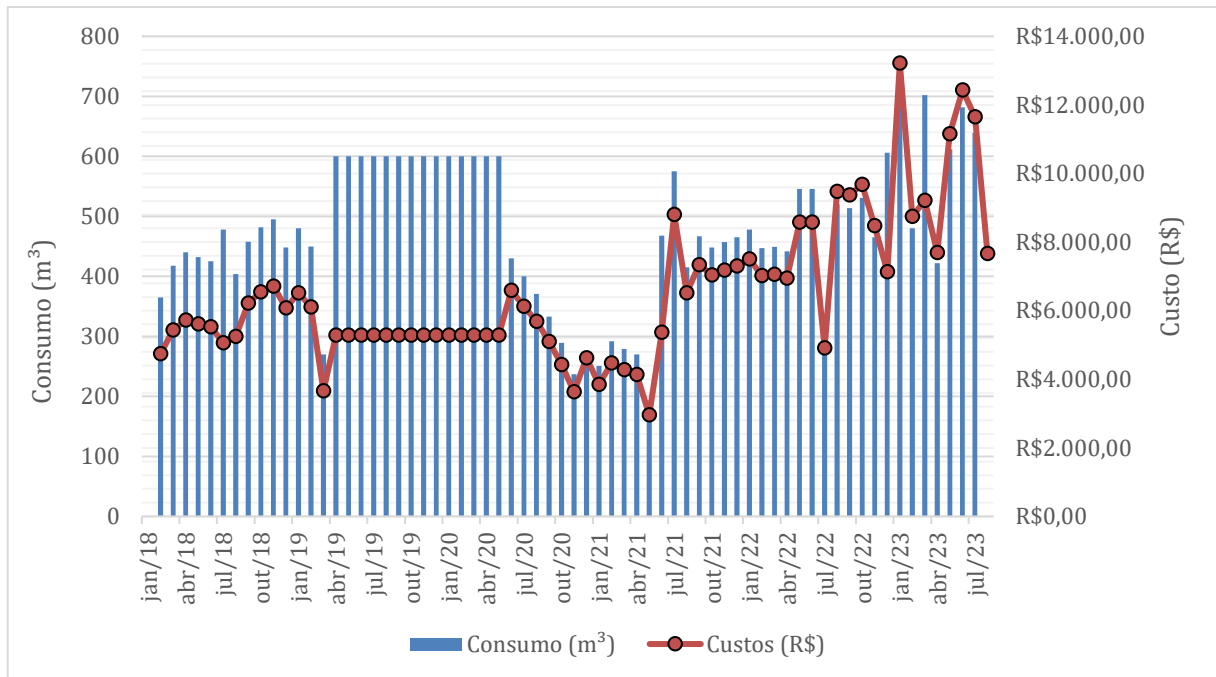
Tabela 5 - Consumo percentual médio diário de água potável.

Utilização	Percentual de consumo (%)
Banho	41,67
Descarga	12,30
Lavar mãos/rosto	7,38
Escovar dentes/ fazer a barba	3,39
Lavar a louça	16,95
Cozinhar	1,95
Tanque	0,21
Máquina de lavar roupa	16,05
Outros	0,10
Total	100,00

4.3.4. Consumo medido pela concessionária

Através dos registros mantidos pela administração do condomínio, pôde-se obter os volumes mensais de água consumidos pelo conjunto dos blocos no intervalo de janeiro de 2018 até julho de 2023. Como os blocos, atualmente, dividem um reservatório de abastecimento de água, a leitura do volume consumido é registrada em apenas uma fatura, não sendo feita a divisão do consumo de cada bloco separadamente. Por esse motivo, o volume de água consumido em cada bloco foi considerado proporcional à sua população em relação à população total dos quatro blocos. A Figura 9 mostra os volumes, em metros cúbicos, consumidos no intervalo analisado, além do custo relativo a cada fatura com base nas tarifas aplicadas pela CASAN. O reajuste das tarifas aconteceu de forma anual durante o período contemplado, e a faixa de volume, na qual é definido o valor em reais de cada metro cúbico consumido, foi sempre acima de 50 m³.

Figura 9 - Consumo mensal de água e valores das faturas do conjunto de blocos analisados.



Fonte: CASAN (2018-2023).

Por meio da Figura 9, é possível constatar que a média de consumo do conjunto dos blocos durante o período analisado foi de 478,33 m³. No intervalo de abril de 2019 até maio de 2020, observa-se que o consumo contabilizado foi constante e igual a 600 metros cúbicos. Essa imprecisão referente à medição do consumo pode ser explicada por defeito no hidrômetro ou correções de medições incorretas feitas anteriormente, fazendo com que a concessionária adotasse um valor fixo de consumo mensal para o conjunto de blocos. Para definir o consumo médio real de cada bloco, foi feita uma proporção em relação à quantidade de moradores de cada um deles sobre o total do conjunto. Os dados referentes ao número de moradores de cada apartamento foram obtidos através do sistema de administração do condomínio, consultado pela síndica no mês de outubro. O sistema é atualizado constantemente conforme ocorrem mudanças de proprietários ou inquilinos nos apartamentos, pois deve ser identificado o número de moradores quando é realizado o cadastro de entrada no condomínio. É possível que ocorra divergências do número real de habitantes em cada apartamento em decorrência de aluguéis informais a terceiros, quando não é registrada no sistema a mudança de moradores. Podem ocorrer também situações em que alguns apartamentos se encontrem desocupados, e caso não tenha ocorrido a venda ou

locação da unidade para novos moradores, o número constatado no sistema de pessoas residindo ali esteja desatualizado. A Tabela 6 apresenta o número de moradores em cada um dos quatro blocos analisados, assim como a média por apartamento e o número total de residentes do conjunto.

Tabela 6 - Moradores por bloco e média por apartamento.

Bloco	Número de moradores	Média de moradores por apartamento
B5	33	2,20
B6	29	1,93
B7	32	2,13
B8	31	2,07
Total	125	2,08

Assim, é possível determinar o consumo mensal médio real de cada bloco, além do consumo médio diário per capita nos blocos analisados. As Tabelas 7 e 8 mostram o consumo mensal médio por bloco e o consumo médio diário per capita, respectivamente.

Tabela 7 - Consumo médio mensal de água potável por bloco.

Bloco	Consumo mensal médio de água potável (m ³)
B5	126,28
B6	110,97
B7	122,45
B8	118,63
Total	478,33

Tabela 8 - Consumo médio diário per capita de água potável.

Bloco	Consumo médio diário de água potável (L/pessoa.dia)
B5, B6, B7 e B8	127,55

Após ter sido determinado o consumo médio diário real, com base nas faturas do conjunto dos blocos, é possível comparar com o consumo médio diário estimado a

partir das respostas dos moradores. Enquanto o consumo real estabelecido foi de 128 litros por pessoa por dia, o consumo advindo do questionário foi de 207 litros por habitante por dia, representando diferença de quase 80 litros por habitante por dia. Conforme explicitado na seção 4.3.1, essa diferença pode apresentar diversas causas, tais como baixa taxa de retorno dos questionários respondidos, comparação feita com faturas de meses distantes e principalmente imprecisão dos moradores ao registrarem o tempo de utilização dos aparelhos. Portanto, a demanda diária de água potável, sendo um importante dado de entrada do Netuno, foi assumida como sendo a contabilizada pela CASAN, ao invés da estimada através dos questionários.

4.3.5. Porcentagem de substituição de água potável por pluvial

Conforme explicitado na seção 3.5.5, os aparelhos definidos para terem seus abastecimentos substituídos, de água potável por água pluvial, foram a bacia sanitária, a máquina de lavar roupas e o tanque da área de serviço. Assim, a Tabela 9 demonstra o percentual de consumo destes aparelhos, além do valor inicial adotado para porcentagem de substituição de água potável por pluvial.

Tabela 9 - Percentuais de substituição de água potável por pluvial dos aparelhos selecionados.

Utilização	Porcentagem sobre o uso total de água (%)
Descarga	12,30
Máquina de lavar roupa	16,05
Tanque	0,21
Total	28,56

O valor adotado para o percentual de substituição de água potável por pluvial foi arredondado para 29%. Comparando os resultados obtidos com outros estudos similares, é possível notar uma discrepância em relação ao percentual não potável sobre o uso total de água. Marinoski (2007) concluiu que, em diversos países, a porcentagem de água tratada para fins não potáveis varia de 45% a 55%, valores distantes dos 29% estimados através dos questionários aplicados.

É explicitado ainda, por meio da Tabela 10, os diferentes cenários adotados para a porcentagem de substituição de água potável por pluvial. Além da situação inicial conforme o valor determinado anteriormente, os quatro cenários com variações de -10%, -5%, +5% e +10% em relação a esse valor são ilustrados.

Tabela 10 - Diferentes percentuais de substituição de água potável por pluvial simulados.

Cenários	Percentuais de substituição (%)
Um	29
Dois	19
Três	24
Quatro	34
Cinco	39

4.4. Análise no Netuno

Após definidos todos os dados de entrada necessários para a realização das simulações no Netuno, foi possível determinar os diferentes potenciais de economia de água potável através dos volumes recomendados pelo programa. Assim, pôde-se determinar qual tamanho de reservatório apresentou o melhor custo-benefício para os cenários analisados. Os dados de entrada que foram inseridos no Netuno estão descritos na Tabela 11.

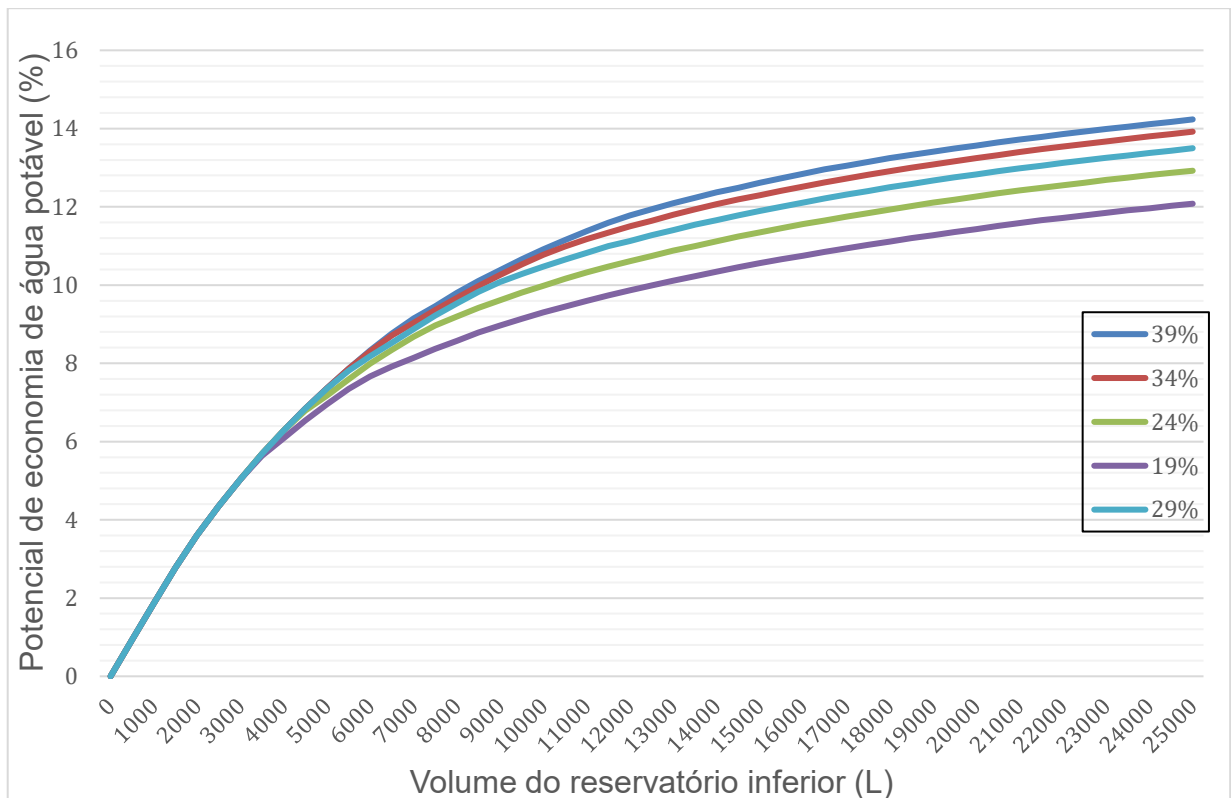
Tabela 11 - Dados de entrada inseridos nas simulações do Netuno.

Dados de entrada	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Data inicial	08/01/1996	08/01/1996	08/01/1996	08/01/1996	08/01/1996
Descarte inicial (mm)	2	2	2	2	2
Área de captação (m ²)	742	742	742	742	742
Demanda total de água (L per capita/dia)	127,55	127,55	127,55	127,55	127,55
Número de moradores	125	125	125	125	125
Porcentagem de substituição de água potável por pluvial	29	19	24	34	39
Coefficiente de escoamento superficial	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

4.4.1. Volume do reservatório inferior

A simulação do reservatório inferior ideal através do Netuno, para os diferentes cenários apresentados, foi realizada conforme as instruções destacadas na seção 3.5.7. Além dos dados de entrada explicitados anteriormente, como a simulação é realizada para diversos volumes, os demais parâmetros determinados foram volume máximo do reservatório de 25000 litros, intervalo entre volumes de 500 litros e diferença limite entre potenciais de 1%/m³ para definição do volume ideal. A Figura 10 apresenta os potenciais de economia de água potável para cada percentual de substituição de água potável por pluvial.

Figura 10 - Potenciais de economia de água potável para os cinco cenários.



Analisando a Figura 10, é possível constatar que, para todos os cenários verificados, a curva referente ao potencial de economia de água potável apresenta menor inclinação a partir de 10000 litros de volume do reservatório inferior. Isso significa que, mesmo aumentando o volume do reservatório inferior, a diferença do potencial de economia de água potável passa a ser cada vez menos perceptível. Por exemplo, para o percentual de substituição de 39%, o volume ideal de 12000 litros proporciona 11,78% de economia de água potável. Caso fosse selecionado um volume do reservatório inferior de 15000 litros, o aumento percentual de economia de água pluvial seria de apenas 0,83%.

Por meio das simulações feitas pelo Netuno, foi possível constatar que o potencial de utilização de água pluvial, para os 5 cenários analisados nos critérios previamente definidos, foi de 11,13%, 10,93%, 11,24%, 11,34% e 11,78%, respectivamente. Para esses potenciais de economia de água potável, o volume ideal dos reservatórios foi de 12000L, 17000L, 14500L, 11500L e 12000L, respectivamente. A Tabela 12 agrupa todos os resultados dos diferentes cenários analisados.

Tabela 12 - Resultados dos dimensionamentos referentes aos 5 cenários.

Resultados	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Volume ideal do reservatório inferior (L)	12000	17000	14500	11500	12000
Potencial de economia de água potável (%)	11,13	10,93	11,24	11,34	11,78
Consumo diário de água pluvial (L/dia)	1774,63	1743,43	1791,74	1808,58	1877,76
Consumo diário de água potável (L/dia)	14169,12	14200,32	14152,01	14135,17	14065,99
Volume extravasado (L/dia)	1096,10	1126,68	1079,03	1062,14	992,95

Por meio da Tabela 12, foi possível observar que o maior potencial de economia de água potável (11,78%) ocorreu no cenário cinco, no qual a porcentagem de substituição de água potável por pluvial adotada foi 10% a mais do que a estipulada por meio dos questionários. Neste cenário, o volume ideal do reservatório inferior foi definido em 12000 litros. O cenário cinco, por apresentar o maior potencial de economia de água potável e o segundo menor volume ideal do reservatório inferior, juntamente com o cenário um, foi o escolhido para servir de base para a análise econômica.

Conforme Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006) apuraram em um estudo que contemplou 62 cidades de Santa Catarina, as porcentagens de economia de água potável variaram de 34% até 92%. Essa grande diferença entre os potenciais de economia de água potável encontrados pode ser explicada por demandas diferentes no uso da água para fins não potáveis. Por outro lado, ao comparar com os resultados apresentados por Dalsenter (2016), percebe-se a proximidade dos valores encontrados relativos aos potenciais de economia de água potável. Pode-se supor que essa equivalência dos resultados encontrados se deve ao fato de ambas as edificações analisadas compartilharem similaridades. Portanto, ainda que os valores de economia de água potável encontrados neste estudo estejam distantes dos resultados apresentados por Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006), os resultados encontrados por Dalsenter (2006) corroboram os valores constatados neste trabalho.

Além dos cenários analisados anteriormente, uma outra perspectiva possível seria realizar simulações de reservatórios que atendessem cada bloco separadamente, ao invés do conjunto de quatro deles. Entretanto, como as faturas de consumo não discriminam o uso em cada bloco, apenas no conjunto, não é possível determinar o volume consumido com exatidão em cada um. Por esse motivo, optou-se por manter a estrutura existente do condomínio e realizar o abastecimento dos blocos em conjunto, e não separadamente.

4.4.2. Volume do reservatório superior

Conforme explicado na seção 3.5.6, o Netuno indica o volume ideal do reservatório superior como sendo igual à demanda diária média de água pluvial. Portanto, o valor indicado, no cenário cinco, foi de 6218,06 litros. Desse modo, o tamanho adotado para o reservatório superior foi de 7500 litros, em razão de restrições que lojas de materiais de construção em Florianópolis poderiam ter.

4.5. Análise econômica

Após ter sido determinado o tamanho ideal dos reservatórios que melhor atende o conjunto de blocos analisado, foi feita uma análise econômica para avaliar a rentabilidade do investimento. Contudo, como dito anteriormente, a intenção deste estudo não é a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial no condomínio Itambé, e sim uma análise para futuras edificações similares. Conforme explicitado na seção 3.6, o levantamento de custos contemplou os materiais e mão de obra necessários para implantação do sistema.

Dentre as três lojas consultadas, a que apresentou menor preço para um reservatório a capacidade de 12000 litros foi a loja Cassol, conforme mostra a Tabela 13. Para o reservatório superior, de volume 7500 litros, o melhor valor encontrado foi na loja Efizi. A Tabela 14 apresenta os valores encontrados para esse tamanho de reservatório. É importante ressaltar que esses valores contemplam apenas o reservatório, não estando incluso o custo da entrega.

Tabela 13 - Valores do reservatório inferior considerado nas lojas consultadas.

Loja	Valor reservatório 12000L (R\$)
Cassol	6.549,00
Acquafort	7.095,80
Loja da construção	9.623,11

Tabela 14 - Valores do reservatório superior considerado nas lojas consultadas.

Loja	Valor reservatório 7500L (R\$)
Cassol	4.199,00
Efizi	3.975,51
Balaroti	5.221,62

Como explicitado anteriormente, a estimativa para os custos relativos aos tubos e conexões foi orçado como sendo igual a 15% do valor do reservatório. Portanto, para o reservatório inferior, o custo considerado foi de R\$982,35. Para o reservatório superior, o custo estimado foi igual a R\$596,33.

Para estimar o custo da mão de obra necessária, o valor da hora de trabalho de um encanador necessário para realizar a instalação dos reservatórios foi de R\$28,02. Esse valor tem como base o mês de setembro de 2023 da tabela de custos e composições do SINAPI, para o estado de Santa Catarina. Como explicitado anteriormente, na ausência de um projeto de instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial no condomínio Itambé, as horas de trabalho necessárias para a realização do serviço foram estimadas. Considerando um expediente de 8 horas por dia, foi estimado que seria necessário um período de 10 dias para a instalação dos reservatórios. Assim, o custo relativo à mão de obra foi de R\$2.241,60.

Por fim, no cálculo da motobomba necessária, foi constatado que em função da altura manométrica dos blocos, motobombas com potência de 1/2 cavalo-vapor seriam suficientes para atender a demanda. Optou-se por uma motobomba centrífuga da marca Schneider, modelo BC-98. Na pesquisa de preços, o valor encontrado em lojas da região para o modelo escolhido foi de R\$474,20. Seguindo a recomendação

da NBR 5626 (ABNT, 2020), utilizando duas motobombas para o sistema, o custo total referente a elas foi de R\$948,40. A Tabela 15 demonstra os valores associados à implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Tabela 15 - Valores relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Referência	Custo (R\$)
Reservatório inferior 12000L	6.549,00
Reservatório superior 7500L	3.975,51
Tubos e conexões inferiores	982,35
Tubos e conexões superiores	596,33
Mão de obra do encanador	2.241,60
Duas motobombas de 1/2cv	948,40
Total	15.293,19

Para a realização da análise econômica disponibilizada pelo Netuno, os dados de entrada necessários, conforme detalhados na seção 3.6, estão expostos na Tabela 16. Foi considerado ainda, na aba relativa aos custos operacionais, como um gasto fixo adicional, a limpeza dos reservatórios a cada 6 meses, a um valor de 1000 reais.

Tabela 16 - Dados de entrada para análise econômica do Netuno.

Dados de entrada	Valor
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (% ao mês)	0,5
Inflação (% ao mês)	0,42
Reajusta das tarifas (meses)	12

Em relação às tarifas de água e esgoto, os valores praticados pela CASAN no mês de referência, setembro de 2023, para consumos residenciais acima de 50 m³,

foi de R\$19,39 por metro cúbico consumido. Para a energia elétrica, a tarifa residencial normal vigente no período analisado era de R\$0,59296 por kWh consumido.

Após realizada a análise econômica pelo Netuno, obteve-se o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. Para a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial no cenário analisado, o valor presente líquido encontrado foi de R\$440.119,52. A taxa interna de retorno foi de 14,92% ao mês, enquanto o tempo de retorno do investimento foi de sete meses.

Comparando os resultados obtidos na análise econômica realizada neste trabalho com outros estudos similares, como os trabalhos de Ramos (2017) e Dalsenter (2016), pode-se concluir que o investimento em um sistema de aproveitamento de água pluvial em um edifício similar ao conjunto analisado é extremamente viável.

Contudo, deve-se considerar que uma edificação atual semelhante, em fase inicial de construção, pode projetar o abastecimento de água potável de seus blocos de maneira individual, diferentemente do que acontece no condomínio Itambé. Por isso, convém analisar a particularidade do projeto hidráulico para obter custos e retorno financeiro aproximados do sistema de aproveitamento de água pluvial a ser instalado.

5. Conclusões

5.1. Conclusões gerais

Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um conjunto de blocos do condomínio Itambé, além da viabilidade econômica relativa à implantação do sistema. Para isso, um conjunto de quatro blocos, que são abastecidos por um mesmo reservatório de água potável, foi tido como objeto de estudo.

Por meio de questionários distribuídos aos moradores dos quatro blocos analisados, foi possível obter a frequência e o tempo médio de uso para cada aparelho hidrossanitário contemplado no estudo. Com esses dados, tendo sido definido previamente os aparelhos que poderiam ser abastecidos por água pluvial, pode-se determinar a porcentagem do uso total de água para fins não potáveis. Tendo sido feita a medição da vazão de água dos aparelhos, ou então estimando esse valor quando a medição não era possível, chegou-se ao consumo diário per capita de acordo com o questionário respondido pelos moradores. O valor encontrado foi de 207 litros por pessoa por dia gasto em média nos quatro blocos analisados. Conhecendo o volume registrado em cada mês no hidrômetro do reservatório dos blocos, foi possível determinar o consumo real per capita de água potável. O consumo calculado por meio das faturas da concessionária foi em média 128 litros por pessoa por dia, valor esse muito abaixo do estimado pelos próprios moradores. Essa diferença pode ser explicada principalmente pela imprecisão dos moradores na hora de responder o questionário, extrapolando frequência e tempo de uso dos aparelhos. Somando-se ainda dados históricos de precipitação na região e a área disponível de captação da água pluvial, com o auxílio do programa Netuno foi possível obter valores potenciais de economia de água potável. Além disso, o Netuno indicou volumes ideais de reservatórios de águas pluviais para diferentes cenários simulados, tornando possível levantar custos referentes a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial nas condições apresentadas.

Realizando simulações para diferentes valores percentuais de substituição de água potável, após o valor de 29% ter sido definido por meio dos questionários, foi concluído que para um cenário de 39% de água potável substituída por pluvial, a

economia de água potável foi de 11,78%. O volume ideal do reservatório inferior foi indicado pelo Netuno como sendo de 12000 litros, enquanto o reservatório superior teve seu volume adotado em 7500 litros ao invés de 6218 litros indicado pelo programa. Essa adaptação visou facilitar as buscas por modelos com essa capacidade disponíveis no mercado.

Ao final do estudo, foi realizado um levantamento dos custos envolvidos na implantação do sistema, a fim de avaliar a viabilidade econômica para edificações similares. O custo total de implantação foi orçado em R\$15.293,19, tendo um período de retorno do investimento de sete meses. Por esse motivo, foi considerado um empreendimento viável para edificações que apresentem condições similares.

5.2. Limitações do estudo

Durante a realização deste trabalho, algumas limitações foram encontradas e dificultaram a apresentação de resultados mais confiáveis. As principais dificuldades foram:

- Baixa taxa de retorno dos questionários preenchidos;
- Imprecisão dos moradores na hora de responder os questionários a respeito de seus hábitos de consumo de água;
- Arquivos do condomínio muito antigos, tais como plantas de cobertura, dificultando a medição precisa da área de captação;
- Disposição de apenas um reservatório para um conjunto de quatro blocos do condomínio, não sendo possível saber o consumo exato de cada bloco;
- Imprecisão na aferição da vazão real da bacia sanitária, por ser de válvula de descarga;
- Medição da vazão de apenas um exemplar de cada aparelho hidrossanitário, sendo que a vazão pode variar consideravelmente em diferentes aparelhos e usuários;
- Estimativas de valores para itens como tubos e conexões relacionados aos reservatórios, além do custo da mão de obra necessária para a instalação, tornam a análise financeira suscetível a imprecisões.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

Ao final deste trabalho, são recomendadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Analisar o potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em diferentes tipos de edificações em Florianópolis;
- Realizar análises mais aprofundadas sobre os custos de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, estimando o mínimo possível dos preços de insumos e serviços;
- Obter dados precisos a respeito dos consumos de água por parte dos usuários e das medições das vazões dos aparelhos, minimizando assim discrepâncias entre valores reais e estimados.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**, Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**, Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**, Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 – Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente - Projeto, Execução, Operação e Manutenção**, Rio de Janeiro, 2020.
- AMORIM, S. V. D.; PEREIRA, D. J. D. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, Junho 2008. 53-66
- APOSTOLIDIS, N.; HUTTON, N. **Integrated water management in brownfield sites—more opportunities than you think**. *Desalination*, v. 188, n. 1-3, p. 169-175, 2006.
- BRITO, LT de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, Everaldo R. **Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos**. 2007.
- CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; FEITOSA, F. F.; JOHANSEN, I. C.; CRAICE, C. **População e consumo urbano de água no Brasil: interfaces e desafios**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Bento Gonçalves, 2013.
- CLIMATE-ORG. **CLIMATE DATA - DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS, 2022**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>. Acesso em: agosto de 2023.
- DALSENTER, M. E. V. **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.
- DAPIEVE, Alan Roque. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva no município de Caçador/SC**. 2014. 71p. Monografia

- (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.
- DORNELLES, F. **Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2023. 20p.** (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line).
- 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.
- FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. **Importância da água e da informação hidrológica**. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16.
- GHISI, Enedir. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 - Manual do Usuário**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2014.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. **Netuno 3.0: aproveitamento de água pluvial**. Programa computacional. 2009. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- GHISI, Enedir; MONTIBELLER, Andreza; SCHMIDT, Richard W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p. 204-210, 2006.
- GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, C. M. Dimensionamento de reservatório de armazenamento de águas pluviais, usando um critério financeiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, p. 89-100, Rio Grande do Sul, 2010.
- IBGE. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em setembro de 2023.

- LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. 2001.
- MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.
- MARTINE, G.; CAMARGO, L. Crescimento e distribuição da população brasileira: tendências recentes. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [S. l.], v. 1, n. 1/2, p. 99–144, 1984. Disponível em: <https://rebep.emnuvens.com.br/revista/article/view/5>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Acesso em: 2023-06-04.
- MEINCHEIM, D. L. **Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em São José - SC**. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- OLIVEIRA, T. D. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, Captação e (re) Uso das Águas Pluviais na Arquitetura**. GEDECON - Gestão e Desenvolvimento em Contexto, 2014.
- 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**. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- RUPP, Ricardo Formagiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Eneidir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 47-64, 2011.
- SHIKLOMANOV, Igor A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. 1998
- SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/ab>. Acesso em junho de 2023.


TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. **Navegar Editora**. São Paulo, 2003.

TUCCI, Carlos EM; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **Gestão da água no Brasil**, p. 37-43. 2001.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) WITH A FOREWORD BY KOFI ANNAN, UN SECRETARY-GENERAL. **Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives**. Environmental Management and Health, v. 13, n. 5, p. 560-561, 2002.

APÊNDICE A

Questionário aplicado aos moradores do condomínio Itambé

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL Coordenadoria de Trabalho de Conclusão de Curso
---	--

Este questionário é parte de um Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, e tem como objetivo estimar o uso final de água em diferentes aparelhos e apartamentos no condomínio Itambé.

Pede-se que, se possível, cada morador responda separadamente um questionário, ou então, um responsável faça todas as anotações e marque o tempo de uso do aparelho (por exemplo, torneiras, chuveiro, etc.) assim que possível, em cada dia da semana. Caso o aparelho não tenha sido usado, um X pode ser marcado na caixinha ao lado.

Informações: Bloco _____; Apartamento _____; N° de moradores _____

- **Utilização do chuveiro para banhos, considerando o tempo médio que o chuveiro permanece aberto, em minutos:**

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
N° de banhos							
Tempo médio							

- **Utilização da descarga do vaso sanitário, considerando o tempo médio de pressionamento da válvula de descarga, em segundos:**
***Caso a bacia sanitária seja de caixa acoplada ao invés de válvula de descarga, favor especificar o modelo:**

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
N° de descargas							
Tempo médio pressionando a válvula							

- **Utilização da torneira para lavar mãos/rosto, considerando o tempo médio com a torneira do banheiro aberta, em segundos:**

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Nº de aberturas							
Tempo médio							

- Utilização da torneira para escovar o dente/fazer a barba, considerando o tempo médio com a torneira do banheiro aberta, em segundos:

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Nº de aberturas							
Tempo médio							

- Utilização da torneira da pia para lavar louça, considerando o tempo médio com a torneira da pia aberta, em minutos:

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Nº de aberturas							
Tempo médio							

- Utilização da torneira da pia para cozinhar, considerando o tempo médio com a torneira da pia aberta/litros consumidos:

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Nº de aberturas							
Tempo médio							

Responsável pela limpeza no apartamento:

- Nº de vezes que acionou a torneira do tanque para lavar algo/encher um recipiente: _____; Tempo médio com a torneira do tanque aberta/litros consumidos: _____;
- Nº de vezes que utilizou a máquina de lavar: _____;
Nível selecionado no painel da máquina: baixo; médio; alto;
Nº de ciclos (vezes que a máquina enche de água): _____;
Favor especificar marca, modelo e capacidade da máquina: _____;
- Outros usos: _____;
Tempo/consumo médio com o aparelho utilizado: _____;

- **Outros usos:** _____;
Tempo/consumo médio com o aparelho utilizado:
_____;
- **Outros usos:** _____;
Tempo/consumo médio com o aparelho utilizado:
_____;
- **Outros usos:** _____;
Tempo/consumo médio com o aparelho utilizado:
_____;
- **Outros usos:** _____;
Tempo/consumo médio com o aparelho utilizado:
_____;