

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DA
UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR
LOCALIZADO EM MATÃO - SP**

PAULO JORGE RAMOS

FLORIANÓPOLIS

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Paulo Jorge Ramos

**Análise do potencial de economia de água potável por meio da utilização de
água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado em Matão - SP**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. EneDir Ghisi, Ph.D.

FLORIANÓPOLIS

2017

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DA
UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR
LOCALIZADO EM MATÃO - SP**

PAULO JORGE RAMOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado pela banca
examinadora para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Florianópolis, junho de 2017.

Prof^a Lia Caetano Bastos, Dr^a
Coordenadora de TCC

Banca Examinadora:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E. Ghisi', is written over a horizontal line.

Prof. EneDir Ghisi, Ph.D.
Orientador

Prof^a Liseane Padilha Thives, Dr^a

Eng. Matheus Soares Geraldi
Mestre em Engenharia Civil

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

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 / Paulo Jorge Ramos ; orientador, EneDir Ghisi, 2017.
69 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento água pluvial. 3. economia água potável. 4. análise economica. 5. captação água pluvial. I. Ghisi, EneDir . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Antônio Jorge Ramos e Marina Tavares Ramos, que com muito trabalho e honestidade, me proporcionaram a oportunidade de estudar sem nunca deixar de me apoiar.

Às minhas irmãs Denise Marina Ramos e Jamile Carolina Ramos, que juntamente com minha sobrinha Laura e meus cunhados Caio e Paulo, completam minha família, meu porto seguro.

Aos meus amigos, que sempre estiveram do meu lado durante esse trabalho.

Aos professores que tive durante toda minha vida, que através do ensino, contribuíram para que eu pudesse concluir mais essa etapa em minha vida.

Ao professor EneDir Ghisi, pela atenção e pelos conhecimentos adquiridos durante a orientação deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de economia de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para uso não potável. O objeto do estudo foi um condomínio multifamiliar localizado na cidade de Matão – SP. Como se trata de um condomínio em fase de construção, dados como usos finais, demanda de água e número de habitantes não foram possíveis de se obter, portanto o primeiro passo do estudo foi o levantamento desses dados a partir da revisão bibliográfica. Para esses dados foram criados diferentes perfis e os valores utilizados foram: 10%, 25% e 45% para os valores de usos finais, 100, 150 e 200 l/hab.dia para os valores de demanda de água e 17, 26 e 34 habitantes para o número de moradores. A fim obter uma amostra com os resultados possíveis do potencial de economia de água potável, realizou-se uma combinação entre os perfis, resultando em 27 cenários para análise, que foram simulados por meio do programa Netuno. Os resultados das simulações apontaram três volumes adequados de reservatórios inferior para o condomínio, 5000, 10000 e 15000 litros, com um potencial de economia variando de 4,62% até 19,09%. Também, através do programa Netuno, foi realizado a análise econômica para cada um dos três volumes de reservatório inferior. Nessa análise foram consideradas as tarifas de água e energia vigentes na cidade, bem como, valores de mão de obra, de reservatórios, de motobomba e tubulações. Ainda foi considerando um período de análise de 20 anos, taxa mínima de atratividade de 0,5% ao mês, inflação de 0,14% ao mês e o reajuste das tarifas de água e energia a cada 12 meses. Após realizar comparações entre os três reservatórios, concluiu-se que para o condomínio do estudo, o reservatório que melhor atenderia foi o de 5000 litros, com um potencial de economia médio de 8,0%, um investimento inicial de R\$ 6.407,00 e um tempo de retorno do investimento de em média 34 meses. O reservatório de 10000 litros apresentou um potencial de economia médio de 8,82%, investimento inicial de R\$ 7.755,00 e tempo de retorno médio de 42 meses; o reservatório de 15000 litros apresentou um potencial de economia médio de 9,14%, investimento inicial de R\$ 10.153,90 e tempo de retorno médio de 54 meses.

Palavras-Chave: Aproveitamento de água pluvial. Programa Netuno. Potencial de economia água potável. Análise econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da cidade de Matão - SP	33
Figura 2 - Fachada do condomínio Antonella.....	34
Figura 3 - Planta baixa do primeiro pavimento.	34
Figura 4 - Precipitação anual e média anual do município de Matão - SP.	41
Figura 5 - Precipitação média mensal com máximos e mínimos do município de Matão – SP de 1981 a 2016.....	42
Figura 6 - Planta de cobertura impermeável.....	43
Figura 7 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 100 l/hab.dia	49
Figura 8 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 150 l/hab.dia.	50
Figura 9 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 200 l/hab.dia.	51
Figura 10 - Potencial de economia de água potável em relação a reservatórios inferiores de 5000, 10000 e 15000 litros.	53
Figura 11 - Comparação do valor presente líquido (VPL) entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros.....	61
Figura 12 - Comparação do tempo de retorno entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros.....	62
Figura 13 - Comparação da taxa interna de retorno ao mês entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perfil de consumo doméstico de água em São Paulo (ROCHA, BARRETO, 1999).....	18
Tabela 2 - Perfil de consumo doméstico de uma residência de médio porte com consumo diário de 200 litros/habitante (DEMETRIOS, 2003 apud OLIVEIRA, 2004)	18
Tabela 3 - Uso final de água potável para um consumo doméstico em uma residência da USP (DECA, 2005 apud FERREIRA, 2005).....	19
Tabela 4 - Uso final de água potável para um consumo doméstico em uma residência da CDHU (DECA, 2005 apud FERREIRA, 2005).....	19
Tabela 5 - Uso final de água para edificação multifamiliar localizado em Florianópolis - SC (GHISI; FERREIRA, 2007).	20
Tabela 6 - Consumo doméstico de água para duas residências da cidade de Palhoça - SC (OLIVEIRA; GHISI, 2007).....	20
Tabela 7 - Perfil de consumo doméstico de água em São Paulo (BARRETO, 2008).	21
Tabela 8 - Consumo doméstico de água para uma residência da cidade de São José - SC. adaptado (MEINCHEIM, 2015).	22
Tabela 9 - Consumo diário de água potável para cada uso nos blocos de um condomínio multifamiliar localizado em Florianópolis - SC (DALSENTER, 2016).....	23
Tabela 10 - Resumo do dimensionamento dos reservatórios por diferentes métodos (BEZERRA et al., 2011)	27
Tabela 11 - Estimativa de Consumo Predial. (MACINTYRE, 1982 apud TOMAZ, 2000) - (Adaptado da Tabela 59.1).....	36
Tabela 12 – Perfil de demanda total de água.	37
Tabela 13 - Perfis de usos finais de água.....	38
Tabela 14 - Perfis de número de moradores.....	39
Tabela 15 - Coeficiente de escoamento (runoff) (TOMAZ, 2003).	43
Tabela 16 - Tarifa residencial de água (ÁGUAS DE MATÃO, 2017)	47
Tabela 17 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 100 l/hab.dia.	49
Tabela 18 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 150 l/hab.dia.	50

Tabela 19 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 200 l/hab.dia	51
Tabela 20 - Valor dos reservatórios utilizados na análise econômica.....	55
Tabela 21 - Tarifa residencial de energia elétrica (CPFL, 2017).....	56
Tabela 22 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 5000 litros.	57
Tabela 23 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 10000 litros.	58
Tabela 24 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 15000 litros.	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Estrutura do trabalho	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil e o uso racional da água.....	16
2.2 Usos finais de água	17
2.3 Aproveitamento de água pluvial.....	24
2.4 Dimensionamento de reservatórios	26
2.5 Dimensionamento de reservatórios através do programa Netuno	29
2.6 Considerações finais.....	30
3 MÉTODO	32
3.1 Considerações iniciais	32
3.2 Área de estudo.....	32
3.3 Objeto de estudo.....	33
3.4 Levantamento dos dados para estimativa do volume do reservatório	35
3.4.1 Perfis de análise	35
3.4.1.1 Perfis de demanda total de água	36
3.4.1.2 Perfis de usos finais	37
3.4.1.3 Perfis de número de moradores	38
3.4.1.4 Combinações dos perfis.....	39
3.4.2 Dados de precipitação.....	40
3.4.3 Área de captação	42
3.4.4 Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (<i>runoff</i>)	43

3.4.5	Volume dos Reservatórios	44
3.5	Análise econômica.....	45
4	RESULTADOS	48
4.1	Considerações iniciais	48
4.2	Volumes dos reservatórios e potencial de economia de água potável de cada perfil	48
4.3	Análise econômica.....	54
5	CONCLUSÃO	65
5.1	Considerações iniciais	65
5.2	Limitações do estudo	66
5.3	Sugestões para futuros trabalhos	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A água é um dos mais importantes recursos para nossa sobrevivência, sendo que o seu uso está nas mais diversas atividades humanas como: agrícolas, industriais, comerciais e culturais. No entanto, May (2004) aponta que com o crescimento populacional houve um natural aumento na demanda, elevando simultaneamente sua degradação, o que resultou em uma crise no abastecimento.

Nas regiões brasileiras há um desequilíbrio no que diz respeito à distribuição dos recursos hídricos. A região Sudeste, que compreende a maior população do país, tem apenas 6% da água doce do Brasil; enquanto no Norte, que possui a segunda menor população, há 68,5% da água doce disponível no país (TOMAZ, 2003).

Entre os anos de 2014 e 2016, devido a uma atípica estiagem sobre as bacias que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo, combinado com a falta de um planejamento estratégico por parte do governo do estado, a grande São Paulo passou por uma crise no abastecimento de água, que mesmo com o racionamento, causou transtornos aos habitantes pela constante falta de água (SORIANO, *et al.* 2016).

Diante dessa situação, surge a necessidade de procurar alternativas que possam ajudar a suprir a demanda de água. Uma das alternativas encontradas é o aproveitamento de água pluvial.

O manejo da água pluvial para uso não potável é simples, pois necessita apenas de um sistema para captação e um tratamento prévio ao uso. Essa água, por ter qualidade inferior, pode substituir a água potável em usos tais como descarga do vaso sanitário, lavagem de carros e para rega de jardim, economizando a água potável e tornando o consumo na edificação mais eficiente.

O uso de um sistema de aproveitamento de água pluvial não é algo recente. Há diversas evidências que sistemas como esses já eram usados por

civilizações antigas. Segundo Tomaz (2003), inscrições em Pedra Moabita sugeriam que fosse construído um reservatório de captação de água pluvial em cada casa, isso em 850 a.C. no Oriente Médio. No Brasil, sistemas como esse já são utilizados como, por exemplo, no sertão nordestino, região que enfrenta longos períodos de estiagem e escassez de água.

Ultimamente, no Brasil, tem havido diversos estudos sobre o aproveitamento de água pluvial. Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006) avaliaram a utilização de água pluvial no setor residencial de 62 cidades de Santa Catarina e obtiveram um valor médio de 69% de economia de água potável devido a utilização de água pluvial; em outro exemplo Ghisi e Oliveira (2007) realizaram um estudo em que combinava aproveitamento de água pluvial com o uso de água cinza em duas residências na cidade de Palhoça - SC, encontrando um valor médio de 35% de economia de água potável.

Para a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, é importante que além do estudo de economia de água potável também se analise a economia financeira e tempo de retorno do investimento. Dalsenter (2016), em seu estudo em um condomínio multifamiliar, encontrou um investimento inicial de R\$ 10.260,58 com o período de retorno de em média 12 meses, o que concluiu ser viável economicamente para o condomínio estudado.

Apesar de vários estudos que comprovaram um retorno positivo em relação à economia e sustentabilidade, não se percebe esse sistema muito popular entre as novas construções. Tal falta de popularidade se deve muito à falta de esclarecimentos sobre o sistema, por exemplo: como será feita a captação? Qual o volume do reservatório ideal para a edificação? O volume de chuvas da região é suficiente para o sistema operar o ano todo? Quanta água potável será economizada?

O sistema em si é simples, a captação geralmente é feita por calhas no telhado que conduzem a água ao reservatório. O reservatório é a parte mais onerosa do sistema, portanto, deve ser dimensionado de maneira que seja eficiente, relacionando custo e capacidade de armazenamento.

Considerando a importância da água para a sociedade, preservá-la e utilizá-la de uma maneira mais sustentável é essencial para sua preservação. Tendo em vista a simplicidade, os benefícios ecológicos e econômicos, o aproveitamento de água pluvial pode ser considerado uma forma viável de resolver problemas como falta de abastecimento e escassez, como os que acontecem em diversas cidades brasileiras, tornando o seu estudo de suma importância.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de economia de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para uso não potável, em um condomínio multifamiliar em construção, localizado em Matão - SP.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para a conclusão deste trabalho, é necessário que os seguintes objetivos específicos sejam atendidos, como:

- Realizar levantamentos de usos finais de utilização da água através da revisão bibliográfica;
- Estimar o volume do reservatório, que melhor atende a diferentes cenários de demanda;
- Analisar a viabilidade de instalação e o período de retorno do investimento.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho será dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo composto pela introdução, seguido de objetivos gerais e específicos do trabalho. Neste capítulo são apresentadas considerações iniciais que foram levadas em conta para a realização deste trabalho.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica utilizada como apoio na realização do trabalho. Baseada em artigos científicos e outros trabalhos de mesma natureza, são apresentadas informações sobre os recursos hídricos no Brasil, o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações e sobre o dimensionamento de reservatórios. Também são apresentados resultados de estudos sobre usos finais de água em residências.

Os métodos utilizados para avaliar o potencial de economia de água potável e o volume dos reservatórios estão apresentados no terceiro capítulo. Ainda, no terceiro capítulo, constam alguns dados utilizados de entrada no programa Netuno, para avaliar o potencial de economia, bem como, para realizar a análise econômica.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos da análise, no qual se encontra o volume dos reservatórios, o potencial de economia de água potável e o resultado da análise econômica.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas após o estudo, bem como as limitações observadas na sua elaboração e as sugestões para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil e o uso racional da água

Embora o Brasil tenha um dos maiores recursos hídricos em relação aos demais países do mundo, sua distribuição não coincide com a demografia do país. A região norte possui 71,1% da disponibilidade hídrica do país, mas apenas 8% da população brasileira está nessa região; por outro lado, a região sudeste, que concentra 43% da população, usufrui de apenas 6% do volume hídrico do Brasil (GHISI, 2006).

Com o crescimento populacional desordenado, principalmente em grandes centros urbanos, condições de abastecimento e de destinação final da água passaram a ser um problema recorrente no Brasil. Ghisi (2004, *apud* Krammers; Ghisi, 2006) realizou uma projeção dos recursos hídricos no país, na qual considerou o volume de água disponível por habitante por ano para as cinco regiões do Brasil, do ano 2000 até 2100. O autor constatou que nas regiões nordeste e sudeste cada habitante teria recursos hídricos abaixo de 1000 m³ por ano, o que é considerado extremamente baixo em relação à média mundial, que é de 7000 m³ por ano por habitante, conforme dados do *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2002).

A água é um bem essencial para a vida dos seres vivos, e, portanto, conservar esse recurso é de fundamental importância para sua manutenção, seja nas habitações, nos mananciais ou no sistema público de abastecimento. Em relação as habitações, o uso racional da água pode partir do combate ao desperdício, através da conscientização ao usuário, como também da utilização de aparelhos economizadores, do controle de vazamentos, da utilização de fontes alternativas de água, e por parte da concessionária de água, aplicando tarifas que incentivem à economia de água (SANTOS, 2002).

Nas residências a água é utilizada de diferentes formas, como na higiene pessoal, na preparação de alimentos e na limpeza em geral. Na utilização de água em vasos sanitários, lavação de roupas e regas de jardins, por exemplo, não seria necessário do uso de água potável, como acontece na maioria das residências

brasileiras, podendo ser substituída por água pluvial ou por água cinza (após o devido tratamento), o que não prejudicaria suas finalidades, condizendo a qualidade da água com o seu uso.

Portanto, estudar a utilização de água nas edificações ajuda a destinar esse recurso de maneira mais eficiente, o que conseqüentemente auxilia na sua conservação e sobrevida.

2.2 Usos finais de água

Diversos países, principalmente do hemisfério norte, têm feito estudos sobre os usos finais de água na edificação. Entretanto, por se tratar de outra região e país, questões culturais e climáticas, modificam o modo com que o usuário utiliza a água, tornando a comparação com o Brasil, de certa maneira, incompatível (ROCHA; BARRETO, 1999).

O consumo de água em uma edificação é destinado principalmente para: preparação de alimentos, higiene e limpeza. Ter conhecimento da quantidade de água que será utilizada em cada ponto da residência é um dado de grande importância para utilizar-se de fontes alternativas de água, como água pluvial e água cinza. Identificando os consumos pontuais, tem-se um projeto mais eficiente para o manejo sustentável da água.

Nesse contexto, Rocha e Barreto (1999) demonstraram por meio da medição do consumo de água de uma habitação unifamiliar, que pertencia ao conjunto habitacional da Companhia de Desenvolvimento de Habitação e Urbanismo (CDHU), na cidade de São Paulo, o perfil doméstico de consumo de água interno. Após a análise constatou-se que para essa habitação 19% da água potável utilizada poderia ser substituída, por exemplo, por água pluvial, o que diminuiria o consumo de água potável da habitação. Os resultados de usos finais obtidos se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Perfil de consumo doméstico de água em São Paulo (ROCHA, BARRETO, 1999).

Aparelho	Uso final (%)
Chuveiro	55
Pia da cozinha	18
Lavadora de roupas	11
Lavatório	8
Vaso sanitário com caixa acoplada	5
Tanque	3

Segundo Demetrios (2003 *apud* Oliveira, 2004), o consumo de água de uma moradia varia de 120 até 400 litros/habitante dia, variando conforme o nível econômico. Para obter os valores de consumo diário foi adotado 200 litros/habitante dia, o que resultou em um alto consumo nos banheiros (Tabela 2), representando de 70% a 82% do consumo total da moradia de porte médio.

Tabela 2 - Perfil de consumo doméstico de uma residência de médio porte com consumo diário de 200 litros/habitante (DEMETRIOS, 2003 *apud* OLIVEIRA, 2004)

Aparelhos	Uso final (%)
Vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia da cozinha	6
Bebida	5
Lavação de roupas	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

Em um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (USP¹) em parceria com a SABESP², analisou-se o consumo de água potável doméstico em uma residência da USP e outra da CDHU, ambas localizadas na

¹ Universidade do Estado de São Paulo – USP.

² Concessionária de saneamento básico do Estado de São Paulo – SABESP.

região metropolitana de São Paulo. Os resultados estão expressos na Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3 - Uso final de água potável para um consumo doméstico em uma residência da USP (DECA, 2005 *apud* FERREIRA, 2005).

Aparelhos	Uso final (%)
Vaso sanitário	29
Chuveiro	28
Pia da cozinha	17
Máquina de lavar roupa	9
Lavatório	6
Tanque	6
Máquina de lavar louça	5

Tabela 4 - Uso final de água potável para um consumo doméstico em uma residência da CDHU (DECA, 2005 *apud* FERREIRA, 2005).

Aparelhos	Uso final (%)
Chuveiro	54
Pia da cozinha	17
Tanque	10
Lavatório	7
Vaso sanitário com caixa acoplada	5
Máquina de lavar roupa	4
Máquina de lavar louça	3

Através dos resultados das na Tabela 3 e 4, observou-se que, no caso da residência da USP, 44% da água potável é usada para fins não potáveis, em contrapartida, na residência da CDHU esse valor cai para 19%. Nesse estudo, a diferença está diretamente associada a utilização de vaso sanitário com caixa acoplada, que diminui consideravelmente o consumo de água para esse fim.

Para um residencial multifamiliar localizado em Florianópolis - SC, Ghisi e Ferreira (2007) encontraram os valores de consumo de água para os três blocos do condomínio e o valor médio dentre os blocos, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Uso final de água para edificação multifamiliar localizado em Florianópolis - SC (GHISI; FERREIRA, 2007).

Aparelhos	Uso final (%)			
	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Média
Vaso sanitário	35,1	29,7	34,8	33,2
Chuveiro	16,2	23,2	28,6	22,6
Lavar louça	33,6	12,1	14,0	19,9
Lavatório	10,5	23,4	14,0	16,0
Lavar roupa	2,0	5,9	6,0	4,7
Limpeza	2,1	4,5	1,9	2,9
Cozinhar	0,4	1,2	0,7	2,8

Na Tabela 5, observa-se que, o vaso sanitário aparece como o maior consumo de água entre os blocos estudados, o que representa aproximadamente um terço do consumo total. No caso desse condomínio, a utilização de água não potável para suprir a demanda do vaso sanitário, como por exemplo a água pluvial, torna-se uma solução atrativa, uma vez que a água potável economizada poderá ser destinada ao chuveiro, ao lavatório e à pia da cozinha, gerando uma economia global para a edificação.

Ghisi e Oliveira (2007), em seu estudo de economia de água potável de duas residências da cidade de Palhoça - SC, encontraram os valores de consumo doméstico de água expressos na Tabela 6.

Tabela 6 - Consumo doméstico de água para duas residências da cidade de Palhoça - SC (OLIVEIRA; GHISI, 2007)

Aparelho	Uso final (%)	
	Residência A	Residência B
Chuveiro	32,8	45,6
Vaso sanitário	30,4	25,6
Pia da cozinha	28,0	13,5
Máquina de lavar	6,2	8,2
Lavatório	1,9	2,6
Barbear	0,8	4,4

A partir dos resultados obtidos da Tabela 6, pôde-se concluir que para as duas residências o chuveiro e o vaso sanitário são os responsáveis pelo maior consumo de água, tornando assim o uso de água pluvial uma solução viável, visto que para o vaso sanitário, esta substituição traria uma economia representativa de água potável.

Barreto (2008), em outra situação, realizou uma pesquisa sobre o levantamento do perfil do consumo residencial e usos finais de água, na qual utilizou dados de amostra de sete residências de uma mesma região da cidade de São Paulo, composta por consumidores considerados típicos, com faixa de consumo entre 15 e 20 m³/mês. O autor observou que dos dados de usos finais, aproximadamente 40% da água utilizada nas residências poderia ser substituídas por água pluvial, como no vaso sanitário e em limpeza de roupas. Os resultados estão ilustrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Perfil de consumo doméstico de água em São Paulo (BARRETO, 2008).

Aparelho	Uso final (%)
Outros usos	30,6
Chuveiro	13,9
Pia da cozinha	12,0
Máquina de lavar roupas	10,9
Tanquinho de lavar	9,2
Tanque com máquina de lavar	8,3
Vaso sanitário com caixa acoplada	5,5
Tanque	5,4
Lavatório	4,2

Ainda, segundo Barreto (2008), há diversas variáveis que interferem nos valores de consumo de água, entre elas podem ser citadas: o clima, a cultura, a utilização de aparelhos economizadores, os perfis dos usuários, o tempo que o morador passa na residência e as condições financeiras, que para o autor, quanto mais alta é a renda da família, maior é o consumo de água.

Meincheim (2015), com a realização de um estudo de potencial de economia de água potável através da substituição por água pluvial em sua residência, que localiza-se na cidade de São José - SC, obteve o consumo de água após 92 dias de monitoramento e os valores estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo doméstico de água para uma residência da cidade de São José - SC. adaptado (MEINCHEIM, 2015).

Aparelhos	Uso final (%)
Vaso sanitário	55
Chuveiro	13
Máquina de lavar	12
Tanque	8
Torneira externa	6
Pia da cozinha	4
Lavatório	2

Segundo Meincheim (2015), o alto valor de consumo de água em vaso sanitário foi devido a um vazamento na válvula de descarga do banheiro social, que só foi consertado após as medições.

Dalsenter (2016) analisando outro condomínio multifamiliar na cidade de Florianópolis - SC, constatou que os maiores consumos diários de água, para cada um dos três blocos, ficaram entre chuveiro e lavar louça, valores apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Consumo diário de água potável para cada uso nos blocos de um condomínio multifamiliar localizado em Florianópolis - SC (DALSENTER, 2016).

Aparelhos	Uso final (%)		
	Blocos		
	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Chuveiro	21,6	21,7	21,0
Vaso sanitário com caixa acoplada	10,6	8,4	8,4
Escovar os dentes	16,0	14,7	16,6
Lavar as mãos	10,1	10,2	11,7
Lavar o rosto	3,0	3,3	3,9
Fazer a barba	1,6	1,6	1,8
Lavar a louça	22,4	20,0	20,9
Máquina de lavar louça	0,5	0,2	0,3
Cozinhar	0,9	1,7	1,6
Máquina de lavar roupa	12,5	16,7	11,8
Tanque	0,8	1,5	1,9

Através dos dados obtidos (Tabela 9) notou-se que, em média, os valores de consumo entre os blocos foram bastante próximos, e que o chuveiro e a pia da cozinha, são os pontos de maior consumo com aproximadamente 50% do consumo total. No caso de desse condomínio, aproximadamente 25% da água potável poderia ser substituída por água pluvial, o que foi comprovado ser economicamente viável no estudo da autora.

Constata-se, após os estudos serem citados, que em diversos casos há um grande volume de água potável sendo utilizada para fins não potáveis, que nesses estudos, compreendem-se entre 19% e 44%. Diante dessa situação, fazer uso de água pluvial em vasos sanitários, regas de jardins, máquinas de lavar roupa e tanques, promoveria uma significativa economia no consumo de água potável, diminuindo o risco de escassez e problemas de abastecimento nas grandes cidades.

2.3 Aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento e uso da água pluvial, além de ser relativamente simples, traz benefícios para o usuário direta e indiretamente. Esse sistema de aproveitamento, que vem sendo usado para uso industrial, agrícola e doméstico além de benefício econômico, também ajuda a diminuir o problema da escassez e de abastecimento de água.

Historicamente, o aproveitamento de água pluvial já era usado na Idade Antiga; no deserto de Negev foram encontrados sistemas com mais de 4000 anos (MAY, 2009). Segundo Gmandlinger (2000), na América Latina, sistemas como esses já eram utilizados antes da colonização europeia, por povos pré-colombianos na península de Iucatã, no México. No Brasil, segundo Azevedo (1991, *apud* Carlon, 2005), a primeira instalação de um sistema de captação de água pluvial foi construída em 1943 em Fernando de Noronha, por norte-americanos.

No nordeste brasileiro, em regiões semiáridas, tem-se uma diferente visão em relação ao manejo de água pluvial nas zonas rurais. Locais de difícil acesso e fontes para abastecimento escassas, a água pluvial pode ser a única fonte desse recurso. O dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial é feito de maneira que possa captar a maior quantidade de água durante o período de chuva, para ser utilizado na estiagem (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008).

Em meios urbanos, a captação de água pluvial pelas edificações ocorre principalmente pela cobertura. Nesse sistema, é recomendado que a primeira água que cai no telhado seja descartada. Essa água é responsável pela lavagem superficial das telhas e calhas, visando eliminar materiais que possam ficar depositados na cobertura como, poeira, folhas, galhos e fezes de pequenos animais, visando uma menor contaminação da água coletada.

Atualmente, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), a água pluvial captada, após realizado o tratamento adequado, pode ser utilizada para usos não potáveis

como, por exemplo, em vasos sanitários, lavagem de veículos e pátios, na irrigação de áreas verdes, usos industriais e espelhos d'água.

Há estudos acadêmicos que avaliam a economia de água na agricultura, em indústrias, comércios e residências, devido à captação e manejo da água pluvial. Nesse trabalho, será dada mais ênfase em estudos feitos em residências, devido aos dados e resultados, para fins de comparação com os valores desse trabalho.

Analisando um conjunto residencial localizado na cidade de Florianópolis - SC, Marinowski, Ghisi e Gómez (2004), realizaram um estudo do potencial de economia de água potável através da substituição por água pluvial, e estimaram os volumes de reservatórios necessários para o armazenamento da água coletada. No caso específico do potencial de economia, a água pluvial teria condições de substituir até 42,4% do consumo anual da água potável.

Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006), considerando 62 diferentes cidades do Estado de Santa Catarina, realizaram um estudo onde analisou-se o potencial de economia de água potável com a substituição por água pluvial. Com dados de precipitação, população, consumo de água e número de residências de cada cidade, a análise resultou em uma economia média de 69% de água potável. Também foi analisada uma perspectiva para o ano de 2100, usando ou não o aproveitamento de água pluvial, o que resultaria em um volume anual de 5000 m³ per capita quando utilizado, e quando não, um volume de 2000 m³ per capita. Concluíram que para o Estado de Santa Catarina, a utilização de um sistema de aproveitamento de água pluvial seria uma solução possível para reduzir problemas com disponibilidade de água.

Considerando duas residências da cidade de Palhoça - SC, Ghisi e Oliveira (2007) avaliaram o potencial de economia de água potável através da utilização de água pluvial e água cinza. Com a utilização apenas de água pluvial, o potencial de economia encontrado foi aproximadamente de 35%, para as duas residências. Em relação a análise econômica, que também foi realizada nesse estudo, o tempo de retorno do investimento da casa A foi de 25 anos e o da casa

B de 116 anos (utilizando apenas água pluvial), resultados que os autores concluíram ser elevados.

Ghisi e Ferreira (2007) também realizaram um estudo em que avaliava o potencial de economia de água potável por meio da utilização de água pluvial e água cinza. No estudo foram analisadas tanto a utilização de água pluvial e água cinza separadamente, quanto combinadas. Na análise foi considerado um condomínio multifamiliar, composto por três blocos, localizado na cidade de Florianópolis - SC. O percentual de economia encontrado, com a substituição de água potável por água pluvial varia de 14,7% a 17,7%.

Em outro estudo, Ortiz *et al.* (2009) analisou o potencial de economia de água potável através da substituição por água pluvial de quatro cidades, consideradas de médio porte, do Estado de São Paulo. As cidades selecionadas foram: Piracicaba, São José dos Campos, Ribeirão Preto e Sorocaba, sendo considerado apenas o setor residencial. Os resultados obtidos do potencial de economia de água potável variaram de 7% até 92,7%, de acordo com os valores de precipitação média mensal, o que resultou em um valor médio do potencial de economia de água potável de aproximadamente 39%.

Em virtude do que foi mencionado, conclui-se que a utilização de água pluvial para fins não potáveis, gera uma economia de água potável significativa em residências.

2.4 Dimensionamento de reservatórios

Dentre os componentes que integram um sistema de aproveitamento de água pluvial, o reservatório é o item com maior valor monetário, o que segundo pesquisas, é o que tem prejudicado na disseminação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008). Portanto, dimensionar adequadamente o reservatório, faz com que o sistema opere de maneira mais eficiente e tenha um menor tempo de retorno do investimento realizado.

O dimensionamento do reservatório varia em relação às diferentes regiões de sua implantação, isso devido a diferentes precipitações, tipos de edificações e objetivos finais da instalação do reservatório. Segundo Tomaz (2003), quando o objetivo é captar água pluvial para evitar enchentes, é necessário que o reservatório esteja vazio antes da próxima chuva para obter melhores resultados na drenagem; por outro lado, quando visa o aproveitamento de água para o uso, o reservatório deve ter sempre uma pequena quantidade de água para a utilização. Usualmente o cálculo do reservatório é feito para atender a maior demanda de água, pelo maior período e com um menor custo (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Para o cálculo do dimensionamento de reservatórios, a NBR 15527 (ABNT, 2007), cita os diferentes métodos para o cálculo: método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e o método prático australiano. Bezerra *et al.* (2011), compararam os métodos citados pela norma com o Decreto Municipal 293/2006 da cidade de Curitiba em diferentes edificações. Os valores estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 - Resumo do dimensionamento dos reservatórios por diferentes métodos (BEZERRA *et al.*, 2011)

Volume dos reservatórios (m³)					
Métodos	Edificações				
	Edifício A	Edifício B	Edifício C	Edificação comercial	Habitação unifamiliar
Rippl	55	28	334 ¹	18	18
Simulação	36	25	14 ²	19	15
Azevedo Neto	19	25	31	8	6
Prático Alemão	19	17	36	8	6
Prático Inglês	22	30	37	9	7
Prático Australiano	38	25	14 ²	20	15
Decreto 293/2006 - edificação residencial	24	15	7	-	0,5
Decreto 293/2006 - edificação comercial	-	-	-	0,2	-

Legenda:

1 = a condição ($\Sigma Dt < \Sigma Qt$) não foi atendida para a aplicação desse método naquele estudo de caso; 2 = em função da alta demanda, a melhor confiança obtida foi de 16%; e (-) quando não se aplica.

Segundo Bezerra *et al.* (2011), o referente estudo comparativo não chegou à conclusão de qual método seria o mais adequado, pois não houve um padrão constante nos resultados. Os métodos que obtiveram menores volumes resultam em menor custo de reservatório, em contraposição, os métodos que obtiveram maiores volumes geralmente atendem a demanda por um maior período ao longo do ano. Dessa forma, o autor conclui que a escolha do método mais apropriado de dimensionamento dependerá do usuário, que escolherá por um método mais, ou menos, conservador, de acordo com o espaço físico disponível para instalação, volume calculado e viabilidade financeira.

Em outro estudo, Amorim e Pereira (2008) compararam os métodos de dimensionamento de reservatórios, citados pela norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007), em um edifício dentro do campus da Universidade Federal de São Carlos. Nesse estudo não foi indicado qual seria o melhor método de dimensionamento, mas concluiu-se que por ser mais simples e de fácil aplicação, os métodos práticos são mais indicados para residências e pequenos estabelecimentos.

Rupp, Munarim e Ghisi (2011), realizaram um estudo em que compararam os métodos sugeridos na NBR 15527 (ABNT, 2007) com o programa computacional Netuno. Para o estudo foram escolhidas as cidades de Palhoça - SC, Santos - SP e Santana do Ipanema - AL, que possuem diferentes características de precipitação. Foram considerados 27 casos diferentes para cada método e cidade, variando demanda de água potável, área de captação e porcentagem água potável substituída por água pluvial.

Ao final do estudo, concluiu-se que, em relação ao dimensionamento de reservatório, ao cálculo de potencial de economia de água potável e à aplicabilidade de método, os métodos citados pela NBR 15527 (ABNT, 2007) se mostraram pouco satisfatórios. Nos métodos de Rippl, da Simulação e Prático Australiano, o dimensionamento apenas foi possível quando a demanda de água pluvial foi maior que o volume captado no mês. Os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto, resultaram em volumes de reservatórios maiores que o ideal, mas sem aumentar o potencial de economia de água potável. No método Prático Inglês, em casos de alta precipitação o reservatório era superdimensionado, da

mesma forma, quando a precipitação era baixa o reservatório era subdimensionado.

O programa Netuno foi o único dentre os métodos em que o dimensionamento do reservatório, se ajustava em função da demanda de água pluvial e da precipitação. Também foi o único que forneceu o volume do reservatório de água pluvial em função do potencial de economia de água potável, que é o dado de saída do programa, podendo ser escolhido pelo usuário de acordo com sua necessidade.

Tendo em vista os aspectos observados, nota-se que a escolha do método é um assunto delicado, pois não há uma prova de qual método é o melhor. Entre o programa computacional Netuno e os métodos presentes na NBR 15527 (ABNT, 2007), o dimensionamento pelo Netuno possivelmente resulta em valores mais otimizados, pois avalia de forma mais adequada os dados disponíveis em cada caso e cria relações entre eles. A facilidade de criar diferentes cenários, modificando os dados de entrada, auxilia o usuário em suas comparações, o que torna o Netuno uma ferramenta prática e com grande potencial.

2.5 Dimensionamento de reservatórios através do programa Netuno

Criado por Ghisi e Cordova (2014), o programa computacional Netuno, atualmente (2017) em sua quarta versão, possibilita a simulação de sistemas de captação de água pluvial.

Para realizar uma simulação, os dados iniciais necessários são:

- Dados de precipitação diária (mm);
- Descarte de escoamento inicial (mm);
- Área de captação (m²);
- Demanda total de água (litros/habitante.dia);
- Número de moradores;
- Percentual de demanda a ser substituída por água pluvial;
- Coeficiente de escoamento superficial

Por meio dos dados iniciais, e após definir os parâmetros sobre o reservatório superior, o Netuno dimensiona o volume do reservatório inferior seja ele com um volume conhecido ou com diversos volumes, apontando o volume ideal e seu referente potencial de economia de água potável.

O dimensionamento do reservatório juntamente com seu potencial de economia ocorre da seguinte forma no Netuno: inicialmente é realizado a determinação do volume diário de água pluvial que escoar pela superfície de captação; após é determinado o volume de água pluvial consumido diariamente e o volume disponível no reservatório após suprir total ou parcialmente a demanda; e por último é determinado o potencial de economia de água potável (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

O Netuno se diferencia da maioria dos métodos de dimensionamentos de reservatórios, pois se baseia em modelos comportamentais e utiliza um conjunto de variáveis conhecidas, o que resulta em valores mais precisos, como Rupp, Munarim e Ghisi (2011) relataram em seu estudo.

2.6 Considerações finais

Devido ao risco iminente de escassez de água potável no Brasil nos próximos anos, encontrar maneiras de economizá-la é essencial para sua manutenção. Entre as maneiras possíveis de economizar água está o aproveitamento de água pluvial para uso em edificações.

Através de estudos realizados por outros autores, analisando seus métodos utilizados e seus resultados obtidos, nota-se que sistemas de aproveitamento de água pluvial, quando utilizado em edificações, apresentam um percentual de economia de água potável considerável, bem como, baixo custo de implantação e tempo de retorno de investimento baixo. O que mostra ser uma maneira simples e de baixo custo de economizar água.

Geralmente o sistema de aproveitamento de água pluvial tem em sua composição um grande reservatório, o qual deve ser dimensionado de maneira

eficiente, visto que se trata da parte mais onerosa do sistema. Através de estudos realizados sobre comparativos dos métodos de dimensionamento de reservatórios, verificou-se que o programa Netuno, por avaliar os aspectos do local da instalação do sistema, apresenta resultados de economia de água potável mais próximos do real em comparação aos outros métodos, que por sua vez, apresentaram volumes subdimensionados ou superdimensionados. Diante disso, foi escolhido o Netuno para estimar o potencial de economia de água potável de um sistema de aproveitamento de água pluvial do condomínio da cidade de Matão.

3 MÉTODO

3.1 Considerações iniciais

Neste capítulo será apresentado o método empregado para a coleta e análise dos dados utilizados para realização desse estudo. A partir desses dados, se deseja encontrar o potencial de economia de água potável através da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Como o objeto de estudo é um condomínio em construção, dados reais de utilização, como usos finais de água em cada equipamento e consumo de água na edificação, não poderão ser obtidos, pois ainda não há moradores residindo nos apartamentos. Desse modo, os dados a serem utilizados no estudo terão como base a bibliografia consultada no Capítulo 2.

A partir dos dados pluviométricos da cidade de Matão - SP, dos dados levantados de uso de água e da área de contribuição da coleta de água pluvial, será realizado o dimensionamento do reservatório por meio do programa computacional Netuno. O programa ainda permite realizar uma estimativa da viabilidade econômica, o que também será feito nesse estudo.

3.2 Área de estudo

A área de estudo desse trabalho localiza-se no município de Matão, na região central do estado de São Paulo, como mostra a Figura 1. Matão conta com uma área de 524,9 km² e sua população estimada no ano de 2016 foi de 81.887 habitantes (IBGE, 2017).

Figura 1 - Localização da cidade de Matão - SP



O clima que predomina na cidade de Matão é o tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos amenos e secos, e temperatura média de 22°C. Sua pluviosidade média anual é de 1319 mm, sendo agosto o mês mais seco e janeiro o mês com maior precipitação (CLIMATE-ORG, 2017).

3.3 Objeto de estudo

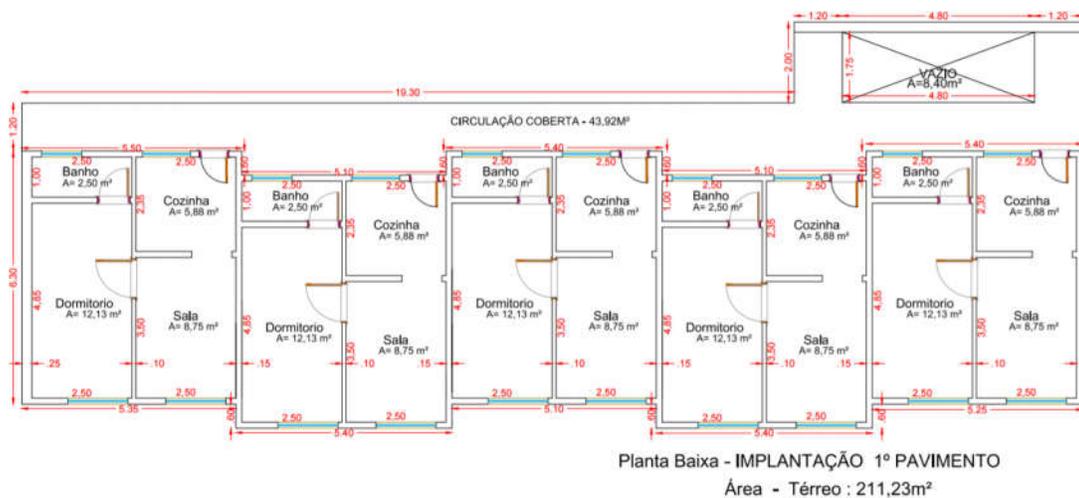
O objeto de estudo é um condomínio multifamiliar Antonella em fase de construção, localizado na Rua Carlos Monteiro de Castro, nº 21, Residencial Acácias, Matão. O condomínio contém dezessete apartamentos distribuídos em quatro pavimentos, sendo cinco apartamentos em cada um dos três primeiros pavimentos e dois apartamentos com terraço no último pavimento, onde há um terraço de uso comum utilizado para estender roupas, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Fachada do condomínio Antonella.



Os apartamentos possuem áreas pequenas, tendo como público alvo estudantes e casais com até uma criança pequena. Cada apartamento possui 29,26m² distribuídos em um dormitório, um banheiro, uma sala e uma cozinha. A planta baixa do pavimento tipo está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Planta baixa do primeiro pavimento.



Os pontos de água compreendidos nos apartamentos são: chuveiro, lavatório, vaso sanitário com caixa acoplada, pia da cozinha, tanque e máquina de lavar roupas. Nos apartamentos da cobertura ainda há torneiras no terraço. Na área externa, o térreo possui três pontos de torneira para rega de jardim e limpeza.

Para a realização do estudo de potencial de economia da utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial no condomínio, os pontos de água que serão abastecidos por água pluvial serão: vaso sanitário, tanque, máquina de lavar roupas e torneiras do terraço e do térreo.

3.4 Levantamento dos dados para estimativa do volume do reservatório

Como se trata de um condomínio em fase de construção e, portanto, sem moradores, não será possível realizar o levantamento de dados reais advindos do uso de água na edificação, assim como demanda de água necessária para suprir a edificação, número de moradores e usos finais de cada aparelho sanitário. A revisão bibliográfica realizada teve especial importância nessa etapa, uma vez que foi a partir de estudos já realizados que o presente estudo obteve os dados de usos finais de água para a realização da seguinte análise.

3.4.1 Perfis de análise

A seguir serão listados os perfis utilizados nas análises de potencial de economia de água potável e da análise econômica. Os perfis serão combinados entre si a fim de prever uma faixa de valores, entre um máximo e um mínimo, em que se compreendam tanto as possíveis economias de água potável quanto as viabilidades econômicas, a partir de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

3.4.1.1 Perfis de demanda total de água

A demanda total de água se refere à quantidade de água necessária para atender completamente as necessidades do usuário do condomínio em um determinado período de tempo. Na prática, esse valor varia em relação a cada usuário, dependendo do tempo que o morador permanece em casa, idade, sexo e condição financeira, sendo maior o uso quanto maior a renda, como afirma Barreto (2008). Como dado de entrada do programa, o valor de demanda total de água deve ser em litros/habitante.dia.

Para a cidade de Matão, onde se localiza o condomínio estudado, foram encontrados dois valores médios diários para esse dado. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o valor médio de demanda de água é de 176 l/hab.dia. No Plano de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Matão (PLAMAE), o valor sugerido foi de 191 l/hab.dia.

Comparando-se os valores de consumo citados para a cidade de Matão com os valores apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, em que Macintyre (1982 *apud* TOMAZ, 2000) sugere o consumo médio diário para diferentes tipos de construções, observa-se que para o tipo de habitação, que é do tipo popular, os valores referentes de consumo de Matão estão superdimensionados.

Tabela 11 - Estimativa de Consumo Predial. (MACINTYRE, 1982 *apud* TOMAZ, 2000) - (Adaptado da Tabela 59.1).

Prédio	Consumo (l/hab.dia)
Residências populares	120 a 150
Residências médio valor	150
Residência de luxo	300 a 400

A fim de comparar o efeito que diferentes consumos podem causar no potencial de economia de água potável, foram criados três perfis: o perfil de demanda mínima, o perfil de demanda média e o perfil de demanda máxima, como

mostra a Tabela 122. Os valores escolhidos são: 100, 150 e 200 l/hab.dia, pois abrangem tanto os valores estimados para residências populares, como o condomínio do estudo, quanto os valores obtidos para a cidade de Matão.

Tabela 12 – Perfil de demanda total de água.

Demanda total de água (l/hab.dia)		
Mínima	Média	Máxima
100	150	200

3.4.1.2 Perfis de usos finais

Os dados de usos finais de água definem a porcentagem que cada aparelho contribui para o consumo de água em relação ao consumo total da edificação.

Para se obter o percentual de água que será suprida por água pluvial, é necessário, primeiramente, definir quais aparelhos receberão água pluvial; em seguida, são somadas as respectivas porcentagens de usos finais de água de cada aparelho. Para esse condomínio serão traçados diferentes perfis de usos finais de água, os quais têm como objetivo abranger os diferentes consumos de água nesses aparelhos sanitários, em relação aos possíveis tipos de moradores.

Para os dados de usos finais de água, em que se considerou o vaso sanitário com caixa acoplada, a máquina de lavar, o tanque e as torneiras de uso geral do terraço e do térreo como os pontos que serão alimentados por água pluvial, foram utilizados os valores obtidos nos trabalhos citados nas referências bibliográficas.

A partir dos valores dos trabalhos de referência, para cada aparelho sanitário foram inseridos os seus respectivos valores de usos finais de água, nos quais foram escolhidos o maior valor, o menor valor e também a média de todos

os valores encontrados. A Tabela 13 sintetiza o resultado dos perfis que serão utilizados no estudo.

Tabela 13 - Perfis de usos finais de água.

Aparelhos sanitários	Perfis de usos finais (%)		
	Econômico	Mediano	Elevado
Vaso sanitário com caixa acoplada	5,0	7,6	10,6
Máquina de lavar roupas	2,0	8,4	16,7
Tanque	0,8	4,6	10,0
Torneiras	1,9	4,3	7,0
Total	9,7	24,9	44,3

Obs.: Fonte dos dados utilizados na tabela: Demetrios (2003 *apud* Oliveira, 2004), Deca (2005 *apud* Ferreira, 2005), Ghisi e Ferreira (2007), Ghisi e Oliveira (2007), Barreto (2008), Meincheim (2015) e Dalsenter (2016).

É importante ressaltar que para os valores de usos finais do vaso sanitário, em alguns trabalhos, o vaso sanitário de estudo era do tipo com válvula de descarga. Esse tipo de mecanismo resulta em valores maiores de consumo, e, conseqüentemente, em porcentagens maiores de usos finais. Para esse trabalho foram considerados apenas valores referentes a vasos sanitários com caixa acoplada, que será o tipo utilizado no condomínio.

São apontados valores inteiros, sendo aproximados aos obtidos na tabela 13. Uma vez que já se tratam de valores aproximados, o arredondamento não causará diferenças significativas no valor final desse estudo. Portanto, os valores de usos finais que serão utilizados para o perfil econômico, mediano e elevado serão, respectivamente, 10%, 25% e 45%.

3.4.1.3 Perfis de número de moradores

Através do número de moradores é possível obter a demanda diária de água potável total do condomínio. Esse dado interfere diretamente no potencial de economia de água potável. Quanto maior o número de habitantes residindo no

condomínio, maior o consumo de água diário, logo, aumenta-se o volume de água pluvial necessário para suprir a demanda por água não potável.

Segundo o Código de Obras do Município de Matão (2010), quando a edificação apresentar apenas um dormitório, sua área deve ser maior ou igual a 12 m², devendo-se considerar nesse caso dois habitantes por dormitório. No caso do condomínio de estudo, há dezessete apartamentos e seus dormitórios possuem 12,13 m², resultando em um número máximo de 34 habitantes possíveis para o condomínio.

Para análise de potencial de economia de água potável serão considerados todos os apartamentos ocupados por moradores. Entretanto, para esse estudo, serão criados diferentes perfis de número de moradores, sendo: perfil de número mínimo de moradores, perfil de número médio de moradores e perfil com número máximo de moradores, respectivamente 17, 26 e 34 habitantes. Na Tabela 14 está apresentado o esquema de perfis de número de moradores.

Tabela 14 - Perfis de número de moradores.

Número de moradores		
Mínimo	Médio	Máximo
17	26	34

3.4.1.4 Combinações dos perfis

Após a criação dos perfis citados acima e a combinação entre eles, será possível obter os valores de volume de reservatório inferior, bem como, os respectivos potenciais de economia de água potável para cada combinação. Os resultados serão apresentados em tabelas e gráficos, os quais servirão para visualizar o quanto varia o valor do volume de reservatórios e do potencial de economia de água potável, de acordo com a variação dos valores de cada perfil.

A combinação dos três perfis resultará em 27 cenários, os quais visam simular os possíveis usos de água que o condomínio, após sua inauguração, poderá vir a ter.

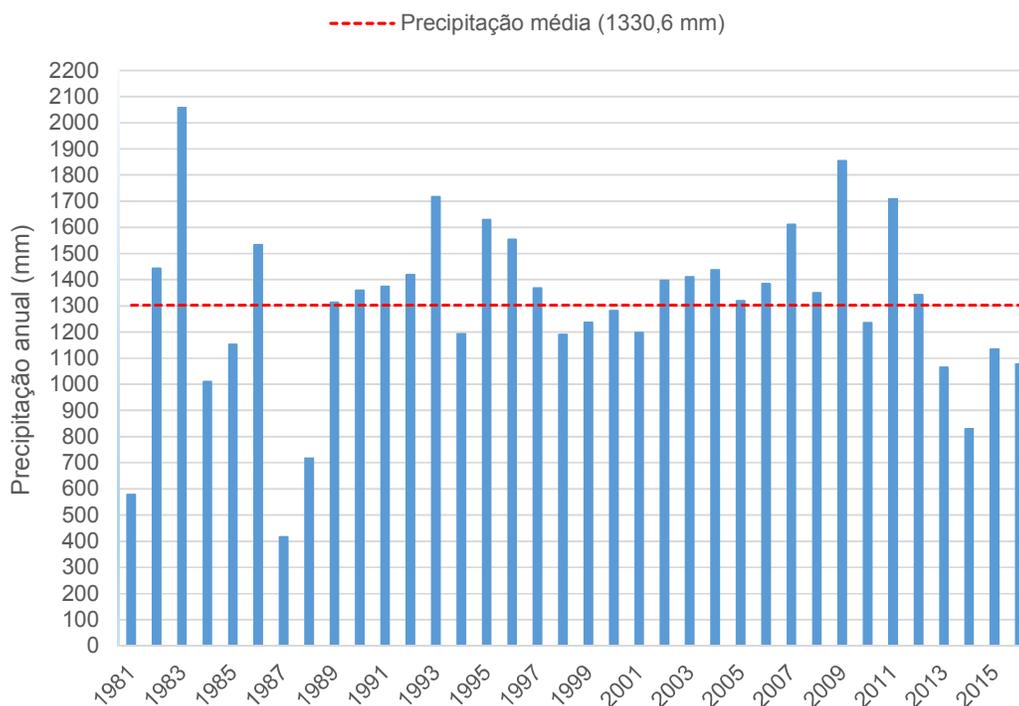
3.4.2 Dados de precipitação

Os dados referentes à pluviometria da cidade de Matão foram obtidos a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). A estação pluviométrica está em operação e localiza-se na área rural da cidade, possuindo dados disponíveis para consulta de 1978 a 2016. Os dados obtidos estão organizados em linhas e colunas, sendo os meses de cada ano dispostos em linhas, e os dias de cada mês em colunas, o que torna necessária sua edição para a correta leitura do programa Netuno.

Como apresentado no manual do programa Netuno, Ghisi e Cordova (2014) apontam que os dados de precipitação inseridos no programa devem constar em um arquivo externo e no formato CSV (Valores Separados por Vírgulas). Esses dados também devem estar no formato vetor-coluna, ou seja, um dado por linha. O programa requer, ainda, uma data inicial dos dados de precipitação, para que possa gerar resultados relacionados a cada mês do ano, e um valor de descarte de precipitação inicial, referente à limpeza superficial de impurezas da cobertura.

Através dos dados de precipitação obtidos da estação pluviométrica da ANA no município de Matão – SP, e considerando o período compreendido entre 01/11/1981 e 31/10/2016, obtiveram-se os seguintes resultados de precipitações: a precipitação média diária de 3,64 mm/dia, a precipitação média mensal de 99,6 mm/mês e a precipitação anual de 1330,6 mm/ano, como ilustrado na Figura 4.

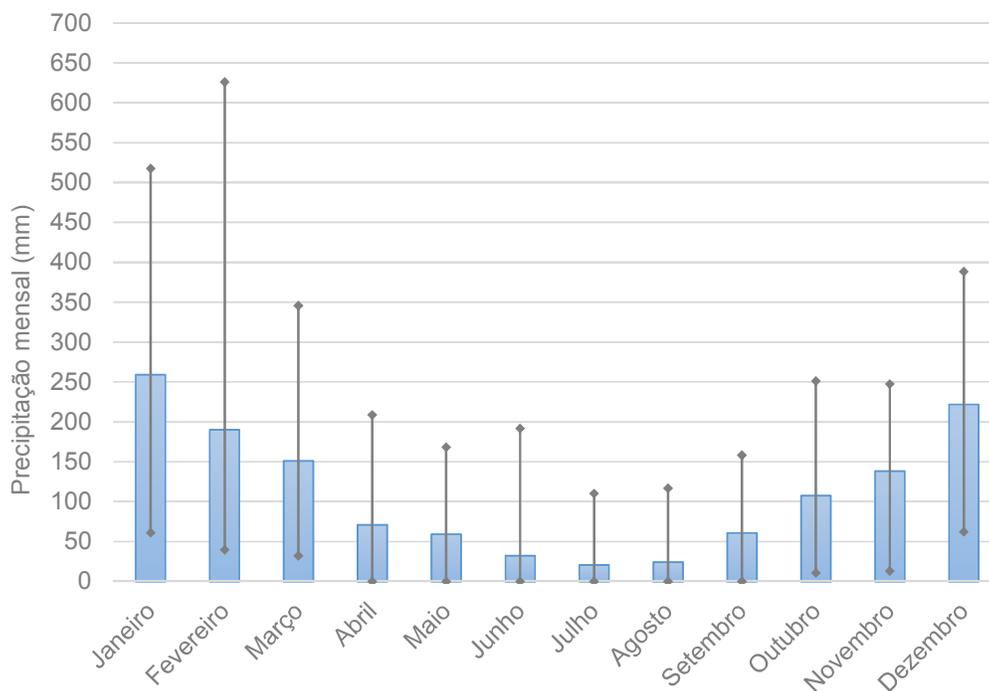
Figura 4 - Precipitação anual e média anual do município de Matão - SP.



Na Figura 5, que ilustra as precipitações médias mensais com máximos e mínimos, é possível notar que entre os meses de abril e setembro fica compreendido o período de estiagem do município de Matão – SP. Nota-se, ainda, que nesses meses é comum a ocorrência de nenhuma precipitação, como pode ser visualizado na linha que representa as precipitações máximas e mínimas.

Esse período de estiagem pode afetar diretamente a possibilidade de abastecimento de água pluvial na edificação durante todo o ano. O volume de água armazenada durante o período de chuva, que ocorre principalmente no verão, pode não ser suficiente para suprir a demanda de água pluvial durante o período de seca, em que há pouca ou nenhuma precipitação. Para contornar essa situação pode-se optar por um reservatório com maior capacidade de armazenagem, o que aumentaria o custo.

Figura 5 - Precipitação média mensal com máximos e mínimos do município de Matão – SP de 1981 a 2016.

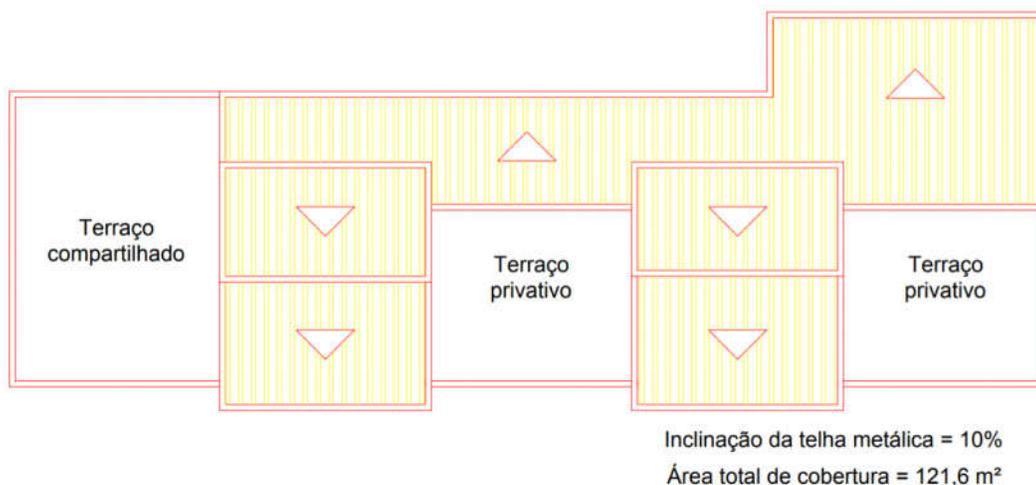


Nos dados de entrada de precipitação do programa Netuno, foram utilizados os dados de precipitação diária do período citado e desconsideradas as precipitações menores ou iguais a 2 mm, como recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.4.3 Área de captação

A partir da planta de cobertura do projeto arquitetônico do condomínio e de acordo com a definição da NBR 15527 (ABNT, 2007), a área de captação de água pluvial a ser utilizada será a soma das áreas de cobertura impermeáveis, projetadas horizontalmente. A mesma norma ressalta que a água pluvial deve ser coletada em locais que não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

No programa Netuno este dado de entrada deve ser em m^2 . Para o presente estudo foi encontrada uma área de $121,6m^2$, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Planta de cobertura impermeável

3.4.4 Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*)

O coeficiente de escoamento, ou coeficiente de *runoff*, representa a relação entre o volume de água que esco da cobertura e o volume total de água precipitada. Esse coeficiente é usado no cálculo de volume do reservatório por existir perdas no volume de água de precipitação, como na evaporação, na absorção dos materiais por onde a água esco e para limpeza do telhado (TOMAZ, 2003).

Tomaz (2003) também relacionou os tipos de materiais com os seus coeficientes de escoamentos, como ilustrado na Tabela 15.

Tabela 15 - Coeficiente de escoamento (*runoff*) (TOMAZ, 2003).

Material	Coeficiente de escoamento
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, pvc	0,90 a 0,95

O autor sugere ainda que o melhor valor a ser adotado para esse coeficiente seja de 0,80. No caso do condomínio do estudo, as telhas são do tipo corrugadas de metal, possuindo um valor condizente com o sugerido, que será usado para esta análise.

3.4.5 Volume dos Reservatórios

O volume dos reservatórios de água pluvial depende diretamente do percentual de água potável que será suprida pela água pluvial na edificação. Assim, conseqüentemente, depende dos valores de usos finais de água dos aparelhos que receberão água pluvial e da demanda de água diária.

Segundo o manual do programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), em uma edificação que possua um sistema de captação de água pluvial, pode existir tanto um reservatório inferior, quanto um reservatório inferior e um reservatório superior. No caso de utilização dos dois reservatórios, a água pluvial é recalçada através de bombeamento do reservatório inferior para o superior, o qual posteriormente abastece os pontos de consumo escolhidos para água pluvial.

Para o estudo corrente, foram adotados reservatórios inferior e superior, o que diminuirá o consumo de energia elétrica da motobomba, que funcionará apenas o tempo necessário para abastecer o reservatório superior. Para o volume do reservatório superior será considerado o volume igual à demanda diária média de água pluvial, que é uma das opções que o programa Netuno oferece. A forma de obtenção do volume está expressa na Equação 1.

$$V_{sup} = Dt \times n^{\circ} \times \frac{\%pluv}{100} \quad (1)$$

Onde:

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

Dt é a demanda total de água (litros/hab.dia);

n° é o número de moradores;

$\%pluv$ é o percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%).

No caso do reservatório inferior, após inserir os dados de: precipitação; escoamento inicial; área de captação; demanda total de água; número de moradores; percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial e coeficiente de escoamento superficial; e definir o volume do reservatório superior, o programa Netuno permite analisar qual o volume ideal para o reservatório inferior. Para encontrar o volume ideal, o Netuno verificou os volumes de reservatório e os potenciais de economia de água entre 0 e 50000 litros, variando de 1000 em 1000 litros, e o volume ideal escolhido é o volume cuja a diferença entre os potenciais de economia tem uma variação menor ou igual a 1%. O valor do volume do reservatório inferior é ilustrado em um gráfico em que fica em função do potencial de economia de água potável, que é o resultado principal desse estudo.

Com a realização da análise do potencial de economia de água potável para cada cenário, é natural que apareçam diferentes volumes ideais de reservatório inferior. Portanto, a partir dos resultados obtidos da análise de cada cenário, para cada volume considerado ideal será realizado uma nova análise, agora com volume de reservatório inferior fixo, a fim de comparar quais dos volumes ideais obtidos é o mais adequado para o condomínio do estudo.

3.5 Análise econômica

Após analisar o potencial de economia de água potável para os diferentes perfis citados, nos quais há variações de usos finais de água, de consumo e de número de moradores, também serão analisadas as viabilidades econômicas para cada um deles.

Para a análise econômica também será utilizado o programa Netuno. O programa permite criar um fluxo de caixa estimando um valor presente líquido, o

tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. O Netuno requer alguns dados de entrada para efetuar a análise econômica, que entre eles estão os custos iniciais (reservatórios, motobomba, tubulações e mão de obra), custos operacionais (energia consumida pela motobomba e limpeza), inflação, período de análise para o tempo de retorno, entre outros (GHISI; CORDOVA, 2014).

Para o levantamento dos custos iniciais, no caso dos reservatórios e motobomba, será realizada uma pesquisa de preços entre lojas da cidade de Matão – SP e lojas da região, optando sempre pelo menor valor encontrado. Em relação aos custos de instalação, onde incluem tubulações, conexões e afins, será atribuído o valor de 15% da soma dos custos de implantação (reservatórios, mão de obra e motobomba), como sugere Ferreira (2005) em seu estudo.

O custo da mão de obra de instalação será obtido a partir dos valores mais recentes do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Para a escolha da motobomba será escolhido um modelo que atenda a altura manométrica de bombeamento da edificação, que é de 18 metros de coluna d'água (m.c.a.), a partir do catálogo do fabricante. O custo operacional será a energia elétrica consumida pela motobomba durante o período de estudo, que é calculado a partir do tempo de funcionamento diário da motobomba e do custo da energia elétrica por hora. As unidades utilizadas são a hora (h) e o quiloWatt-hora (kWh).

O período de estudo de economia dessa análise será de 20 anos, período referente à vida útil do sistema, valor esse que é comumente utilizado neste tipo de estudo, como em Meincheim (2015) e Dalsenter (2016).

O programa Netuno ainda calcula, através das tarifas de abastecimento de água potável, a economia financeira mensal que a utilização de água pluvial proporcionaria na edificação. Para os valores das taxas de água do estudo, serão utilizadas as tarifas que estão em vigor atualmente no município de Matão, esses valores estão ilustrados na Tabela 16. Os impostos aplicados na tarifa de água, como PIS e COFINS, não serão considerados.

Tabela 16 - Tarifa residencial de água (ÁGUAS DE MATÃO, 2017)

Faixa de consumo (m³)	Tarifa de água (R\$)
Até 10	26,28
11 a 20	2,62
21 a 30	3,50
31 a 50	6,10
51 a 70	9,93
71 a 100	12,14
Acima de 100	15,16

Para a taxa de inflação foi considerado 0,14%, valor referente ao mês de abril de 2017, o qual foi obtido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA, 2017). Na taxa mínima de atratividade será utilizado o valor de 0,5% ao mês, o qual é utilizado como valor mínimo de remuneração dos depósitos de poupança pelo Banco Central do Brasil.

Após a inserção dos dados acima citados no programa Netuno, será possível determinar o tempo de retorno no investimento e a taxa interna de retorno dentro do período de 20 anos.

E assim após realizar a análise econômica do objeto de estudo, será possível avaliar e comparar o quanto a variação entre perfis de usos finais, demanda total de água e número de moradores, influencia na taxa interna de retorno e no tempo de retorno do investimento.

4 RESULTADOS

4.1 Considerações iniciais

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da análise de potencial de economia de água potável e da análise econômica, devido ao uso de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Por meio dos resultados apresentados será possível concluir se para o condomínio do estudo, que se localiza no município de Matão – SP, a utilização de um sistema de aproveitamento de água pluvial é uma solução atrativa do ponto de vista econômico, o que traria mais popularidade para esse tipo de sistema.

4.2 Volumes dos reservatórios e potencial de economia de água potável de cada perfil

A partir dos dados levantados, estimou-se o volume do reservatório de água pluvial, bem como, o potencial de economia de água potável.

Em relação aos volumes dos reservatórios, tanto no superior quanto no inferior, foram adotados os volumes de reservatórios encontrados no mercado. Para o volume do reservatório superior foi utilizado o volume da demanda diária como volume de referência, e optou-se por um reservatório encontrado no mercado com um volume aproximado imediatamente superior. Por exemplo, se a demanda diária é de 485 litros, o reservatório do mercado escolhido seria o de 500 litros.

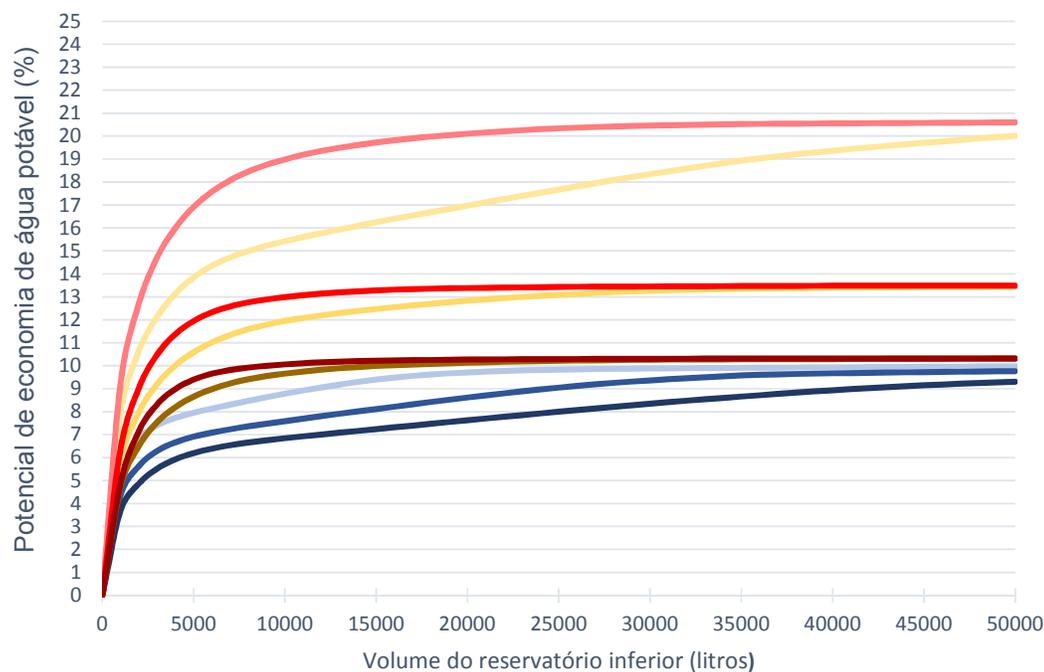
Nas Tabelas 17, 18 e 19 estão representados os volumes dos reservatórios encontrados para cada cenário do perfil, juntamente com seus valores de potencial de economia de água potável. Os volumes dos reservatórios já estão ajustados para volumes encontrados no mercado. A fim de melhor visualização dos valores obtidos nas simulações, nas Figuras 7, 8 e 9 estão ilustrados os gráficos de potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório. As Figuras 7, 8 e 9 referem-se às Tabelas 17, 18 e 19 respectivamente.

Tabela 17 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 100 l/hab.dia.

Demanda total de água (l/hab.dia)	Usos finais (%)	Número de moradores	Volume do reservatório Inferior* (litros)	Potencial de economia de água potável (%)
100	10	17	15000	9,41
		26	15000	8,13
		34	10000	6,86
	25	17	10000	15,47
		26	10000	12,00
		34	10000	9,70
	45	17	10000	19,09
		26	5000	12,13
		34	5000	9,52

* Volume do reservatório ideal, com valor corrigido para valores comerciais.

Figura 7 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 100 l/hab.dia



10% - 17 hab 10% - 26 hab 10% - 34 hab
 25% - 17 hab 25% - 26 hab 25% - 34 hab
 45% - 17 hab 45% - 26 hab 45% - 34 hab

Tabela 18 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 150 l/hab.dia.

Demanda total de água (l/hab.dia)	Usos finais (%)	Número de moradores	Volume do reservatório Inferior* (litros)	Potencial de economia de água potável (%)
150	10	17	15000	8,20
		26	10000	6,45
		34	10000	5,61
	25	17	10000	12,18
		26	10000	8,56
		34	10000	6,67
	45	17	10000	13,28
		26	5000	8,34
		34	5000	6,48

* Volume do reservatório ideal, com valor corrigido para valores comerciais.

Figura 8 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 150 l/hab.dia.

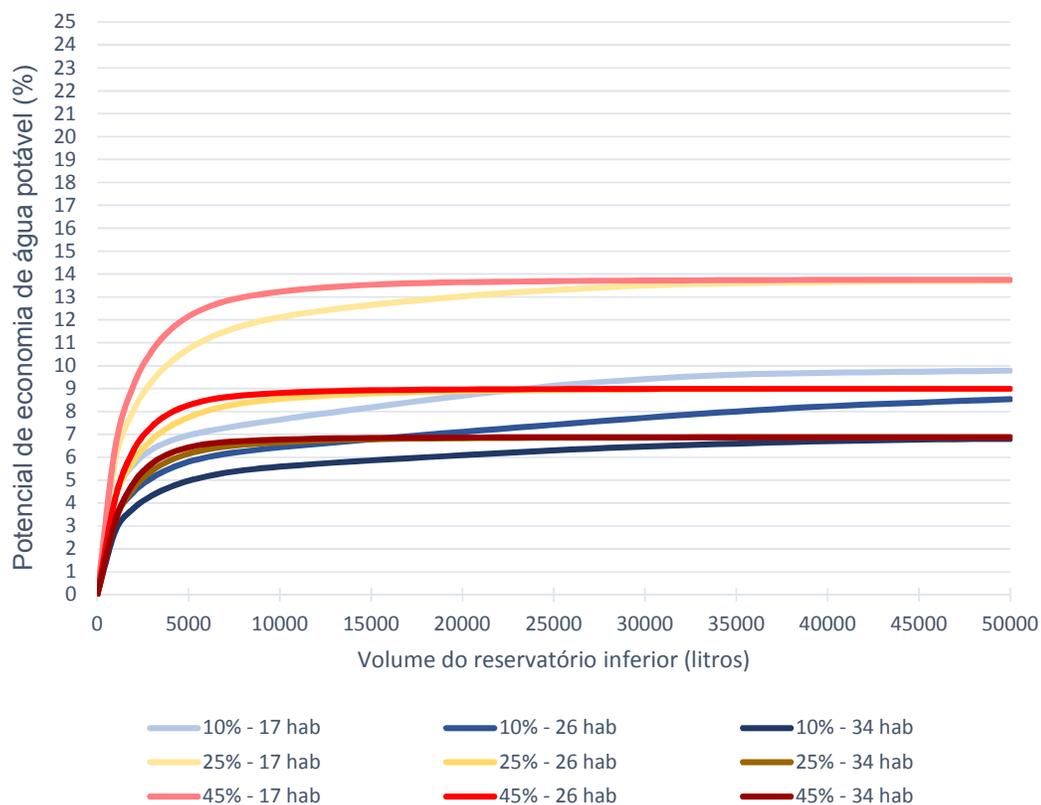
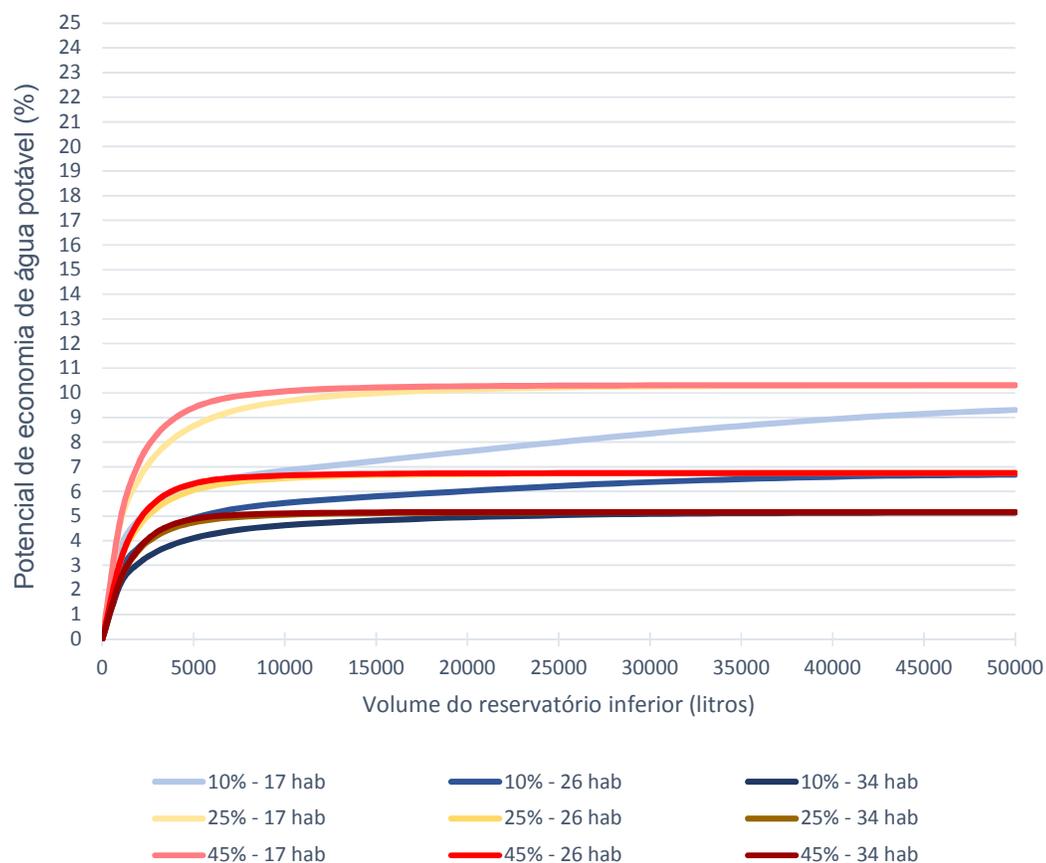


Tabela 19 - Volume dos reservatórios e potencial de economia de água potável para uma demanda de água de 200 l/hab.dia.

Demanda total de água (l/hab.dia)	Usos finais (%)	Número de moradores	Volume do reservatório Inferior* (litros)	Potencial de economia de água potável (%)
200	10	17	10000	6,84
		26	10000	5,53
		34	10000	4,62
	25	17	10000	9,70
		26	5000	6,11
		34	5000	4,78
	45	17	5000	9,52
		26	5000	6,37
		34	5000	4,90

* Volume do reservatório ideal, com valor corrigido para valores comerciais.

Figura 9 - Potencial de economia de água potável em relação ao volume do reservatório inferior para uma demanda de 200 l/hab.dia.



Analisando os resultados referentes à demanda de água de 100 l/hab.dia, constatou-se que o potencial de economia médio de água potável seria de 11,39% para um volume de reservatório de 10000 litros. Também foi observado que o maior valor no potencial de economia foi através do menor número de habitantes possível, 17, com o maior percentual de substituição por água pluvial, 45%, resultando em um valor máximo de 19,09%. O menor valor do potencial de economia foi o de 6,89%, com 34 habitantes e 10% de substituição por água pluvial.

Com uma demanda de 150 l/hab.dia, observou-se que o volume médio do reservatório inferior também seria de 10000 litros e o valor médio do potencial de economia de água potável seria de 8,44%, valor menor que para a demanda de 100 l/hab.dia. O maior valor do potencial de economia de água potável para essa demanda seria de 13,28% e o menor seria de 5,61%, ocorrendo nos mesmos cenários, em que o maior potencial é encontrado com 17 habitantes e 45% de substituição por água pluvial, e o menor com 34 habitantes e 10% de substituição.

Em relação à demanda de 200 l/hab.dia, notou-se que tanto o potencial de economia de água potável quanto o volume de reservatório necessário para atingir esses potenciais, diminuíram em relação aos casos de 100 e 150 l/hab.dia de valor de demanda. O maior potencial para essa demanda seria o de 9,70% e o menor 4,62%; o volume médio do reservatório inferior ficaria próximo dos 5000 litros e o potencial de economia de água potável teria um valor médio de 6,48%.

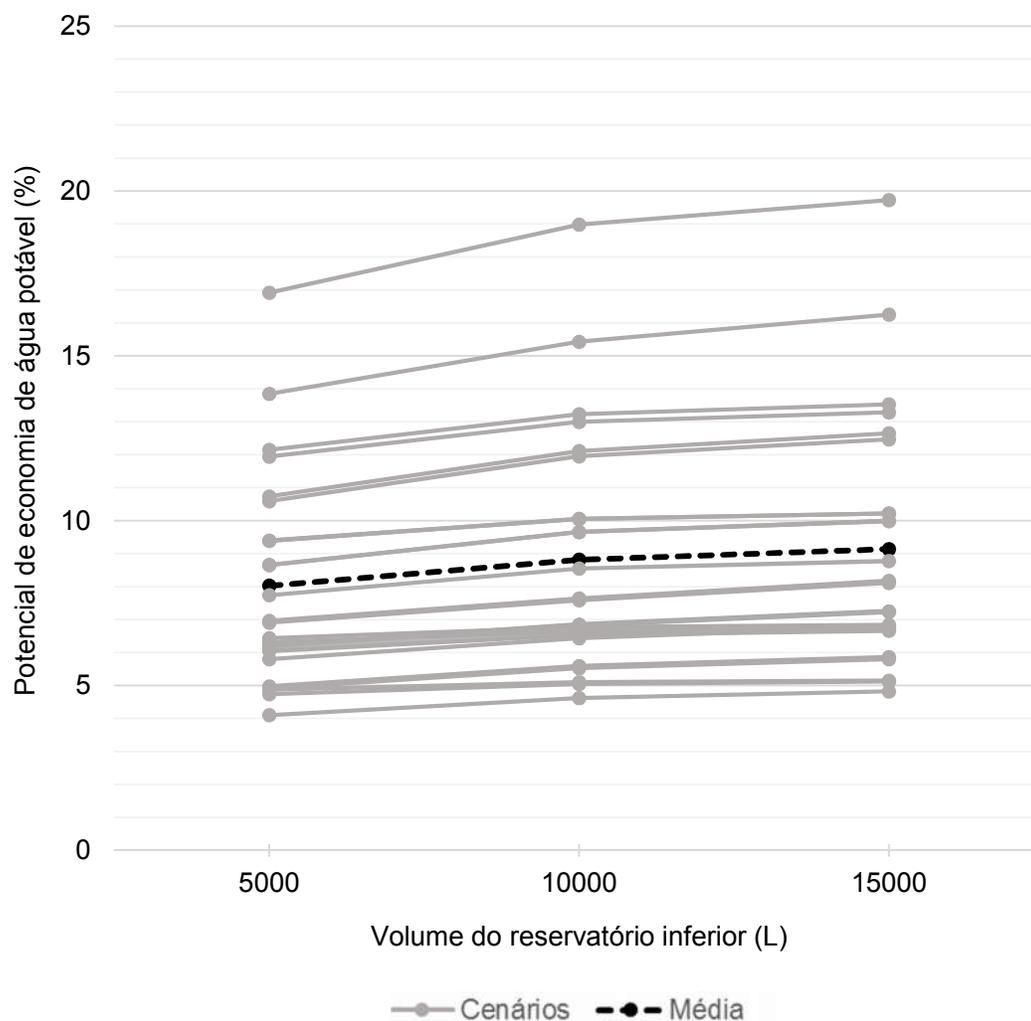
De acordo com os resultados ilustrados, pode-se notar que os reservatórios variaram entre 5000, 10000 e 15000 litros, apresentando um máximo potencial de economia de água potável de 19,09% e um mínimo de 4,62%.

Entretanto, o volume do reservatório inferior considerado nos resultados da análise foi o volume ideal de reservatório³, que varia seu valor em relação a cada combinação de perfil, dificultando na escolha de qual volume de reservatório seria o mais adequado para a edificação. Diante dessa situação, utilizando os três volumes de reservatórios encontrados nos resultados, 5000, 10000 e 15000 litros, e analisando o potencial de economia de água potável para cada um deles, criou-

³ O volume ideal de reservatório é um dado de saída do programa Netuno.

se um gráfico (Figura 10) em que mostra as três faixas de potencial de economia lado a lado, com os valores máximos, mínimos e médios destacados, facilitando a visualização das diferenças entre cada volume.

Figura 10 - Potencial de economia de água potável em relação a reservatórios inferiores de 5000, 10000 e 15000 litros.



Notou-se que no caso da instalação de um reservatório inferior de 5000 litros, o potencial de economia de água potável variaria entre 4,10% e 16,91%, com um valor médio de 8,0%. Para o reservatório de 10000 litros a média de potencial de economia seria de 8,82%, com um valor máximo de 18,99% e mínimo de 4,62%. E em relação a um reservatório de 15000 litros, o máximo potencial de

economia de água potável seria de 19,72% e o mínimo de 4,82%, com um valor médio de 9,14%.

Analisando os resultados, notou-se que o reservatório de 15000 litros apresenta o maior potencial de economia, próximo aos 20%. Notou-se ainda, que conforme aumenta o volume do reservatório inferior, os valores de potencial de economia de água potável também aumentam, mas não de forma proporcional. Entre o reservatório de 5000 e 10000 litros, houve um acréscimo no potencial de economia de 0,82% em média. Por outro lado, entre 10000 e 15000 litros, o acréscimo foi apenas de 0,32% em média. Isso é devido à curva do potencial de economia, que entre esses volumes, já tende a linearidade, como pode ser visualizado nos gráficos das Figuras 7, 8 e 9.

4.3 Análise econômica

A análise econômica tem como objetivo complementar o estudo de aproveitamento de água pluvial. O estudo até então mostrou que são três as possibilidades de volumes de reservatório inferior, 5000, 10000 e 15000 litros, e é a partir da análise econômica que a viabilidade de cada um deles poderá ser determinada, e assim escolher a melhor opção para o condomínio localizado no município de Matão.

Para realizar a análise econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial, foi levantado os custos dos variados volumes de reservatório, tanto superior quanto inferior, da mão de obra, da motobomba e das tubulações. Além dos custos iniciais, também foram analisadas as taxas de água e de energia, a inflação ao mês, o período de análise e a taxa mínima de atratividade ao mês.

Os custos dos reservatórios utilizados na análise foram extraídos da loja *online* da Leroy Merlin, que possui loja fixa em uma cidade próxima ao município de Matão. Os volumes utilizados e seus respectivos valores comerciais estão expostos na Tabela 20.

Tabela 20 - Valor dos reservatórios utilizados na análise econômica

	Volume do reservatório (litros)	Valor (R\$) *
Superior	310	125
	500	140
	750	227
	1000	240
	1500	490
	2000	712
	3000	813
Inferior	5000	1504
	10000	2772
	15000	4558

* Valores arredondados e referentes ao mês de maio de 2017.

Para o valor do custo de mão de obra foi considerado um período de duas semanas de trabalho, em que um encanador e um auxiliar trabalhariam 8 horas/dia. Segundo o SINAPI, em sua composição de custos do mês de maio de 2017, o valor da hora trabalhada para o encanador é de R\$16,36, para o auxiliar é de R\$12,28 e o custo para escavação manual de valas é de R\$65,82 por m³. O valor da mão de obra irá variar de acordo com volume dos reservatórios inferiores, quanto maior o reservatório maior será o volume de terra a ser movido, e conseqüentemente maior o custo.

A motobomba foi adotada de acordo com o manual do fabricante da marca Schneider (2011), no qual após considerar a altura manométrica da edificação, a partir da altura de sucção, altura de recalque e comprimento da tubulação, optou-se por um modelo de motobomba com ½ cavalo de potência e com valor de mercado de R\$852,72. Serão adquiridas duas motobombas, em que uma delas será de reserva, substituindo a outra em caso de não funcionamento ou manutenção, não prejudicando o abastecimento como recomenda a NBR 5626 (1998).

Para o valor das tubulações, como explicado na seção 3.5, será utilizada a parcela de 15% do custo total, que engloba custo dos reservatórios, da mão de

obra e da motobomba, gerando assim um custo total final do sistema de captação de água pluvial.

As taxas de abastecimento de água utilizadas na análise foram as apresentadas na Tabela 13. A concessionária de energia elétrica do município de Matão é a CPFL e as tarifas utilizadas no estudo estão expressas na Tabela 21. No programa Netuno, diferente da tarifa de água, há apenas uma entrada de dado de tarifa de energia elétrica, e, portanto, será considerada a maior faixa de consumo, utilizando 0,38 R\$/kWh.

Tabela 21 - Tarifa residencial de energia elétrica (CPFL, 2017).

Faixa de consumo (kWh)	Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)
Até 30	0,13
31 a 100	0,23
101 a 220	0,34
Acima de 220	0,38

Assim, após inserir os dados citados acima, e considerando um período de análise de 20 anos, taxa mínima de atratividade de 0,5% ao mês, inflação de 0,14 ao mês e o reajuste das tarifas de água e energia a cada 12 meses, realizou-se a análise econômica para os três volumes de reservatório inferior, 5000, 10000 e 15000 litros. Essa análise busca comparar, entre os três reservatórios, os custos de implantação, tempo de retorno, valor presente líquido e a taxa interna de retorno, a fim de encontrar o mais adequado para a edificação do estudo.

O resultado da análise econômica dos três reservatórios se encontram nas Tabelas 22, 23 e 24.

Tabela 22 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 5000 litros.

Demanda de água (l/hab.dia)	Usos Finais (%)	Nº de moradores	Vol. do reservatório superior (litros)	Custo Total (R\$)	VPL (R\$)*	Tempo de Retorno (meses)	Taxa interna de retorno (%)
100	10	17	310	5.615,45	4.438,57	108	1,16
		26	310	5.615,45	15.113,63	48	2,44
		34	500	5.632,70	22.079,47	36	3,21
	25	17	500	5.632,70	10.320,99	63	1,88
		26	750	5.732,75	25.097,37	34	3,47
		34	1000	5.747,70	31.937,71	25	4,19
	45	17	1000	5.747,70	13.434,43	53	2,20
		26	1500	6.035,20	30.620,76	27	3,89
		34	2000	6.290,50	34.315,14	26	4,11
150	10	17	500	5.632,70	14.800,82	48	2,40
		26	500	5.632,70	27.445,36	28	3,80
		34	500	5.632,70	31.646,36	25	4,25
	25	17	1000	5.747,70	24.633,36	34	3,42
		26	1000	5.747,70	37.726,67	24	4,78
		34	1500	6.035,20	40.252,90	23	5,05
	45	17	1500	6.035,20	27.772,81	33	3,60
		26	2000	6.290,50	40.108,68	24	4,65
		34	3000	6.406,65	41.446,61	24	4,72
200	10	17	500	5.632,70	22.079,47	36	3,21
		26	500	5.632,70	31.870,59	25	4,27
		34	1000	5.747,70	35.370,03	24	4,56
	25	17	1000	5.747,70	37.937,71	25	4,19
		26	1500	6.035,20	43.301,46	23	5,15
		34	2000	6.290,50	40.753,12	24	4,73
	45	17	1500	6.035,20	34.779,51	25	4,29
		26	3000	6.406,65	41.519,85	24	4,72
		34	3000	6.406,65	41.843,71	24	4,75

* VPL: valor presente líquido.

Tabela 23 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 10000 litros.

Demanda de água (l/hab.dia)	Usos Finais (%)	Nº de moradores	Vol. do reservatório superior (litros)	Custo Total (R\$)	VPL (R\$)*	Tempo de Retorno (meses)	Taxa interna de retorno (%)
100	10	17	310	7.476,15	3.562,08	138	0,92
		26	310	7.476,15	15.283,85	59	2,03
		34	500	7.493,40	24.420,56	40	2,81
	25	17	500	7.493,40	10.008,46	80	1,55
		26	750	7.593,45	26.579,91	38	2,94
		34	1000	7.608,40	33.754,58	34	3,51
	45	17	1000	7.608,40	13.449,49	65	1,84
		26	1500	7.895,90	28.785,44	37	3,02
		34	2000	8.151,20	34.759,79	35	3,39
150	10	17	500	7.493,40	14.852,25	60	1,99
		26	500	7.493,40	30.955,31	34	3,37
		34	500	7.493,40	34.042,89	33	3,60
	25	17	1000	7.608,40	25.905,27	38	2,88
		26	1000	7.608,40	40.088,11	26	4,01
		34	1500	7.895,90	41.404,98	26	3,99
	45	17	1500	7.895,90	28.227,82	37	2,97
		26	2000	8.151,20	40.820,42	28	3,83
		34	3000	8.267,35	41.875,44	27	3,87
200	10	17	500	7.493,40	20.218,41	48	2,44
		26	500	7.493,40	34.370,19	32	3,63
		34	1000	7.608,40	38.220,77	27	3,89
	25	17	1000	7.608,40	33.754,58	34	3,51
		26	1500	7.895,90	38.171,26	30	3,74
		34	2000	8.151,20	41.710,21	27	3,91
	45	17	1500	7.895,90	35.070,62	34	3,50
		26	3000	8.267,35	41.902,25	27	3,88
		34	3000	8.267,35	42.100,34	27	3,89

* VPL: valor presente líquido.

Tabela 24 - Análise econômica em relação a um reservatório inferior de 15000 litros.

Demanda de água (l/hab.dia)	Usos Finais (%)	Nº de moradores	Vol. do reservatório superior (litros)	Custo Total (R\$)	VPL (R\$)*	Tempo de Retorno (meses)	Taxa interna de retorno (%)
100	10	17	310	9.875,05	1.770,68	187	0,67
		26	310	9.875,05	14.487,65	74	1,64
		34	500	9.892,30	20.410,59	59	2,04
	25	17	500	9.892,30	8.486,83	105	1,21
		26	750	9.992,35	25.479,60	49	2,35
		34	1000	10.007,30	32.612,62	40	2,79
	45	17	1000	10.007,30	11.762,87	85	1,44
		26	1500	10.294,80	27.079,15	48	2,39
		34	2000	10.550,10	32.884,33	45	2,69
150	10	17	500	9.892,30	10.554,31	92	1,36
		26	500	9.892,30	28.581,15	46	2,58
		34	500	9.892,30	33.687,98	38	2,90
	25	17	1000	10.007,30	24.809,08	50	2,30
		26	1000	10.007,30	38.885,66	36	3,17
		34	1500	10.294,80	39.944,38	36	3,16
	45	17	1500	10.294,80	26.529,76	49	2,35
		26	2000	10.550,10	38.921,51	37	3,03
		34	3000	10.666,25	39.922,30	36	3,07
200	10	17	500	9.892,30	22.045,51	56	2,15
		26	500	9.892,30	34.020,09	38	2,92
		34	1000	10.007,30	37.714,18	36	3,12
	25	17	1000	10.007,30	32.612,62	40	2,79
		26	1500	10.294,80	39.974,64	36	3,16
		34	2000	10.550,10	39.898,85	36	3,10
	45	17	1500	10.294,80	33.157,26	41	2,75
		26	3000	10.666,25	39.949,11	36	3,07
		34	3000	10.666,25	40.055,38	36	3,08

* VPL: valor presente líquido.

Observando os resultados da análise econômica para os três diferentes volumes de reservatório, notou-se que em nenhum caso foi apresentado um valor presente líquido (VPL) menor que zero, um tempo de retorno menor que 240 meses (20 anos) e uma taxa interna de retorno menor que 0,5%, o que demonstra que a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é um investimento viável para esse condomínio. Neste caso falta apenas determinar qual seria o volume mais adequado dentre os três.

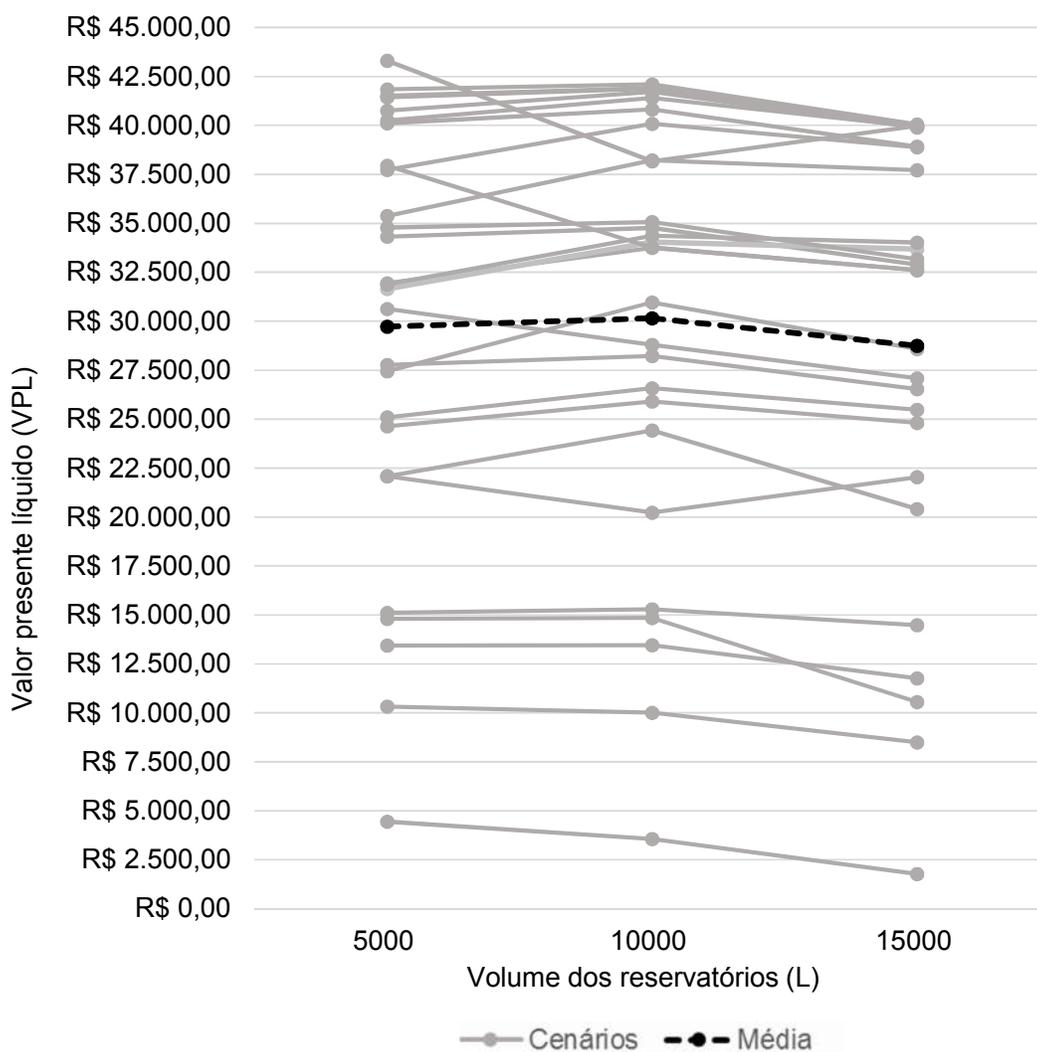
Para o reservatório inferior de 5000 litros, o menor VPL foi de R\$ 4.438,57 e o maior foi de R\$ 43.301,46, com um valor médio de R\$ 29.727,67. O menor tempo de retorno foi de 23 meses e o maior foi de 108 meses, com um valor médio de 34 meses. A menor taxa interna de retorno foi de 1,16% e a maior foi de 5,15%, com um valor médio de 3,82%. O custo total médio de instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi de R\$ 5.894,00.

Com reservatório inferior de 10000 litros, o menor VPL foi de R\$ 3.562,08 e o maior foi de R\$ 42.100,34, com um valor médio de R\$ 30.159,08. O menor tempo de retorno foi de 26 meses e o maior foi de 138 meses, com um valor médio de 42 meses. A menor taxa interna de retorno foi de 0,92% e a maior foi de 4,01%, com um valor médio de 3,14%. O custo total médio foi de R\$ 7.755,00.

Com reservatório inferior de 15000 litros, o menor VPL foi de R\$ 1.770,68 e o maior foi de R\$ 40.055,38, com um valor médio de R\$ 28.749,56. O menor tempo de retorno foi de 36 meses e o maior foi de 187 meses, com um valor médio de 54 meses. E por fim, a menor taxa interna de retorno foi de 0,67% e a maior foi de 3,17%, com um valor médio de 2,49%. O custo total médio foi de R\$ 10.153,90.

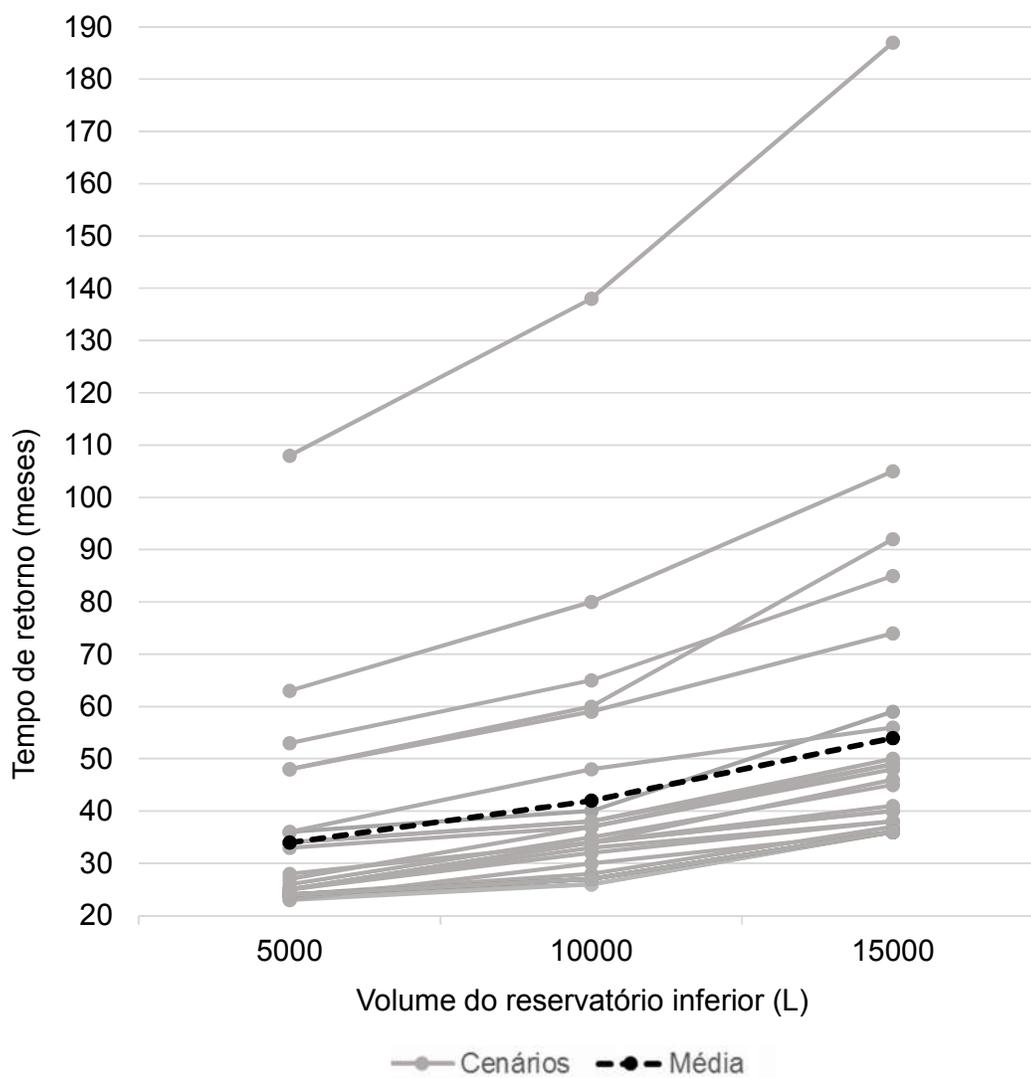
A fim de uma melhor visualização dos resultados, assim como na seção anterior, foram criados três gráficos que serão comparados os resultados do VPL, do tempo de retorno e da taxa interna de retorno entre os volumes de 5000, 10000 e 15000 litros. As linhas dos gráficos representam cada um dos cenários analisados, variando conforme o volume do reservatório, as linhas vermelhas pontilhadas representam o valor médio e os gráficos estão ilustrados nas Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 - Comparação do valor presente líquido (VPL) entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros.



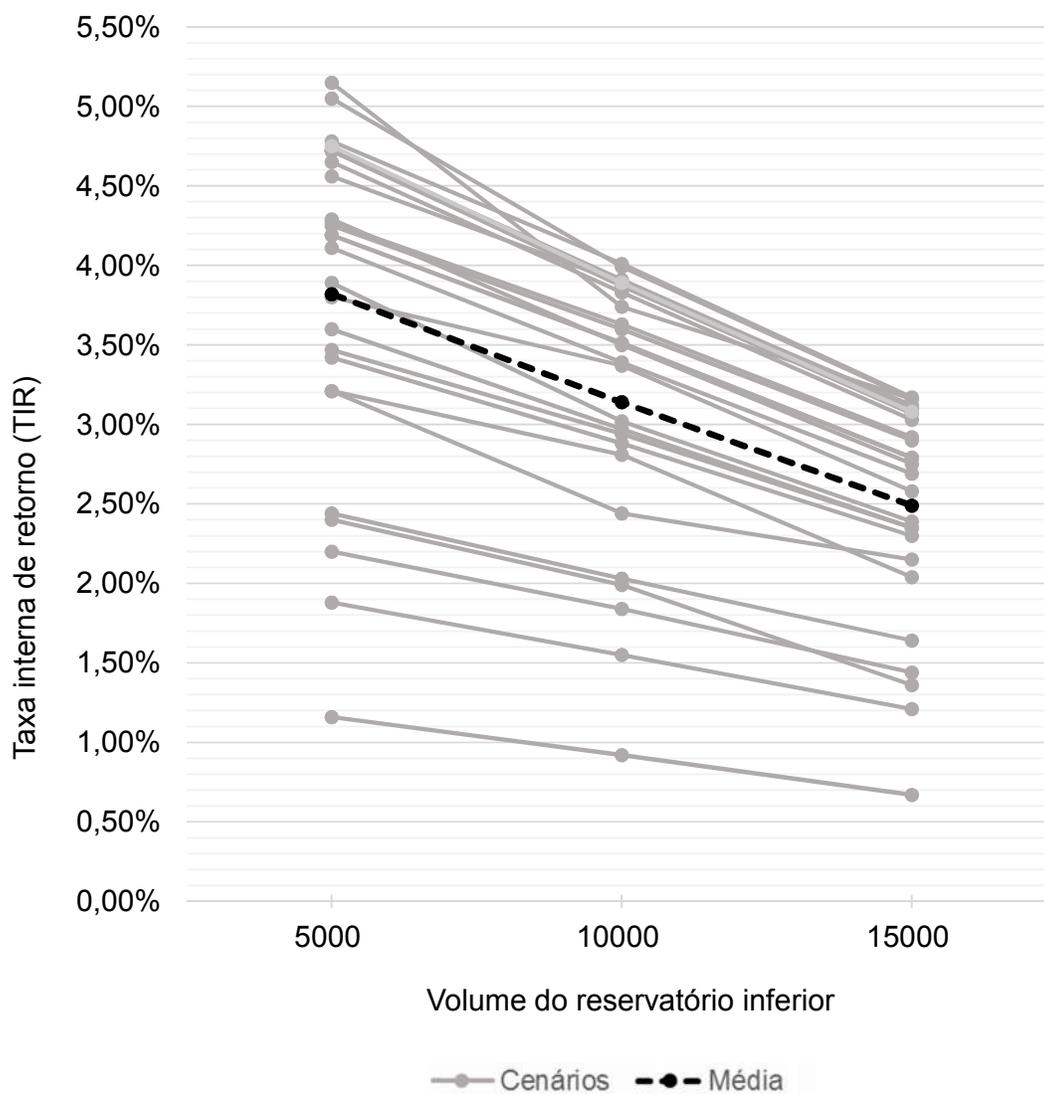
Em relação ao VPL, o reservatório que apresenta valores mais satisfatórios é o de 5000 litros, com um valor máximo de R\$ 43.301,46 e um mínimo de R\$ 4.438,57. O reservatório de 10000 litros mostra ser a segunda melhor opção, com valores próximos, mas abaixo, aos valores do reservatório de 5000 litros, excetuando no VPL médio, que possui o maior valor entre os demais volumes. O reservatório de 15000 litros foi o que apresentou os menores valores de VPL, de máximo, mínimo e médio, entre os três volumes.

Figura 12 - Comparação do tempo de retorno entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros.



Em relação ao tempo de retorno do investimento, quanto menor for o tempo em meses, melhor e mais rentável será esse investimento dentro do período da análise. Analisando os três volumes de reservatórios, pode-se afirmar que em relação ao tempo de retorno, o reservatório que contém o menor valor é o de 5000 litros, que é de 23 meses, seguido pelo de 10000 (26 meses) e 15000 litros (36 meses), respectivamente.

Figura 13 - Comparação da taxa interna de retorno ao mês entre os reservatórios de 5000, 10000 e 15000 litros



Quanto maior a taxa interna de retorno (TIR), menor será o tempo de retorno necessário para o investimento se tornar viável. Com isso, o volume que apresenta os maiores valores de TIR também é o de 5000 litros, como no caso do tempo de retorno, que apresentou o menor valor. O volume de 5000 litros apresenta a maior TIR entre os três volumes com um valor de 5,15%. O maior valor de TIR para o reservatório de 10000 litros é de 3,99%, e para o de 15000 litros é de 3,16%.

Após a análise, conclui-se que o reservatório de 15000 litros apenas seria viável do ponto de vista do potencial de economia de água potável, pois é o que detém o maior valor médio entre os três volumes analisados, 9,14%. Mas como esse não é o único parâmetro a ser considerado na análise, restando ainda o custo total, o VPL, o tempo de retorno e a taxa interna de retorno, o reservatório de 15000 litros tornou-se a pior escolha entre os três.

O reservatório de 10000 litros apresentou resultados interessantes após a análise. O seu percentual de aproveitamento de água potável médio foi de 8,82%, ficando acima do reservatório de 5000 litros, e próximo ao de 15000 litros. O seu VPL médio foi de R\$ 30.159,08, maior entre os demais volumes. Mas em relação ao VPL máximo, tempo de retorno, TIR e custo de implantação médio (R\$ 7.755,00), seus resultados apresentaram valores menos atrativos comparados aos resultados do reservatório de 5000 litros.

Sendo assim, concluiu-se que o reservatório inferior de 5000 litros seria o reservatório com o volume mais adequado para esse condomínio, apresentando um valor médio de potencial de economia de água potável de 8,0%. Apresentou ainda o menor custo de implantação, com valor médio de R\$ 5.894,00; o maior VPL, com valor máximo de R\$ 43.301,46; o menor tempo de retorno, 23 meses; e a maior taxa interna de retorno ao mês, 5,15%.

O volume do reservatório superior escolhido foi o de 3000 litros, volume correspondente ao cenário de demanda diária de água mais desfavorável, no qual considerou-se 200 l/hab.dia e 34 habitantes, alterando o custo inicial de investimento para R\$ 6.407,00.

5 CONCLUSÃO

5.1 Considerações iniciais

Nesse estudo, por meio da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foi realizada a análise do potencial de economia de água potável de um condomínio multifamiliar localizado no município de Matão - SP.

Através de diversos estudos citados na revisão bibliográfica, nos quais foram realizados levantamentos dos usos finais dos aparelhos sanitários em residências, foi possível levantar os usos finais de utilização a serem utilizados nesse trabalho. Os dados de referência foram reunidos em uma tabela e separados em três perfis de usos, o perfil de uso econômico, o perfil de uso mediano e o perfil de uso elevado, resultando em valores percentuais de substituição de água potável por água pluvial de 10%, 25% e 45%, respectivamente.

A partir dos valores de usos finais, demanda total de água por habitante, e número de habitantes, foram criados diferentes cenários de demanda. A partir desses cenários, foi possível determinar qual seria o reservatório que melhor atenderia o condomínio do estudo, localizado no município de Matão. Após analisar os resultados, foi adotado um reservatório inferior com um volume de 5000 litros e um reservatório superior de 3000 litros, com um potencial médio de economia de água potável de 8,0%.

A análise econômica para o volume de reservatório adotado, 5000 litros, apresentou resultados positivos, comprovando sua viabilidade financeira. Os resultados mostraram também que o valor presente líquido máximo, para um sistema de aproveitamento de água pluvial com esse reservatório, seria de R\$ 43.301,46 e o custo inicial da implantação desse sistema seria de R\$ 6.407,00. Esse investimento apresentou ainda um tempo de retorno médio de 34 meses, que é um tempo baixo comparado ao período de análise, 240 meses, bem como, um valor médio da taxa interna de retorno de 3,82% ao mês.

Desse modo, com o auxílio do programa Netuno, foi possível avaliar o potencial de economia de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para uso não potável, em um condomínio multifamiliar em construção, localizado em Matão. Concluindo ser um sistema viável do ponto de vista econômico e mostrando ser uma alternativa simples, eficiente e de baixo custo, para economizar água, e conseqüentemente, ajudar com a sua manutenção.

5.2 Limitações do estudo

Mesmo chegando aos objetivos finais, houve algumas limitações para a realização desse estudo, principalmente em relação aos dados de usos finais utilizados como referência. Os principais pontos limitantes foram:

- Foram encontrados poucos estudos realizados no estado de São Paulo, encontrando principalmente estudos localizados em Santa Catarina; estado que possui clima diferente em relação ao do local do condomínio de estudo;
- A quantidade de dados encontrados, referentes a usos finais de água em residências brasileiras, foi pequena, resultando em uma amostra com poucos dados para a criação dos perfis de usos finais criados no estudo.

5.3 Sugestões para futuros trabalhos

Ao final deste trabalho, serão sugeridos alguns assuntos para trabalhos futuros:

- Análise do potencial de economia de água potável por meio da utilização de água pluvial e água cinza;
- Análise da qualidade da água pluvial captada e o estudo de seus possíveis tratamentos, para que possa ser usada para fins potáveis;
- Realizar o projeto de instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

REFERÊNCIAS

- 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 5626 - Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- ÁGUAS DE MATÃO. Concessionária responsável pela gestão plena dos serviços de saneamento básico do município de Matão – SP. Disponível em: <<http://www.aguasdematao.com.br>> Acesso em: Maio 2017.
- ANA. **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>> Acesso em: Abril 2017.
- 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, v. 8, n. 2, p. 53-66, Junho 2008.
- BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais de água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, Junho 2008.
- BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTIAN, P. de; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKSH, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, Porto Alegre, Out./Dez. 2010.
- CARLON, M. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville-SC**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.
- CLIMATE-ORG. **CIMATE DATA - DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS**, 2017. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/1235/>>. Acesso em: Abril 2017.
- COHIM, E; GARCIA, A; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9., Salvador, 2008. **Anais...** Salvador, 2008.
- CPFL. **Companhia Paulista de Força e Luz**. Disponível em: <<https://servicosonline.cpfl.com.br/servicosonline/taxasetarifas/taxasetarifas.aspx>> Acesso em: Maio 2017.
- DALSENTER, M. E. V. **Estudo do potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis - SC**. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- 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.
- 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.; FERREIRA, D. F. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-Storey Residential Building in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.
- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. 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.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of Rainwater and Greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.
- GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2.,2000, Haia, Holanda. [Palestra]. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>> Acesso em 9 Novembro. 2016.
- IBGE. **IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística**, 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=352930>>. Acesso em: Abril 2017.
- KRAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.
- IPCA. **IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**, 2017. Disponível em: <<http://br.advn.com/indicadores/ipca>>. Acesso em: Maio 2017.
- LEROY MERLIN BRASIL. <http://www.leroymerlin.com.br/?region=rib_preto>. Acesso em: Maio 2017.
- MARINOSKI, D. L; GHISI, E; GÓMEZ, L. A. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis-SC. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. **Anais do claCS 04/ENTAC 04**, 2004.
- MATÃO (SP). Decreto-Lei nº 4118, de 13 de Janeiro de 2010. Institui o Código de Obras do Município de Matão e dá outras Providências. **Lex: Coletânea de legislação e jurisprudência**, Matão - SP, 2010.
- MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- 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, Y. V. **Uso do balanço hídrico seriado para o dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) - Departamento de

- Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- ORTIZ, I. A. S.; BORGES, R. M.; MORUZZI, R. B.; MATSUMOTO, T. Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial no setor residencial de cidades médias do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.
- PLAMAE. PLANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MATÃO. **Plano de Saneamento Básico do Município de Matão**, Matão, 2012. Disponível em: <www.matao.sp.gov.br/download-arquivos.php?id=1751> Acesso em: Abril 2017.
- SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 4, p. 7-18, Porto Alegre, 2002.
- SCHNEIDER. **Tabela para seleção de bombas e motobombas**. Disponível em: <<http://www.agrolinkholambra.com.br/pdf/bombas/schneider.pdf>> Acesso em: Maio, 2017.
- SINAPI. **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>> Acesso em: Maio 2017.
- SNIS. **SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: Abril 2017.
- SORIANO, É; LONDE, L. R.; GREGORIO, L. T.; COUTINHO, M. P.; SANTOS, L. B. L. Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX, n. 41, p. 21-42, 2016
- ROCHA, A; BARRETO, D. Perfil do consumo de água de uma habitação unifamiliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999.
- RUPP, R. F; MUNARIM, U; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.47-64, Dezembro 2011.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar Editora. São Paulo, 2003.
- TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.
- UNEP – United Nations Environment Programme. **Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives**. United Kingdom: Earthscan, 2002.