

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE ECONÔMICA E DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO RELACIONADAS AO
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE UMA EDIFICAÇÃO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR EM FLORIANÓPOLIS**

JÉSSICA KUNTZ MAYKOT

FLORIANÓPOLIS

2018

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

**ANÁLISE ECONÔMICA E DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO RELACIONADAS AO
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE UMA EDIFICAÇÃO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR EM FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Enedir Ghisi, PhD

JÉSSICA KUNTZ MAYKOT

Florianópolis, junho de 2018.

ANÁLISE ECONÔMICA E DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO RELACIONADAS AO
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE UMA EDIFICAÇÃO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR EM FLORIANÓPOLIS

JÉSSICA KUNTZ MAYKOT

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
ENGENHEIRO CIVIL



Prof^a Lia Caetano Bastos
Coordenadora do TCC (UFSC)

Banca Examinadora:



Prof. EneDir Ghisi, PhD
Orientador (UFSC)

Prof. Fernando Pelisser, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Forgiarini Rupp, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

Uma vez que a água potável está se tornando um recurso cada vez mais escasso, deve-se ter a preocupação de promover seu uso racional. No campo da engenharia civil, a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial pode ser uma alternativa utilizada em edificações. Este trabalho visa efetuar uma análise de viabilidade econômica e de satisfação relacionadas ao sistema de aproveitamento de água pluvial de uma edificação residencial localizada no bairro Estreito, no município de Florianópolis. A edificação já apresenta um sistema instalado, porém com projeto efetuado quando o assunto era relativamente novo em Florianópolis, e quando ainda não se dispunha da NBR 15527 (ABNT 2007). Neste estudo, foram investigados os usos finais da água nos apartamentos (por meio da aplicação de questionários aos moradores); estimou-se o potencial de economia de água potável por meio do percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial e simulações foram efetuadas no programa computacional Netuno; foram feitas análises de viabilidade financeira do sistema, considerando que a demanda de água pluvial poderia atender ou a todos os usos não potáveis, ou somente aos vasos sanitários. Também foram realizadas análises relacionadas a alguns hábitos dos moradores; satisfação do usuário relacionada à água pluvial utilizada no sistema de aproveitamento, importância referente à economia de água potável, além de comparação de consumos de água entre a edificação estudada e outra edificação que não utiliza água pluvial aproveitada. Verificou-se que, de fato, a edificação cuja água pluvial é aproveitada apresenta menor consumo de água registrado quando comparada à edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento. Com relação aos usos finais, observou-se que os chuveiros são responsáveis pelo maior consumo de água nos apartamentos (54,18%), seguidos dos seguintes pontos de uso (em ordem decrescente): máquina de lavar roupas (21,26%); torneira da cozinha (9,30%); vaso sanitário (9,19%); lavatórios (2,65%) e outros que contribuem com percentuais menores de consumo. Verificou-se que o sistema mais viável financeiramente, com maior período de retorno e maior taxa interna de retorno, corresponde ao dimensionado para atender somente aos vasos sanitários dos apartamentos, e cujos reservatórios inferior e superior apresentem capacidades de 16,00 m³ e de 2,53 m³, respectivamente. Além disso, de modo geral, os moradores expressaram satisfação com relação ao sistema de aproveitamento de água pluvial existente.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de água pluvial; edificação residencial, usos finais; viabilidade financeira; pesquisa de satisfação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pelo auxílio e motivação na condução deste trabalho, mesmo em situações de dificuldade.

Ao professor orientador **Enedir Ghisi** pelos esclarecimentos, apoio, acompanhamento, sugestões, indicações de materiais, correções, por todo o aprendizado, e por me proporcionar a oportunidade de iniciar trabalhos de pesquisa durante a graduação. Por toda a paciência e dedicação como profissional.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho.

Aos síndicos dos condomínios, que permitiram acesso aos dados necessários para a realização desta pesquisa.

Aos moradores do condomínio Fernando Pessoa, por se mostrarem interessados em participar dos experimentos e por colaborarem no preenchimento dos questionários.

Ao meu namorado **Vicente Mafra**, por ter acompanhado as dificuldades, pelos conselhos, críticas, por todo carinho, companheirismo, atenção, apoio e amor.

Às minhas irmãs **Cristiane Kuntz Maykot** e **Viviani Kuntz Maikot**, pela amizade, por acreditarem em mim, pela compreensão nos momentos quando fui ausente e por me darem forças durante a elaboração desta pesquisa.

Aos meus pais **Angelina Kuntz Maikot** e **Rogério Maikot**, pelo incentivo, auxílio, motivação, otimismo e amor incondicional.

Aos colegas de turma, pela convivência durante o curso, pelas risadas, pela ajuda prestada, pelos estudos em grupo e todos os momentos que deixarão saudades e que tornaram a graduação mais leve.

Aos meus amigos **Angelo, Artur, Guilherme, Lara, Luiz** e **Steffani**, pela compreensão, pelo apoio e conselhos. Por compartilharem comigo momentos de felicidade e pela companhia nos momentos difíceis. Por tudo que me ensinam, pelas risadas, pelo carinho e por terem acreditado que tudo daria certo.

Aos professores do curso de engenharia civil da UFSC, pela formação e ensinamentos durante o período de graduação. Pelo empenho e motivação transmitidos a cada aula ministrada.

À **UFSC** e a todos que trabalham pelo desenvolvimento da pesquisa no Brasil e que lutam por melhorias na educação brasileira.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a elaboração desta pesquisa, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

Lista de figuras	10
Lista de tabelas	13
Lista de quadros	15
1. Introdução	15
1.1. Considerações iniciais	15
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo geral	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Descrição do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação estudada.....	17
1.4. Estrutura do trabalho	19
2. Revisão bibliográfica	21
2.1. Pesquisas sobre os usos finais da água	21
2.1.1. Edificações residenciais	21
2.1.2. Instituições de ensino e edificações de escritórios	24
2.2. Sistema de aproveitamento de água pluvial	25
2.2.1. Componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	27
2.2.2. Tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais	28
2.3. Potencial de economia de água potável por meio do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	29
2.3.1. Edificações residenciais	29
2.3.2. Instituições de ensino	34
2.4. Viabilidade econômica na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial	35
2.4.1. Edificações residenciais	35
2.4.2. Instituição de ensino e edificação comercial.....	37
2.5. Efeito rebote	38

2.6. Considerações finais.....	39
3. Método	41
3.1. Considerações iniciais	41
3.2. Características da área de estudo.....	41
3.3. Descrição das edificações estudadas	43
3.3.1. Edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.....	44
3.3.2. Edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial	45
3.4. Coleta de dados	46
3.4.1. Dados de precipitação	46
3.4.2. Dados de consumo de água	47
3.4.3. Área de captação	48
3.5. Usos finais da água.....	48
3.5.1. Experimento piloto	49
3.5.2. Procedimento experimental.....	53
3.5.3. Análise da diferença entre o consumo de água medido e o consumo obtido por monitoramento.....	57
3.5.4. Cálculo dos percentuais de água consumidos nos pontos de uso.....	57
3.6. Avaliação do potencial de economia de água potável.....	59
3.6.1. Percentual de água não potável que pode ser substituída por água pluvial.....	59
3.6.2. Cálculo da capacidade do reservatório de água pluvial	59
3.7. Análise das respostas obtidas por meio do questionário de preenchimento individual	61
3.8. Análise Econômica.....	62
3.9. Análise dos consumos mensais de água em duas edificações residenciais.....	65
4. Resultados	66
4.1. Considerações iniciais	66
4.2. Coleta de dados	66
4.2.1. Leituras diárias	66

4.2.2. Dados históricos de consumo do condomínio com sistema de aproveitamento de água pluvial	69
4.2.3. Dados de consumo de água da edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.....	74
4.3. Experimento piloto	78
4.3.1. Vazões nos aparelhos sanitários	79
4.3.2. Primeiro experimento: questionário baseado em respostas médias de consumo	80
4.3.3. Segundo experimento: questionário de monitoramento	81
4.4. Vazões nos apartamentos da edificação	82
4.4.1. Pressão estática.....	82
4.4.2. Vazões nos chuveiros dos apartamentos	83
4.4.3. Vazões nas torneiras dos apartamentos	85
4.5. Estimativa do volume de água utilizado nas máquinas de lavar roupas e louças.....	89
4.6. Leituras realizadas nos horários de início e término dos monitoramentos de consumo	91
4.7. Estimativa do consumo de água diário nos pontos de utilização dos apartamentos ..	93
4.8. Verificação do potencial de aproveitamento de água pluvial.....	98
4.8.1. Percentual de água potável possível de ser substituído por água pluvial.....	98
4.8.2. Dimensionamento do reservatório.....	98
4.9. Análise econômica	102
4.10. Caracterização da população e resultados oriundos da análise do questionário individual de satisfação	109
4.11. Síntese e discussão dos resultados.....	113
5. Conclusões	116
Apêndices.....	127
Apêndice I.....	127
Apêndice II.....	134

Apêndice III	139
Apêndice IV.....	141

Lista de figuras

Figura 1.1 – Esquema vertical do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação multifamiliar estudada.	19
Figura 2.1 – Esquema de sistema de aproveitamento de água pluvial.	26
Figura 2.2 – Diferentes tipos de sistema de coleta de águas pluviais.....	29
Figura 3.1 – Médias mensais, máximos e mínimos de precipitação em Florianópolis entre os anos de 2000 e 2015.	42
Figura 3.2 – Localização das edificações estudadas em relação à estação meteorológica.....	43
Figura 3.3 – Fachada da edificação com aproveitamento de água pluvial e áreas de jardim...	45
Figura 3.4 – Fachada da edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.	46
Figura 3.5 – Hidrômetro de um dos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial (leitura: 13,00323 m ³).	47
Figura 3.6 – Vasos sanitários existentes na edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.....	50
Figura 3.7 – Fluxograma das atividades realizadas para o monitoramento do consumo de água nos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.	54
Figura 4.1 – Consumo médio diário per capita nos apartamentos do condomínio residencial Fernando Pessoa.	68
Figura 4.2 – Consumo anual de água no condomínio Fernando Pessoa entre janeiro de 2011 e março de 2018.	70
Figura 4.3 – Médias, máximos e mínimos mensais de consumo de água referentes ao residencial Fernando Pessoa (dados de 2011 a 2018).....	70
Figura 4.4 – Histograma, separado por classes de consumo de água e por ano, referente às médias mensais de consumo de água nos apartamentos do residencial Fernando Pessoa.	71
Figura 4.5 – Consumo médio diário <i>per capita</i> , com base em dados anuais de consumo, do edifício residencial Fernando Pessoa.....	72

Figura 4.6 – Consumo médio <i>per capita</i> relativo aos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial, separados por estações do ano.....	73
Figura 4.7 – Consumos totais de água na edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial desde junho de 2016 a março de 2018.	75
Figura 4.8 - Histograma, separado por classes de consumo de água e por períodos, referente às médias mensais de consumo de água nos apartamentos do residencial Chateau de Valençay.	76
Figura 4.9 - Consumo médio diário <i>per capita</i> , com base em dados referentes ao período entre junho de 2016 e abril de 2018, do edifício residencial Chateau de Valençay.	77
Figura 4.10 – Consumos médios diários <i>per capita</i> , separados por estação do ano, nos períodos de registro de consumo de água disponibilizados, referente ao residencial Chateau de Valençay.	78
Figura 4.11 – Chuveiro retirado do catálogo da Fabrimar (a) observado em um dos apartamentos da edificação (b) e sua respectiva curva de vazão versus pressão estática (c).	84
Figura 4.12 – Torneira da marca Fabrimar, com imagem retirada do catálogo (a) utilizada nos lavatórios de alguns apartamentos (b) e sua respectiva curva de vazão <i>versus</i> pressão estática (c).....	86
Figura 4.13 – Torneira marca Perflex, com imagem retirada do catálogo (a) utilizada na cozinha de alguns apartamentos (b) e sua respectiva curva de vazão <i>versus</i> pressão estática (c).	87
Figura 4.14 – Usos finais médios da água dos apartamentos do residencial Fernando Pessoa.	97
Figura 4.15 – Relação entre o volume do reservatório inferior com o potencial de economia de água potável, considerando uso da água pluvial nos vasos sanitários, máquinas de lavar roupas e tanques dos apartamentos.	101
Figura 4.16 –Volume de reservatório inferior de água pluvial para uso nos vasos sanitários <i>versus</i> potencial de economia de água potável.	101
Figura 4.17 – Relação entre o volume de reservatório inferior de água pluvial, para atender apenas à demanda dos vasos sanitários, e seus respectivos potenciais de economia de água potável (representação da situação existente no condomínio).	102

Figura 4.18 – Respostas dos moradores sobre a função do sistema de aproveitamento de água pluvial existente no edifício Fernando Pessoa..... 112

Figura 4.19 – Respostas dos moradores sobre os fins de uso do sistema de água pluvial existentes no condomínio residencial Fernando Pessoa..... 112

Lista de tabelas

Tabela 2.1. Usos finais da água no interior de edificações unifamiliares e multifamiliares, conforme Loh e Coghlan (2003).	21
Tabela 2.2. Usos finais da água separados por estação do ano, conforme base de dados do <i>Yarra Valley Water</i> (YVW) e do <i>City West Water</i> (CWW).	23
Tabela 2.3. Potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em Florianópolis, separado por mês.	30
Tabela 2.4. Potencial de economia de água potável em cidades do agreste de Pernambuco. ...	33
Tabela 2.5. Potenciais de economia de água potável, conforme tipos de estratégias, em escolas públicas localizadas em Florianópolis.	35
Tabela 2.6. Características e resultados obtidos da pesquisa de Júnior et al. (2008).	37
Tabela 3.1 – Áreas dos cômodos dos apartamentos existentes na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.	44
Tabela 4.1 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos de consumo diário nos apartamentos da edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.	67
Tabela 4.2 – Consumos médios mensais nos apartamentos do edifício Fernando Pessoa, separados por ano e média total.	70
Tabela 4.3 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos referentes aos consumos <i>per capita</i> , incluindo todos os dados de consumo de água, separados por estações do ano.	73
Tabela 4.4 - Média, desvio padrão, máximos e mínimos referentes aos consumos <i>per capita</i> de 2016, 2017 e 2018, separados por estação do ano.	78
Tabela 4.5 – Resultados obtidos após experimento piloto, referentes às respostas médias de consumo.	81
Tabela 4.6 – Resultado referente ao monitoramento do consumo de água durante 24 horas, em um dos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.	82
Tabela 4.7 – Pressões estáticas calculadas nos chuveiros, pias e lavatórios, do oitavo ao décimo quarto pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.	83

Tabela 4.8 – Valores de vazão (obtidos por meio de catálogos dos fabricantes) dos chuveiros utilizados durante o monitoramento do consumo de água em alguns apartamentos.....	84
Tabela 4.9 – Valores de vazão obtidos por meio de catálogos dos fabricantes das torneiras utilizadas durante o monitoramento do consumo de água em alguns apartamentos.....	88
Tabela 4.10 - Volume de água gasto nas máquinas de lavar roupas e louças utilizadas durante o período de monitoramento do consumo de água no residencial Fernando Pessoa.....	90
Tabela 4.11 – Comparação entre o consumo de água registrado por meio das leituras efetuadas no início e fim dos monitoramentos e o consumo médio diário, proveniente das leituras diárias realizadas nos meses de fevereiro e março de 2018.	92
Tabela 4.12 – Estimativa de consumo de água nos apartamentos do residencial Fernando Pessoa e suas respectivas diferenças em relação ao consumo registrado durante o monitoramento. ..	95
Tabela 4.13 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos do consumo de água obtido por meio dos questionários de monitoramento, separados por pontos de consumo e volume total de água consumido.....	96
Tabela 4.14 – Dados de entrada utilizados no programa Netuno para dimensionamento do reservatório inferior de água pluvial nas duas condições de demanda descritas.....	99
Tabela 4.15 – Dados de entrada utilizados no programa Netuno para análise econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial com diferentes capacidades de reservatórios. ..	104
Tabela 4.16 – Custos dos reservatórios de água pluvial corrigidos conforme a inflação.....	105
Tabela 4.17 – Resultados das análises financeiras realizadas para diferentes potenciais de economia de água potável.	108
Tabela 4.18 – Resultados das perguntas relacionadas aos hábitos de uso e desempenho das descargas nos apartamentos da edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.....	110
Tabela 4.19 – Resultados referentes à satisfação dos moradores quanto à aparência da água utilizada nos vasos sanitários e à pressão da água utilizada em torneiras e chuveiros dos apartamentos.....	111

Lista de quadros

Quadro 4.1 - Vazão das torneiras e chuveiro utilizados no experimento piloto.....	79
Quadro 4.2 – Torneiras na área comum do condomínio, com resultados correspondentes às medições de vazão.....	89
Quadro 4.3 – Valores necessários para cálculo dos custos de mão de obra e respectivos resultados.....	107

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

A água é utilizada na maioria das atividades realizadas pelo homem. Todos os sistemas de engenharia que buscam proporcionar conforto ao ser humano utilizam deste recurso (FERREIRA; SILVA; PINHEIRO, 2008). Conforme a Agência Nacional de Águas (2012), a água ocupa cerca de 70% da superfície do planeta Terra, isto é, a água é um recurso abundante. Entretanto, estima-se que 97,5% dessa água seja salgada e apenas 2,5% da água existente no planeta seja doce. Dentre a quantidade de água doce existente no planeta, uma porcentagem muito pequena é viável para o consumo humano. Grande parte da água doce existente na Terra encontra-se nas geleiras e sob a forma de neve nas montanhas.

Apesar de a água ser um recurso limitado, muitas pessoas utilizam-na de forma irracional, comprometendo a disponibilidade e qualidade deste recurso. Além disso, sabe-se que a água não é distribuída homogêaneamente no planeta. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWAP, 2015), o Brasil, por exemplo, apresenta entre 15.000 e 50.000 m³ de recursos hídricos renováveis *per capita*. Porém, países africanos como a Argélia, Líbia e Tunísia e países do Oriente Médio (Arábia Saudita, Iêmen e Omã) encontram-se em situação de escassez absoluta, com disponibilidade de recursos hídricos *per capita* variando entre 0 e 500 m³. De acordo com uma notícia divulgada pela Agência Nacional de Águas (2015), o Brasil apresenta 13% da água doce disponível no mundo, porém essa distribuição também não é homogênea: cerca de 81% da água doce disponível no Brasil está concentrada na região Amazônica, que apresenta cerca de 5% da população do país.

Um dos fatores que influenciam o consumo de água potável é o crescimento populacional. De acordo com o relatório “Perspectivas da População Mundial: Revisão de 2017” (UNITED NATIONS, 2017), atualmente existem 7,55 bilhões de pessoas no mundo. O mesmo relatório prevê a existência de 9,77 bilhões de pessoas no mundo em 2050, aumentando ainda mais a demanda por esse recurso. Além disso, também é previsto um aumento significativo da demanda por água nos próximos anos pelos setores agrícola, industriais e de produção de energia (WWAP, 2017).

Nesse contexto, nota-se a importância de mudança na gestão dos recursos hídricos: de “tratamento e eliminação da água” para “reuso, reciclagem e recuperação de recursos” (WWAP, 2017). Em Florianópolis, por exemplo, no ano de 2009, foi sancionada a Lei 8080

(FLORIANÓPOLIS, 2009) que institui o programa de uso racional da água em edificações do município. A lei exige que construções com área superior a 70 m² disponham de aparelhos economizadores de água, tais quais: vasos sanitários, torneiras (com arejadores) e chuveiros. Além disso, as edificações devem utilizar fontes alternativas de abastecimento de água, ou seja, devem captar, armazenar e aproveitar a água pluvial para usos não potáveis, além de reutilizar água servida (água já consumida em chuveiros, lavatórios, etc.). Desde o mês de novembro de 2009 a concessão do alvará de construção pode ser negada caso os projetos das edificações não atendam aos requisitos estabelecidos nessa lei municipal.

Nas edificações residenciais localizadas em Santa Catarina, estima-se que o potencial de economia de água potável varie entre 23 e 100% (GHISI et al., 2006). Em Florianópolis, conforme Ghisi et al. (2006), o potencial de economia de água potável mostrou-se elevado (com variação entre 27 e 73%). Ghisi e Ferreira (2007) estimaram que o potencial de economia de água potável mais elevado, em um condomínio de apartamentos localizado em Florianópolis, corresponde a 17%. Ghisi (2006) verificou que o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial varia de 48 a 100% dentre as cinco regiões brasileiras: sul, sudeste, centro-oeste, nordeste e norte. Marinowski (2007) verificou que o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis é 45,8%. Proença e Ghisi (2010) estimaram os usos finais da água em edificações de escritórios localizadas em Florianópolis e observaram que entre 56 e 86% da água potável utilizada nas edificações poderia ser substituída por água pluvial. No estudo de Kammers e Ghisi (2006), onde foram estimados os usos finais de água, verificou-se que, em geral, os vasos sanitários e mictórios contribuem para os maiores consumos de água nas edificações públicas de Florianópolis. Os autores concluíram que, em média, 77,0% da água potável utilizada nas edificações poderia ser substituída por água pluvial.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial nas edificações residenciais surgem como alternativa para possibilitar menor desperdício de água potável e uso mais racional desse recurso. Porém, em geral, os métodos de dimensionamento dos reservatórios propostos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) não se mostram adequados (COELHO, 2008). Isso pode fazer com que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais tenham seus reservatórios subdimensionados ou superdimensionados (RUPP et al., 2011). Além disso, nem sempre os sistemas de aproveitamento liberam água com características visuais adequadas - como turbidez, por exemplo (MENDEZ et al., 2011). Pesquisas também alertam para o fato de que investimentos em sistemas que visam a economia de água podem elevar o consumo desse recurso (BERBEL et al., 2015; LOCH; ADAMSON, 2015).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é efetuar uma avaliação econômica e de satisfação relacionadas a um sistema de aproveitamento de água pluvial localizado em uma edificação residencial multifamiliar em Florianópolis (SC).

1.2.2. Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, encontram-se os seguintes:

- Estimar os usos finais da água nos apartamentos da edificação;
- Comparar o consumo de água em apartamentos da edificação que possui sistema de aproveitamento de água pluvial com o consumo de água em apartamentos de outra edificação que não apresenta sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Dimensionar os reservatórios do sistema de aproveitamento de água pluvial e comparar com os volumes de reservatórios existentes na edificação;
- Avaliar respostas qualitativas dos moradores quanto ao uso do sistema de aproveitamento de água pluvial, bem como suas opiniões sobre economia de água potável;
- Avaliar a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial dimensionado para suprir a demanda referente a todos os usos não potáveis nos apartamentos da edificação;
- Avaliar a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial dimensionado para atender à demanda de água utilizada nos vasos sanitários dos apartamentos da edificação.

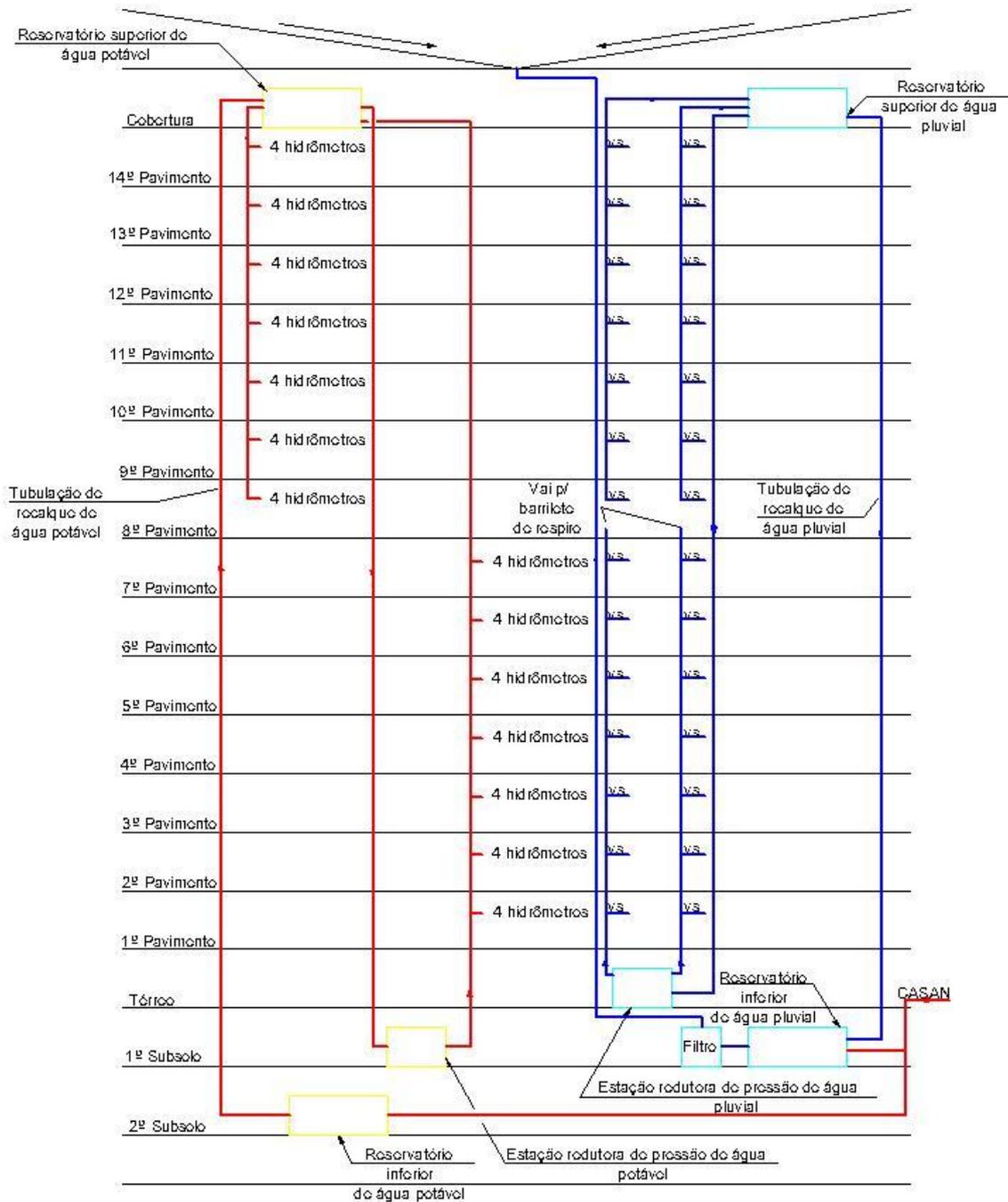
1.3. Descrição do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação estudada.

A edificação estudada apresenta sistema de aproveitamento de água pluvial que abastece somente os vasos sanitários. São componentes deste sistema: um reservatório de água pluvial localizado no subsolo, com capacidade de armazenamento de 30,9 m³; um filtro para separar impurezas (como galhos, folhas, entre outros); dois reservatórios superiores de água pluvial com capacidades iguais a 14.295 L cada; um conjunto motobomba que bombeia a água para os reservatórios superiores de água pluvial; uma estação redutora de pressão de água pluvial; válvula solenoide de duas vias; tubulações; calhas e extravasores.

Conforme análise do projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial desta edificação verifica-se que há uma tubulação que, em caso de período de seca, conduz a água que vem da concessionária (CASAN) ao reservatório inferior de água pluvial. A água potável somente é conduzida a este reservatório quando a válvula solenoide (comandada por uma boia de nível) se abre, isto é, quando o nível de água for inferior à altura correspondente a um terço do volume do reservatório. Ao atingir a altura mínima, a boia de nível aciona a válvula solenoide para que ela interrompa a passagem de água potável. Quando há água pluvial em excesso, esta é conduzida por meio do extravasor à rede pluvial.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte maneira: primeiramente a água pluvial é captada por calhas. Então, a água é conduzida a colunas de água pluvial, que, por sua vez, levam-na até o subsolo da edificação. Em seguida, a água é encaminhada ao filtro. A partir do filtro, a água de lavagem é encaminhada ao sistema de drenagem por meio do extravasor e, a outra porção de água é transportada ao reservatório inferior. Posteriormente, a água é bombeada por meio do conjunto motobomba e é conduzida aos reservatórios superiores de água pluvial por meio de uma tubulação de recalque (essa tubulação divide-se em dois ramais, cada um abastece um reservatório). Dos reservatórios superiores de água pluvial, parte da água abastece os vasos sanitários do oitavo ao décimo quarto pavimento. A outra parte é conduzida a uma estação redutora de pressão que, posteriormente, abastece os vasos sanitários do primeiro ao sétimo pavimento. A Figura 1.1 mostra um esquema vertical do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação estudada.

Figura 1.1 – Esquema vertical do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação multifamiliar estudada.



1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho é formado de cinco capítulos. O primeiro, a introdução, expõe o assunto a ser estudado e sua importância. Na seção 1.2, são abordados os objetivos geral e específicos

deste estudo e a seção 1.3 trata de uma descrição do sistema de aproveitamento de água pluvial existente na edificação multifamiliar que será analisada.

O segundo capítulo tem como objetivo discorrer sobre pesquisas já realizadas e obter informações sobre o tema de estudo, de modo a auxiliar na definição do método, facilitar a interpretação dos resultados obtidos com a realização do estudo e propiciar comparações deste estudo com estudos anteriores.

O terceiro capítulo expõe o método utilizado para efetuar as análises propostas nos objetivos, e encontra-se dividido em oito seções. A seção 3.1 traz informações breves e gerais sobre o método a ser empregado; a seção seguinte visa caracterizar a área de estudo, trazendo informações sobre o clima e a localização das edificações estudadas; a seção 3.3 descreve as edificações; na seção 3.4 foram expostas informações acerca da coleta de dados necessária para a realização deste estudo; a próxima seção aborda o método utilizado para estimar os usos finais da água em uma das edificações e as seções 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9 tratam, respectivamente, dos seguintes assuntos: método utilizado para estimar o potencial de economia de água da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial, análise de respostas qualitativas acerca do uso do sistema de aproveitamento de água pluvial, viabilidade financeira do sistema e análise dos consumos de água relativos às duas edificações estudadas.

O quarto capítulo mostra os resultados obtidos com a realização deste estudo, tais quais: comparação entre consumos de água entre a edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial e outra edificação que não dispõe desse sistema; estimativa dos usos finais da água nos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial; potencial de economia de água potável, com base em simulações para diferentes volumes de reservatório; avaliação de respostas de satisfação associadas à utilização de água pluvial nos vasos sanitários, bem como as análises financeiras efetuadas.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas por meio das análises realizadas e apresentadas no capítulo anterior. Também são discutidas as limitações deste trabalho e são propostas sugestões para trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Pesquisas sobre os usos finais da água

Foram encontradas na literatura algumas pesquisas que estimaram os usos finais da água em residências, instituições de ensino e em edificações de escritório. Estas pesquisas serão abordadas a seguir.

2.1.1. Edificações residenciais

Loh e Coghlan (2003) conduziram estudos sobre os usos finais da água, na área metropolitana de Perth, Austrália. Os estudos foram divididos em duas partes: na primeira, os autores se dedicaram à coleta de dados de 720 famílias, em residências unifamiliares, de 1998 a 2000, por meio de medições, monitoramento mensal do uso da água e aplicação de questionários. Na segunda parte, foram coletados dados, entre os anos de 2000 e 2001, de 297 famílias que residiam em edificações multifamiliares. Com relação aos usos finais da água nas edificações estudadas, Loh e Coghlan (2003) encontraram que em residências unifamiliares são consumidos, em média, um volume de água (para uso interno) igual a 155 L/ pessoa.dia. Nas residências multifamiliares o volume de água para uso interno consumido chega a 166 L/pessoa.dia. A Tabela 2.1 mostra os resultados dos usos finais da água na parte interna das edificações, separados por tipo de edificação.

Tabela 2.1. Usos finais da água no interior de edificações unifamiliares e multifamiliares, conforme Loh e Coghlan (2003).

Tipo de edificação	Usos finais em edificações unifamiliares		Usos finais em edificações multifamiliares	
	Unidade	(L/pessoa.dia)	(%)	(L/pessoa.dia)
Banheira e Chuveiro	51	33	55	33
Máquina de lavar roupas	42	27	43	26
Vaso sanitário	33	21	28	17
Torneiras	24	16	35	21
Outros	5	3	5	3
Total	155	100	166	100

Fonte: Traduzido e adaptado de Loh e Coghlan (2003).

Barreto (2008) estudou o perfil do consumo de água em residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo. Para a realização da pesquisa foram selecionadas residências cujo consumo de água pertencesse ao intervalo entre 15 e 20 m³/mês. Foram definidos sete endereços, nos quais foram instalados hidrômetros e *data-loggers* em pontos internos e entre a ligação hidráulica da residência e da empresa concessionária. Os *data-loggers* coletaram dados que, posteriormente, foram armazenados em um computador. O monitoramento durou uma semana em cada residência. A renda familiar nas residências variou entre R\$500,00 a R\$2.500,00, com média de três moradores por residência. Observou-se que o aparelho que mais consome água nas residências pesquisadas é o chuveiro (13,9% do consumo total). A porcentagem de consumo de água nos outros aparelhos é dada a seguir: torneira de pia (12,0% do consumo total); máquina de lavar roupas (10,9%); tanque de lavar roupas (9,2%); torneira de tanque com máquina de lavar (8,3%), vaso sanitário com caixa acoplada (5,5%); torneira de tanque (5,4%); torneira de lavatório (4,2%); outros usos (30,6%). Em média, o consumo de água *per capita* nas residências estudadas é igual a 262,7 L/dia.

Willis et al. (2009) realizaram um estudo que incluiu 151 casas na cidade de *Gold Coast*, Austrália. De acordo com os pesquisadores, o consumo médio obtido nas residências foi igual a 157,2 L/pessoa.dia. Nas residências, o chuveiro contribui com a maior porcentagem do consumo (33% do uso total), seguido pela máquina de lavar roupas, que contribui com 19% do uso total de água na residência. O consumo de água em torneiras e em vasos sanitários representa 17% e 13% do uso total, respectivamente. O estudo mostrou que o uso de água em banheiras, máquinas de lavar louças e perdas por vazamentos apresentam porcentagem variando entre 1 e 4% do uso total da água. Além disso, Willis et al. (2009) concluíram que regiões socioeconomicamente mais elevadas apresentam maior consumo de água *per capita* quando comparadas àquelas mais baixas.

Matos et al. (2014) realizaram pesquisas em edificações residenciais localizadas em três regiões do norte de Portugal que apresentam diferentes características sociodemográficas, contando com a colaboração de 109 participantes. A pesquisa teve como objetivo avaliar possíveis correlações entre os usos finais da água e as características sociodemográficas dos moradores. No estudo realizado, não foram encontradas correlações entre o nível educacional dos moradores e os usos finais da água. O estudo concluiu que o lavatório é, em média, o dispositivo mais utilizado por dia (34% do uso total), seguido por: pia da cozinha (32%), descarga (23%), banheira (6%), máquina de lavar louças (3%) e máquina de lavar roupas (2%). Os autores também encontraram algumas correlações significativas, tais quais: área da residência e o uso do lavatório e da descarga nos banheiros; presença de crianças na família e

uso de máquina de lavar louças e entre o nível de renda e o número de usos do lavatório, da banheira, da máquina de lavar roupas e da máquina de lavar louças.

Marinoski et al. (2014) realizaram estudos com a finalidade de estimar um padrão de consumo de água em residências de baixa renda localizadas em Florianópolis. Para estimar o consumo e os usos finais da água nas residências, os autores fizeram entrevistas com os moradores e utilizaram alguns equipamentos. As entrevistas possibilitaram a obtenção de informações sobre o tempo e a frequência de uso de chuveiros, vasos sanitários e torneiras, por exemplo, como também informações sobre o consumo histórico mensal de água nas residências. Marinoski et al. (2014) analisaram 48 casas de baixa renda. As 48 residências estudadas obtiveram consumo médio de água igual a 133 L/pessoa.dia. Os autores concluíram que os maiores consumos de água das residências de baixa renda foram obtidos nos chuveiros (em média consomem entre 30 e 36% da água). Torneiras e vasos sanitários consomem entre 8 e 31% da água, enquanto as torneiras das cozinhas contribuem com valores entre 9 e 26% do consumo de água. Assim, entre 67% e 72% do consumo de água nas residências de baixa renda estudadas destinam-se aos usos mencionados acima.

Rathnayaka et al. (2015) estudaram a variabilidade sazonal dos usos finais da água. Para isso, os autores utilizaram duas bases de dados que dispunham dos usos finais de água em residências: uma do *City West Water* (CWW) e outra do *Yarra Valley Water* (YVW), em Melbourne, Austrália. O estudo mostrou que não há diferenças significativas quanto aos usos finais da água nas banheiras, máquina de lavar louças, vasos sanitários, torneiras e máquinas de lavar louças entre o verão e o inverno, porém existem diferenças entre verão e inverno quanto ao uso final da água na irrigação e nos chuveiros. A Tabela 2.2 mostra os usos finais da água apresentados em Rathnayaka et al. (2015), separados por estação do ano referente às bases de dados do *Yarra Valley Water* e do *City West Water*.

Tabela 2.2. Usos finais da água separados por estação do ano, conforme base de dados do *Yarra Valley Water* (YVW) e do *City West Water* (CWW).

Uso final	Uso médio de água (YVW)				Uso médio de água (CWW)			
	(L/pessoa.dia)		(%)		(L/pessoa.dia)		(%)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Chuveiro	31,03	39,01	27	35	44,49	39,59	29	34
Banheira	3,31	4,71	3	4	5,26	6,94	3	6

Fonte: Traduzido e adaptado de Rathnayaka et al. (2015).

Tabela 2.2. Usos finais da água separados por estação do ano, conforme base de dados do Yarra Valley Water (YVW) e do City West Water (CWW) (continuação).

Uso final	Uso médio de água (YVW)				Uso médio de água (CWW)			
	(L/pessoa.dia)		(%)		(L/pessoa.dia)		(%)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Vaso	18,41	21,12	16	19	20,18	20,53	13	18
Torneiras	20,82	20,15	18	18	29,61	19,01	19	16
Máquina de lavar louças	1,78	1,97	2	2	2,12	1,99	1	2
Máquina de lavar roupas	19,67	22,37	17	20	18,79	24,39	12	21
Irrigação	20,13	3,72	17	3	34,08	4,47	22	4
Total	115,15	113,05	100	100	154,53	116,92	100	100

Fonte: Traduzido e adaptado de Rathnayaka et al. (2015).

2.1.2. Instituições de ensino e edificações de escritórios

Bonnet et al. (2002) estudaram os usos de água e de eletricidade no campus da Universidade de Bordeaux, França. Os autores investigaram o consumo de água e eletricidade no campus do seguinte modo: primeiramente foi feita uma classificação das atividades desenvolvidas no campus (palestras, esportes, administração, pesquisa e desenvolvimento) e, posteriormente, realizou-se uma pesquisa em todas as instituições do campus para coletar dados básicos (áreas, número de estudantes, etc.) e dados de consumo de água e eletricidade. Em geral, dos 93% de água consumida no campus universitário, 1% é utilizado para beber, 4%, para cozinhar, 13%, para atender aos lavatórios da instituição, 35%, para o uso em habitações estudantis, 45%, para uso em pesquisa e desenvolvimento e 2%, para irrigação. O consumo restante (7%) inclui perdas ou usos não conhecidos.

Proença e Ghisi (2010) estimaram os principais usos finais da água em dez edificações de escritórios localizadas em Florianópolis. Os autores estimaram o consumo de água por meio de entrevistas com os ocupantes das edificações e de medições de vazões. De acordo com esse estudo, o consumo de água por pessoa por dia variou entre 34,9 e 101,6 L. Os autores concluíram que a porcentagem de água potável utilizada para fins não potáveis (limpeza e descarga nos vasos sanitários) variou entre 56 e 86%, o que mostra o grande potencial de economia de água potável em edificações de escritórios. Além disso, concluiu-se que em edificações de escritórios cujos usos de água sejam semelhantes, pode-se fazer uma estimativa

de usos finais da água considerando uma amostra igual ou superior a 40% da população. Em edificações com usos diversificados da água, deve-se considerar uma amostra mínima igual a 60% da população.

Fasola et al. (2011) estudaram o potencial de economia de água por meio de pesquisa de usos finais deste recurso em duas escolas públicas (uma municipal e outra estadual) localizadas no centro de Florianópolis. Primeiramente fez-se levantamento de dados das escolas: número de ocupantes, espaços físicos existentes e períodos de funcionamento. Foram realizadas visitas para coletar informações sobre os tipos de aparelhos sanitários utilizados nas escolas. Além disso, os ocupantes (funcionários, professores e alunos) foram entrevistados acerca do tempo e da frequência de utilização de cada aparelho. Com dados de tempo e frequência de uso, bem como a vazão dos dispositivos, foi possível calcular o consumo de água de cada ocupante por aparelho sanitário. Na escola municipal, obteve-se maior consumo de água nas torneiras da cozinha (68,8% do consumo total) e as bacias sanitárias representaram o segundo ponto de maior consumo (19,6%). Na escola estadual, os mictórios foram responsáveis pelo maior consumo de água (37,7% do consumo total), seguidos pelas bacias sanitárias (29,8% do consumo total de água). Os autores ressaltaram que a escola estadual não serve almoço para os alunos, diferente do que ocorre na municipal, além do fato de que naquela escola o fluxo de água nos mictórios é contínuo, portanto, o usuário não tem autonomia para acionar o fluxo de água somente quando necessário.

2.2. Sistema de aproveitamento de água pluvial

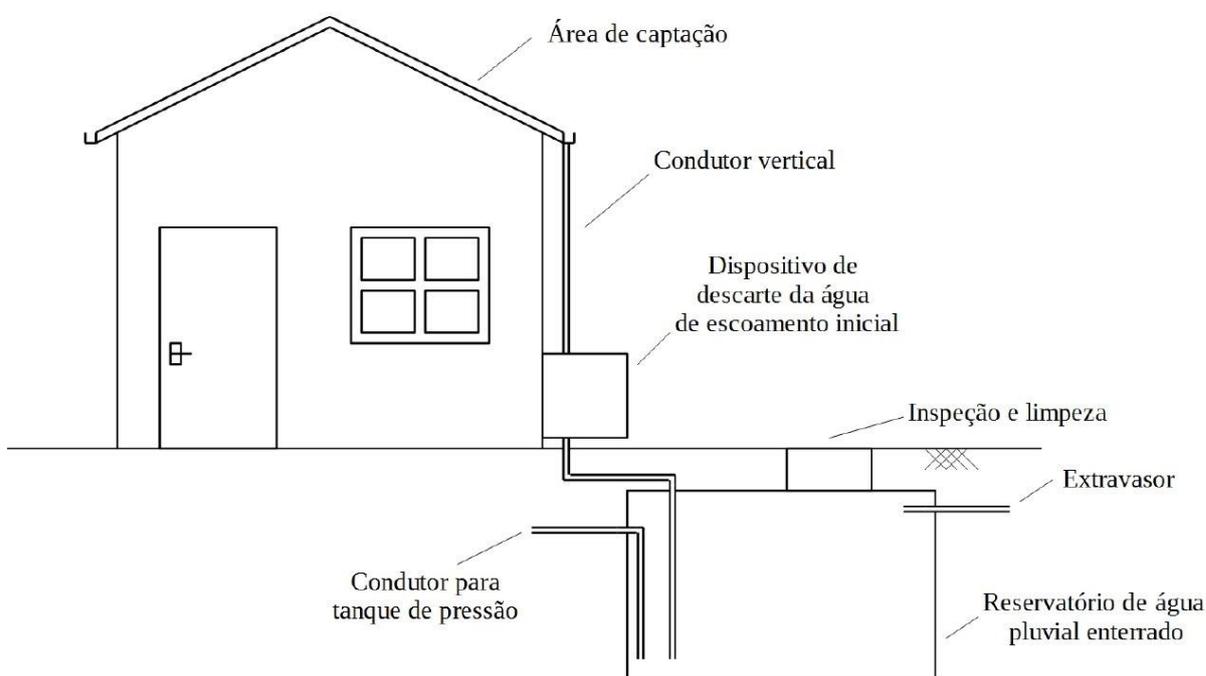
A implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais contribui para o uso racional da água. Um sistema de aproveitamento de água pluvial necessita de pelo menos dois reservatórios: um para a reserva de água potável e outro para armazenar água não potável (VIGGIANO, 2010).

A norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007) expõe as exigências necessárias para que se possa fazer o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis de coberturas localizadas em áreas urbanas. De acordo com a norma, pode-se utilizar água pluvial nas seguintes atividades: descarga de vasos sanitários, limpeza de áreas externas, rega de jardins e usos industriais.

Para que as águas pluviais possam ser reaproveitadas, é necessário um conjunto de técnicas, como exposto em *Group Raindrops* (2002). São elas: captação da água pluvial pela cobertura ou outras superfícies; armazenamento da água coletada em reservatórios; tratamento

da água pluvial a fim de melhorar sua qualidade; abastecimento das águas pluviais aos locais de uso; drenagem das águas pluviais em situações de chuvas muito intensas; complementação do sistema de abastecimento de águas pluviais com água do sistema de abastecimento convencional para suprir a demanda em caso de tempo seco e descarte de uma quantidade de água pluvial que possa trazer sujeira (água do início da chuva). A Figura 2.1 mostra um esquema de sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Figura 2.1 – Esquema de sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: modificado e traduzido de Tomaz (2010).

Conforme *Group Raindrops* (2002), em edifícios multifamiliares, em geral, a água da chuva é coletada em terraços e/ou sacadas.

Em prédios ou casas é interessante utilizar dispositivos, como redes ou telas que podem variar de 2 a 10 mm. Esses dispositivos previnem o entupimento das calhas com folhas ou outros objetos, por exemplo. Além disso, também se pode instalar um coador de material inoxidável e que seja de fácil remoção no tubo de coleta de águas pluviais.

2.2.1. Componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais

Conforme Tomaz (2003), são componentes do sistema de captação de águas pluviais: área de captação; calhas e condutores; *by pass*; peneira; reservatório e extravasor. Estes componentes serão descritos com mais detalhes a seguir.

Os telhados de casas, edifícios ou indústrias geralmente servem como área de captação para o sistema de aproveitamento de águas pluviais. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), a área de captação corresponde à área da projeção horizontal da superfície impermeável de cobertura. Dependendo do material da cobertura há maior ou menor eficiência no processo de captação para o aproveitamento das águas pluviais. Conforme pesquisa feita por Klein (2017), que analisou o comportamento de coberturas verdes e coberturas convencionais quanto ao escoamento de águas pluviais, verifica-se que edificações com coberturas verdes apresentam menor escoamento superficial quando comparadas a edificações com coberturas convencionais. Portanto, o potencial de aproveitamento de água pluvial captada por coberturas convencionais é superior ao potencial de aproveitamento de água pluvial captada por coberturas verdes.

As calhas e condutores também são dispositivos necessários para a captação de água pluvial. Em geral, são feitos de PVC ou materiais metálicos.

A primeira parte da água pluvial geralmente carrega poluentes da atmosfera, folhas, excrementos de animais, etc. Essa parte deve ser descartada. São denominados *by pass* os dispositivos que fazem o descarte dessa primeira água. A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que os dispositivos de descarte da água pluvial inicial sejam automáticos. Existem, porém, outras maneiras de descartar a parte inicial da água pluvial. Uma delas consiste na instalação de um pequeno tanque, com uma esfera que flutua na água, localizado entre a captação da água pluvial e o reservatório de armazenamento. Dessa maneira, a primeira parte da água pluvial entra no tanque enchendo-o até que a esfera obstrua sua saída. Posteriormente, a água pluvial é conduzida para o reservatório destinado ao seu armazenamento. Antes de ocorrer a próxima chuva, é necessário que os pequenos tanques sejam esvaziados gradualmente. Assim, a água pode ser filtrada pelo solo e purificada por micro-organismos, tendo qualidade adequada ao alcançar as águas subterrâneas. Peneiras com malha entre 0,2 mm e 1,0 mm também podem ser utilizadas para a remoção de partículas em suspensão.

A água pluvial captada é conduzida por calhas e tubulações até o reservatório. Em geral, nos sistemas de aproveitamento de água pluvial, são necessários dois reservatórios destinados à água não potável. Um inferior, onde a água captada fica armazenada e outro superior, do qual se distribui a água por gravidade para os apartamentos da edificação. No reservatório deve ser

instalado um extravasor que não permita a entrada de animais. A NBR 15527 (ABNT, 2007) estabelece que o reservatório também deva conter um dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

2.2.2. Tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais

De acordo com Herrmann e Schmida (1999) existem quatro tipos de sistemas de coleta de águas pluviais, ilustrados na Figura 2.2, que diferem conforme suas propriedades hidráulicas. São eles:

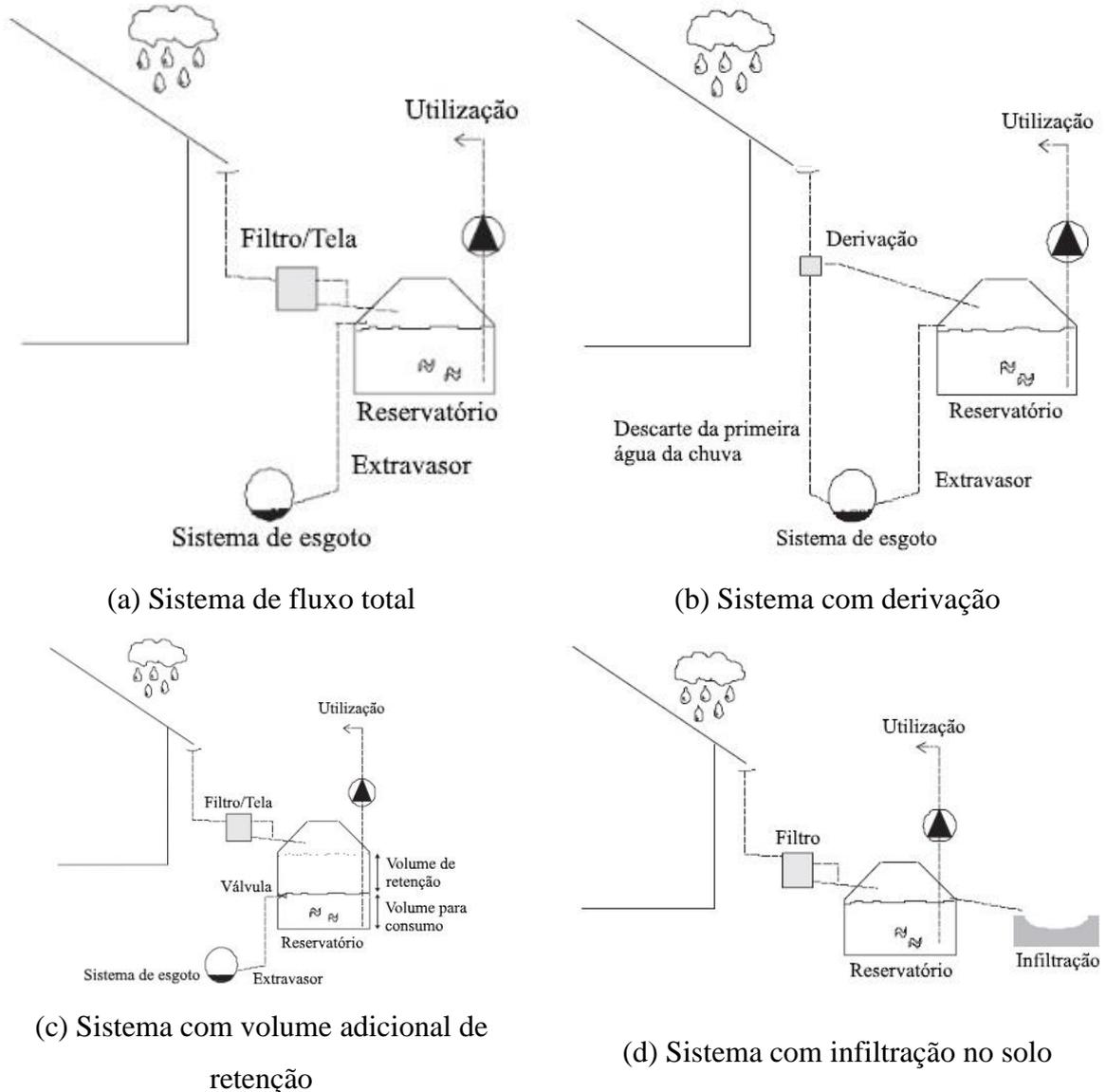
a) Sistema de fluxo total: toda a água pluvial escoada na superfície de captação passa por um filtro ou tela antes de chegar ao reservatório. Apenas quando o reservatório está cheio, a água em excesso escoada para o sistema de drenagem. Deve-se atentar para que não haja transbordamento antes do reservatório, em casos de entupimento da tela ou do filtro.

b) Sistema com derivação ou autolimpante: apresenta um desvio no condutor vertical (tubulação que procede a calha) ou no condutor subterrâneo destinado à drenagem. A fração de água pluvial coletada por esse ramo e a água excedente são lançadas no sistema de esgoto. Em geral, os ramos que desviam a água pluvial apresentam peneira de malha fina para desviar a maior parte das partículas para o sistema de esgoto. Esse tipo de sistema era utilizado quando se aceitava desviar águas pluviais para o esgoto.

c) Sistema com volume adicional de retenção: nesse tipo de sistema, o reservatório fornece um volume adicional para armazenamento da água pluvial, esvaziado para o esgoto por meio de um acelerador.

d) Sistema com infiltração no solo: a água da chuva que extravasa do reservatório infiltra-se no solo.

Figura 2.2 – Diferentes tipos de sistema de coleta de águas pluviais.



Fonte: traduzido de Herrmann e Schmida (1999).

2.3. Potencial de economia de água potável por meio do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais

2.3.1. Edificações residenciais

Ghisi et al. (2006) estimaram o potencial de economia de água potável do setor residencial de 62 cidades localizadas em Santa Catarina por meio de dados de precipitação, consumo de água potável, população e número de moradias por cidade. De acordo com os autores, a demanda por água potável nas 62 cidades é, em média, igual a 118 L /pessoa/dia. O

potencial de economia de água potável variou entre 23% e 100%. Em Florianópolis, por exemplo, o potencial variou entre 27% e 73% conforme o mês do ano. A Tabela 2.3 mostra o potencial de economia de água potável, por mês, por meio do aproveitamento de água pluvial na cidade de Florianópolis.

Tabela 2.3. Potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial em Florianópolis, separado por mês.

Mês	Potencial de economia de água potável (%)
Janeiro	64
Fevereiro	73
Março	66
Abril	34
Mai	34
Junho	27
Julho	36
Agosto	34
Setembro	46
Outubro	49
Novembro	44
Dezembro	49

Fonte: modificado e traduzido de Ghisi et al. (2006).

Ghisi et al. (2007) estudaram o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial no setor residencial de 195 cidades da região sudeste do Brasil. Os autores também estimaram a capacidade do reservatório de água pluvial e investigaram a correlação entre o potencial de economia de água potável e a demanda de água potável. Para estimar o potencial de economia de água potável foi necessário coletar dados de precipitação - em geral, do ano 1931 ao ano 2000, para cidades do Estado de São Paulo e dados mensais de precipitação para os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Além de dados de precipitação, foram necessários outros dados, tais como: número de pessoas com acesso ao abastecimento por água potável (por mês); demanda de água potável em cada cidade; número de moradores e número de moradias por cidade. A partir daí foram calculados: número de pessoas por moradia e número de moradores com suprimento de água potável. A área total de telhado foi estimada como igual a 85 m² para casas e assumiu-se uma área de 3,75 m² por pessoa por apartamento para edifícios. O cálculo do volume mensal de água pluvial a ser aproveitado

em cada cidade foi obtido considerando os dados de precipitação, as áreas totais de captação dos telhados e um coeficiente de *runoff* igual a 0,80 (indica uma perda de 20% da água pluvial: parte para limpar os telhados e parte devido à evaporação). O potencial de economia de água potável foi estimado pela relação entre o volume mensal de água pluvial que pode ser aproveitado em cada cidade e a demanda mensal por água potável em cada cidade. Ghisi et al. (2007) concluíram que a demanda por água potável no setor residencial da região sudeste do Brasil varia entre 90 e 300 L/pessoa/dia. Além disso, o potencial médio de economia de água potável é de 41% (variando entre 12% e 79%).

Ghisi e Ferreira (2007) estudaram o potencial de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial e uso de água cinza em três blocos de edifícios residenciais localizados em Florianópolis. A pesquisa baseou-se em estimativa dos usos finais de água (por meio de entrevistas, medições de vazão e dados de consumo de água), execução de simulações computacionais e análise econômica. Os autores calcularam a capacidade do reservatório assumindo que a água pluvial atenderia aos vasos sanitários com válvula de descarga, máquina de lavar roupas e o tanque da lavanderia. Também foi avaliado o uso conjunto do sistema de aproveitamento de água pluvial e do sistema de reuso de água cinza. Dentre os blocos A, B e C, estudados e considerando como única estratégia de redução de consumo de água potável a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, o bloco C apresentou maior potencial de economia de água potável (17,7%), com reservatório inferior de capacidade igual a 10 m³. Quando a água cinza é utilizada em conjunto com o sistema de aproveitamento de água pluvial, o potencial de economia de água potável para o mesmo bloco é elevado ao valor de 42%.

Lima et al. (2011) utilizaram a metodologia de Ghisi et al. (2006) para estimar o potencial de economia de água potável em residências. A metodologia foi aplicada a 40 cidades da Amazônia ocidental: seis localizadas no Acre, sete no Amazonas, dezoito em Rondônia e nove em Roraima. De acordo com os autores, o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial varia entre 21 e 100%, dependendo da cidade. O potencial médio de economia de água potável obtido foi de 76%. No entanto, os autores ressaltam que há uma oscilação maior do potencial de aproveitamento de água pluvial na Amazônia Ocidental, visto que, nessa região, existem períodos chuvosos e secos bem definidos.

Maia et al. (2011) estudaram o potencial de economia de água potável em residências localizadas em Irati, Paraná, por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Para determinar o potencial de economia de água potável, os autores realizaram simulações considerando um sistema de aproveitamento de água pluvial. Determinou-se uma

área de estudo – alguns bairros da cidade de Irati – e fez-se o levantamento, por meio de sensoriamento remoto, das áreas de telhado de até 200 m² que contribuiriam para a captação da chuva. Por fim, os autores dimensionaram os reservatórios para cada área de telhado. Foram utilizadas ortoimagens da área de estudo, que, após alguns procedimentos (vetorização, ajuste de linhas e poligonização) possibilitaram a obtenção das áreas das coberturas. Maia et al. (2011) utilizaram duas metodologias para dimensionar o reservatório de água pluvial. A primeira, apresentada por Ghisi et al. (2007) e a segunda consistiu em estimar uma economia mínima de água potável igual a 90%. Os autores compararam as dimensões de reservatórios obtidas por meio dos dois métodos e escolheram o menor obtido dentre eles. Maia et al. (2011) concluem que a utilização de imagens de satélite para a obtenção das áreas de telhado produz resultados mais confiáveis que o uso de uma taxa de telhado por habitante da edificação. Os autores encontraram um elevado percentual médio de economia de água potável (89,83%) para a área de estudo delimitada.

Rahman et al. (2012) também investigaram o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial. Os autores conduziram o estudo em dez diferentes locais na grande Sydney, Austrália. No estudo, foram consideradas três combinações diferentes para o uso da água pluvial: uma considerando o uso no vaso sanitário e na lavanderia; outra considerando uso apenas para irrigação e a terceira, englobando uso em vasos sanitários, lavanderia e para irrigação. Além disso, foram considerados três tamanhos de reservatórios: um com 2.000 L, e os outros dois com 3.000 e 5.000 L. Para cada um dos locais, considerou-se uma família formada por quatro pessoas ocupando uma residência com área total de 450 m², área de telhado, gramado e áreas impermeáveis iguais a 200 m², 150 m² e 100 m², respectivamente. O volume de água eliminada ao acionar a descarga é de 6 L. Os autores assumiram uma frequência de uso do vaso de três vezes por pessoa por dia, portanto, cada indivíduo consome 18 L por dia com o uso do vaso sanitário. Para a máquina de lavar roupas, considerou-se consumo de 21,5 L/dia e para irrigação assumiu-se uma demanda por metro quadrado de gramado igual a 10 mm/dia. Considerando os usos de água pluvial na descarga de vasos sanitários e na lavanderia, o estudo obteve um valor anual médio de economia de água potável igual a 34,1 m³. Utilizando a água pluvial para irrigação, considerando um tanque de 5 m³, os autores estimaram uma economia média de água potável igual a 48,5 m³. Considerando uso de água pluvial tanto nos vasos sanitários quanto na lavanderia e para irrigação, a economia anual média de água potável seria de 59,5 m³.

Lopes et al. (2016) também utilizaram um programa computacional para analisar o potencial de economia de água potável em residências localizadas em Santa Catarina. Para a

realização das simulações computacionais, os autores consideraram demandas de água potável de 100, 150 e 200 L/pessoa/dia; áreas de telhado de 50, 100 e 200 m², dois, três e quatro moradores por habitação. Além disso, foram considerados três valores de demanda de água pluvial: 40, 50 e 60% dos valores de demanda de água potável. Os autores adotaram o volume ideal do reservatório de água pluvial considerando o tanque com capacidade inferior dentre dois consecutivos, cuja diferença de potencial de economia de água potável fosse igual a 1% (procedimento utilizado no programa Netuno). Para o reservatório de água pluvial superior, adotou-se um volume de 500 L (maior demanda de água pluvial por residência corresponde a 480 L). Lopes et al. (2016) concluíram que em Santa Catarina é possível economizar de 75 L/residência/dia a 461 L/residência/dia de água potável por meio do uso de água pluvial. Além disso, constatou-se que quanto maior a área de telhado e a demanda diária de água pluvial, maior é a economia de água potável e maior é a capacidade ideal do tanque de água pluvial; para áreas de telhado pequenas não há relação linear entre o aumento da demanda de água pluvial e a capacidade ideal do tanque; cidades e regiões com maiores chuvas necessitam de menores capacidades de tanques de água pluvial e propiciam maior economia de água potável; Cidades cuja precipitação varia muito ao longo do ano tendem a precisar de tanques de água pluvial com maior capacidade, enquanto as cidades com precipitações mais uniformes demandam tanques de água pluvial com capacidades menores.

Santos e Farias (2017) estimaram o potencial de economia de água potável em áreas urbanas (incluindo 71 cidades) na região semiárida do estado de Pernambuco. Essa estimativa foi feita utilizando o método proposto por Ghisi et al. (2006). Conforme Santos e Farias (2017), a demanda por água potável na região de estudo é, em média, igual a 80,70 L/pessoa/dia, variando de 19,80 L/pessoa/dia a 145,90 L/pessoa/dia. De acordo com os mesmos autores, a cidade de Caruaru é a mais populosa da região do agreste e, em um ano, pode reduzir em 31% a demanda por água potável. Em estações mais úmidas, esse valor pode subir para 58%. Outros valores de potencial de economia de água potável em cidades do agreste de Pernambuco são mostrados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Potencial de economia de água potável em cidades do agreste de Pernambuco.

Cidade	Potencial de economia de água potável (%)
Caruaru	31,0
Santa Cruz do Capibaribe	32,2
Sanharó	38,1

Tabela 2.4. Potencial de economia de água potável em cidades do agreste de Pernambuco (continuação).

Cidade	Potencial de economia de água potável (%)
Vertentes	39,5
Cumaru	40,1
Salgadinho	51,5
Surubim	51,8
Águas Belas	53,7
Jataúba	56,2
Brejo da Madre de Deus	68,2
Taquaritinga do Norte	95,1

Fonte: modificado e traduzido de Santos e Farias (2017).

2.3.2. Instituições de ensino

Fasola et al. (2011) também estudaram o potencial de economia de água potável de escolas em Florianópolis. Os autores analisaram o potencial de economia por meio do uso de sistema de aproveitamento de água pluvial, reuso de água cinza, utilização de aparelhos economizadores como também consideraram uma combinação desses cenários. Para determinar o potencial de economia de água potável devido à implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, Fasola et al. (2011) realizaram simulações utilizando como recurso um programa computacional. Quanto ao reuso da água cinza, considerou-se o volume de oferta como sendo o volume de água utilizado em máquinas de lavar roupas e torneiras dos banheiros. A redução no consumo de água também foi avaliada considerando a substituição de torneiras, vasos sanitários e mictórios por aparelhos economizadores com tecnologia sensorial ou de fechamento automático. Os potenciais de economia de água potável, conforme as estratégias consideradas, estão dispostos na Tabela 2.5.

Tabela 2.5. Potenciais de economia de água potável, conforme tipos de estratégias, em escolas públicas localizadas em Florianópolis.

Estratégias	Potencial de economia de água potável na escola estadual (%)	Potencial de economia de água potável na escola municipal (%)
Somente aproveitamento de água pluvial	42,5	22,9
Somente instalação de equipamentos economizadores	55,9	15,3
Somente reuso de água cinza	4,2	5,1
Reuso de água cinza somado ao aproveitamento de água pluvial	46,3	24,0
Instalação de equipamentos economizadores somado ao aproveitamento de água pluvial	72,7	27,8

Fonte: modificado de Fasola et al. (2011).

2.4. Viabilidade econômica na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial

2.4.1. Edificações residenciais

Júnior et al. (2008) avaliaram a viabilidade econômica de implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais de padrão popular, médio e alto localizadas em João Pessoa, Paraíba. As áreas de captação consideradas foram iguais a 60 m², 120 m² e 300 m² em edificações de padrão baixo, médio e alto, respectivamente. Para avaliar economicamente a implantação dos sistemas, foram levados em consideração custos de investimento direto - custos dos reservatórios inferior e superior; gastos com tubulações, calhas, conexões e conjunto motor/bomba; filtro de areia – e custos com investimentos indiretos: custos com a manutenção do sistema; custos com energia para bombeamento da água. Além dos custos gerados pelo sistema, foi levantado o benefício econômico, ou seja, a quantidade de água aproveitada em um ciclo anual. Dessa forma, os autores calcularam alguns indicadores (relação Custo/Benefício, Valor Presente Líquido e Período de Retorno) considerando igual a 20 anos a vida útil do sistema de aproveitamento de água pluvial. Conforme os resultados obtidos, verificou-se, por meio dos indicadores, que a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial só é economicamente viável em domicílios de alto padrão, onde o valor da tarifa é mais elevado e a quantidade de águas pluviais consumida é maior. A Tabela 2.6 resume os resultados obtidos na pesquisa de Júnior et al. (2008).

Um dos objetivos da pesquisa de Domènech e Saurí (2011) é analisar economicamente o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações uni e multifamiliares na região metropolitana de Barcelona, Espanha. A análise econômica foi efetuada utilizando o método do Valor Presente Líquido (VPL), considerando os seguintes usos finais para água pluvial: vaso sanitário; lavanderia; irrigação; irrigação e vaso sanitário; irrigação e lavanderia; vaso sanitário e lavanderia. Os autores não consideraram custos de calhas, pois é obrigatória a instalação desses dispositivos em residências mais novas para facilitar o escoamento da água pluvial. No entanto, foi considerado um custo de manutenção anual desses dispositivos tanto em edificações unifamiliares quanto multifamiliares. Os autores consideraram uma taxa de inflação anual igual a 3% para custos com manutenção, aumento no preço da energia elétrica e de outros itens. Dois cenários para o custo da água foram analisados: o primeiro cenário corresponde a consumos baixo e médio, cujo preço da água é igual a 1,01 €/m³, enquanto o segundo cenário corresponde a consumos mais elevados, com preço estimado em 3,22 €/m³. Os autores consideraram, ainda, um aumento anual de 4% no preço da água. Conforme Domènech e Saurí (2011), em residências unifamiliares, com consumos de água baixo ou médio, os períodos de retorno são inalcançáveis considerando qualquer um dos usos finais. Residências com consumos de água mais elevados originaram períodos de retorno menores (variando de 33 a 43 anos). Ao considerar que a vida útil de um tanque de armazenamento de água pluvial é de no mínimo 20 anos (com possibilidade de alcançar 60 anos), a instalação desse tipo de sistema é viável em residências unifamiliares com elevados consumos de água. Em edificações multifamiliares, considerando o consumo de água como médio ou baixo, o período de amortização torna-se inalcançável. Porém, analisando o cenário com maior consumo de água para o mesmo tipo de edificação, a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial torna-se viável para todos os usos finais considerados, exceto para irrigação, devido à baixa economia de água potável.

Tabela 2.6. Características e resultados obtidos da pesquisa de Júnior et al. (2008).

Padrão da residência	População por residência (habitantes)	Consumo de água (L/hab. dia)	Demanda por água não potável (%)	Área de captação de água pluvial (m²)	Resultado
Popular	4	130,0	84,6	60	Economicamente inviável
Médio	5	162,0	87,6	120	Economicamente inviável
Alto	6	192,8	89,6	300	Economicamente viável

Amos et al. (2018) desenvolveram uma ferramenta de análise chamada “*ERain*”, que combina análise financeira com análise de desempenho do sistema de aproveitamento de água pluvial. O modelo utiliza dados diários de precipitação e dados econômicos. Para a realização do estudo, os autores admitiram um cenário básico com duas habitações hipotéticas que utilizam o sistema de abastecimento de água pluvial para uso em descargas de vasos sanitários e na lavanderia, incluindo ou não uso para irrigação ou externo de água. Foram escolhidos dois locais para as residências: um em Nairobi, Quênia e outro em Sydney, Austrália. Para o estudo, considerou-se uma única residência, com dois, quatro ou seis moradores. A água da chuva seria utilizada no banheiro e na lavanderia, com ou sem irrigação e uso externo. Considerou-se um ciclo de vida para o sistema superior a 60 anos (com substituição de algumas peças e permanência de outras). Os autores concluíram que, considerando o cenário básico, tanto para a Austrália quanto para o Quênia, os custos com ciclo de vida de um sistema de aproveitamento de água pluvial não podem ser recuperados apenas com o valor da água da rede que o sistema pode economizar. Portanto, os autores afirmam a necessidade de inovar e reduzir custos associados ao sistema de aproveitamento de água pluvial. Uma das maneiras de tornar a implantação do sistema mais viável seria por meio do aumento do preço da tarifa de água.

2.4.2. Instituição de ensino e edificação comercial

Mello et al. (2014) analisaram a viabilidade econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma instituição educacional localizada em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. Os autores dimensionaram o sistema de aproveitamento de águas

pluviais com dados de consumo de água, área de cobertura e dados de precipitação. Para o dimensionamento do reservatório, foi utilizado o método de Rippl. Após o término do dimensionamento, fez-se o levantamento de materiais a serem utilizados para implantar o sistema, seguido das composições de custos unitários e gastos com mão de obra. A análise de viabilidade econômica foi realizada por meio do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), tempo de recuperação do capital investido: *payback time* simples (PBS) e descontado (PBD). Para a análise de viabilidade econômica, foram levados em consideração os custos de implantação, operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial assim como a economia financeira proveniente da redução do consumo de água potável. Os autores estudaram três alternativas: implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial sem qualquer financiamento; utilizar financiamento para a implantação do sistema e manter o projeto original aplicando o investimento que seria destinado à implantação do sistema em uma caderneta de poupança. Como resultado da pesquisa os autores verificaram que a única alternativa viável seria implantar o sistema de aproveitamento de água pluvial sem realizar nenhum tipo de financiamento.

Matos et al. (2015) realizaram um estudo em uma edificação comercial localizada em Braga, Portugal. Foram analisados três cenários na avaliação econômica de implantação do sistema. O primeiro considerou que a água pluvial seria utilizada para a lavagem de carros e irrigação de jardins; o segundo cenário considerou o uso de água pluvial em 50% das descargas dos vasos sanitários e para irrigação de jardins e o terceiro, admitiu o uso em descargas dos vasos sanitários e em 5% das irrigações de jardins. As análises foram realizadas também por meio de estudos do Valor Presente Líquido, Período de Retorno do investimento e Taxa Interna de Retorno. Conforme o levantamento de custos realizados pelos autores, verificou-se que o tanque de armazenamento corresponde ao maior custo da instalação do sistema. Os resultados obtidos para os três cenários revelaram que a implantação do sistema é economicamente viável. Os autores destacam que na análise efetuada não foram considerados custos com manutenção, nem benefícios sociais, ambientais, financeiros e de economia de energia.

2.5. Efeito rebote

Embora o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial seja uma maneira de uso racional da água, há a possibilidade de haver o chamado “efeito rebote”. De modo geral, esse termo está associado ao consumo de energia. Gillingham, Rapson e Wagner (2016) o definem como um percentual na redução esperada do consumo de energia que se perde em consequência

das respostas dos consumidores e do mercado. Conforme Dixon e McManus (2006) tratando-se de casos mais gerais, o efeito rebote é aquele decorrente de uma iniciativa ou ação tomada.

No âmbito associado ao meio ambiente o significado do termo refere-se aos casos nos quais as ações tomadas a fim de reduzir impactos ambientais em parte de um sistema acarretam em um aumento desse impacto em outra parte do mesmo sistema. Um efeito rebote direto, por exemplo, poderia surgir ao instalar um chuveiro mais eficiente, com tecnologia para reduzir o consumo de água. Em resposta, o usuário pode aumentar seu tempo de banho, consumindo maior quantidade de água que o esperado após a instalação do aparelho (DIXON; MCMANUS, 2006).

Os autores Dixon e McManus (2006) citam, também, um exemplo de possível efeito rebote indireto: quando há redução na conta de água devido à implementação de tecnologias cujo objetivo consiste em proporcionar um uso mais racional deste recurso, os moradores podem tender a consumir mais, de modo que continuem a pagar o mesmo valor pela conta.

2.6. Considerações finais

Quanto aos usos finais da água nas edificações nota-se que, em geral, os chuveiros contribuem com o maior consumo de água em residências (MARINOSKI et al., 2014; WILLIS et al., 2009; LOH; COGHLAN, 2003; RATHNAYAKA et al., 2015; BARRETO, 2008). Além disso, a porcentagem de água consumida nos vasos sanitários também é bastante significativa. No estudo de Rathnayaka et al. (2015) e de Matos et al. (2014), por exemplo, o vaso sanitário chega a ocupar o terceiro lugar dentre os aparelhos com maior percentual de consumo de água potável no setor residencial. Em outros tipos de edificações como escolas e edificações de escritórios, os vasos sanitários contribuem com um percentual de consumo de água potável ainda maior quando comparado com os percentuais obtidos nas residências.

Nota-se, ainda, que Florianópolis apresenta um potencial elevado de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial, principalmente no mês de fevereiro. Segundo Ghisi et al. (2006), para esse mês o potencial de economia de água potável chega a 73%. Lopes et al. (2016) também reforçam o elevado potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial. De acordo com os autores, no estado de Santa Catarina, com o uso de água pluvial em residências é possível economizar entre 75 e 471 L/residência.dia. No estudo de Ghisi e Ferreira (2007), verificou-se, em um dos blocos de apartamentos estudados,

localizados em Florianópolis, um potencial de economia de água potável igual a 17,7%, adotando um reservatório de água pluvial com volume igual a 10 m³.

Mesmo que Florianópolis apresente um elevado potencial de economia de água potável, para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é necessário realizar um estudo de viabilidade econômica. No trabalho de Júnior et al. (2008), por exemplo, verificou-se que a implantação desse tipo de sistema somente é viável em edificações de alto padrão, onde os valores de tarifa e de consumo de água são superiores. De acordo com Dòmenech e Saurí (2011), tanto para residências unifamiliares quanto para multifamiliares, apenas há viabilidade econômica na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial quando o consumo de água é elevado. Porém, conforme o estudo realizado por Matos et al. (2015), nota-se que há viabilidade econômica na implantação do sistema em edificações comerciais.

Quanto à existência de efeito rebote em edificações que utilizam sistemas de aproveitamento de água pluvial, não se encontraram pesquisas a respeito, por isso é importante que se estude mais sobre o assunto a fim de concluir se o efeito é ou não significativo com relação ao uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

3. Método

3.1. Considerações iniciais

Com a finalidade de avaliar aspectos técnicos e econômicos do sistema de aproveitamento de água pluvial existente em uma edificação residencial, foram necessários alguns procedimentos, que serão descritos com mais detalhes neste capítulo. Primeiramente avaliaram-se as características climáticas do município no qual a edificação está localizada, posteriormente foram coletados dados de consumo de água dos apartamentos da edificação. Também foram obtidos dados de consumo de água de outra edificação próxima, mas que não possui sistema de aproveitamento de água pluvial. Para avaliar a viabilidade financeira do sistema, fez-se o levantamento dos custos de equipamentos utilizados no sistema de aproveitamento atual, disponíveis nos projetos hidrossanitários, além de pesquisa de preços de materiais. Também foram incluídos na análise de viabilidade custos de mão de obra e custos de energia elétrica, necessários para permitir o funcionamento do sistema.

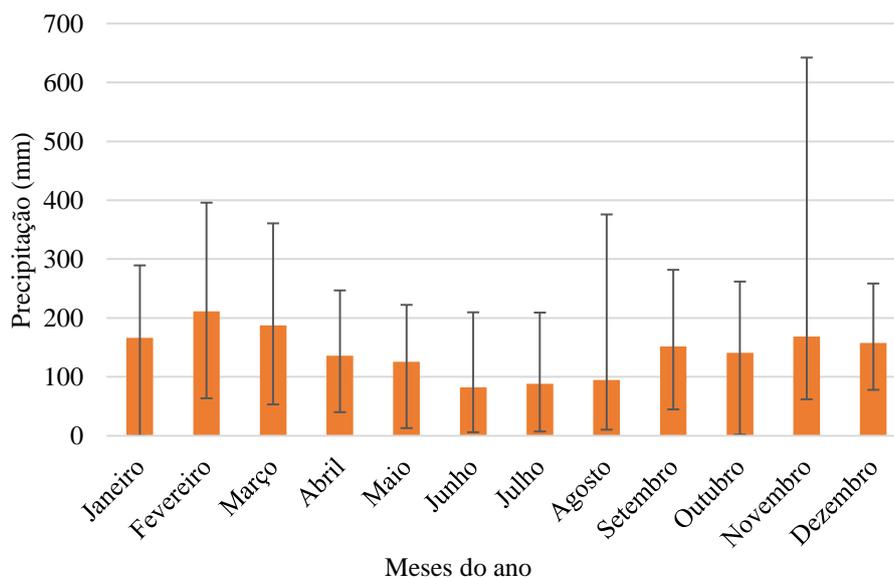
3.2. Características da área de estudo

Conforme Alvares et al. (2014), a divisão climática proposta por Köppen é simbolizada por meio de três caracteres. O primeiro, expressa a zona climática (dependendo da temperatura e da precipitação na região). O segundo caracter leva em consideração a distribuição pluviométrica e o terceiro considera a variação sazonal de temperatura. De acordo com Alvares et al. (2014), Santa Catarina apresenta clima subtropical (representado pelo caractere “C” na classificação de Köppen).

Florianópolis apresenta clima Cfa, segundo a classificação de Köppen (SOUZA et al., 2012). O clima Cfa corresponde ao clima subtropical, cuja temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C e a temperatura média no mês mais quente alcança valores superiores a 22°C (PANDOLFO et al., 2002). Conforme Nimer (1989) as menores precipitações no município ocorrem durante o inverno, nos meses de junho, julho e agosto, enquanto a precipitação máxima em três meses consecutivos ocorre em janeiro, fevereiro e março. A Figura 3.1 mostra valores de precipitação médios com dados obtidos desde o ano de 2000 até 2015 por meio da estação meteorológica da EPAGRI/CIRAM, localizada no bairro Rio Tavares (latitude: 27°38'50"S, longitude: 48°30'O e altitude de dois metros). Observando o gráfico, verifica-se que o valor

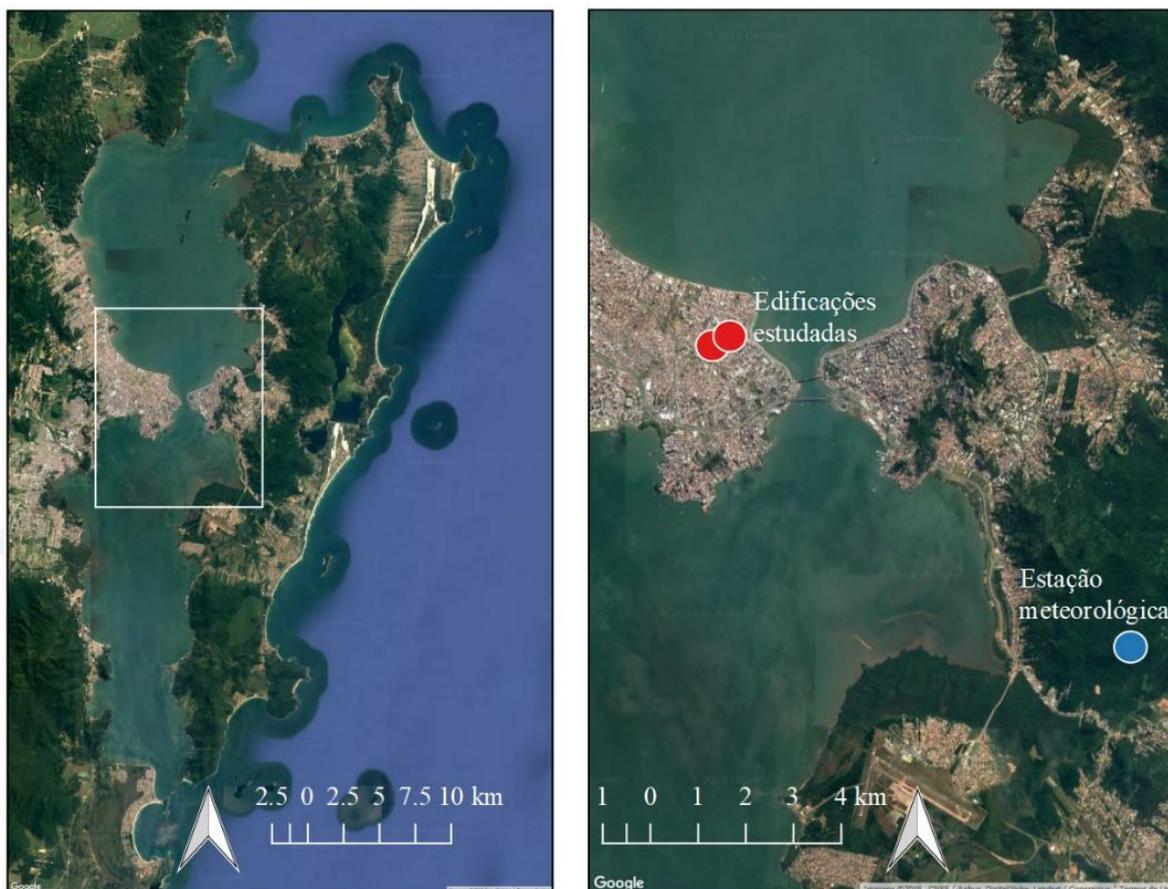
médio máximo de precipitação ao longo dos quinze anos considerados ocorreu em novembro (642,2 mm), enquanto o valor médio mínimo ocorreu durante os meses de janeiro, quando não foram registrados dados de precipitação.

Figura 3.1 – Médias mensais, máximos e mínimos de precipitação em Florianópolis entre os anos de 2000 e 2015.



Florianópolis encontra-se entre os paralelos 27°10' e 27°50' de latitude sul e entre os meridianos 48°25' e 48°35' de longitude oeste (PAPST, 1999). O município é formado por uma parte insular e uma porção continental - onde estão localizadas as edificações residenciais associadas a esta pesquisa. As edificações estudadas encontram-se no bairro estreito, e distam aproximadamente 300 metros uma da outra. A Figura 3.2 mostra a localização das edificações em relação à estação meteorológica mencionada acima.

Figura 3.2 – Localização das edificações estudadas em relação à estação meteorológica.



Fonte: Modificado de Google Maps (2018).

3.3. Descrição das edificações estudadas

Para a realização deste trabalho foram escolhidas duas edificações residenciais, ambas executadas pela mesma construtora. A primeira localiza-se na Avenida Santa Catarina, nº 1130, no bairro Estreito, em Florianópolis, SC. Esta edificação apresenta um sistema de aproveitamento de água pluvial, que atende aos vasos sanitários do condomínio. A segunda edificação, localizada no mesmo bairro, situa-se na Rua Teresa Cristina, nº 122 e, diferentemente da primeira, não possui sistema de aproveitamento de água pluvial.

3.3.1. Edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial

A edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial é constituída de quatorze pavimentos, sendo quatro apartamentos por pavimento. A edificação conta também com um salão de festas, garagem e um jardim na entrada do condomínio.

O edifício residencial conta com duas configurações de plantas: uma para apartamentos identificados com final três ou quatro e outra para apartamentos com final um ou dois. O projeto dos apartamentos com final um ou dois, em geral, inclui os seguintes cômodos: área de serviço, dependência de empregada, banheiro de serviço, cozinha, sala de estar/jantar, lavabo, sacada com churrasqueira e três suítes. Os apartamentos com final três e quatro apresentam: banheiro de serviço, dependência de empregada, cozinha, sacada com churrasqueira, sala de estar/jantar, banheiro social e três dormitórios (sendo duas suítes). A Tabela 3.1 mostra as áreas dos cômodos, bem como as áreas totais dos apartamentos existentes na edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial. A Figura 3.3 ilustra a fachada da edificação e o jardim próximo à entrada.

Tabela 3.1 – Áreas dos cômodos dos apartamentos existentes na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

Cômodos	Áreas (m ²)	
	Apartamentos com números finais 1 ou 2	Apartamentos com números finais 3 ou 4
Sala de estar/jantar	30,72	29,98
Cozinha	13,00	11,55
Banheiro de serviço	2,25	2,25
Área de serviço	4,85	5,45
Dependência de empregada	7,02	-
Sacada principal	9,45	8,60
Circulação	5,10	4,05
Lavabo	1,82	-
Suíte 1	11,15	10,45
Banho (suíte 1)	3,20	3,20
Suíte master	15,55	15,40
Banho (suíte master)	5,60	4,76
Sacada (suíte master)	2,35	-
Suíte 2	10,20	-
Banho (suíte 2)	3,50	-
Sacada (suíte 2)	1,85	-
Banho social	-	3,55
Quarto	-	9,25
Total	127,61	108,49

Figura 3.3 – Fachada da edificação com aproveitamento de água pluvial e áreas de jardim.



(a) Fachada da edificação com aproveitamento de água pluvial.



(b) Área de jardim próxima à entrada social.



(c) Área de jardim próxima à entrada da garagem.

3.3.2. Edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial

O edifício residencial que não apresenta o sistema de aproveitamento de água pluvial é constituído por treze pavimentos, com quatro apartamentos por pavimento, totalizando 52 unidades residenciais, sendo quatro coberturas duplex. Os vasos sanitários dos apartamentos são do tipo caixa acoplada, assim como na edificação descrita na subsecção 3.3.1. A Figura 3.4 ilustra a fachada da edificação.

Figura 3.4 – Fachada da edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.



3.4. Coleta de dados

De modo a possibilitar a realização de análises econômica e de satisfação relacionadas ao sistema de aproveitamento de água pluvial existente em uma das edificações estudadas, foi necessário realizar o levantamento de dados, tais quais: consumo de água nos apartamentos da edificação com aproveitamento de água pluvial; percentual de água consumida pelos moradores nos vasos sanitários e em outros usos não potáveis, como na máquina de lavar roupas, por exemplo; quantitativos de materiais e equipamentos necessários para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação residencial; custos de materiais e mão de obra para implantação do sistema; custos de manutenção do sistema; custos de operação do sistema de aproveitamento de água pluvial; satisfação dos moradores da edificação quando ao sistema, área de captação da água pluvial; dados pluviométricos, entre outros.

3.4.1. Dados de precipitação

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho (concedidos pela EPAGRI/CIRAM) foram registrados diariamente de 2000 a 2015, como já mencionado na seção 3.2.

3.4.2. Dados de consumo de água

Foram considerados dois tipos diferentes de dados de consumo de água na realização deste trabalho. O primeiro correspondeu à coleta de dados de consumo por meio de leituras diárias nos medidores individuais dos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial. As leituras dos hidrômetros foram realizadas no verão, durante 21 dias, nos meses de fevereiro e março, a partir das 22 horas (quando há baixa utilização dos pontos de consumo de água). O cálculo do consumo de água diário por apartamento da edificação deu-se por meio da diferença entre duas leituras realizadas em dias consecutivos. A Figura 3.5 ilustra um dos hidrômetros por meio do qual foram obtidos dados diários de consumo.

Figura 3.5 – Hidrômetro de um dos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial (leitura: 13,00323 m³).



Além das leituras, também foram coletados dados mensais de consumo referentes a anos anteriores. Foi possível obter dados históricos de consumo de água em cada apartamento apenas para a edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial. Quanto à edificação que não dispõe desse sistema, foram obtidos dados de junho de 2016 a abril de 2018. Na primeira edificação mencionada, foi possível obter dados de 2011 a 2018. Os consumos de água mensais

obtidos serão comparados entre as edificações, isto é, verificar-se-á se a edificação dotada de sistema de aproveitamento de água pluvial, de fato, apresenta consumo de água *per capita* inferior quando comparada a edificação que não apresenta o sistema.

Além disso, na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial, também foram registradas leituras na mesma data e horário de início de um questionário preenchido durante 24 horas nos apartamentos da edificação, procedimento que será detalhado com maior diligência na seção 3.5.

3.4.3. Área de captação

Além dos dados de precipitação e dos dados de consumo de água, é necessário conhecer a área disponível destinada à captação da água pluvial. Por meio da análise do projeto arquitetônico da edificação que apresenta o sistema de aproveitamento, verifica-se uma área de cobertura disponível igual a 561,60 m². Uma vez que se deseja verificar o dimensionamento do reservatório de água pluvial na edificação onde já existe um sistema de aproveitamento, não houve necessidade de verificar a área disponível para captação de água pluvial na edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento.

3.5. Usos finais da água

Com a finalidade de estimar os usos finais da água nos apartamentos da edificação que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial, necessitou-se realizar a coleta de algumas informações, como a frequência, o tempo de utilização e a vazão em cada ponto de consumo de água nos apartamentos. Tais informações foram obtidas por meio da aplicação de questionário aos moradores, uma vez que não foi possível obter o consumo de água por usos finais por meio de medições.

É importante conhecer os usos finais da água na edificação, pois desta forma é possível verificar qual percentual de água consumida é utilizada para fins não potáveis. Ao determinar o consumo de água não potável na edificação, é possível estimar o potencial de economia de água em consequência do uso de água pluvial.

3.5.1. Experimento piloto

Para a elaboração de um questionário que minimizasse o erro ao comparar as leituras nos hidrômetros com as respostas dos moradores quanto ao consumo de água, primeiramente realizou-se um experimento piloto em um dos apartamentos da edificação. Assim, foram elaborados dois tipos diferentes de questionários, para que se pudesse utilizar aquele que melhor representasse o consumo dos moradores.

3.5.1.1. Cálculo do consumo de água nos pontos de utilização

A estimativa do consumo de água nas torneiras e chuveiros do apartamento onde se realizou o experimento piloto deu-se por meio da Equação 1. Os consumos das máquinas de lavar roupas e louças foram obtidos junto aos fabricantes por meio de informações de marca e modelo dos equipamentos, fornecidas pelos moradores no questionário aplicado.

$$C_{\text{ponto}} = T_{\text{uso}} \times V_{\text{ponto}} \quad (1)$$

Onde: C_{ponto} corresponde ao consumo de água no ponto de utilização (L); T_{uso} é o tempo de uso da água no ponto de consumo (s) e V_{ponto} corresponde à vazão no ponto de consumo (L/s).

Os vasos sanitários da edificação onde foram realizados os experimentos apresentam caixa acoplada, conforme mostra a Figura 3.6. A caixa dispõe de duplo acionamento; dessa forma os moradores puderam utilizar a descarga parcial ou a descarga total. A caixa acoplada ao vaso apresenta volume de seis litros, portanto, considerou-se consumo de água igual ao volume total da caixa (seis litros) quando os usuários acionaram a descarga total, e consumo de três litros de água ao utilizarem a descarga parcial, conforme mostra a Equação 2.

$$C_{\text{vaso}} = 6 \times n_{\text{total}} + 3 \times n_{\text{parcial}} \quad (2)$$

Onde: C_{vaso} corresponde ao consumo de água nos vasos sanitários do apartamento (L) e, n_{total} e n_{parcial} correspondem ao número de descargas totais e parciais acionadas durante 24 h de monitoramento, respectivamente.

Figura 3.6 – Vasos sanitários existentes na edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.



A estimativa de consumo de água para beber foi feita considerando o número de copos de água consumidos pelos moradores do apartamento. Considerou-se um copo de água como tendo volume aproximado de 200 ml. A Equação 3 expressa o consumo de copos de água por apartamento. O consumo de água mineral (de bombonas) não foi não foi incluso no cálculo.

$$C_{\text{copos}} = n_{\text{copos}} \times 0,20 \quad (3)$$

Onde: C_{copos} corresponde ao consumo de água para beber (L) durante as 24 horas de monitoramento do consumo de água e n_{copos} é o número de copos de água consumidos durante o monitoramento do consumo de água.

Para obter o consumo de água potável no apartamento, foram somados os consumos de água em cada ponto de uso de torneiras e chuveiros com os consumos das máquinas de lavar roupas e louças e consumo de copos de água, conforme expressa a Equação 4.

$$C_{\text{apto}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ponto}} + C_{\text{MLR}} + C_{\text{MLL}} + C_{\text{copos}} \quad (4)$$

Onde: C_{apto} corresponde ao consumo de água potável em cada apartamento no dia do monitoramento (L); C_{ponto} é o consumo de água em cada ponto de uso de torneiras e chuveiros durante o experimento em um apartamento (L); n corresponde ao número de pontos de consumo de água por meio de chuveiros e torneiras no apartamento; C_{MLR} e C_{MLL} correspondem aos consumos de água nas máquinas de lavar roupas e louças no período de monitoramento de um apartamento (L) e C_{copos} é o consumo de copos de água registrado durante o período de experimento em um apartamento (L).

Embora haja a possibilidade de consumo de água potável nos vasos sanitários dos apartamentos, não é possível quantificar separadamente os volumes de água potável e pluvial utilizados nesses aparelhos, uma vez que não há medição da parcela de água pluvial utilizada, nem medição individual da água potável necessária para atender à demanda referente ao uso dos vasos sanitários nos diferentes apartamentos da edificação. Por isso, decidiu-se por excluir da Equação 4 o consumo de água registrado nos vasos sanitários dos apartamentos, sendo estes calculados separadamente.

3.5.1.2. Cálculo da vazão nos pontos de consumo

Para o cálculo do consumo de água nas torneiras e chuveiros do apartamento, foi necessário estimar suas respectivas vazões. Com o objetivo de calculá-las utilizou-se um recipiente de volume conhecido e cronometrou-se o tempo necessário para enchê-lo. Buscou-se abrir as torneiras até metade da máxima abertura, de modo a obter um fluxo médio de água comparado ao fluxo correspondente à máxima vazão do aparelho. Apenas o registro do chuveiro foi aberto por completo. As medições foram realizadas três vezes em cada torneira e chuveiro existentes no apartamento. Depois, foram calculadas três vazões para cada aparelho. A vazão final de cada torneira e chuveiro foi obtida por meio da Equação 5.

$$V_{\text{ponto}} = \frac{V_{\text{medição1}} + V_{\text{medição2}} + V_{\text{medição3}}}{3} \quad (5)$$

Onde: V_{ponto} corresponde à vazão no ponto de consumo (torneira ou chuveiro) (L/s); $V_{\text{medição1}}$ é a vazão obtida com os dados da primeira medição (L/s); $V_{\text{medição2}}$ é a vazão calculada com os dados da segunda medição (L/s) e $V_{\text{medição3}}$ corresponde à vazão calculada com os dados

da terceira medição (L/s). As vazões $V_{\text{medição}1}$, $V_{\text{medição}2}$ e $V_{\text{medição}3}$ foram obtidas conforme a Equação 6.

$$V_{\text{medição}i} = \frac{V_{\text{recipiente}}}{T_{\text{recipiente}}} \quad (6)$$

Onde: $V_{\text{medição}i}$ corresponde à vazão referente à medição i (um, dois ou três) (L/s); $V_{\text{recipiente}}$ é o volume do recipiente (L) e $T_{\text{recipiente}}$ corresponde ao tempo necessário para o ponto de consumo encher o recipiente (s).

3.5.1.3. Questionário com respostas baseadas em valores diários médios de consumo de água

O primeiro questionário foi elaborado para que cada morador respondesse individualmente. Nele os moradores poderiam fornecer respostas acerca do consumo médio diário de água em cada ponto de utilização. Além disso, poderiam responder perguntas relacionadas à satisfação para com o sistema de aproveitamento de água pluvial, assim como questões associadas à importância de economizar água. O primeiro questionário elaborado foi exposto no Apêndice II.

O questionário foi aplicado a uma família composta por cinco pessoas. Depois de respondido, calculou-se o consumo de água utilizando dados de vazões obtidos por meio de medições em cada ponto de uso no apartamento. Ao obter o consumo de água médio no apartamento por meio do questionário, excluindo o volume de água consumido nos vasos sanitários, utilizou-se como valor de referência, para fins de verificação, o consumo de água registrado no hidrômetro durante o dia quando o questionário foi respondido.

3.5.1.4. Questionário para monitoramento do consumo diário de água

A fim de tornar as respostas registradas pelos moradores mais precisas, foram elaborados dois novos questionários: o primeiro deles (como mostra o Apêndice III) destinou-se às questões cujas respostas dependem de opiniões pessoais e hábitos particulares, portanto, tratou-se de um questionário de preenchimento individual. O segundo questionário (exibido no Apêndice IV) teve como objetivo monitorar o consumo de água dos moradores durante 24 horas. Para facilitar o monitoramento, o mesmo foi preparado de modo segmentado, de forma que os moradores pudessem deixar um questionário em cada cômodo onde há a possibilidade

de consumo de água. Assim, à medida que os pontos de consumo fossem utilizados, os moradores poderiam registrar o tempo de uso (no caso de torneiras e chuveiros) ou a quantidade de descargas totais e parciais acionadas durante o período do experimento, conforme explicado na subseção 3.5.2.

Além disso, nos questionários da cozinha e área de serviço pediu-se, em caso de uso, que fossem registrados marca e modelo das máquinas de lavar louça e de lavar roupas. Também foi reservado um espaço para os moradores marcarem a quantidade de copos de água consumidos por dia. Pediu-se, ainda, para que os moradores anotassem seus nomes nos questionários. Dessa maneira tornou-se possível, no caso de não compreensão de algum dado, identificar o morador que o registrou para sanar a dúvida. O novo questionário elaborado foi aplicado à mesma família mencionada na subseção 3.5.1.3, no dia 10/01/2018.

Diante dos resultados obtidos, depois de realizados os dois experimentos piloto, constatou-se que o método mais eficiente para estimar os usos finais da água na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial é por meio do monitoramento de consumo de água por pontos de uso. Portanto, empregou-se o questionário descrito nesta seção (Apêndices III e IV) para dar continuidade aos experimentos a serem realizados nos outros apartamentos da edificação. A subseção 3.5.2 apresenta, com mais detalhes, os procedimentos adotados para a realização dos experimentos nos demais apartamentos da edificação.

3.5.2. Procedimento experimental

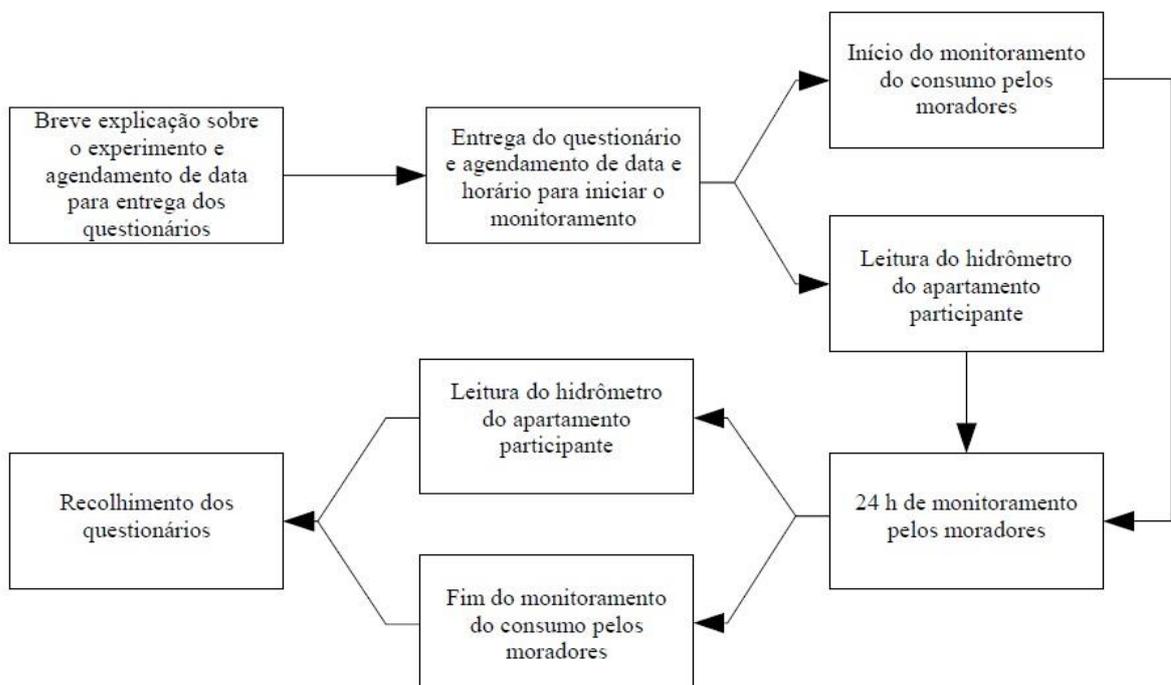
Com a finalidade de aplicar o questionário de monitoramento do consumo de água aos moradores, assim como o questionário individual, durante os meses de fevereiro, março e abril de 2018, foram realizados alguns procedimentos. Primeiramente, interfonou-se para os moradores de cada apartamento para explicar sobre a pesquisa e fornecer informações básicas acerca do procedimento experimental. Então, questionou-se o morador sobre a possibilidade de incluir o apartamento no experimento. Nenhum residente do condomínio foi obrigado a participar do estudo.

No caso de os moradores do respectivo apartamento aceitarem participar da pesquisa, marcou-se uma data e horário para entrega dos questionários. Na data de entrega do questionário, o procedimento experimental foi esclarecido com mais detalhes aos participantes, e os mesmos puderam tirar dúvidas, em caso de necessidade. Perguntou-se aos moradores do apartamento sobre a possibilidade de haver diferenças no consumo de água durante a semana e nos finais de semana. Para os apartamentos cujos moradores afirmaram haver essa

possibilidade, o questionário de monitoramento foi aplicado durante um dia entre segunda e sexta-feira, assim como durante um segundo dia em um final de semana. Em seguida, combinou-se com os moradores do apartamento uma data e horário para início do questionário. Foi esclarecido aos moradores que o experimento deveria ser finalizado após 24 horas da data de início do mesmo. Além disso, os participantes foram instruídos a manter o consumo de água o mais próximo possível do que consomem diariamente, e a enviar fotografias de chuveiros e torneiras utilizados durante o monitoramento.

No dia e horário agendado para início do experimento foi realizada a leitura do hidrômetro do apartamento. No dia seguinte, no mesmo horário, realizou-se uma nova leitura no hidrômetro. Tais leituras foram efetuadas para maior controle das diferenças de consumo entre aquele calculado por meio do questionário (incluindo o volume de água utilizado nos vasos sanitários) e, o obtido por meio das diferenças de leituras. Finalizado o experimento, os questionários foram recolhidos. A Figura 3.7 ilustra o fluxograma que mostra a sequência dos procedimentos realizados durante o estudo.

Figura 3.7 – Fluxograma das atividades realizadas para o monitoramento do consumo de água nos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.



Além dos vasos sanitários existentes nos apartamentos da edificação, existem aqueles destinados ao uso comum do condomínio no salão de festas, e vasos nas áreas da portaria e

zeladoria, para uso dos funcionários. No entanto, o uso destes aparelhos não ocorre com tanta frequência como nos apartamentos da edificação. Por isso, e devido à dificuldade de monitorar o consumo de água, principalmente no salão de festas, não se considerou no dimensionamento do reservatório de água pluvial, o volume de água utilizado nos vasos sanitários existentes na área comum.

Depois de respondidos os questionários, foram calculados os consumos conforme as equações apresentadas na subseção 3.5.1, com exceção da equação para cálculo das vazões. Para obter as vazões de torneiras e chuveiros nos pontos de consumo de cada apartamento participante, foram analisadas as fotos enviadas pelos moradores e buscaram-se valores de vazão por meio de sites ou contato via *e-mail* com os fabricantes.

Inicialmente, as vazões de cada aparelho foram obtidas de diferentes maneiras. Com relação às torneiras, alguns fabricantes, como a marca Deca, por exemplo, forneceram dados de vazão na pressão estática mínima de funcionamento do aparelho (em geral 2 mca) e na pressão estática máxima de funcionamento do aparelho (em geral 40 mca), não sendo conhecidos os valores intermediários de vazão. Nesses casos, as vazões correspondentes às pressões estáticas intermediárias foram estimadas por interpolação linear. Outros fabricantes, como a marca Roca, por exemplo, forneceram um único valor de vazão para as torneiras. Quanto às torneiras com monocomando, de modo geral, foram fornecidas pelos fabricantes curvas de vazão *versus* pressão estática.

Os dados de vazões dos chuveiros, em sua maioria, puderam ser estimados por meio das curvas de vazão *versus* pressão estática, uma vez que a maioria dos fabricantes (Docol, Deca, Fabrimar, Roca, Perflex, Lorenzetti, entre outros) fornecem dados de vazão dessa maneira. Poucos fabricantes de chuveiros elétricos apresentaram vazões fixas, como a marca Hydra, por exemplo.

O cálculo das pressões estáticas em torneiras e chuveiros dos apartamentos foi efetuado com base nos dados do projeto da edificação: As saídas de água das torneiras da cozinha, área de serviço e churrasqueira encontram-se a 1,05 m do piso. As saídas de água nos lavarórios estão localizadas a 58 cm do piso e as saídas de água dos chuveiros localizam-se a 2,10 m do piso. Por meio de análise do desenho isométrico do barrilete dos reservatórios superiores de água potável da edificação, verificou-se que a água destinada ao consumo atinge nível de 54,62 m em relação ao nível do segundo subsolo. As Equações 7, 8 e 9 mostram o cálculo efetuado para obtenção da pressão estática nas torneiras e chuveiros dos apartamentos da edificação. As pressões estáticas foram calculadas do décimo quarto pavimento ao oitavo pavimento. Como a água que abastece os andares inferiores passa por uma estação redutora de pressão, as pressões

do sétimo ao primeiro pavimento foram igualadas, respectivamente, às pressões do décimo quarto ao oitavo pavimento, uma vez que não consta em projeto o valor de redução da pressão.

$$P_{eCH} = 54,62 - (N_{pavto} + H_{CH}) \quad (7)$$

$$P_{ePIA} = 54,62 - (N_{pavto} + H_{PIA}) \quad (8)$$

$$P_{eLV} = 54,62 - (N_{pavto} + H_{LV}) \quad (9)$$

Onde: P_{eCH} , P_{ePIA} e P_{eLV} correspondem às pressões estáticas em chuveiros, pias (cozinha, churrasqueira e área de serviço) e lavatórios, respectivamente (mca); N_{pavto} é o nível do pavimento em relação ao segundo subsolo (m) e H_{CH} , H_{PIA} e H_{LV} são as alturas de saída de água de chuveiros, pias e lavatórios, respectivamente, em relação ao piso (m).

Com os dados de vazão retirados de catálogos ou contato com os fabricantes, verificou-se que os consumos de água estimados por meio do questionário resultaram em valores muito superiores aos medidos no hidrômetro. Entende-se que essas vazões fornecidas podem explicar as diferenças tão discrepantes entre o consumo de água estimado e o consumo de água medido, uma vez que os fabricantes fornecem dados máximos de vazão (considerando abertura total das torneiras e chuveiros) o que não representa a realidade da maioria dos moradores. Portanto, decidiu-se efetuar medições de vazão no salão de festas (onde há torneira na cozinha e no lavatório) e nos dois subsolos, onde também existem torneiras. Optou-se por medir vazões nos pontos de uso de áreas comuns do condomínio devido ao não consentimento por parte dos moradores para efetuar medições em alguns apartamentos.

Após as medições, para determinação da vazão das torneiras da cozinha e área de serviço, efetuou-se a média entre a vazão da torneira da cozinha, obtida no apartamento onde o experimento piloto foi conduzido, e a vazão medida na cozinha do salão de festas. A vazão nos lavatórios foi encontrada efetuando a média entre as vazões dos lavatórios existentes no apartamento onde o experimento piloto foi realizado, a vazão obtida no lavatório do salão de festas e nas torneiras situadas no primeiro e segundo subsolos.

Com relação à vazão dos chuveiros, adotou-se o mesmo valor encontrado por meio da medição efetuada no apartamento 1001, nas duchas com aquecimento a gás. Uma vez que os chuveiros elétricos costumam apresentar vazões inferiores aos chuveiros com aquecimento a gás, nesses casos, foram utilizados dados de vazão conforme especificação do fabricante.

3.5.3. Análise da diferença entre o consumo de água medido e o consumo obtido por monitoramento

Como no condomínio onde foram aplicados os questionários não há medição da água pluvial, não se sabe ao certo o volume de água pluvial consumida. Sabe-se que o sistema de aproveitamento de água pluvial existente abastece apenas os vasos sanitários dos apartamentos por meio de colunas de água pluvial que, por ramais, atendem cada um dos pavimentos. A água potável transportada por meio do sistema de aproveitamento não é medida individualmente, mas no hidrômetro geral da edificação, sendo mensalmente rateada entre os apartamentos. Portanto, espera-se que os consumos de água obtidos por meio do questionário de monitoramento nos apartamentos aproximem-se ao máximo do consumo registrado nos medidores individuais. Desse modo, será admitido que o consumo de água nos vasos sanitários, registrado por cada morador no questionário de monitoramento, seja verdadeiro, ou seja, considerou-se a inexistência de erros de marcação relacionados a esse consumo. Dessa forma, será considerado erro a diferença de consumo encontrada entre o volume de água resultante do questionário de monitoramento e o volume de água registrado no medidor, conforme expressa a Equação 10.

$$E = C_{\text{apto}} - 1000 (L_{\text{hf}} - L_{\text{hi}}) \quad (10)$$

Onde: E corresponde ao erro associado ao monitoramento do consumo de água nos apartamentos (L/dia); C_{apto} corresponde ao consumo de água em um apartamento registrado por meio do monitoramento, sem considerar o volume de água utilizado nos vasos sanitários (L/dia) e L_{hf} e L_{hi} são as leituras final e inicial do hidrômetro do respectivo apartamento durante o período de monitoramento (m^3/dia).

3.5.4. Cálculo dos percentuais de água consumidos nos pontos de uso

Com dados de consumo de água em cada ponto de uso dos apartamentos é possível finalmente calcular os usos finais da água. O cálculo do percentual de água consumido em cada ponto de consumo (por apartamento) foi efetuado por meio da Equação 11. Para encontrar o percentual de água consumida em cada ponto de uso em relação a todos os apartamentos da edificação utilizou-se a Equação 12.

$$P_{p.uso/apto} = \frac{C_{p.uso}}{C_{totapto}} \times 100 \quad (11)$$

$$P_{p.uso} = \frac{\sum P_{p.uso/apto}}{n_{app}} \quad (12)$$

Onde: $P_{p.uso/apto}$ corresponde ao percentual de água consumida no ponto de uso (torneiras, chuveiros, vasos sanitários, máquinas de lavar louças ou roupas, etc.) em cada apartamento (%); $C_{p.uso}$ corresponde ao consumo corrigido no ponto de uso (L/dia); $C_{totapto}$ é o consumo total de água obtido por meio do monitoramento em cada apartamento (L/dia); $P_{p.uso}$ corresponde ao percentual de água consumida no ponto de uso em relação a todos os apartamentos da edificação (%) e n_{app} é o número de apartamentos participantes do monitoramento.

Os consumos médios diários necessários para atender ao condomínio e ao consumo médio diário de cada apartamento foram estimados por meio das Equações 13 e 14, respectivamente.

$$C_{Mdcond} = 56 \times C_{Mdapi} \quad (13)$$

$$C_{Mdapi} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{leituras}} C_{apdi}}{n_{leituras}} \quad (14)$$

Onde: C_{Mdcond} é o consumo de água médio diário estimado para o condomínio (L/dia); C_{Mdapi} corresponde ao consumo médio diário do apartamento i do condomínio (L/dia); C_{apdi} é o consumo do apartamento i no dia n – incluindo o consumo de água nos vasos sanitários - (L) e $n_{leituras}$ corresponde ao número de leituras dos hidrômetros efetuadas a partir das 22h, conforme consta na subseção 3.4.2.

3.6. Avaliação do potencial de economia de água potável

3.6.1. Percentual de água não potável que pode ser substituída por água pluvial

Para estimar o potencial de economia de água potável com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação, calculou-se o percentual de água utilizado para fins não potáveis na edificação que já dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial (Equação 15). Além disso, avaliou-se o potencial de economia de água potável considerando que o sistema de aproveitamento de água pluvial atenderia somente à demanda dos vasos sanitários (situação real atual do sistema de aproveitamento existente na edificação).

$$P_{\text{tnp}} = P_{\text{p.vaso}} + P_{\text{p.tanque}} + P_{\text{p.MLR}} \quad (15)$$

Onde: P_{tnp} corresponde ao percentual relativo ao volume total de água potável consumido diariamente na edificação e que pode ser substituído por água pluvial (%); $P_{\text{p.vaso}}$ corresponde ao percentual de água utilizada nos vasos sanitários dos apartamentos da edificação (%); $P_{\text{p.tanque}}$ é o percentual relativo ao consumo total diário de água utilizada nos tanques dos apartamentos (%); $P_{\text{p.MLR}}$ é o percentual de água diário destinado às máquinas de lavar roupas dos apartamentos (%).

3.6.2. Cálculo da capacidade do reservatório de água pluvial

Além dos percentuais de água utilizados para fins não potáveis, também foi determinado o volume de reservatório de água pluvial necessário para atender a esse consumo ou parte dele. Embora já exista um reservatório de água pluvial na edificação, não se conhece o método utilizado no dimensionamento do atual reservatório. Portanto, optou-se por estimar nova capacidade a fim de compará-la com a capacidade atual, identificando se o reservatório atual está ou não superdimensionado. Além disso, busca-se verificar a viabilidade de o sistema não atender somente aos vasos sanitários, mas também à máquina de lavar roupas e à torneira do tanque dos apartamentos.

Para efetuar o dimensionamento, optou-se pelo uso do programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), uma vez que os métodos sugeridos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) podem superdimensionar o reservatório (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). Ao utilizar o programa,

foram fornecidos alguns dados de entrada, são eles: dados diários de precipitação; descarte da precipitação inicial; área de captação; consumo diário *per capita* de água potável; número total de moradores do condomínio; coeficiente de escoamento superficial; percentual de água potável a ser substituído por água pluvial; volume dos reservatórios inferior e superior.

Nas simulações efetuadas considerou-se descarte da água inicial de precipitação igual a 2,0 mm, conforme recomendação da norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007). O consumo diário de água potável *per capita* foi estabelecido por meio da Equação 16 e considerou-se valor de 0,85 para o coeficiente de escoamento superficial (DTU, 2006), uma vez que a água pluvial escoou por telhas de fibrocimento.

$$C_{dpc} = \frac{C_{Mmês}}{30 \times n_{moradores}} \quad (16)$$

Onde: C_{dpc} corresponde ao consumo diário *per capita* do condomínio (L/pessoa/dia); $C_{Mmês}$ é a média dos consumos mensais provenientes da série histórica de dados de consumo de água (L/mês), conforme explicado na subseção 3.4.2, somado ao percentual de água utilizada nos vasos sanitários e $n_{moradores}$ corresponde ao número de moradores da edificação.

Por meio do programa Netuno, diversas capacidades de reservatórios foram simuladas, para cada um dos dois diferentes percentuais de água potável a serem substituídos por água pluvial considerados: o primeiro, dado pela Equação 15, e o segundo considerando apenas o percentual de água referente ao uso dos vasos sanitários. Buscou-se escolher, em cada caso, um reservatório cujo aumento de capacidade não resultasse em um incremento reduzido do potencial de economia. Portanto, foram considerados volumes ideais de reservatórios aqueles cuja última variação de volume resultou em um aumento no potencial de economia igual ou inferior a 0,21% considerando a substituição da água potável por pluvial nos vasos sanitários, máquinas de lavar roupas e tanques; e 1,1% na simulação referente à substituição de água potável por pluvial somente nos vasos sanitários dos apartamentos. Foram adotados como volumes máximos do reservatório inferior valores cerca de dez vezes maiores que as diferentes demandas diárias de água pluvial consideradas neste estudo. Portanto, foram utilizados dois valores diferentes de limites de capacidade do reservatório inferior: um considerando que somente a água potável utilizada nos vasos sanitários seria substituída por água pluvial e outro considerando a substituição de água potável por água pluvial nas máquinas de lavar roupas,

vasos sanitários e tanques da área de serviço. Nas simulações, os volumes dos reservatórios inferiores variaram a cada 1.000 L.

Como dado de entrada de volume do reservatório superior, foram considerados os valores iguais às demandas diárias de água pluvial consideradas: primeiramente um valor correspondente ao consumo diário de água nos vasos sanitários, tanques e máquinas de lavar roupas e por fim, valor igual ao consumo diário de água nos vasos sanitários dos apartamentos da edificação.

3.7. Análise das respostas obtidas por meio do questionário de preenchimento individual

Os questionários individuais incluíram questões sobre o uso das descargas total e parcial dos vasos sanitários dos apartamentos, uma questão sobre a aparência da água utilizada no vaso sanitário e satisfação quanto ao sistema de aproveitamento de água pluvial existente no condomínio, perguntas sobre o conhecimento dos moradores a respeito do sistema existente na edificação, uma questão a respeito da satisfação quanto à pressão da água nos pontos de consumo e questões pessoais sobre economia de água. Além disso, os moradores registraram no questionário: nome, idade, número de moradores no apartamento e gênero.

As questões respondidas pelos moradores são dissertativas, portanto, as respostas obtidas foram variadas. Dessa forma, para facilitar a interpretação dos dados por meio de descrições estatísticas, optou-se por enquadrar cada resposta em uma categoria definida pelo pesquisador. Por exemplo: quando os moradores foram questionados sobre o porquê a economia de água é algo importante, foram obtidas respostas tais como: “preservação da natureza”; “a água é o líquido mais precioso”; “a água é necessária para a sobrevivência”; “um dia a água pode acabar”, entre outras. Portanto todas as respostas associadas à questão ambiental, de preservação foram enquadradas na categoria “preservação do recurso”. Respostas sobre escassez de água foram incluídas na categoria “garantir o abastecimento à população” e respostas nas quais a economia de água foi associada à redução do valor a ser pago pelo uso deste recurso foram incluídas na categoria “economia financeira”.

Após a coleta de dados, as respostas foram repassadas a uma planilha eletrônica e prosseguiu-se com análises estatísticas descritivas acerca das informações obtidas. Os dados foram resumidos, principalmente sob a forma de tabelas e gráficos de frequência. O objetivo desta análise consiste em verificar a satisfação dos moradores para com o uso do sistema de aproveitamento de água pluvial, além da consciência dos moradores quanto à economia no consumo da água.

3.8. Análise Econômica

De modo geral, os custos associados à implantação e funcionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial incluem: custos dos materiais e equipamentos necessários, tais quais: reservatórios, tubulações, calhas, motobombas, filtro, etc.; custos de mão de obra para a implantação do sistema, e custos de operação e manutenção do sistema como: energia consumida para permitir o funcionamento das bombas de recalque e de sucção, limpeza dos reservatórios, etc.

As verificações de viabilidade financeira do sistema serão feitas com auxílio do programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), que estimará a taxa interna de retorno (TIR), o tempo de retorno (TR) e o valor presente líquido (VPL). Primeiramente será verificada a viabilidade do sistema atualmente implantado no condomínio. Posteriormente, verificar-se-á a viabilidade financeira dos sistemas simulados no Netuno, ou seja, no total serão feitas três simulações de análise financeira. Na primeira delas, serão inseridos os volumes de reservatório superior e inferior conforme consta no projeto hidrossanitário da edificação. Nas segunda e terceira simulações, os volumes de reservatórios serão alterados para os volumes ideais encontrados por meio da análise explicada na subseção 3.6.2.

O programa receberá os seguintes dados de entrada:

- Volume do reservatório inferior;
- Valores de tarifas de água e esgoto: para que se possa considerar a economia gerada pelo uso do sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Custo dos reservatórios superior e inferior;
- Custos com mão de obra;
- Custos com tubulações;
- Custos com acessórios;
- Custos de operação das motobombas;
- Outros custos operacionais.

Uma vez que muitos custos não puderam ser obtidos na época da construção da edificação, as análises econômicas foram efetuadas com base em custos atuais. Custos associados aos reservatórios foram obtidos por meio da Equação 17, proposta por Tomaz (2010), que estima o custo de reservatórios de concreto armado em função de suas capacidades.

$$C = 336 \times V^{0,85} \quad (17)$$

Onde: C corresponde ao custo do reservatório de água pluvial (US\$) e V é o volume do reservatório (m³).

Para corrigir o custo dos reservatórios para dados atuais, converteu-se o valor obtido em dólar para real (considerando o valor do dólar em 2010, uma vez que a Equação 17 foi proposta em 2010), e multiplicou-se o valor convertido pelas inflações registradas desde 2011 a 2018.

Para o cálculo do custo de mão de obra, foram considerados custos relativos aos trabalhos de concretagem e de fabricação, montagem e desmontagem das formas dos reservatórios. Foram calculadas dimensões de reservatórios com base quadrada e altura definida em projeto (2,60 m para reservatórios inferiores de água pluvial e 2,70 m para os reservatórios superiores). Com a altura definida e com os volumes ideais de reservatório estimados por meio das simulações, pode-se obter as dimensões laterais dos reservatórios. Considerou-se cada reservatório com espessura de laje e paredes de 15 cm. Para estimar o tempo de pedreiro e carpinteiro necessários para a concretagem e a fabricação, montagem e desmontagem de formas, foram consideradas produtividades médias sugeridas na TCPO (2010). Também se considerou mão de obra de encanador e ajudante de encanador para instalação das tubulações (trabalho efetuado em 8 horas). Foram utilizados custos horários de pedreiro, carpinteiro, encanador e ajudantes conforme relatório de insumos (não desonerado) referente ao estado de Santa Catarina e ao mês de fevereiro de 2018, disponibilizado pelo SINAPI (2018).

Custos associados à limpeza dos reservatórios foram estimados com base em valores já gastos pelo condomínio ao longo da operação do sistema (R\$ 500,00 por reservatório). Considerou-se uma periodicidade de limpeza dos reservatórios de seis meses.

Os custos obtidos com tubulações serão estimados por último. Assim, será considerado que as tubulações representam 15% do orçamento obtido ao incluir custos dos reservatórios e dos acessórios que integram o sistema de aproveitamento (FERREIRA, 2005).

Para inflação, estimou-se uma taxa mensal cuja inflação anual correspondesse a 4,0% - meta para a inflação referente ao ano de 2020, conforme a resolução nº 4.582 do Banco Central do Brasil (2017). A taxa mínima de atratividade foi obtida por meio das médias mensais das taxas SELIC de 2011 a maio de 2018, conforme dados disponibilizados pela Receita Federal (2018). O período de análise considerado foi de 20 anos, tempo de vida útil do sistema (ANTUNES, 2017; JÚNIOR et al., 2008).

Para o cálculo da energia demandada no bombeamento da água pluvial, foram consideradas as especificações das motobombas encontradas no projeto hidrossanitário. Foram utilizadas, ainda, informações acerca do preço da energia elétrica estabelecido pela CELESC e

estimou-se o tempo de funcionamento diário – considerando que o sistema de aproveitamento de água pluvial atenderia aos usos não potáveis dos apartamentos, e, considerando que o sistema supriria somente a demanda dos vasos sanitários (Equações 17 e 18) - e o número de dia por mês de funcionamento das mesmas. O cálculo do custo mensal de energia elétrica para o funcionamento das bombas será calculado por meio da Equação 19.

$$T_{\text{func.tnp}} = \frac{C_{\text{Mmês}} \cdot P_{\text{tnp}}}{30 \cdot Q_{\text{bomba}}} \quad (17)$$

$$T_{\text{func.vs}} = \frac{C_{\text{Mmês}} \cdot P_{\text{p.vaso}}}{30 \cdot Q_{\text{bomba}}} \quad (18)$$

$$C_{\text{mensal}} = P_{\text{mb}} \times T_{\text{func.}} \times N_{\text{d/mês}} \times V_{\text{CELESC}} \quad (19)$$

Onde: $T_{\text{func.tnp}}$ corresponde ao tempo de funcionamento diário da bomba quando o sistema de aproveitamento atende a todos os usos não potáveis dos apartamentos (h/dia); $C_{\text{Mmês}}$ é o consumo médio mensal relativo às séries históricas de consumo de água na edificação, incluindo o volume de água gasto nos vasos sanitários (m^3); P_{tnp} é o percentual de água referente aos usos não potáveis nos apartamentos (%); Q_{bomba} é a vazão de recalque do conjunto motobomba, especificada em projeto e igual a $2,18 \text{ m}^3/\text{h}$; $T_{\text{func.vs}}$ corresponde ao tempo diário de funcionamento da motobomba quando o sistema de aproveitamento atende apenas aos vasos sanitários da edificação (h/dia); $P_{\text{p.vaso}}$ é o percentual de água potável que pode ser substituída por água pluvial referente ao consumo dos vasos sanitários dos apartamentos (%); C_{mensal} corresponde ao custo mensal de energia demandado pelas motobombas (R\$); P_{mb} é a potência das motobombas (kW); $T_{\text{func.}}$ É o tempo diário de funcionamento das motobombas (h/dia); $N_{\text{d/mês}}$ é a quantidade de dias no mês quando a motobomba está em funcionamento e V_{CELESC} corresponde ao custo da energia elétrica cobrado pela CELESC (R\$/kWh).

Por fim, os valores de tarifas de água e esgoto foram obtidos da CASAN. A CASAN cobra as tarifas de água conforme a categoria da edificação e o valor do seu respectivo consumo mensal. A tarifa pertinente à categoria residencial, cujo consumo encontra-se entre 11 e 25 m^3 (caso da edificação estudada) corresponde a R\$7,7314 por metro cúbico consumido. A taxa de esgoto cobrada corresponde a 100% do valor da tarifa de água. Foram considerados, ainda, dois impostos, o PIS (1,65%) e o COFINS (7,60%), cujas taxas foram retiradas de fatura de água referente a 2018.

Uma análise econômica completa deve incluir avaliação dos benefícios provenientes do uso de água pluvial, tais quais: redução dos custos das faturas de água; prevenção da possível escassez de água potável e preservação do meio ambiente. A análise econômica efetuada neste trabalho, porém, não quantificou os dois últimos benefícios citados, uma vez que, para fazê-los, seriam necessárias análises mais complexas que desviam dos objetivos principais deste trabalho.

3.9. Análise dos consumos mensais de água em duas edificações residenciais

Para analisar as possíveis diferenças de consumo entre uma edificação residencial que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial e outra que não dispõe deste tipo de sistema, foram levantados dados históricos de consumo de água dos apartamentos da primeira edificação e dados de consumos mensais referentes à segunda edificação, entre junho de 2016 e abril de 2018.

Primeiramente, fez-se uma análise descritiva com os dados levantados, incluindo cálculo de médias, desvio-padrão, máximos, mínimos e elaboração de gráficos. As análises também foram realizadas separando os consumos de água referentes a cada uma das edificações por estação do ano. Posteriormente, calculou-se o consumo de água médio *per capita* para cada uma das edificações. Assim, pode-se verificar se o consumo da edificação que utiliza água pluvial nos vasos sanitários de fato é inferior ao consumo da edificação que não apresenta o sistema de aproveitamento.

É importante ressaltar que as edificações, apesar de semelhantes, possuem diferenças. Cada edificação apresenta moradores distintos, com hábitos e costumes distintos. Portanto, a possível diferença de consumo encontrada por meio desta comparação serve apenas como referência acerca da quantidade de água que pode ou não ser economizada quando a edificação dispõe de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Desse modo, não cabe inferir que todas as edificações residenciais semelhantes às analisadas neste estudo apresentarão os mesmos ou semelhantes padrões de consumo.

4. Resultados

4.1. Considerações iniciais

Este capítulo destina-se à apresentação dos resultados obtidos quanto à análise de satisfação e de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação residencial multifamiliar localizada em Florianópolis.

Para efetuar a análise de viabilidade, foram aplicados questionários de monitoramento do consumo de água nos apartamentos da edificação, bem como questionários de satisfação para com o sistema de aproveitamento de água pluvial. Por meio desta pesquisa foi possível estimar os usos finais da água nos apartamentos da edificação; o potencial de economia de água potável na edificação; obter dimensionamento adequado do reservatório de água pluvial da edificação além de permitir efetuar análise financeira do sistema de aproveitamento de água pluvial.

4.2. Coleta de dados

Nesta seção serão apresentados os dados de consumo de água registrados diariamente durante os meses de fevereiro e março de 2018. Também serão analisados os dados mensais de consumo de água da série histórica obtida para a edificação residencial estudada.

4.2.1. Leituras diárias

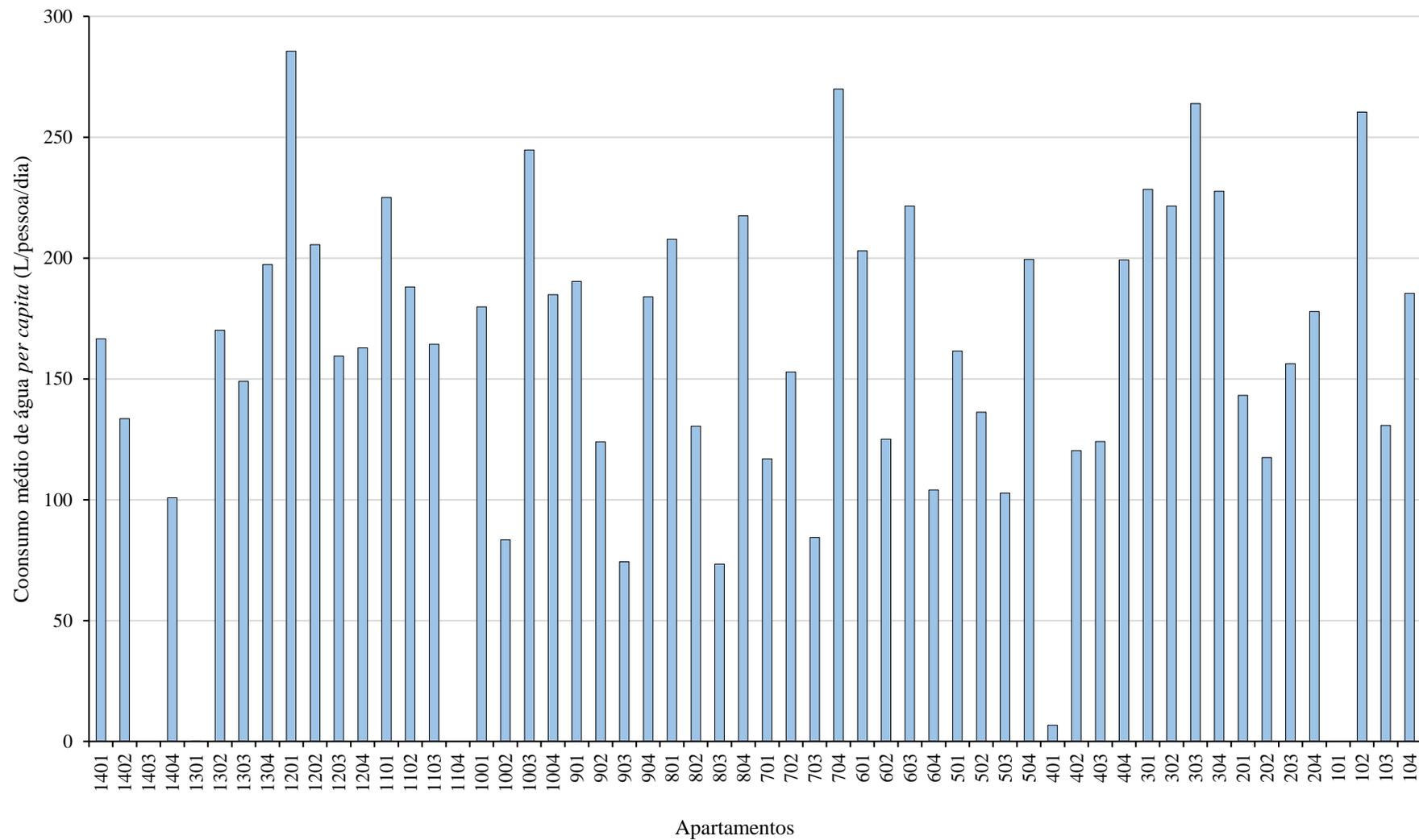
Foram realizadas leituras diárias de 56 hidrômetros durante os dias 7, 8, 14, 15 e 17 a 21 de fevereiro. No mês de março, foram realizadas leituras diárias durante os dias 6, 7, 13 a 15, e do dia 22 ao dia 28. A Tabela 4.1 mostra as médias, desvio padrão, máximos e mínimos do consumo de água referente aos dias quando se realizaram as leituras dos hidrômetros dos apartamentos, e o Apêndice I mostra os consumos diários de água de cada apartamento, encontrados por meio das leituras realizadas durante fevereiro e março de 2018 e a Figura 4.1 mostra o consumo médio diário *per capita* para cada apartamento. Essa Figura pode ser elaborada por meio da coleta de dados referente ao número de moradores em cada um dos apartamentos da edificação. De modo geral, o consumo médio diário de água nos apartamentos foi de 427 L, sendo o consumo médio diário *per capita* igual a 154 L. O consumo máximo

diário registrado foi de 1.788 L e, em alguns apartamentos, não houve consumo de água. É importante ressaltar que esses consumos apresentados (resultantes de leituras, séries históricas de consumo) não incluem o consumo de água nos vasos sanitários de cada apartamento.

Tabela 4.1 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos de consumo diário nos apartamentos da edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial (consumo de água nos vasos sanitários não incluso).

Data de registro do consumo diário de água	Média (L)	Desvio padrão (L)	Máximo (L)	Mínimo (L)
08/02/2018	476	367	1572	0,00
15/02/2018	460	390	1788	0,00
18/02/2018	380	311	1362	0,00
19/02/2018	423	322	1329	0,00
20/02/2018	449	347	1402	0,00
21/02/2018	410	280	1106	0,00
07/03/2018	437	327	1192	0,00
14/03/2018	412	288	1339	0,00
15/03/2018	479	373	1614	0,00
23/03/2018	416	356	1498	0,00
24/03/2018	343	266	1075	0,00
25/03/2018	395	317	1617	0,00
26/03/2018	414	273	1049	0,00
27/03/2018	428	296	1275	0,00
28/03/2018	479	313	1209	0,00

Figura 4.1 – Consumo médio diário per capita nos apartamentos do condomínio residencial Fernando Pessoa (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).



Dentre as médias diárias de consumo obtidas e registradas na Tabela 4.1 nota-se que o menor consumo médio ocorreu no dia 24 de março, em um sábado. O terceiro menor valor de consumo médio calculado é atribuído ao dia seguinte, 25 de março (domingo). O segundo menor valor de consumo médio refere-se ao dia 18 de fevereiro (domingo). Tais observações retratam uma tendência de haver menor consumo de água nos apartamentos em sábados e domingos.

Os dados de consumo médio de cada apartamento, obtidos por meio das leituras dos hidrômetros nos meses de fevereiro e março, serão utilizados a fim de comparar com os dados obtidos por meio do questionário de monitoramento preenchido pelos moradores. Analisando a Tabela 4.1 e os dados apresentados no Apêndice I pode-se notar que diariamente existem apartamentos com volumes de consumo superiores a 1000 L, apartamentos nos quais não foram registrados consumo de água e apartamentos onde o consumo de água diário aproxima-se de 0,00 L. Consumos muito baixos, próximos ou iguais a zero ocorreram devido ao fato de que tais apartamentos estiveram desocupados durante o período de leitura ou à venda.

4.2.2. Dados históricos de consumo do condomínio com sistema de aproveitamento de água pluvial

A edificação que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial foi inaugurada no ano de 2009. Com a colaboração do síndico do condomínio foi possível ter acesso a dados de consumo de água nos apartamentos desde o ano de 2011 até março de 2018. Tendo acesso aos consumos mensais dos apartamentos, foram calculadas médias (a cada ano) de consumo mensal de água por apartamento. Posteriormente, os dados de consumos médios mensais a cada ano foram utilizados para calcular consumos médios diários em cada apartamento. Por fim, com a estimativa de consumo médio diário de água, pode-se estimar uma média de consumo *per capita* referente a todo o condomínio. Este valor médio resume a quantidade de água consumida em um dia por um morador da edificação e será utilizado para comparar com o consumo *per capita* da edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial. Além disso, também foram calculadas médias mensais de consumo de água por ano bem como o consumo médio de água mensal total, referente ao total de dados mensais disponíveis (Tabela 4.2). A Figura 4.2 ilustra o consumo de água no condomínio entre os anos de 2011 e 2018 e a Figura 4.3 mostra as médias mensais de consumo de água, bem como valores máximos e mínimos de consumo a cada mês.

Tabela 4.2 – Consumos médios mensais nos apartamentos do edifício Fernando Pessoa, separados por ano e média total (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média total
Média mensal de consumo (m ³)	10,96	13,43	13,29	12,73	12,65	13,04	12,95	11,98	12,63

Figura 4.2 – Consumo anual de água no condomínio Fernando Pessoa entre janeiro de 2011 e março de 2018 (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).

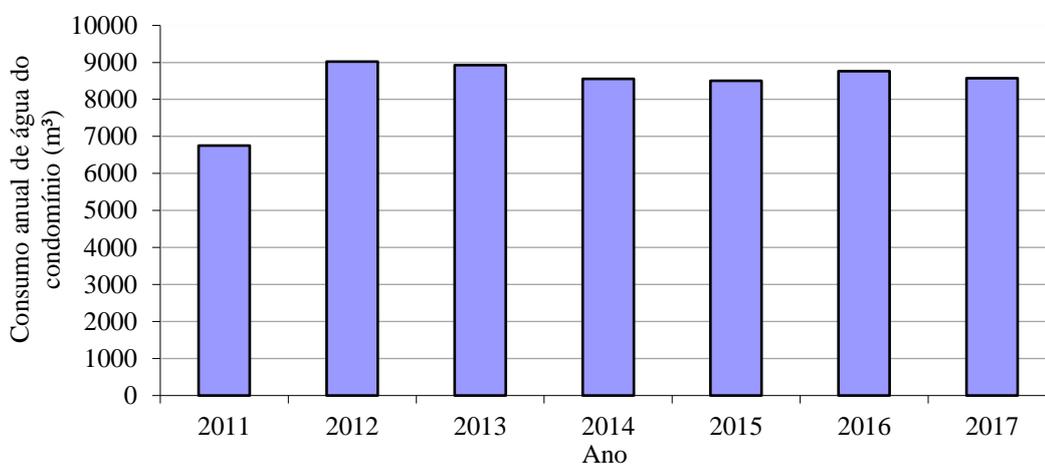
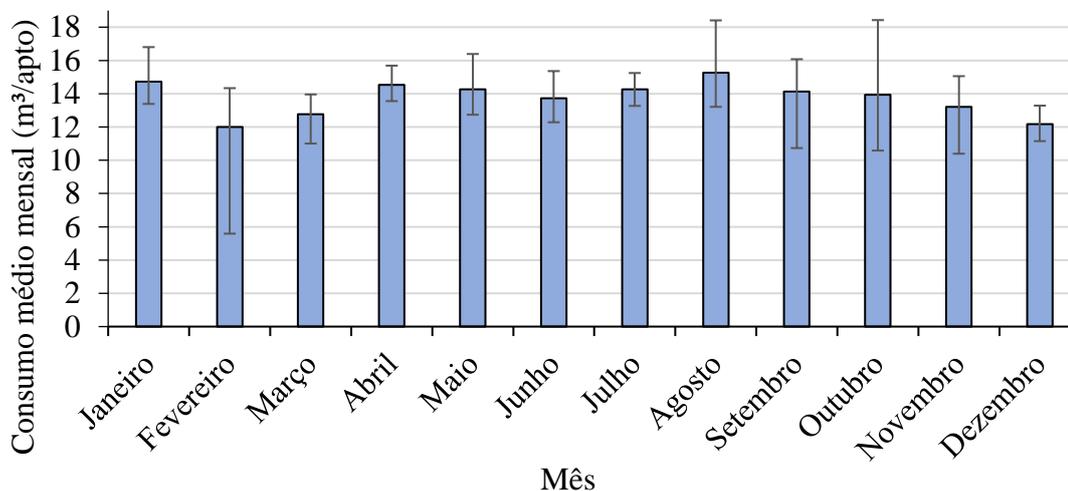
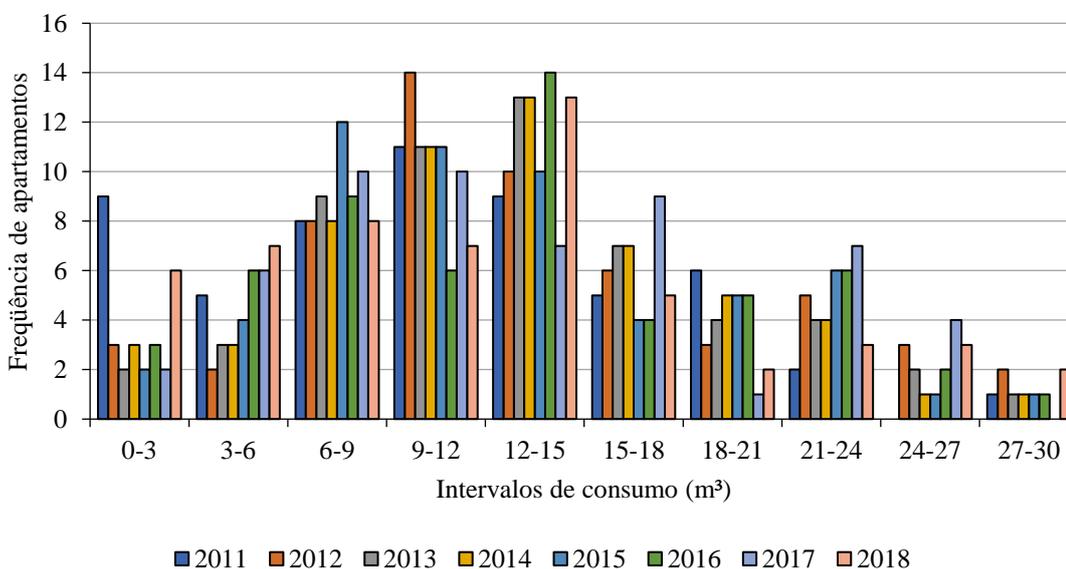


Figura 4.3 – Médias, máximos e mínimos mensais de consumo de água referentes ao residencial Fernando Pessoa (dados de 2011 a 2018 que excluem o consumo de água nos vasos sanitários).



Ao observar a Figura 4.2, nota-se que houve menor consumo de água durante o ano de 2011 (6754 m³). Também se nota que houve maior consumo de água em 2012 (9024 m³). Analisando com mais detalhes a possível causa da diferença de consumo do ano de 2011 em relação aos anos posteriores, verificou-se que seis apartamentos obtiveram consumo médio mensal inferior a 0,37 m³. Isso indica que, durante o ano de 2011, não havia moradores ocupando os seis apartamentos. O consumo baixo de água pode ser explicado por visitas dos moradores ao imóvel, que utilizaram água para limpeza do mesmo, ou ainda uso de água durante reformas, por exemplo. A fim de comparar o consumo médio mensal de água nos apartamentos, foi elaborado gráfico de frequência de consumo de água, separado em classes de consumo com 3 m³ de intervalo, a cada ano. A Figura 4.4 ilustra as frequências relativas às médias mensais de consumo nos apartamentos da edificação, separadas por classe de consumo, entre 2011 e março de 2018.

Figura 4.4 – Histograma, separado por classes de consumo de água e por ano, referente às médias mensais de consumo de água nos apartamentos do residencial Fernando Pessoa (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).

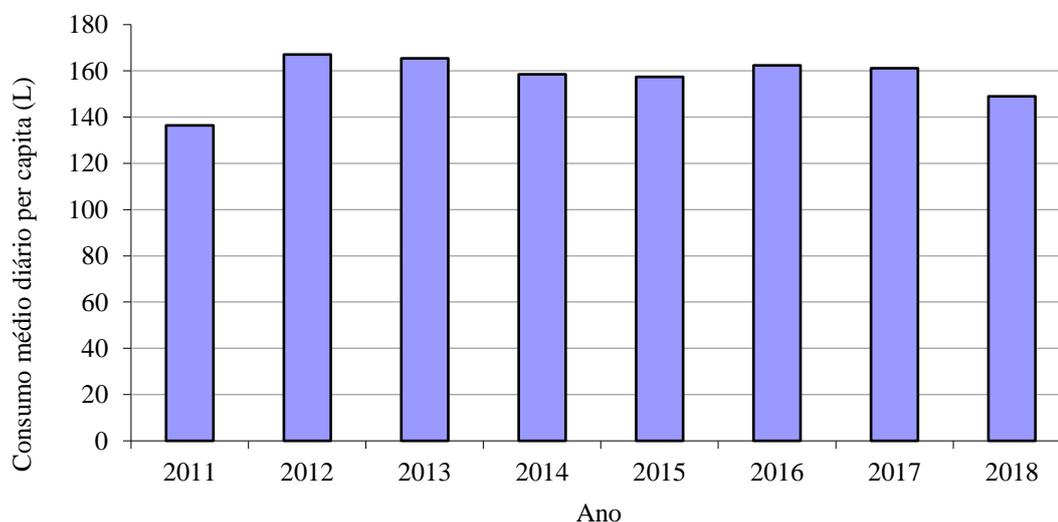


Ao observar a Figura 4.4 é possível notar que a frequência de consumo entre zero e 3 m³ é superior no ano de 2011 em relação aos anos posteriores. No ano de 2018 também se observa que a frequência de apartamentos cujo consumo de água encontra-se entre zero e 3 m³ é relativamente superior aos anos de 2012 a 2017. Isso pode ser explicado devido ao fato de os moradores viajarem mais durante os meses de janeiro a março (período de consumo registrado

para o ano de 2018). É notável que nos anos de 2011, 2012 e 2017 uma das maiores frequências de consumo médio mensal de água nos apartamentos corresponde à categoria de 9 a 12 m³. Nos anos de 2013, 2014, 2016 e no primeiro trimestre de 2018 a maior frequência de consumo médio mensal de água está relacionada à categoria de 12 a 15 m³. Em 2015 e 2017, uma das maiores frequências de consumo médio mensal de água ocorreu na categoria que vai de 6 a 9 m³.

O condomínio apresenta, atualmente, um total de 150 moradores, com valor médio de três moradores por apartamento. Dessa forma, foram obtidas médias de consumo *per capita* no condomínio que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial. Em geral, considerando os dados de consumo do período de janeiro de 2011 a março de 2018 avalia-se que a média corresponda a 157 L/pessoa/dia. A Figura 4.5 mostra as médias diárias *per capita* referentes a cada ano do período de análise. É possível verificar que o valor mínimo de consumo médio de água *per capita* ocorreu em 2011 (136 L/pessoa/dia) enquanto o valor máximo de consumo de água *per capita* ocorreu em 2012 e foi de 167 L/ pessoa/ dia. O menor valor de consumo durante o ano de 2011 pode estar relacionado ao número de moradores da edificação. Uma vez que em 2011 observou-se que nove apartamentos apresentaram consumo médio mensal entre 0 e 3 m³, provavelmente o número de moradores do condomínio no período correspondente era inferior ao considerado para todos os anos analisados (150 residentes). Utilizou-se o mesmo número de moradores de 2018 durante os anos anteriores uma vez que não foi possível determinar a quantidade de moradores nestes anos.

Figura 4.5 – Consumo médio diário *per capita*, com base em dados anuais de consumo, do edifício residencial Fernando Pessoa (consumo de água nos vasos sanitários não incluso).



Além das análises já mencionadas, os dados de consumo de água foram separados por estação do ano. A cada ano, foram calculadas quatro médias distintas de consumo diário *per capita*: uma em cada estação (Figura 4.6). Calcularam-se, ainda, as médias totais de consumo de água diário *per capita* em cada estação. Neste caso, para o cálculo das médias totais por estação, foram incluídos todos os dados de consumo (de 2011 a 2018) obtidos no respectivo período de análise. A Tabela 4.3 mostra média, desvio padrão, máximos e mínimos dos consumos *per capita* relativos a todos os dados de consumo de água separados conforme as estações do ano.

Figura 4.6 – Consumo médio *per capita* relativo aos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial, separados por estações do ano (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).

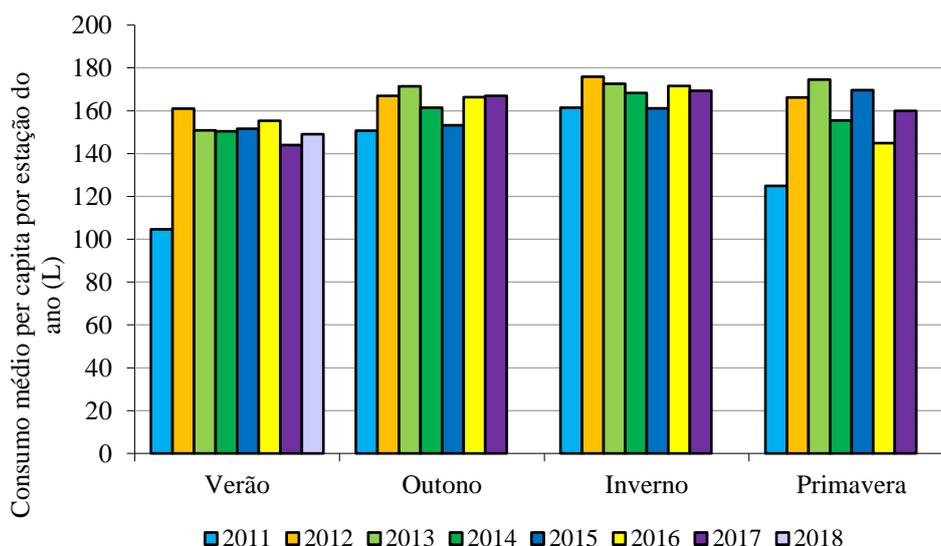


Tabela 4.3 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos referentes aos consumos *per capita*, incluindo todos os dados de consumo de água, separados por estações do ano (não inclui consumo de água nos vasos sanitários).

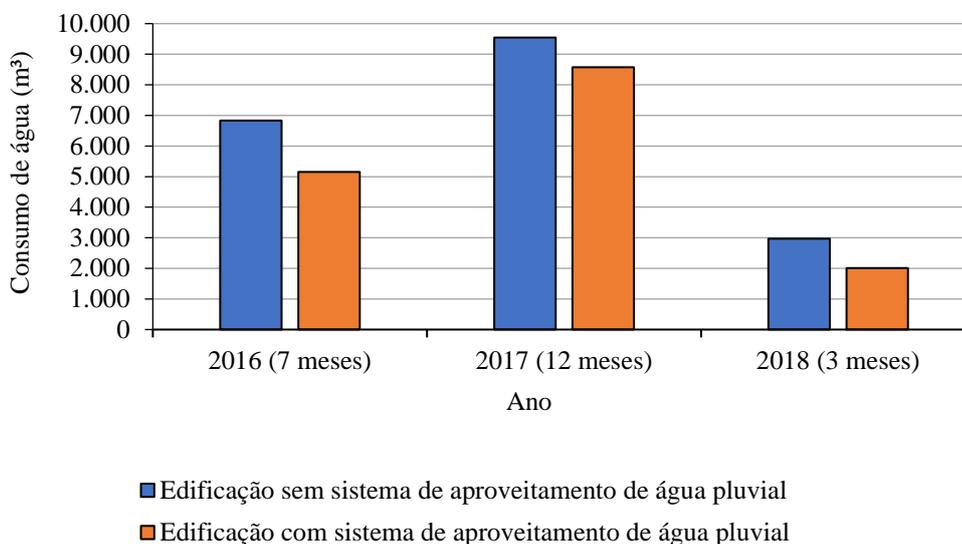
Estações do ano	Média (L)	Desvio padrão (L)	Máximo (L)	Mínimo (L)
Verão	146	17	161	105
Outono	162	8	171	151
Inverno	169	6	176	161
Primavera	157	17	175	125

Ao observar a Figura 4.6 e a Tabela 4.3 nota-se que, de modo geral, os moradores da edificação consomem menos água no verão. Entretanto, neste período, os dados de consumo de água *per capita* apresentam maior dispersão em torno da média quando comparados com os dados referentes às outras estações do ano. O consumo reduzido durante o verão pode estar associado ao período no qual alguns moradores viajam ou tiram férias, por exemplo. De modo geral, os maiores consumos *per capita* ocorrem durante o outono e o inverno. Algumas hipóteses podem justificar o consumo de água mais elevado durante o inverno, tais quais: banhos quentes mais longos e maior permanência no interior dos apartamentos, que, por consequência, tende a elevar o consumo de água. A maior média de consumo *per capita* ocorreu no inverno de 2012, enquanto a menor média de consumo foi observada durante o verão de 2011.

4.2.3. Dados de consumo de água da edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial

A edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial foi inaugurada em 2004 (cinco anos antes da inauguração do residencial Fernando Pessoa). Com relação a essa edificação não foi possível obter dados anteriores a junho de 2016. Assim, foram analisados dados de consumo de água a partir desse período até abril de 2018. É importante ressaltar que essa edificação residencial apresenta quatro apartamentos a menos quando comparada ao residencial com sistema de aproveitamento de água pluvial e que a medição do consumo de água nos apartamentos também é individual, porém neste caso há medição individual do volume de água utilizada nos vasos sanitários dos apartamentos. Portanto, todos os dados de consumo de água incluem a parcela utilizada nos vasos sanitários. Verificou-se que o consumo anual do condomínio em 2017 foi de 9.540 m³ (superior ao consumo de água referente ao mesmo ano na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial). A Figura 4.7 mostra os consumos de água, de junho de 2016 a março de 2018, nas edificações analisadas.

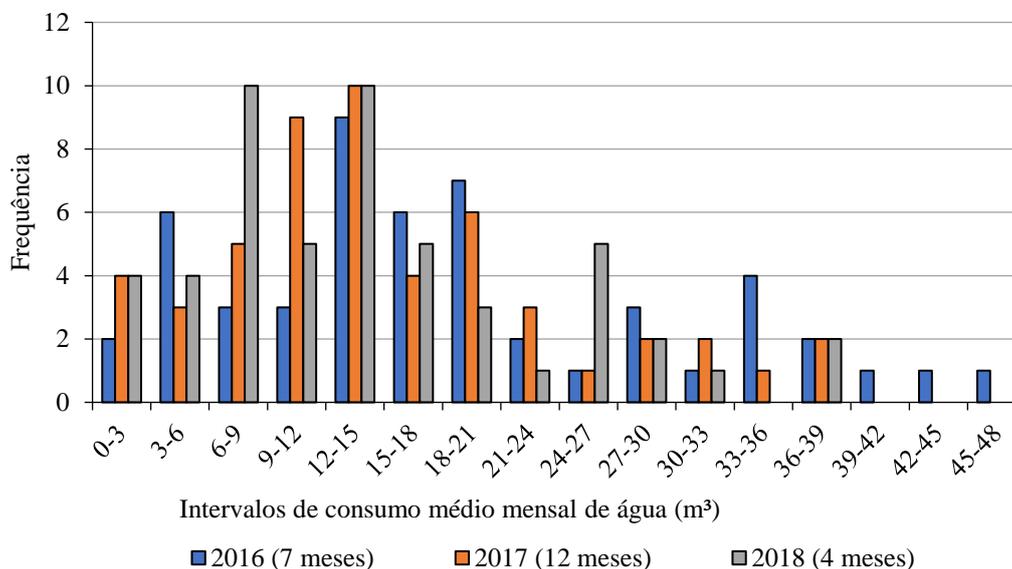
Figura 4.7 – Consumos totais de água na edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial desde junho de 2016 a março de 2018.



Ao analisar a Figura 4.7 observa-se que nos três períodos o consumo de água na edificação com aproveitamento de água pluvial é inferior ao consumo de água na edificação que não possui o sistema de aproveitamento de água pluvial. Ao comparar os consumos entre as edificações, verifica-se que a diferença de consumo entre as mesmas nos sete meses de 2016 foi de 1.681, 95 m³. No ano de 2017 e no período de janeiro a março de 2018, as diferenças de consumo foram iguais a 970,18 m³ e 150,46 m³, respectivamente. As diferenças calculadas para os períodos referentes a 2016, 2017 e 2018 representam, respectivamente, 32,65%, 11,32% e 47,56% a mais do que o volume de água consumido (referente respectivo período) na edificação que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial.

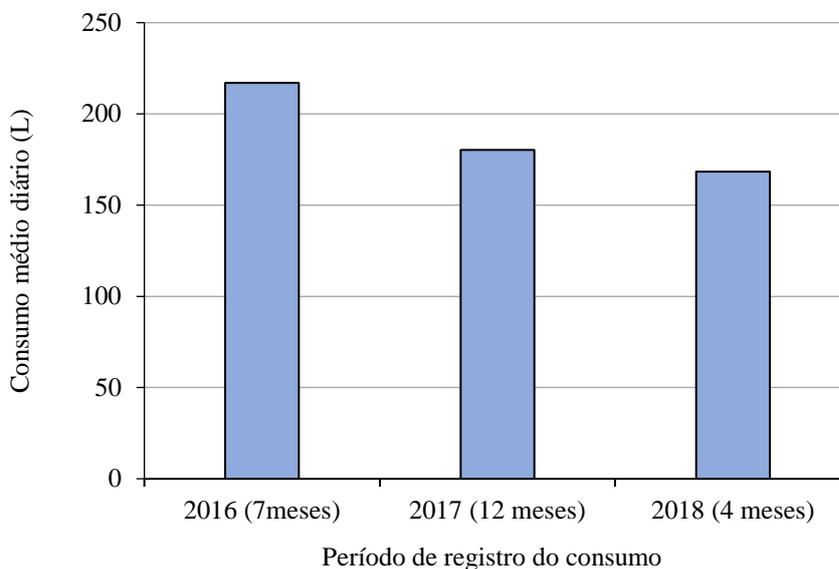
Os dados de consumo médio mensais foram agrupados em classes, com intervalo de 3 m³ cada. A Figura 4.8 mostra a frequência de consumos médios mensais dos apartamentos da edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial, separados por período. Por meio da Figura 4.8, observa-se que durante os 7 meses do ano de 2016, houve um número maior de apartamentos cujo consumo médio mensal de água variou entre 12 e 15 m³ (nove apartamentos). Durante o ano de 2017, observou-se maior frequência de consumo médio mensal na mesma faixa de valores (dez apartamentos) e, nos quatro meses referentes ao ano de 2018, a maioria dos apartamentos apresentou consumo médio mensal de água nas faixas entre 6 e 9 m³ e entre 12 e 15 m³.

Figura 4.8 - Histograma, separado por classes de consumo de água e por períodos, referente às médias mensais de consumo de água nos apartamentos do residencial Chateau de Valençay.



Assim como na edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial, o residencial que não possui o sistema também apresenta, em média, três moradores por apartamento. Dessa forma pode-se estimar o consumo médio diário *per capita* com base nos dados desde junho de 2016 a abril de 2018. O número exato de moradores não pode ser determinado uma vez que não houve permissão para aplicar o questionário com os moradores dessa edificação, além de o síndico do condomínio não dispor de dados exatos. A Figura 4.9 ilustra esse consumo durante o período mencionado. De modo geral, os moradores do condomínio que não apresenta sistema de aproveitamento de água pluvial, consomem 189 L de água por dia. Por meio da Figura 4.9 é possível identificar que o menor valor de consumo médio de água *per capita* ocorreu em 2018 (168 L/pessoa/dia), período quando praticamente todos os dados de consumo correspondem ao verão. Em contrapartida, observou-se maior consumo médio de água diário *per capita* durante o período entre junho e dezembro de 2016, quando predomina o inverno e a primavera (217 L/pessoa/dia).

Figura 4.9 - Consumo médio diário *per capita*, com base em dados referentes ao período entre junho de 2016 e abril de 2018, do edifício residencial Chateau de Valençay.



A fim de avaliar o consumo em diferentes estações do ano, elaborou-se a Figura 4.10, que mostra o consumo médio de água *per capita* nas diferentes estações do ano, durante o período cujos dados de consumos mensais de água foram disponibilizados. Também foram calculados médias, desvio padrão, máximos e mínimos de consumo médio diário *per capita*, separados por estação do ano, agrupando os dados de 2016, 2017 e 2018 referentes a uma mesma estação do ano. A Tabela 4.4 mostra esses resultados. Conforme a Figura 4.10 e a Tabela 4.4, pode-se notar que os moradores da edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial consomem menos água no verão e maior volume de água no inverno. Assim também ocorre com a edificação que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial. Observa-se que o menor consumo de água ocorreu no verão do ano de 2018 (167 L/pessoa/dia), enquanto o maior consumo de água ocorreu no inverno de 2016 (242 L/pessoa/dia). Também é notável que há maior dispersão quanto aos dados de consumo no inverno e na primavera em relação a dispersão de dados nas demais estações do ano.

Figura 4.10 – Consumos médios diários *per capita*, separados por estação do ano, nos períodos de registro de consumo de água disponibilizados, referente ao residencial Chateau de Valençay.

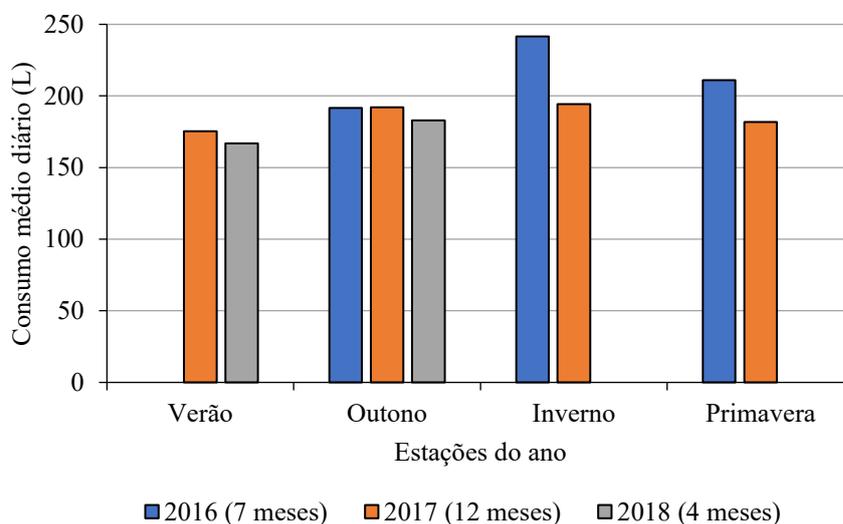


Tabela 4.4 - Média, desvio padrão, máximos e mínimos referentes aos consumos *per capita* de 2016, 2017 e 2018, separados por estação do ano.

Estação do ano	Média (L)	Desvio padrão (L)	Máximos (L)	Mínimos (L)
Verão	171	6	175	167
Outono	189	5	192	183
Inverno	218	33	242	194
Primavera	196	21	211	182

4.3. Experimento piloto

Foram realizados dois experimentos piloto antes da aplicação do questionário aos moradores do condomínio Fernando Pessoa. O primeiro experimento foi iniciado no dia 20 de setembro de 2017 às 20h15 e finalizado no dia seguinte no mesmo horário. No primeiro experimento, os moradores do apartamento 1001 responderam um único tipo de questionário, estimando, em média, seus respectivos consumos diários de água (por ponto de uso). No segundo experimento, entretanto, os moradores preencheram dois questionários, registrando os tempos de uso de chuveiros e torneiras, o número de usos de máquinas de lavar roupas e louças no dia do monitoramento (10/01/2018, com início às 14h, a 11/01/2018, com término no mesmo

horário), além de responderem perguntas acerca de seus hábitos, satisfação para com o sistema e economia de água.

4.3.1. Vazões nos aparelhos sanitários

O resultado referente às médias das três medidas de vazão de cada aparelho do apartamento onde foi realizado o experimento piloto encontra-se exposto no Quadro 4.1. Foram medidas vazões em torneiras e no chuveiro.

Quadro 4.1 - Vazão das torneiras e chuveiro utilizados no experimento piloto (apartamento 1001).

Ponto de consumo	Imagens	Vazão (L/s)
Torneira no banheiro de serviço		0,076
Torneira do tanque da área de serviço e da cozinha		0,069
Torneira do lavabo		0,073

Quadro 4.1 – Vazão das torneiras e chuveiro utilizados durante a realização do experimento piloto (continuação).

Ponto de consumo	Imagens	Vazão (L/s)
Torneira dos banheiros das suítes		0,048
Torneira da churrasqueira		0,079
Chuveiro dos banheiros das suítes		0,157

4.3.2. Primeiro experimento: questionário baseado em respostas médias de consumo

Com a aplicação do questionário cujas respostas de consumo de água dos moradores foram estimadas (em média), foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4.5. No entanto, verificou-se que a diferença entre os consumos de água chegou a pouco mais de 39% do consumo registrado no medidor. Essa diferença pode significar um reflexo de estimativas equivocadas de consumo médio de água por parte dos moradores.

Tabela 4.5 – Resultados obtidos após experimento piloto, referentes às respostas médias de consumo.

Categorias de consumo	Consumo registrado no questionário (L)	Leitura inicial no medidor (m³)	Leitura final no medidor (m³)	Consumo de água registrado no medidor (L)	Diferença de consumo em relação ao consumo registrado no medidor (%)
Torneiras	141				
Vasos sanitários	84				
Chuveiros	963				
Máquina de lavar roupas	89				
Máquina de lavar louças	0,00				
Filtro	3				
Total	1280	1528,5745	1529,4332	859	39,29

4.3.3. Segundo experimento: questionário de monitoramento

Após realizado o monitoramento do consumo de água durante 24 horas em um dos apartamentos da edificação que dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial, calculou-se o consumo de água, comparando-o com o consumo registrado por meio do hidrômetro no mesmo dia da realização do experimento. Verificou-se que o emprego do novo questionário no segundo experimento reduziu a diferença entre os consumos obtidos para pouco mais de 5,5%, quando comparado ao primeiro experimento realizado. A Tabela 4.6 apresenta os resultados alcançados com a aplicação do questionário de monitoramento.

Tabela 4.6 – Resultado referente ao monitoramento do consumo de água durante 24 horas, em um dos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

Categorias de consumo	Consumo de água registrado no questionário (L)	Leitura inicial no medidor (m³)	Leitura final no medidor (m³)	Consumo de água registrado no medidor (L)	Diferença de consumo em relação ao consumo registrado no medidor (%)
Torneiras	67				
Vasos sanitários	75				
Chuveiros	687				
Máquina de lavar roupas	0				
Máquina de lavar louças	16				
Filtro	7				
Total	853	1630,39157	1631,21516	824	5,56

4.4. Vazões nos apartamentos da edificação

4.4.1. Pressão estática

Analisando o projeto hidrossanitário da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial, foram identificadas as cotas de cada pavimento, bem como as alturas das saídas de água de chuveiros, pias e lavatórios em relação ao piso. A Tabela 4.7 mostra as pressões estáticas consideradas do oitavo ao décimo quarto pavimento. A pressão estática do primeiro ao sétimo pavimento foi considerada igual às pressões do oitavo ao décimo quarto pavimento, respectivamente.

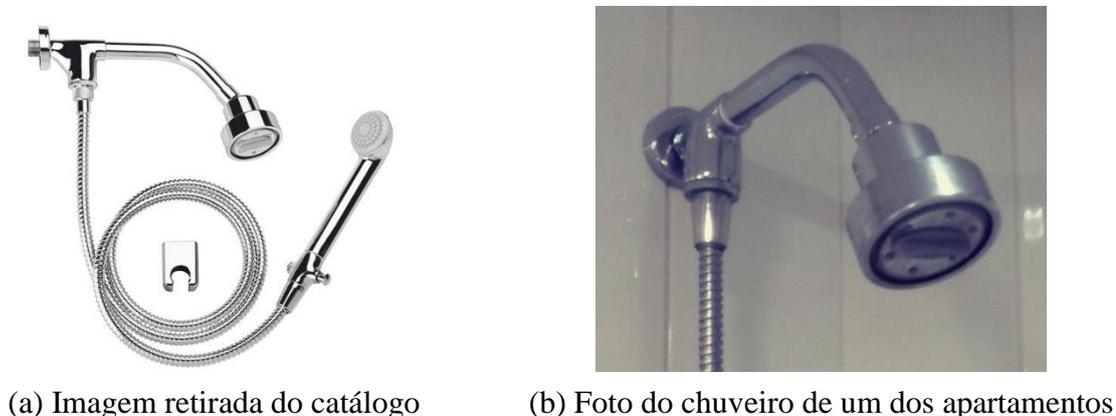
Tabela 4.7 – Pressões estáticas calculadas nos chuveiros, pias e lavatórios, do oitavo ao décimo quarto pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

Pavimento	Nível em relação ao 2º subssolo (m)	Pressão estática nos chuveiros (mca)	Pressão estática nos lavatórios (mca)	Pressão estática nas pias (mca)
14º	44,975	7,545	9,065	8,595
13º	42,175	10,345	11,865	11,395
12º	39,375	13,145	14,665	14,195
11º	36,575	15,945	17,465	16,995
10º	33,775	18,745	20,265	19,795
9º	30,975	21,545	23,065	22,595
8º	28,175	24,345	25,865	25,395

4.4.2. Vazões nos chuveiros dos apartamentos

Primeiramente, optou-se por pesquisar as vazões dos chuveiros cujas fotos foram enviadas por alguns participantes da pesquisa no catálogo de alguns fabricantes de metais sanitários. Tais vazões foram obtidas, em geral, por meio de curvas de vazão *versus* pressão estática. Observou-se, de modo geral, um ou dois modelos de chuveiro diferentes por apartamento. O apartamento 1401, entretanto, apresentou diferentes modelos de chuveiro elétrico nas suítes, sendo o de maior vazão localizado na suíte master. A Figura 4.11 mostra uma das curvas de vazão utilizada e o respectivo aparelho ao qual a mesma se refere, sendo utilizado jato normal na estimativa da vazão. A Tabela 4.8 mostra os valores de vazão do chuveiro de alguns apartamentos obtidos por meio das fotografias enviadas. Valores de vazão ou marcas de chuveiros separados com barras indicam que o referido apartamento utiliza diferentes modelos de chuveiros.

Figura 4.11 – Chuveiro retirado do catálogo da Fabrimar (a) observado em um dos apartamentos da edificação (b) e sua respectiva curva de vazão versus pressão estática (c).



(c) Curva de vazão *versus* pressão estática, fornecida no catálogo da Fabrimar.
Fonte: modificado de Fabrimar (2018)

Tabela 4.8 – Valores de vazão (obtidos por meio de catálogos dos fabricantes) dos chuveiros utilizados durante o monitoramento do consumo de água em alguns apartamentos.

Apartamento	Marcas dos chuveiros	Modo de aquecimento	Vazões (L/min)
104	Perflex	A gás	16,9
202	Docol	A gás	24,0
304	Deca	A gás	22,0

Tabela 4.8 – Valores de vazão obtidos por meio de catálogos dos fabricantes dos chuveiros utilizados durante o monitoramento do consumo de água em alguns apartamentos (continuação).

Apartamento	Marcas dos chuveiros	Modo de aquecimento	Vazões (L/min)
402	Hydra	Elétrico	3,0
503	Docol	A gás	15,0
601	Roca	A gás	7,0
603	Deca	A gás	20,0
701	Deca	A gás	20,0
801	Sintex/Docol	Elétrico/A gás	3,0/21,0
802	Deca	A gás	27,0
904	Fabrimar	A gás	15,0
1001	Perflex	A gás	17,8
1303	Perflex	A gás	10,2
1401	Hydra/ Lorenzetti	Elétrico	3,0 / 7,5/ 14,6
1402	Fabrimar	A gás	20,0
Média de vazão dos chuveiros a gás			17,9
Média de vazão dos chuveiros elétricos			6,2

Ao analisar a Tabela 4.8 nota-se que os chuveiros elétricos tendem a economizar mais água quando comparados aos chuveiros com aquecimento a gás. Nota-se, ainda, grande diferença quanto ao valor de vazão obtido por meio do catálogo do fabricante, e quanto ao valor no apartamento 1001, onde foram realizadas medições de vazão nos chuveiros a gás. Abrindo o registro do chuveiro a gás por completo, foi medida vazão de 0,157 L/s ou 9,42 L/minuto, como mencionado na subseção 4.3.1. Percebe-se que há diferença muito acentuada entre esses valores e, utilizar os valores de vazão estabelecidos no catálogo dos fabricantes pode se tornar importante fonte de erro na análise do questionário de monitoramento.

Por esse motivo, decidiu-se por também utilizar a vazão medida no apartamento 1001 (9,42 L/min) nos outros apartamentos da edificação, com exceção de apartamentos cujos chuveiros apresentem sistema elétrico de aquecimento. Nesses últimos, serão utilizadas as vazões especificadas no catálogo dos fabricantes (Tabela 4.8).

4.4.3. Vazões nas torneiras dos apartamentos

Com as fotografias dos lavatórios e das pias, foi possível identificar modelos dos aparelhos e suas respectivas vazões. Nos catálogos dos fabricantes, algumas torneiras,

principalmente monocomando incluíam curva de vazão *versus* pressão estática. Com relação às vazões de outras torneiras, geralmente estiveram disponíveis valores constantes ou valores de vazão nas pressões mínima e máxima de funcionamento. A Figura 4.12 ilustra uma das torneiras mais identificadas nos lavatórios dos apartamentos e sua respectiva curva para obtenção da vazão. A Figura 4.13 mostra uma das torneiras da cozinha mais utilizadas nos apartamentos participantes do monitoramento do consumo de água e sua curva de vazão. A Tabela 4.9 mostra alguns valores de vazões de torneiras que puderam ser encontrados por meio das fotografias enviadas.

Figura 4.12 – Torneira da marca Fabrimar, com imagem retirada do catálogo (a) utilizada nos lavatórios de alguns apartamentos (b) e sua respectiva curva de vazão *versus* pressão estática (c).



(a) Imagem retirada do catálogo do fabricante.



(b) Fotografia da torneira de um dos apartamentos.



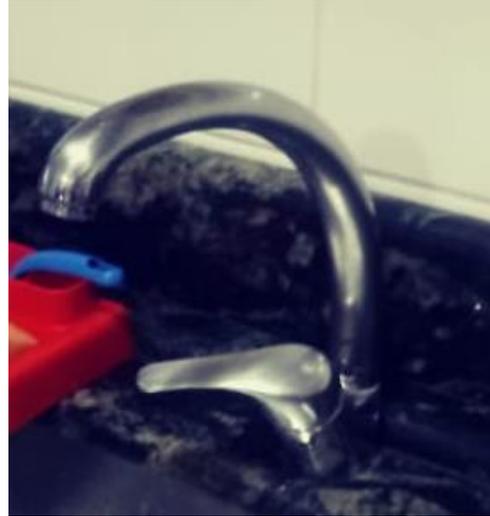
(c) Curva de vazão *versus* pressão estática.

Fonte: modificado e adaptado de Fabrimar (2018).

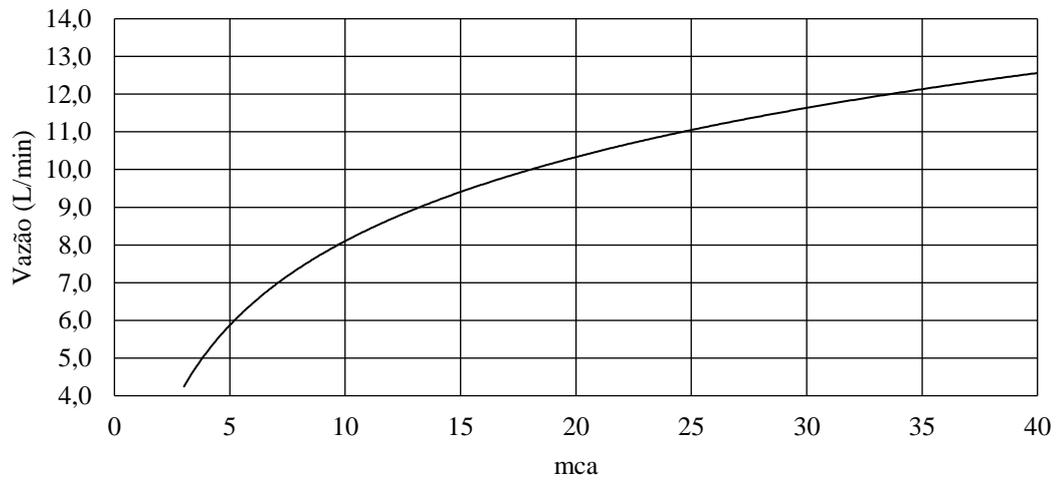
Figura 4.13 – Torneira marca Perflex, com imagem retirada do catálogo (a) utilizada na cozinha de alguns apartamentos (b) e sua respectiva curva de vazão *versus* pressão estática (c).



(a) Imagem retirada do catálogo do fabricante.



(b) Fotografia da torneira de um dos apartamentos.



(c) Curva de vazão versus pressão estática.

Fonte: modificado e adaptado de Perflex (2014).

Tabela 4.9 – Valores de vazão obtidos por meio de catálogos dos fabricantes das torneiras utilizadas durante o monitoramento do consumo de água em alguns apartamentos.

Apartamento	Marca das torneiras dos lavatórios	Marca das torneiras da cozinha / área de serviço	Vazão das torneiras dos lavatórios (L/min)	Vazão das torneiras da cozinha / área de serviço (L/min)
104	Fabrimar	Perflex / Deca	13,9	11,0 / 11,4
202	Deca / Fabrimar	Perflex / Deca	11,0 / 14,0	10,7 / 10,5
304	Fabrimar	Fabrimar	14,0	10,4
402	Fabrimar	Fabrimar	12,5	12,5
503	Fabrimar	Perflex	12,0	9,2
601	Fabrimar	Roca / Fabrimar	11,0	6,0 / 4,7
603	Fabrimar	Perflex / Deca	11,0	8,4 / 8,0
701	Fabrimar	Perflex	9,0	7,5
801	Docol / Deca	Perflex	11,6 / 9,5	11,0
802	Docol	Docol / Roca	5,0 / 8,5	8,7 / 8,0
904	Fabrimar	Roca	14,0	6,0 / 12,0
1001	Deca / Perflex	Deca	16,0/ 15,0	16,0
1303	Fabrimar	Perflex	10,0	8,4
1401	Fabrimar	Fabrimar	9,0	7,7
1402	Fabrimar	Deca	10,0	16,0
Média das vazões das torneiras dos lavatórios (L/min)				11,2
Média das vazões das torneiras das cozinhas (L/min)				10,1
Média das vazões das torneiras das áreas de serviço (L/min)				10,4

Ao examinar a Tabela 4.9 nota-se que as vazões encontradas no catálogo dos fabricantes das torneiras existentes no apartamento onde foi realizado o experimento piloto são muito maiores do que as vazões medidas nas torneiras dos lavatórios, cozinha e área de serviço. Como mostrado na subseção 4.3.1, a maior vazão medida nas torneiras dos lavatórios resultou em 4,56 L/min (0,076 L/s) e a maior vazão medida na cozinha e área de serviço foi de 4,14 L/min (ou 0,069 L/s). É importante ressaltar que as vazões foram medidas com abertura equivalente à metade da abertura total das torneiras, enquanto as vazões obtidas por meio dos fabricantes correspondem aos máximos valores de vazão do aparelho em função da pressão estática disponível. Acredita-se, porém, que de modo geral, os moradores não utilizem a vazão máxima de cada aparelho, mas uma vazão média, com valores mais próximos daqueles encontrados por meio das medições.

Ao medir as vazões nas torneiras do salão de festas, e do primeiro e segundo subsolos, foram obtidos valores de vazão mais próximos daqueles determinados nas torneiras do

apartamento onde foram conduzidos os experimentos pilotos. A vazão média obtida para torneiras do lavatório foi de 0,063 L/s e a vazão média obtida para as torneiras da cozinha e áreas de serviço foi de 0,077 L/s. O Quadro 4.2 ilustra as torneiras existentes, seus respectivos valores de vazão.

Quadro 4.2 – Torneiras na área comum do condomínio, com resultados correspondentes às medições de vazão.

Pavimento	Ponto de uso	Torneiras	Marca	Vazão no aparelho (L/s)
Térreo	Torneira da cozinha do salão de festas		Docol	0,086
Térreo	Torneira do lavatório do salão de festas		Docol	0,034
1º e 2º subsolos	Torneira da garagem		Docol	0,036 (1º subsolo) e 0,041 (2º subsolo)

4.5. Estimativa do volume de água utilizado nas máquinas de lavar roupas e louças

Por meio da marca e modelo das máquinas de lavar roupas e louças obteve-se o volume de água utilizado a cada ciclo de lavagem. Porém, de modo geral, os catálogos dos fabricantes fornecem informações de consumo máximo de água por ciclo, ou seja, consumos referentes aos

programas de lavagem menos econômicos, o que pode elevar o erro no consumo de água estimado por meio do questionário. A Tabela 4.10 mostra o volume de água utilizado a cada ciclo de lavagem das máquinas de lavar roupas e louças utilizadas durante o período de monitoramento. Alguns espaços preenchidos com hífen referem-se aos apartamentos que não dispunham de máquinas de lavar louças, ou aos apartamentos cujas máquinas de lavar louças não foram utilizadas durante o experimento.

Tabela 4.10 - Volume de água gasto nas máquinas de lavar roupas e louças utilizadas durante o período de monitoramento do consumo de água no residencial Fernando Pessoa.

Apartamento	Marca e modelo da máquina de lavar roupas	Marca e modelo da máquina de lavar louças	Volume de água gasto na máquina de lavar roupas (L)	Volume de água gasto na máquina de lavar louças (L)
104	Brastemp 11 kg	-	136,0	-
202	Consul Facilite	-	130,0	-
204	Brastemp advantech wash 6 kg	Lava-louças Brastemp solution – 8 serviços	156,1	20,4
402	LG inverter direct drive 8,5 kg – lava e seca	-	61,3	-
503	Consul 7,5 kg – Maré	-	97,0	-
601	Brastemp Ative! 11 kg	-	139,0	-
602	LG Tromm	-	55,6	-
603	Electrolux ecoturbo lava e seca 10,5 kg	-	90,3	-
703	Eletrolux Lava e seca 8,5 kg	-	72,0	-
801	Eletrolux 15,2 kg	-	126,0	-
901	LG Direct drive 10,2/6 kg	Brastemp Ative 12 serviços	88,7	16,0
903	Brastemp 9 kg	-	97,0	-

Tabela 4.10. Volume de água gasto nas máquinas de lavar roupas e louças utilizadas durante o período de monitoramento do consumo de água no residencial Fernando Pessoa (continuação).

Apartamento	Marca e modelo da máquina de lavar roupas	Marca e modelo da máquina de lavar louças	Volume de água gasto na máquina de lavar roupas (L)	Volume de água gasto na máquina de lavar louças (L)
904	Brastemp Ative 11 kg	-	130,0	-
1001	LG lava e seca WD1409RDAS	Brastemp ative 12 serviços	88,7	16,0
1002	LG WD – 1403 FDA	-	100,0	-
1004	LG lava e seca 8,5 kg	-	55,6	-
1201	LG lava e seca	-	55,6	-
1303	Brastemp Ative! 11 kg	Brastemp solution	139,0	20,4
1401	Brastemp Ative! 11 kg	-	139,0	-
1402	LG Lavadora e secadora 10 kg	-	88,7	-
Média de consumo de água por ciclo de lavagem na máquina de lavar roupas (L/ciclo)				102,3
Média de consumo de água por ciclo de lavagem na máquina de lavar louças (L/ciclo)				18,2

4.6. Leituras realizadas nos horários de início e término dos monitoramentos de consumo

Para possibilitar a verificação dos consumos de água estimados por meio do questionário de monitoramento, foram efetuadas leituras dos medidores no horário de início de monitoramento (previamente agendado com cada morador dos apartamentos participantes), bem como leituras ao final do monitoramento, no mesmo horário de início. A Tabela 4.11 mostra os consumos de água registrados durante o período de monitoramento e as médias de consumo diário de água por apartamento determinadas por meio das leituras diárias do medidor, realizadas nos meses de fevereiro e março de 2018.

Tabela 4.11 – Comparação entre o consumo de água registrado por meio das leituras efetuadas no início e fim dos monitoramentos e o consumo médio diário, proveniente das leituras diárias realizadas nos meses de fevereiro e março de 2018.

Apartamento	Período de monitoramento	Consumo real durante o monitoramento (L)	Média dos consumos diários (L)	Diferença entre os consumos (%)
104	23/03/2018 a 24/03/2018	974	742	23,87
202	08/02/2018 a 09/02/2018	377	352	6,60
204	10/04/2018 a 11/04/2018	416	356	14,46
304	03/05/2018 a 04/05/2018	411	455	10,67
402	16/02/2018 a 17/02/2018	81	120	48,82
503	05/04/2018 a 06/04/2018	1087	411	62,20
601	22/02/2018 a 23/02/2018	209	406	94,52
602	04/04/2018 a 05/04/2018	173	375	117,16
603	27/04/2018 a 28/04/2018	425	222	47,85
701	18/02/2018 a 19/02/2018	134	234	74,94
703	11/04/2018 a 12/04/2018	279	253	9,44
801	26/04/2018 a 27/04/2018	702	831	18,38
802	13/04/2018 a 14/04/2018	164	261	37,03
802	14/04/2018 a 15/04/2018	56	261	366,54
901	17/03/2018 a 18/03/2018	826	761	7,83
901	02/03/2018 a 03/03/2018	506	761	50,46
903	06/04/2018 a 07/04/2018	332	149	55,26

Tabela 4.11 – Comparação entre o consumo de água registrado durante o monitoramento e o consumo médio diário, proveniente de leituras diárias realizadas nos meses de fevereiro e março de 2018 (continuação).

Apartamento	Período de monitoramento	Consumo real durante o monitoramento (L)	Média dos consumos diários (L)	Diferença entre os consumos (%)
904	11/04/2018 a 12/04/2018	414	552	33,24
1001	10/01/2018 a 11/01/2018	824	899	9,14
1002	24/05/2018 a 25/05/2018	1082	334	69,16
1004	27/02/2018 a 28/02/2018	721	739	2,52
1201	26/04/2018 a 27/04/2018	271	286	5,57
1303	22/04/2018 a 23/04/2018	503	298	40,78
1401	15/03/2018 a 16/03/2018	1088	666	38,73
1402	02/05/2018 a 03/05/2018	269	267	0,78

Analisando a Tabela 4.11, nota-se que existem diferenças significativas entre alguns dados de consumo de água. No apartamento 1002, por exemplo, tal diferença ocorre devido ao fato de os moradores não estarem ocupando-no definitivamente ao longo dos meses de fevereiro e março. Nos outros apartamentos, a diferença acentuada no consumo de água pode ser explicada devido a maior ausência dos moradores no período de verão, como já mencionado na seção 4.2. A média dos consumos diários de água obtidos por meio de leituras nos hidrômetros durante o período de monitoramento, excluindo os dados dos apartamentos 602, 802 e 1402, corresponde a 533 L.

4.7. Estimativa do consumo de água diário nos pontos de utilização dos apartamentos

Depois de estimadas as vazões nos pontos de uso dos apartamentos da edificação, após obter informações sobre o consumo de água nas máquinas de lavar louças e roupas junto aos

fabricantes, tornou-se possível estimar o consumo de água em cada ponto de uso de água dos apartamentos. Dentre os 56 apartamentos da edificação, 23 aceitaram participar do monitoramento do consumo de água. De modo geral, os moradores preencheram o questionário uma única vez. A maioria dos moradores afirmou ausentar-se com maior frequência nos finais de semana quando comparado à permanência nos seus apartamentos durante os dias úteis. Somente dois apartamentos estiveram dispostos a efetuar o monitoramento do consumo de água também em um fim de semana.

Após o cálculo do consumo diário de água nos 23 apartamentos participantes (que exclui o volume de água utilizado nos vasos sanitários) e comparação com os consumos de água registrados por meio dos medidores, verificou-se que o consumo calculado para 15 apartamentos apresentou diferença inferior a 25%. Considerando os outros apartamentos participantes, três deles apresentaram dados cujos erros foram extremamente elevados (298,03% referente aos dados do apartamento 602; 223,00% referente aos dados resultantes do monitoramento no apartamento 802 e 373,47% de erro quanto aos dados de consumo do 1402). Nos três casos, o consumo real de água registrado no medidor foi inferior ao consumo de água estimado por meio do questionário. Isso pode ser resultado de estimativas equivocadas do tempo de uso dos aparelhos (principalmente chuveiros), imprecisões nos valores de vazão, consumo elevado de água na máquina de lavar roupas (uma vez que os fabricantes destas geralmente fornecem valores de consumo máximo de água). A Tabela 4.12 mostra os resultados do questionário de monitoramento, com consumos de água estimados, e as respectivas diferenças associadas.

Tabela 4.12 – Estimativa de consumo de água nos apartamentos do residencial Fernando Pessoa e suas respectivas diferenças em relação ao consumo registrado durante o monitoramento.

Apartamentos	Consumo nas torneiras (L)	Consumo nos vasos sanitários (L)	Consumo nos chuveiros (L)	Consumo na máquina de lavar roupas (L)	Consumo na máquina de lavar louças (L)	Consumo de água para beber (L)	Consumo total estimado por meio do questionário (L)	Diferença (%)
104	267	39	329	136	0	0	771	24,84
202	61	90	423	130	0	0	704	62,70
204	22	41	307	78	15	0	463	1,53
304	25	30	470	0	0	0	526	20,48
402	3	30	27	0	0	2	62	60,51
503	271	93	564	291	0	0	1219	3,61
601	141	42	113	0	0	0	296	21,55
602	119	75	402	167	0	0	762	298,03
603	9	78	122	271	0	0	481	5,24
701	47	21	113	0	0	1	182	20,60
703	104	75	124	72	0	0	375	7,34
801	16	42	410	252	0	0	720	3,44
802	61	39	470	0	0	0	570	223,00
802	12	12	89	0	0	0	113	80,65
901	29	84	611	89	16	2	831	9,58
901	68	102	274	89	0	3	536	14,15
903	48	60	226	0	0	3	337	16,59
904	192	42	310	130	0	1	676	53,02
1001	67	75	687	0	16	7	853	5,56
1002	252	81	767	500	0	0	1600	40,41
1004	118	54	665	56	0	2	894	16,40
1201	33	33	155	111	0	0	332	10,51
1303	6	45	103	139	20	1	315	46,40
1401	207	84	498	556	0	4	1350	16,35
1402	29	102	799	443	0	3	1376	373,47

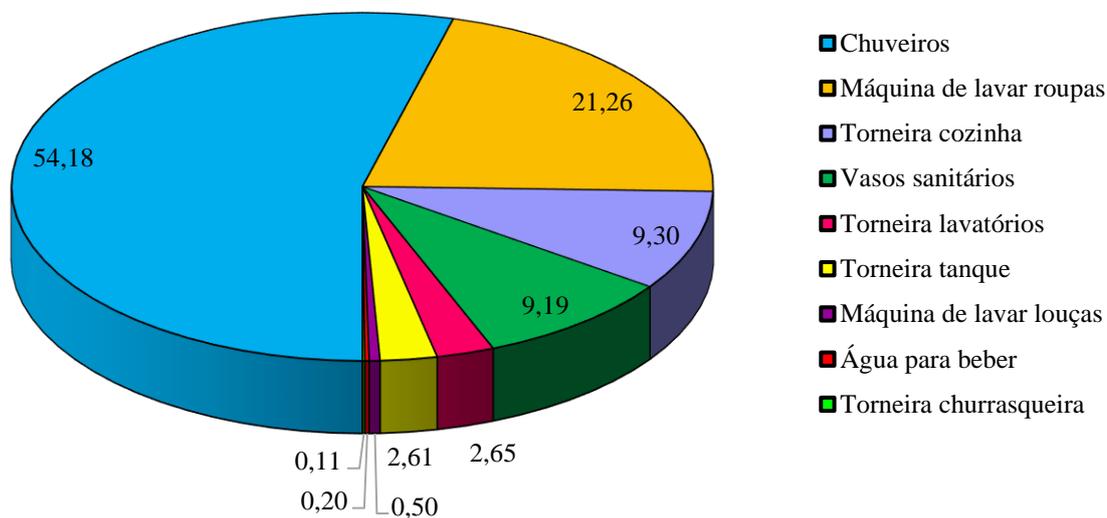
Uma vez que os dados de consumo dos apartamentos 602, 802 e 1402 foram muito superiores ao consumo real de água, decidiu-se excluí-los das análises de usos finais. Como se tem somente dois dados referentes ao monitoramento do consumo de água em finais de semana, tais dados não serão considerados separadamente, e assumir-se-á que o consumo de água nos finais de semana e nos dias úteis são semelhantes. Nenhum dos moradores participantes do monitoramento utilizou as banheiras. A Tabela 4.13 mostra as médias, desvio padrão, máximos e mínimos dos consumos de água registrados por meio do monitoramento, excluindo dados de consumo dos apartamentos 602, 802 e 1402.

Tabela 4.13 – Média, desvio padrão, máximos e mínimos do consumo de água obtido por meio dos questionários de monitoramento, separados por pontos de consumo e volume total de água consumido.

Pontos de consumo		Consumo médio (L/apto/dia)	Desvio Padrão (L/apto/dia)	Máximos (L/apto/dia)	Mínimos (L/apto/dia)
Torneiras	Lavatórios	16	15	67	0
	Churrasqueira	1	2	5	0
	Tanque	16	29	126	0
	Cozinha	58	70	249	0
	Total	91	91	271	3
Banheira		0	0	0	0
Máquina de lavar roupas		132	156	556	0
Vasos sanitários		57	26	102	12
Máquina de lavar louças		3	7	20	0
Chuveiros		336	224	767	27
Água para beber		1	2	7	0
Total		620	397	1600	62

Com o consumo total médio de água para uma unidade residencial e dispondo do consumo médio em cada ponto de uso, como mostra a Tabela 4.13, estimou-se, então, o percentual de água destinada a cada ponto de consumo em relação ao consumo total médio registrado. A Figura 4.14 mostra os usos finais médios da água nos apartamentos da edificação estudada.

Figura 4.14 – Usos finais médios da água dos apartamentos do residencial Fernando Pessoa.



Sabe-se que existem diferenças entre o consumo real e o estimado. Como mencionado na seção 4.6, o consumo médio de água registrado por meio das leituras efetuadas durante o período de monitoramento corresponde a 533 L, e o consumo de água médio estimado por meio do questionário, excluindo o consumo médio de água nos vasos sanitários, é de 563 L. Ao comparar os dois consumos diários, verifica-se que a diferença entre os mesmos com relação ao consumo total é de 5,36%. Uma vez que a diferença entre os consumos é relativamente baixa, dispensa-se análise de sensibilidade para a correção dos usos finais. Analisando a Figura 4.14 nota-se que o consumo de água nos chuveiros ultrapassa a metade do consumo de água total nos apartamentos. O segundo maior consumo de água ocorre com uso da máquina de lavar roupas, seguida da torneira da cozinha e dos vasos sanitários.

É importante ressaltar que o monitoramento do consumo de água foi efetuado por um dia, uma vez que os moradores do condomínio Fernando Pessoa não se dispuseram a realizá-lo durante uma semana completa. Dessa forma, os moradores podem tê-lo realizado em dias quando costumam lavar roupas. Caso a maior parte dos participantes lave roupas uma vez por semana, por exemplo, e neste dia decida fazer o monitoramento, o consumo de água diário será mais elevado, sendo superior o percentual de água utilizado nas lavadoras de roupas quando comparado ao percentual real de consumo nos mesmos equipamentos. Além disso, vale salientar que a maior parte dos fabricantes das máquinas de lavar roupas fornecem valores máximos de consumo por ciclo, porém nem sempre o programa utilizado na máquina de lavar

será aquele cujo consumo de água é o máximo. Em alguns apartamentos, é costume utilizar a lavadora de roupas mais de uma vez no dia. No apartamento 1402, cujos dados foram excluídos da estimativa dos usos finais, por exemplo, observou-se o uso do equipamento quatro vezes durante o dia no programa econômico, entretanto, o fabricante fornece apenas dados de consumo máximo, o que impossibilita estimar com maior precisão os consumos de água nas máquinas.

4.8. Verificação do potencial de aproveitamento de água pluvial

Para verificar o potencial de economia de água potável na edificação, foram calculados o percentual de água que poderá ser substituído por água pluvial e as dimensões do reservatório inferior de água pluvial (subseções 4.8.1 e 4.8.2, respectivamente).

4.8.1. Percentual de água potável possível de ser substituído por água pluvial

Conforme exposto no capítulo três, o percentual de água potável que pode ser substituída por água pluvial corresponde ao volume de água utilizado para fins não potáveis, ou seja, corresponde à soma dos percentuais de consumo de água nos tanques, máquinas de lavar roupas e vasos sanitários. Portanto, é possível substituir até 33,06% de água potável por água pluvial.

4.8.2. Dimensionamento do reservatório

Foram dimensionados dois cenários distintos associados a diferentes capacidades de reservatório inferior de água pluvial. O primeiro deles foi dimensionado com o objetivo de atender aos usos nos vasos sanitários, tanques e máquinas de lavar roupas existentes nos apartamentos da edificação. O segundo dimensionamento tem como finalidade verificar se o reservatório de água pluvial existente foi dimensionado adequadamente para atender à demanda dos vasos sanitários. Neste último caso, o potencial de água potável a ser substituído por água pluvial é de 9,19% (percentual de água utilizado nos vasos sanitários em relação ao volume total de água gasto em um apartamento).

O cálculo do dimensionamento dos reservatórios foi executado por meio do programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014). Foram utilizados como dados de entrada: dados diários de

precipitação de 2000 a 2015, fornecidos pela Epagri; área de captação do telhado do edifício (obtido por meio de análise do projeto arquitetônico da edificação); descarte inicial conforme sugestão da NBR 15527 (ABNT, 2007); demanda total de água (obtida por meio dos dados históricos de consumo de água, e incluindo o percentual de água utilizado nos vasos sanitários); percentual de água potável a ser substituído por água pluvial; coeficiente de escoamento superficial, conforme dados encontrados por pesquisa literária; volume dos reservatórios superior e inferior correspondentes ao consumo diário demandado nos usos não potáveis considerados em cada dimensionamento. A Tabela 4.14 mostra os dados de entrada considerados em cada condição de demanda.

Tabela 4.14 – Dados de entrada utilizados no programa Netuno para dimensionamento do reservatório inferior de água pluvial nas duas condições de demanda descritas.

Variáveis de entrada	Diferentes usos da água pluvial	
	Uso de água pluvial nos vasos sanitários, tanques e máquinas de lavar roupas dos apartamentos	Uso de água pluvial somente nos vasos sanitários dos apartamentos
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	33,06	9,19
Volume do reservatório superior (m ³)	9,09	2,53
Volume máximo do reservatório inferior (m ³)	90,00	30,00
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m ³)	0,21	1,1
Intervalo entre os volumes simulados (L)	1000	
Descarte do escoamento inicial (mm)	2,0	
Área de captação (m ²)	561,60	
Demanda total de água (L/pessoa/dia)	173	
Número de moradores	159	
Coeficiente de escoamento superficial	0,85	

O volume do reservatório superior foi assumido como igual ao valor da demanda diária de água pluvial necessária para abastecer ou a todos os usos finais não potáveis ou aos vasos sanitários dos apartamentos. Portanto, multiplicou-se o número de moradores do condomínio pela porção da demanda total de água potável a ser substituída por água pluvial.

A demanda total de água foi calculada considerando que a média diária de água consumida por pessoa (157 L, conforme a subseção 4.2.2) corresponde a 90,81% da demanda total de água. Admitiu-se que o percentual restante (9,19%) integra a porção do consumo de água *per capita* utilizado no vaso sanitário. Portanto, chegou-se ao valor de 173 L para o consumo diário total de água *per capita*.

Por meio de entrevistas com os residentes do condomínio Fernando Pessoa (que não responderam o questionário individual), foi possível determinar a quantidade total de moradores. Verificou-se que existem 150 moradores no condomínio, porém, dos 56 apartamentos existentes, três encontram-se desocupados. Portanto, para efetuar as simulações no Netuno, foram considerados três moradores (valor correspondente à média de moradores do condomínio por apartamento) em cada um desses apartamentos inabitados. Dessa forma, as simulações foram efetuadas considerando 159 moradores no residencial Fernando Pessoa.

Por meio da simulação que leva em conta a demanda de água necessária para atender os vasos sanitários, tanques e máquinas de lavar roupas nos apartamentos da edificação (Figura 4.15), verifica-se que a capacidade ideal do reservatório inferior deve ser de 20 m³, dessa forma o potencial de economia de água potável corresponde a 6,50%. Ao efetuar a simulação considerando o percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial referente apenas aos vasos sanitários (Figura 4.16), obteve-se a capacidade de 16,0 m³ como ideal, que proporcionaria potencial de economia de água potável de 5,03%. É importante notar que considerando volumes iguais de reservatórios inferiores, o uso de água pluvial nos vasos sanitários, máquinas de lavar roupas e tanques fornece maior potencial de economia de água potável quando comparado à utilização de água pluvial restrita aos vasos sanitários.

Figura 4.15 – Relação entre o volume do reservatório inferior com o potencial de economia de água potável, considerando uso da água pluvial nos vasos sanitários, máquinas de lavar roupas e tanques dos apartamentos.

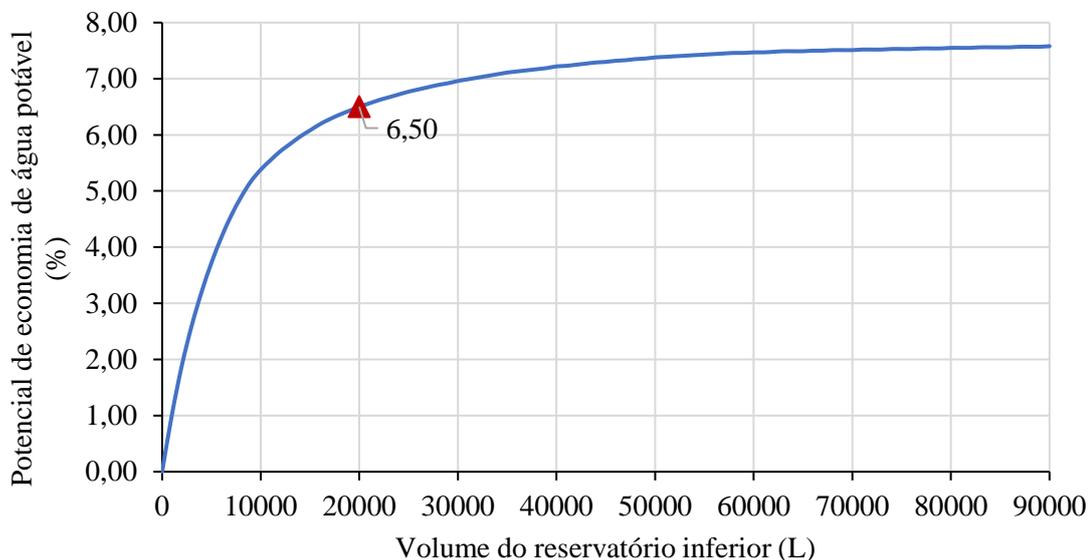
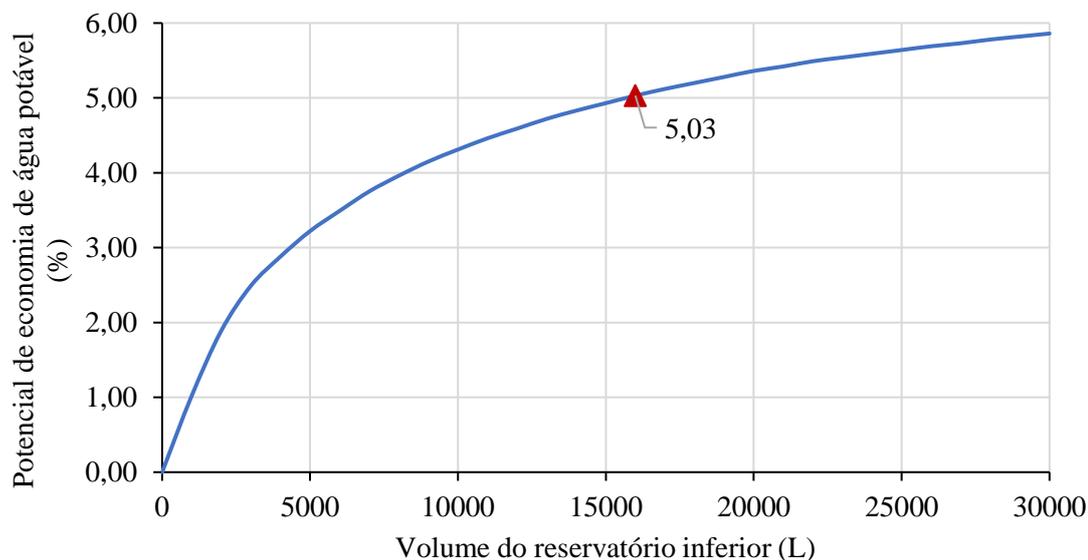


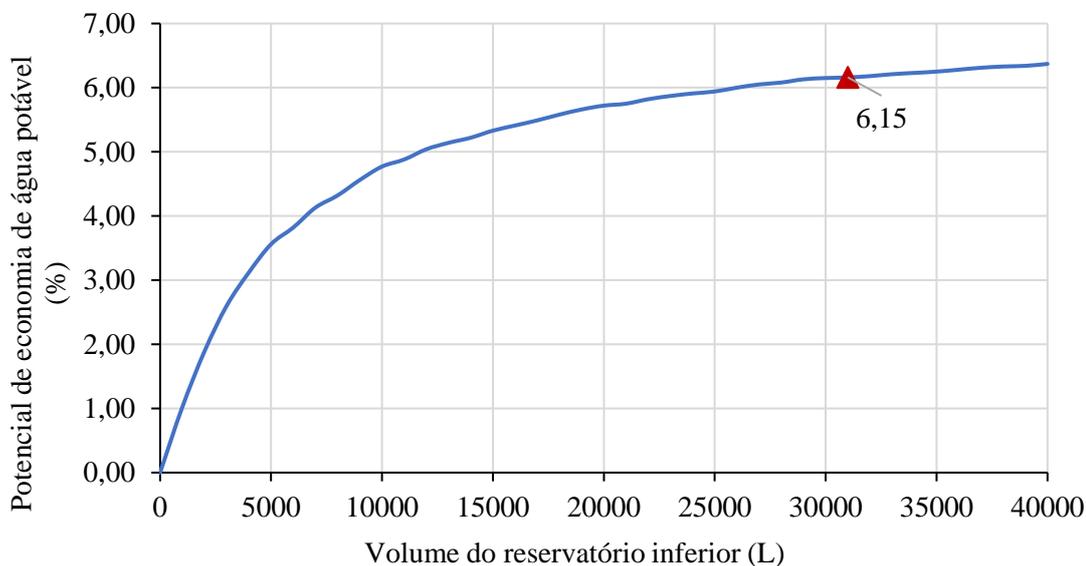
Figura 4.16 – Volume de reservatório inferior de água pluvial para uso nos vasos sanitários *versus* potencial de economia de água potável.



Como mencionado na seção 1.3, o volume do reservatório inferior de água pluvial existente na edificação corresponde a 30,9 m³, valor superior à capacidade ideal simulada. Além disso, a capacidade de armazenamento de água pluvial dos reservatórios superiores é de 28,59

m³. Conforme nova simulação no Netuno, verifica-se que para reservatório superior e inferior com capacidades iguais às existentes no condomínio o potencial de economia de água potável corresponde à aproximadamente 6,15%, ou seja, seria necessário aumentar muito a capacidade do reservatório inferior para que o mesmo pudesse proporcionar um aumento relativamente pequeno no potencial de economia de água potável. Desse modo, pode-se afirmar que os reservatórios inferior e superior de água pluvial foram superdimensionados, ocasionando o consumo desnecessário de materiais, como concreto, por exemplo. A Figura 4.17 mostra a relação entre o volume inferior do reservatório de água pluvial e os potenciais de economia de água potável. Nesta última análise foram utilizados dados de entrada correspondentes à simulação efetuada para uso de água pluvial apenas nos vasos sanitários com as seguintes alterações: mudança no volume do reservatório superior (de 2,53 m³ para 28,59 m³) e no volume do reservatório inferior (para 30.900 L).

Figura 4.17 – Relação entre o volume de reservatório inferior de água pluvial, para atender apenas à demanda dos vasos sanitários, e seus respectivos potenciais de economia de água potável (representação da situação existente no condomínio).



4.9. Análise econômica

Sabe-se que a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações promove economia de água, reduz custos nas tarifas mensais, além de proporcionar benefícios ao meio ambiente. Porém, antes de optar por implantar sistemas de aproveitamento

de água pluvial nas edificações, é importante efetuar algumas análises. Uma delas, a ser apresentada nesta seção, corresponde à viabilidade financeira.

Para possibilitar a realização da análise financeira, foram levantados os preços de alguns equipamentos, tais quais, bomba, filtro, válvula solenoide, dispositivo de descarte das primeiras águas e chave de nível, principalmente por contato com representantes. Também foram estimados os custos de energia elétrica para o funcionamento do conjunto motobomba, mão de obra para instalação de tubulações e para execução dos reservatórios em concreto armado, uma vez que corresponde ao material do reservatório existente.

Além dos custos necessários para implantar o sistema, também serão considerados os benefícios, isto é, a economia financeira gerada devido ao aproveitamento de água pluvial. Foram feitas três análises financeiras: a primeira leva em conta o potencial de economia gerado por meio do aproveitamento de água pluvial nos vasos sanitários, máquinas de lavar roupas e tanques; as segunda e terceira avaliações foram efetuadas supondo o uso da água pluvial somente nos vasos sanitários. As diferenças entre a segunda e a terceira avaliação estão nas dimensões do reservatório superior e inferior de aproveitamento bem como nos respectivos potenciais de aproveitamento de água pluvial. A segunda análise financeira foi efetuada considerando capacidade de 16.000 L para o reservatório inferior, e capacidade de 2.530 L para o reservatório superior de água pluvial (valor igual à demanda diária de água pluvial). Neste caso, o potencial de economia de água considerado foi de 5,03%. A terceira análise (simula o sistema existente no condomínio) foi realizada levando em conta um reservatório inferior com capacidade de 30.900 L, e um reservatório superior com capacidade para armazenar 28.590 L de água pluvial. Neste caso, o potencial de aproveitamento de água pluvial foi de 6,15%.

As análises econômicas foram realizadas no programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), sendo necessário fornecer alguns dados de entrada. Primeiramente foi fornecido o consumo médio mensal de água da edificação (média das séries históricas de consumo, obtida na Tabela 4.2) somado ao consumo mensal de água nos vasos sanitários. O consumo médio - referente à análise dos dados provenientes de leituras dos hidrômetros, disponibilizadas na série histórica de consumo de água - corresponde a 12,63 m³ (90,81% do consumo médio mensal total). Portanto, o consumo médio mensal total (incluindo o percentual utilizado nos vasos sanitários) corresponde a 13,91 m³. Assim, a tarifa de água e de esgoto cobrada pela CASAN, por apartamento será de R\$ 7,7314 por metro cúbico de água consumido. Foram considerados os seguintes impostos: PIS (1,65%) e COFINS (7,60%), cujos percentuais encontram-se discriminados na fatura de água. A Tabela 4.15 mostra os demais dados de entrada utilizados para efetuar as análises econômicas em cada uma das situações.

Tabela 4.15 – Dados de entrada utilizados no programa Netuno para análise econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial com diferentes capacidades de reservatórios.

Uso da água pluvial	Vasos sanitários, máquinas de lavar louças e tanques		Vasos sanitários			
	<i>Potencial de economia de água potável (%)</i>	6,50		5,03		6,15 (Sistema existente no condomínio)
Custo dos reservatórios (R\$)	Inferior: 11.715,81	Superior: 5.993,44	Inferior: 9.691,67	Superior: 2.020,92	Inferior: 16.957,48	Superior: 15.873,72
Custo da Mão de obra (R\$)	5.610,95		4.303,27		8.034,36	
Custo com tubulações (R\$)	3.785,99		2.886,49		6.054,28	
Tempo de funcionamento de motobomba (h/dia)	0,07		0,02			
Custo mensal com energia elétrica na motobomba (R\$)	2,14		0,60			
Custo do conjunto motobomba (R\$)	4.679,00					
Custo Filtro vortex WFF 150 (R\$)	2.030,00					
Custo válvula solenóide de duas vias (R\$)	720,00					
Custo Chave bóia (R\$)	103,00					
Periodicidade de limpeza dos reservatórios (meses)	6					
Custo de limpeza por reservatório (R\$)	500,00					
Vazão da motobomba (L/h)	2.180					
Potência da motobomba (cv)	3,0					
Rendimento da motobomba (%)	32					
Tempo de partida (s)	100					
Dias de funcionamento por mês (dias)	30					
Custo da Energia elétrica (R\$/kW)	0,45985					
ICMS (%)	25					
Inflação mensal (%)	0,33					
Taxa mínima de atratividade ao mês (%)	0,82					

Tabela 4.15 – Dados de entrada utilizados no programa Netuno para análise econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial com diferentes capacidades de reservatórios (continuação).

Uso da água pluvial	Vasos sanitários, máquinas de lavar louças e tanques	Vasos sanitários	
Potencial de economia de água potável (%)	6,50	5,03	6,15 (Sistema existente no condomínio)
Período de análise (anos)	20		
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)	12		
Mês de instalação dos reservatórios	Julho		

Os valores dos reservatórios executados em concreto armado foram estimados conforme a Equação 17 (seção 3.8). A Tabela 4.16 mostra os custos estimados com aplicação da inflação a cada ano (de 2011 a 2018). Em 2010, um dólar era equivalente (em média) a R\$ 1,76.

Tabela 4.16 – Custos dos reservatórios de água pluvial corrigidos conforme a inflação.

Uso da água pluvial	Máquina de lavar roupas, vasos sanitários e tanque		Somente vasos sanitários			
	Inferior:	Superior:	Inferior:	Superior:	Inferior:	Superior:
Volumes dos reservatórios (m ³)	20,00	9,09	16,0	2,53	30,9	28,59
Custo total em 2010 (R\$)	7546,18	3860,39	6242,43	1301,68	10922,36	10224,31
Custo total em 2011 (R\$) (inflação = 6,5%)	8036,68	4111,32	6648,19	1386,29	11632,32	10888,89
Custo total em 2012 (R\$) (inflação = 5,84%)	8506,03	4351,42	7036,45	1467,25	12311,65	11524,80
Custo total em 2013 (R\$) (inflação = 5,91%)	9008,74	4608,59	7452,30	1553,96	13039,26	12205,92

Tabela 4.16 – Custos dos reservatórios de água pluvial corrigidos conforme a inflação (continuação).

Uso da água pluvial	Máquina de lavar roupas, vasos sanitários e tanque		Somente vasos sanitários			
	Inferior: 20,00	Superior 9,09	Inferior: 16,0	Superior: 2,53	Inferior: 30,9	Superior: 28,59
Volumes dos reservatórios (m ³)						
Custo total em 2014 (R\$) (inflação = 6,41%)	9586,20	4903,99	7929,99	1653,57	13875,08	12988,32
Custo total em 2015 (R\$) (inflação=10,67%)	10609,04	5427,25	8776,12	1830,01	15355,55	14374,17
Custo total em 2016 (R\$) (inflação = 6,29%)	11276,35	5768,63	9328,14	1945,12	16321,42	15278,30
Custo total em 2017 (R\$) (inflação = 2,95%)	11609,00	5938,80	9603,32	2002,50	16802,90	15729,01
Custo atual (R\$) (inflação = 0,92%)	11715,81	5993,44	9691,67	2020,92	16957,48	15873,72

Para determinar os custos associados à mão de obra, calcularam-se os custos referentes à concretagem do reservatório e à fabricação, colocação e remoção de formas. O custo de mão de obra inserido no Netuno foi calculado considerando produtividade média dos operários referente à fabricação de formas na obra, podendo a mesma ser utilizada três vezes. Além disso, utilizou-se a produtividade média associada ao serviço de concretagem de uma estrutura. Tais valores de produtividade foram retirados da TCPO (2010). Também se incluiu o custo de mão de obra referente à instalação da tubulação do sistema de aproveitamento. O Quadro 4.3 mostra os resultados do cálculo dos custos referentes à mão de obra e a Tabela 4.17 mostra os resultados encontrados depois de efetuadas as análises econômicas.

Quadro 4.3 – Valores necessários para cálculo dos custos de mão de obra e respectivos resultados.

Custo da mão de obra para concretagem						
Uso da água pluvial	Máquina de lavar roupas, tanque e vasos sanitários		Vasos sanitários			
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Reservatórios						
Capacidade reservatórios (m ³)	20,00	9,09	16,00	2,53	30,90	28,59
Altura (m)	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7
Dimensões laterais (m)	2,8	1,8	2,5	1,0	3,4	3,3
Espessura das paredes (m)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Volume concreto: laje e laterais (m ³)	5,98	3,90	5,26	2,05	7,72	7,41
Volume total de concreto (m ³)	9,9		7,3		15,1	
Produtividade (Hh/m ³)	1,65					
Tempo de concretagem (h)	16		12		25	
Preço pedreiro (R\$/h)	18,91					
Preço ajudante (R\$/h)	13,75					
<i>Custo execução Concretagem (R\$)</i>	532,25		394,26		815,22	
Custo de mão de obra para execução das formas						
Área total de formas (m ²)	106,81		81,30		152,73	
Produtividade (Hh/m ²)	1,22					
Tempo execução de formas (h)	130,30		99,18		186,34	
Preço carpinteiro (R\$/h)	18,93					
Preço ajudante (R\$/h)	14,22					
<i>Custo execução Formas (R\$/h)</i>	4.319,58		3.287,88		6.177,04	
<i>Custo execução reservatório</i>	4.851,82		3.682,13		6.992,26	

Quadro 4.3 – Valores necessários para cálculo dos custos de mão de obra e respectivos resultados (continuação).

Uso da água pluvial	Máquina de lavar roupas, tanque e vasos sanitários	Vasos sanitários	Uso da água pluvial
Mão de obra para instalação das tubulações			
Tempo para instalação (h)	8		
Preço encanador (R\$/h)	18,89		
Preço ajudante (R\$/h)	14,18		
<i>Custo de instalação (R\$)</i>	226,88		
<i>Custo Total de mão-de-obra (R\$)</i>	4.554,02	3.704,59	8.034,36

Tabela 4.17 – Resultados das análises financeiras realizadas para diferentes potenciais de economia de água potável.

Indicadores	Máquina de lavar roupas, vasos sanitários e tanque	Somente vasos sanitários (potencial de economia de água potável: 5,03%)	Somente vasos sanitários (potencial de economia de água potável: 6,15%)
VPL (R\$)	50.160,03	47.723,07	24.551,62
Tempo de retorno do investimento (meses)	67	57	131
Taxa interna de retorno ao mês (%)	2,07	2,34	1,25

Após efetuadas as análises econômicas, percebeu-se que todas elas são financeiramente viáveis para serem implantadas. Nota-se, também, que o maior valor presente líquido foi obtido quando o sistema de aproveitamento de água pluvial foi dimensionado para atender a todos os usos não potáveis existentes nos apartamentos (máquina de lavar roupas, tanque e vasos sanitários). Porém, para esse cenário, foi obtido maior tempo de retorno, quando comparado com o sistema dimensionado para atender somente aos vasos sanitários e cujo potencial de economia de água potável é de 5,03%. Além disso, a análise do primeiro cenário resultou em menor taxa interna de retorno ao mês quando comparada com a simulação do segundo cenário. Dentre os três casos avaliados, percebe-se que a implantação do sistema de aproveitamento para

atender a todos os usos finais não potáveis traz maior retorno financeiro quando comparado aos outros dois dimensionamentos efetuados. O uso do sistema de aproveitamento de água pluvial existente na edificação estudada gera menor retorno financeiro que o reservatório dimensionado para atender à demanda dos vasos sanitários e que proporciona potencial de economia de água potável de 5,03%. Além disso, o tempo de retorno do investimento do sistema com reservatório inferior de 30.900 L é bastante superior ao tempo de retorno encontrado para o sistema com reservatório inferior de capacidade igual a 16.000 L. A decisão pela implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial se dá pela construtora, no entanto a mesma não apresenta benefício direto relacionado à implantação do sistema – uma vez que a economia gerada nas faturas de água corresponde a um benefício exclusivo dos usuários. Dessa forma, para a empresa, torna-se mais viável financeiramente implantar um sistema cuja análise econômica resulte em uma taxa interna de retorno superior e em um período de retorno financeiro inferior aos demais cenários simulados.

Portanto, conclui-se que a ação mais viável financeiramente, na fase de projeto da edificação residencial multifamiliar estudada, seria a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial cujo dimensionamento fosse adequado para suprir parte da demanda de água potável nos vasos sanitários, somente. Em seguida, o sistema de aproveitamento com maior viabilidade financeira, por proporcionar maior retorno financeiro, corresponde aquele cuja capacidade do reservatório inferior vale 20.000 L. Por fim, o sistema de aproveitamento de água pluvial com menor viabilidade financeira corresponde ao sistema com capacidade de reservatório inferior de 30.900 L.

4.10. Caracterização da população e resultados oriundos da análise do questionário individual de satisfação

Ao analisar as respostas coletadas por meio do questionário individual, percebe-se que nem todos os moradores dos apartamentos participantes da pesquisa responderam-no. Foram preenchidos questionários de 27 apartamentos diferentes. Do número total de respostas obtidas, 31 são do gênero feminino (55,4%) e 25 (44,6%) respostas são do gênero masculino. A população que preencheu o questionário apresenta média de idade de 49 anos, variando entre 14 e 94 anos. Em média residem três pessoas por apartamento, sendo cinco o número máximo de moradores e um, o número mínimo.

As quatro primeiras questões foram referentes aos hábitos de uso das descargas total e/ou parcial dos vasos sanitários existentes nos apartamentos. A Tabela 4.18 resume os

resultados associados a tais perguntas, encontrados por meio da análise dos dados do questionário individual.

Tabela 4.18 – Resultados das perguntas relacionadas aos hábitos de uso e desempenho das descargas nos apartamentos da edificação que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial.

Pergunta	Categorias	Número de pessoas	Percentual em relação ao total (50 respostas) (%)
Você costuma utilizar a descarga parcial nos vasos sanitários do seu apartamento?	Sim	47	83,9
	Não	9	16,1
	Sem resposta	2	3,6
Uma descarga parcial é suficiente para transporte dos dejetos (sólidos)?	Sim	24	42,9
	Às vezes	12	21,4
	Não	18	32,1
Você costuma utilizar a descarga total nos vasos sanitários do seu apartamento?	Sim	47	83,9
	Não	9	16,1
Uma descarga total é suficiente para transporte dos dejetos (sólidos)?	Sim	54	96,4
	Às vezes	1	1,8
	Não	1	1,8

Analisando a Tabela 4.18 nota-se que a maioria dos moradores utiliza a descarga parcial dos vasos sanitários. Além disso, boa parte dos moradores admite que o acionamento de uma única descarga parcial é suficiente para o transporte dos dejetos. Embora grande parte dos participantes tenham concordado com essa informação, 82% daqueles que participaram do preenchimento do questionário afirmaram utilizar a descarga total. Praticamente todos os indivíduos participantes concordam que uma única descarga total é suficiente para transportar os dejetos.

A quinta e a sétima questões referiram-se à percepção de sinais de turbidez na água utilizada para o vaso sanitário e à satisfação dos moradores quanto à pressão e à aparência da

água. De modo geral, os moradores estão satisfeitos quanto à aparência da água usada nos vasos sanitários. Além disso, doze moradores relataram já ter notado água do vaso com aparência turva. Destes, a maioria mencionou a limpeza do reservatório de água pluvial, que feita de modo incorreto, ocasionou turbidez na água dos vasos sanitários. Com relação à pressão da água nos pontos de uso do apartamento quase todos os participantes mostraram-se satisfeitos. Dois participantes manifestaram insatisfação associada à pressão da água, sendo um morador do quinto pavimento e outro, do oitavo pavimento. A Tabela 4.19 mostra os resultados associados à satisfação quanto à aparência da água usada nos vasos sanitários e à pressão da água utilizada.

Tabela 4.19 – Resultados referentes à satisfação dos moradores quanto à aparência da água utilizada nos vasos sanitários e à pressão da água utilizada em torneiras e chuveiros dos apartamentos.

Perguntas	Categorias	Número de pessoas	Percentual em relação ao total de respostas (%)
Você está satisfeito com a aparência da água do vaso sanitário usado no seu apartamento?	Satisfeito	54	96,4
	Insatisfeito	1	1,8
	Sem resposta	1	1,8
Você já notou sinais de turbidez na água utilizada nos vasos sanitários do seu apartamento?	Sim	10	17,9
	Raramente	5	8,9
	Não	41	73,2
Você está satisfeito com a pressão da água nas torneiras e chuveiros do seu apartamento?	Satisfeito	54	96,4
	Insatisfeito	2	3,6

A sexta e oitava questões abordaram o aproveitamento de água pluvial e economia de água. Tais questões foram formuladas a fim de verificar se todos os moradores têm conhecimento sobre o sistema de aproveitamento de água existente na edificação e a que usos o mesmo atende. Também buscou avaliar a consciência dos moradores quanto ao consumo racional de água e o principal motivo pelo qual as pessoas buscam economizá-la. Ao analisar as respostas, verificou-se que 21,4% dos participantes desconheciam a existência do sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação. Além disso, 7,1% dos participantes não responderam à pergunta. As Figuras 4.18 e 4.19 mostram os percentuais de respostas em cada categoria referentes à função do sistema de aproveitamento de água pluvial e à importância de economizar água, respectivamente.

Figura 4.18 – Respostas dos moradores sobre a função do sistema de aproveitamento de água pluvial existente no edifício Fernando Pessoa.

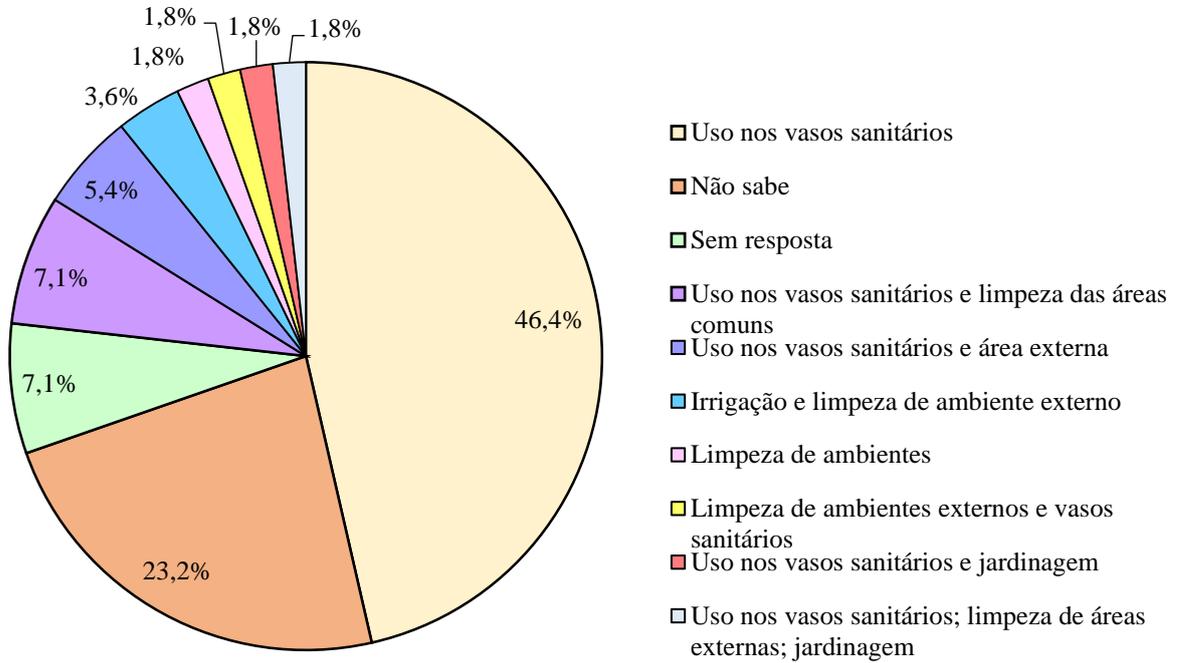
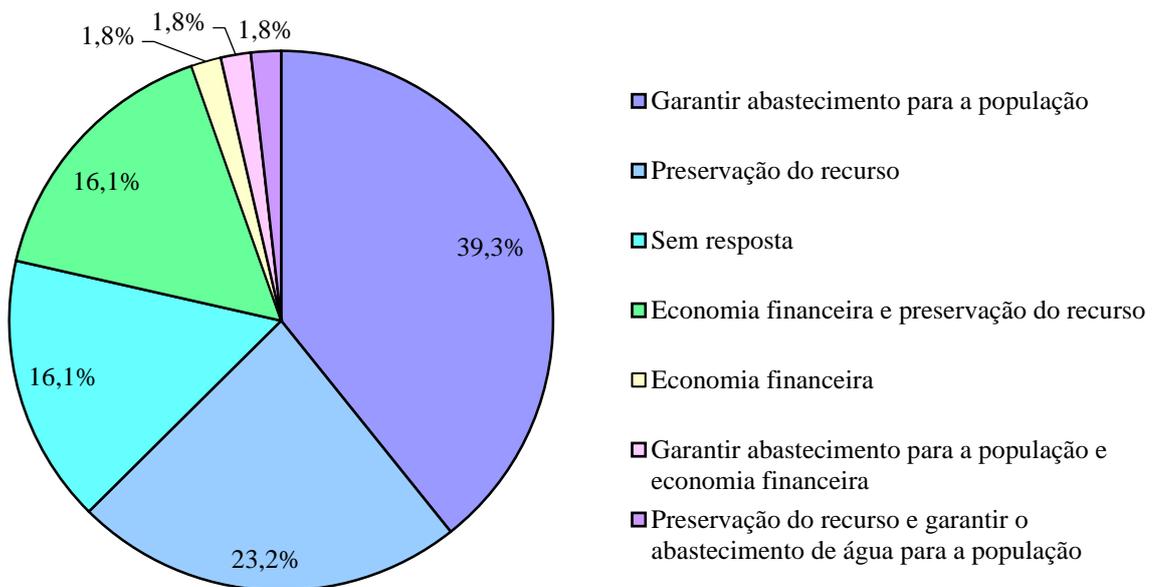


Figura 4.19 – Respostas dos moradores sobre os fins de uso do sistema de água pluvial existentes no condomínio residencial Fernando Pessoa.



Ao analisar as Figuras 4.18 e 4.19 nota-se que quase metade dos moradores que responderam ao questionário acredita que o sistema abastece apenas os vasos sanitários do condomínio, o que corresponde à realidade. Nota-se ainda, que, de modo geral, os participantes associam a importância da economia de água com a possível escassez do recurso, tornando-o insuficiente para abastecer à população. Entretanto, é importante ressaltar que um percentual considerável dos participantes (20%, aproximadamente) mencionou o fato de a economia de água representar, também, uma economia financeira na fatura mensal da água. Todos os participantes assumiram a importância na economia de água, porém alguns (6%) admitiram que pudessem economizar mais, ou que não se preocupam com a economia do recurso no dia-a-dia. Alguns moradores não responderam se costumam ou não economizar o recurso (16%). A maioria dos indivíduos respondeu que busca economizá-lo (78%), porém muitas respostas assemelharam-se à seguinte afirmação: “sempre que posso, economizo”, ou “economizo sempre que possível”. Tal afirmação, no entanto, confere um caráter muito subjetivo para que se defina se de fato há ou não preocupação por parte do morador em economizar água.

4.11. Síntese e discussão dos resultados

Para atingir aos objetivos deste trabalho, foram reunidos dados de consumos mensais de água de mais de um ano em duas edificações residenciais multifamiliares de padrões semelhantes: uma delas com sistema de aproveitamento de água pluvial, e outra que não dispõe do sistema. Além disso, dados foram levantados na edificação com o sistema de aproveitamento de água pluvial referentes à área de captação, vazões, dados diários de pluviosidade, foram realizadas leituras nos medidores individuais dos apartamentos, além de pesquisa com os moradores da edificação. Após a coleta dos dados foi possível: determinar e estimar consumos médios de água na edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial e nos apartamentos das duas edificações analisadas; comparar consumos de água *per capita* entre ambas; estimar os usos finais da água nos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial; calcular o potencial de aproveitamento de água potável da edificação, bem como dimensionar reservatórios de água potável; realizar análises financeiras a fim de verificar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e, ainda, analisar dados subjetivos acerca da percepção dos usuários do sistema de aproveitamento existente.

Ao comparar os consumos de água nas duas edificações residenciais, observou-se que o residencial Fernando Pessoa apresenta consumo de água diário (registrado por meio do

hidrômetro) *per capita* menor quando comparada à edificação que não dispõe do sistema de aproveitamento de água pluvial (157 L/pessoa/dia, no residencial Fernando Pessoa e 189 L/pessoa/dia no residencial Chateau de Valençay). Ao comparar os consumos de água determinados em ambas as edificações, verificou-se que em 2016, durante sete meses, a diferença de consumo de água correspondeu a 32,65% a mais do que o consumo total de água (no mesmo período) referente a edificação que possui o sistema de aproveitamento instalado. Em 2017, e nos três primeiros meses de 2018, foram observadas diferenças de consumo de 11,32 e 47,46%, respectivamente. Tal comparação apresenta limitações uma vez que não foram disponibilizados dados de consumo de água referentes a anos anteriores a 2016, e devido ao fato de que as edificações apresentam consumidores distintos, com diferentes características e diferentes hábitos de consumo.

Observou-se ainda, que os pontos de consumo de água mais utilizados nos apartamentos, em ordem decrescente, são: Chuveiros (representam 54,18% do consumo de água nos apartamentos); máquina de lavar roupas (21,26% do consumo de água); torneira da cozinha (contribui com 9,30% da água consumida nos apartamentos); vasos sanitários (representam 9,19% do consumo de água) e torneiras dos lavatórios (2,65% da água consumida). No capítulo 2, foram expostos alguns resultados de pesquisas sobre usos finais da água em edificações. Dessa maneira, percebe-se que o consumo de água diário *per capita* na edificação estudada (incluindo o consumo nos vasos sanitários) assemelha-se ao consumo de água encontrado nas pesquisas de Willis et al. (2009), em residências na Austrália e Loh e Coghlan (2003), que também analisaram dados de consumo de residências australianas. Além disso, a ordem crescente de consumo de água encontrada nas duas pesquisas é muito semelhante à encontrada neste trabalho. Porém, observa-se que nos dois estudos o percentual de água consumido nos chuveiros é inferior (33% nas duas pesquisas) ao percentual encontrado para estes aparelhos neste trabalho (mais de 50%). O percentual de água utilizada na máquina de lavar louças no condomínio Fernando Pessoa é um pouco superior (21,26%) ao percentual observado nas residências australianas relacionadas à pesquisa de Willis et al. (2009) (19%), e superior ao percentual de água utilizada no mesmo tipo de aparelho no estudo de Loh e Coghlan (2003). Também se notou diferença com relação ao uso da água nos vasos sanitários. A pesquisa de Willis et al. (2009) mostrou que o consumo de água nesses aparelhos equivale a 13% do consumo total de água nas residências, e o trabalho de Loh e Coghlan (2003) estimou o consumo de água utilizada nos vasos sanitários em 17% do consumo total de água nas residências, ou seja, resultados superiores ao obtido neste trabalho. O relatório sobre Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social (GHISI et al., 2015)

também identificou que, em edificações de padrão popular, o chuveiro representa o aparelho sanitário onde há maior consumo de água.

Na edificação estudada foram estimados os seguintes percentuais de economia de água potável: 6,50% considerando reservatório inferior com capacidade de 20.000 L e demanda de água pluvial para atender a todos os usos não potáveis dos apartamentos; 5,03% utilizando reservatório inferior com capacidade de 16.000 L e assumindo que a água pluvial será utilizada para atender apenas a demanda dos vasos sanitários; 6,15% no caso de uso de reservatório inferior com capacidade de armazenamento de 30.900 L de água pluvial, dimensionado para atender apenas aos vasos sanitários. Nota-se que os valores estimados neste trabalho são bastante inferiores àqueles expostos no capítulo de revisão bibliográfica. Um dos motivos pelo qual tal discrepância foi observada pode estar associado aos dados de precipitação utilizados, uma vez que em alguns meses não houve registros diários de precipitação. Nesses casos, portanto, se desconhece se houve ou não durante o dia algum evento de precipitação, porém o programa utilizado assume a não ocorrência desse evento.

Embora a maioria dos autores citados no capítulo dois concordem que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial seja economicamente viável apenas quando há elevado consumo diário de água *per capita*, as análises econômicas efetuadas neste trabalho, para os diferentes potenciais de economia de água potável, confirmaram a viabilidade financeira referente à implantação do sistema, mesmo que o consumo médio diário *per capita* não seja tão elevado. Verificou-se que a instalação de um sistema dimensionado para atender à demanda referente a todos os usos não potáveis proporciona maior retorno financeiro quando comparado à implantação dos outros dois sistemas avaliados.

As análises das respostas sobre os hábitos relacionados ao uso das descargas revelaram que a maioria dos moradores utiliza a descarga parcial e grande parte dos moradores respondeu que uma única descarga parcial é suficiente para transportar os dejetos sólidos do vaso sanitário. Apesar disso, muitos moradores ainda utilizam a descarga total ao invés da descarga parcial para transporte de sólidos. Praticamente todos os moradores concordaram que o fluxo de seis litros disponibilizado na descarga total é suficiente para o transporte dos dejetos. De modo geral, os moradores do condomínio estão satisfeitos com a pressão e a aparência da água utilizada nos vasos sanitários. A maior parte dos moradores não nota sinais de turbidez. Sobre as questões associadas à economia de água, todos os moradores têm ciência dessa importância, e muitos afirmam economizar água sempre que possível.

5. Conclusões

O estudo realizado na edificação residencial multifamiliar situada em Florianópolis possibilitou efetuar análises de consumo de água (com base em leituras diárias de medidores e dados históricos de consumo); estimativas de usos finais da água nos apartamentos da edificação, bem como análises de hábitos, satisfação e consciência a respeito da importância da economia de água; avaliação do potencial de economia de água potável, considerando duas condições diferentes de uso de água pluvial, além de comparação de tais condições com a existente na edificação atualmente. Por fim, com os levantamentos de custos, foi possível verificar a viabilidade financeira dos sistemas de aproveitamento de água pluvial simulados. Também foi possível efetuar comparações entre os dados de consumo do condomínio com sistema de aproveitamento de água pluvial e outra edificação residencial de padrão semelhante, mas que não possui o sistema de aproveitamento.

Estima-se que, em geral, o consumo de água nos apartamentos do condomínio encontra-se distribuído da seguinte forma (em ordem decrescente): 54,18% do consumo total diário é gasto nos chuveiros; 21,26% correspondem ao consumo na máquina de lavar roupas; 9,30% de toda a água utilizada nos apartamentos durante um dia é consumida na torneira da cozinha; 9,19% do consumo de água dos apartamentos está associado ao uso dos vasos sanitários; 2,65% da água utilizada diariamente nas unidades residenciais diz respeito ao uso nos lavatórios, e o percentual restante encontra-se distribuído entre usos nas torneiras do tanque, churrasqueira, máquina de lavar louças e água para beber. Estes resultados assemelham-se a estudos efetuados em edificações residenciais na Austrália (LOH; COGHLAN, 2003; WILLIS et al., 2009).

Por meio das simulações efetuadas no Netuno, conclui-se que o reservatório de água pluvial superior poderia apresentar capacidade próxima da demanda média diária de água pluvial, e o volume do reservatório inferior poderia apresentar capacidades próximas de 20.000 L (no caso de utilização da água pluvial para atender à demanda de água nos vasos sanitários, máquina de lavar roupas e tanque) ou 16.000 L (no caso de utilizar a água pluvial para atender somente aos vasos sanitários dos apartamentos da edificação). Portanto, verificou-se que os reservatórios de água pluvial existentes na edificação poderiam ter sido melhor dimensionados, a fim de reduzir gastos desnecessários com materiais e proporcionar maior retorno financeiro do investimento.

Por meio das simulações realizadas e, dispondo do percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial, verificou-se que o maior potencial de economia de água potável dentre os cenários simulados é de 6,50% (potencial de economia de água potável

correspondente a um reservatório inferior de água potável de 20.000 L, dimensionado para atender a todos os usos não potáveis da edificação).

As análises dos dados de satisfação para com a água utilizada nos vasos sanitários revelaram boa aceitação da mesma por parte dos moradores. Mesmo quando os moradores notam algum sinal de turbidez, a maioria deles não manifestou insatisfação. Dentre os 56 participantes, apenas um mencionou estar insatisfeito com o sistema de aproveitamento de água pluvial existente na edificação.

A análise econômica realizada confirma a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, sendo o mais viável financeiramente aquele dimensionado adequadamente para atender apenas aos vasos sanitários dos apartamentos. Dentre os três sistemas analisados, o que existe na edificação apresentou maior período de retorno financeiro e menor viabilidade econômica.

Conclui-se, por meio desta pesquisa, que a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação estudada é viável considerando a satisfação por parte dos moradores e a análise financeira. Porém, para uma avaliação mais completa, a fim de verificar a viabilidade de implantação do sistema considerando os materiais empregados, processos de fabricação, vida útil dos mesmos, é importante efetuar uma análise de ciclo de vida do sistema.

É importante salientar, entretanto, que alguns fatores não favorecem a decisão para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial nas edificações localizadas em Florianópolis. Uma delas é o sistema de cobrança da tarifa de água no município. A CASAN estabelece um valor fixo (mínimo) de cobrança de água para consumo mensal de até 10 m³. Edificações cujo consumo mensal de água é inferior ao volume de 10 m³ pagam esse valor fixo e, por isso, a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial nessas edificações não produziria nenhuma economia financeira. Além disso, para as construtoras não é tão atrativo implantar esse tipo de sistema, uma vez que eleva o custo do empreendimento e não proporciona benefício direto para a mesma. Para que os sistemas de aproveitamento de água pluvial sejam mais difundidos é necessário que haja mudança na mentalidade de muitos consumidores, mudança no modo de cobrança da tarifa de água, principalmente em edificações onde o consumo é baixo, além da criação de políticas públicas que incentivem a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

5.1. Limitações

Durante a realização deste trabalho, foram encontradas algumas dificuldades. Uma delas refere-se ao número de apartamentos participantes da pesquisa. Sabe-se que a edificação onde foi realizado o experimento de campo é composta por 56 unidades residenciais. Porém, foi possível coletar dados somente de 26 unidades, uma vez que muitos moradores se recusaram a participar do experimento. Mesmo com 26 dados resultantes do monitoramento do consumo de água nos apartamentos, três foram excluídos da análise por apresentarem diferenças de consumo extremamente elevadas. Outros apartamentos também apresentaram elevado percentual de erro nas respostas, porém optou-se pela não exclusão dos dados uma vez que a amostra contou com número reduzido de participantes. Para obter uma amostra mais significativa, seria importante coletar dados de uma quantidade maior de apartamentos.

Outra limitação encontrada foi a impossibilidade de realizar medições dos consumos finais, sendo necessário aplicar o questionário de monitoramento. Além disso, os moradores não concordaram em respondê-lo por uma semana.

É necessário ressaltar que os dados coletados se referem a uma única edificação residencial, portanto deve-se ter cautela quanto à aplicação dos resultados descritos. No caso da aplicação destes resultados a uma edificação, a mesma deve apresentar características semelhantes às descritas a respeito do condomínio que dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial além de moradores com hábitos semelhantes.

Ademais, não é adequado utilizar o consumo de água potável observado na edificação que não dispõe de sistema de aproveitamento de água pluvial como dado para elaboração de novos projetos. É importante a análise de diferentes populações, de diferentes edificações que apresentem padrões semelhantes para elaboração de projetos hidráulicos ou de água pluvial em uma nova edificação a ser executada.

Outra dificuldade enfrentada pode ser atribuída à definição dos valores de vazão a serem utilizados em cada aparelho. Não foi possível realizar medições de vazão em outros apartamentos com exceção daquele onde foi conduzido o experimento piloto. Isso resultou na utilização de valores médios de vazão nas torneiras e chuveiros dos apartamentos, ao invés de valores reais, medidos *in loco*.

Uma vez que a edificação onde se realizou o monitoramento do consumo de água não possui medidor para registrar o volume de água pluvial aproveitado, foi necessário considerar o consumo de água nos vasos sanitários como verdadeiro (sem compará-lo com o consumo de água medido).

Com relação à viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, também é necessário analisar o ciclo de vida associado aos seus componentes.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Após a conclusão da pesquisa sugerem-se as seguintes abordagens para realização de trabalhos futuros:

- Investigar padrões de consumo de água em maior quantidade de apartamentos que não dispõem de sistema de aproveitamento de água pluvial (efetuar pesquisas de campo em maior número de condomínios);
- Avaliar a viabilidade de instalação de sistemas de reuso de água cinza e/ou negra em edificações residenciais localizadas em Florianópolis;
- Investigar o perfil dos moradores de edificações residenciais que dispõem de sistema de aproveitamento de água pluvial e comparar com o perfil de moradores de edificações que não apresentam o sistema;
- Avaliar a possível existência de efeito rebote relacionado ao uso de água pluvial;
- Efetuar análises de ciclo de vida dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Água na Medida Certa**: a hidrometria no Brasil. Brasília: ANA, 2012. 72 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/AguaNaMedidaCerta.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ANA divulga relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: Informe 2014. 2015. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683>. Acesso em: 05 set. 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. De M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.
- AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic analysis of Rainwater harvesting systems comparing developing and developed countries: A case study of Australia and Kenya. **Journal of Cleaner Production**, v.172, p. 196-207, 2018.
- ANTUNES, L. N. **Potencial de economia de água potável e energia elétrica em edificações escolares**. 2017. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 8 p.
- BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.
- BERBEL, J., MARTÍN, C. G., DÍAZ, J. A. R., CAMACHO, E., MONTESINOS, P. Literature Review on Rebound Effect of Water Saving Measures and Analysis of a Spanish Case Study. **Water Resources Management**, v. 29, p. 663-678, 2015.
- BONNET, J. F.; DEVEL, C.; FAUCHER, P.; ROTURIER, J. Analysis of electricity and water end-uses in university campuses: case-study of the University of Bordeaux in the framework of the Ecocampus European Collaboration. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 13-14, 2002.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Resolução nº 4.582, fixa a meta para a inflação e seu intervalo de tolerância para os anos de 2019 e 2020. **Resolução Nº 4.582, de 29 de Junho de 2017.** p. 1-1. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/50402/Res_4582_v1_O.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

BRASIL. Subsecretaria de Arrecadação e Atendimento. Receita Federal (Org.). **Taxa de Juros Selic.** 2018. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 30 maio 2018.

COELHO, F. **Análise e discussão dos métodos propostos pela norma NBR 15527 para o dimensionamento de reservatórios de águas pluviais.** 2008. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DIXON, A. M.; MCMANUS, M. An introduction to life cycle and rebound effects in water systems. In: BUTLER, David; MEMON, Fayyaz Ali. **Water Demand Management.** London: Iwa Publishing, 2006. Chapter 6. p. 130-140.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of Rainwater harvesting in single and multi-family buildings in the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 598-608, 2011.

DTU. Development Technology Unit. **Very-low-cost domestic roofwater harvesting in the humid tropics: existing practice.** United Kingdom: School of Engineering, University of Warwick, 2002. Disponível em: <http://www.eng.warwick.ac.uk>. Acesso em: dezembro de 2006.

FABRIMAR. **Catálogo de produtos e informações técnicas.** Edição: Abril 2018.

FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.

FERREIRA, M. I. P., SILVA, J. A. F. D., PINHEIRO, M. R. D. C. Recursos hídricos: água no mundo, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 2 n. 2, p. 29-36, 2008.

FLORIANÓPOLIS (município). Lei ordinária nº 8080, de 09 de novembro de 2009. Institui programa municipal de conservação, uso racional e reúso da água em edificações e dá outras providências. **Sistema leis municipais**, Florianópolis, SC, 07 jan. 2010. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/2009/808/8080/lei-ordinaria-n-8080-2009-institui-programa-municipal-de-conservacao-uso-racional-e-reuso-da-agua-em-edificacoes-e-da-outras-providencias?q=8080>>. Acesso em: 26 jun. 2018

GHSI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 1444-1550, 2006.

GHSI, E.; VIEIRA, A. S.; Da ROSA, A. S.; MARINOSKI, A. K.; SILVA, A. S.; BALVEDI, B. F.; ALMEIDA, L. S. S. **Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social**: Volume 1 – Hábitos e indicadores de consumo de água e energia. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2015. 91 p. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/relatorios_pesquisa/Relatorio_FINEP_-_VOL_01.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2018.

GHSI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

GHSI, 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, p. 2512-2522, 2007.

GHSI, 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, p. 204-210, 2006.

GHSI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 1654 – 1666, 2007.

GILLINGHAM, K.; RAPSON, D.; WAGNER, G. The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 10 p. 68-88, 2016.

GOOGLE MAPS. [Florianópolis]. [2018]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Florian%C3%B3polis+-+SC/@-27.615285,->

48.7628716,89167m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x952749bfe17eb89f:0xd3d6e34c9fba2a18!8m2!3d-27.5948698!4d-48.5482195. Acesso em: 24 mar 2018.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Curitiba, PR: Organic Trading, 2002. 196 p.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban water**, v. 1, p. 307-316, 1999.

JÚNIOR, G. B. A.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 85-98, 2008.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v.6, n. 1, p. 75-90, 2006.

KIPERSTOK, A.; SILVA, B. C. Da; COHIM, E.; JORDÃO, E. P.; JANUZZI, G.; GOMES, H. P.; OLIVEIRA, L. V. De; ZANELLA, L.; PHILIPPI, L. S.; SANTOS, M. F. L. Dos; PERTEL, M.; ABE, N.; CHEUNG, P. B.; VALENTINA, R. S. D.; GONÇALVES, R. F.; BEZERRA, S. De T. M.; ALVES, W. C. **Uso racional de água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

KLEIN, L. De B. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. 2017. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LIMA, J. A. De; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. De; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

LOCH, A.; ADAMSON, D. Drought and the rebound effect: a Murray-Darling Basin example. **Natural Hazards**, v. 79, p. 1429-1449, 2015.

LOH, M; COGHLAN, P. **Domestic Water Use Study: In Perth, Western Australia 1998-2001**. [s. l.]: Water Corporation, 2003. 36 p. Disponível em: <https://www.water.wa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0016/5029/42338.pdf>. Acesso em: 19 set. 2017.

- LOPES, A. C.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Assessment of the potential for potable water savings by using Rainwater in houses in Southern Brazil. **Water Science & Technology: Water Supply**, v. 16, p. 533-541, 2016.
- MAIA, A. G.; SANTOS, A. L. Dos; FILHO, P. C. De O. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. **Ambiência Guarapuava**, v. 7, n. 1, p. 51-63, 2011.
- MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: Estudo de caso em Florianópolis – SC. 2007. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- MARINOSKI, A. K., VIEIRA, A. S., SILVA, A. S., GHISI, E. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water**, v. 6, p. 1985-1999, 2014.
- MATOS, C.; BENTES, I.; SANTOS, C.; IMTEAZ, M.; PEREIRA, S. Economic Analysis of a Rainwater Harvesting System in a Commercial Building. **Water Resources Management**, v. 29, p. 3971-3986, 2015.
- MATOS, C., TEIXEIRA, C. A., BENTO, R., VARAJÃO, J., BENTES, I. An exploratory study on the influence of socio-demographic characteristics on water end uses inside buildings. **Science of the Total Environment**, 466-467, p. 467-474, 2014.
- MELLO, M.; PERTEL, M.; SOUZA, F. P. De. Análise de viabilidade econômica: um estudo de aproveitamento da água de chuva no instituto educacional Paulo de Tarso – Campos, RJ. **Perspectivas Online: ciências exatas & engenharia**, v. 4, n. 8, p. 31-50, 2014.
- MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B., AFSHAR, B. R., SIMMONS, M. T., BARRETT, M. E., KINNEY, K. A., KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water Research**, v. 45, p. 2049-2059, 2011.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. Relatório técnico-científico.

- PAPST, A. L. **Uso de inércia térmica no clima subtropical: estudo de caso em Florianópolis – SC**. 1999. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- PERFLEX. **Catálogo Book Perfex Metais**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.youblisher.com/p/984174-Book-2014/>>. Acesso em 30 abr. 2018.
- PROENÇA, L. C., GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 489-500, 2010.
- RAHMAN, A.; KEANE, J.; IMTEAZ, M. A. Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 61, p. 16-21, 2012.
- RATHNAYAKA, K.; MALANO, H.; MAHEEPALA, S.; GEORGE, B.; NAWARATHNA, B.; AORA, M.; ROBERTS, P. Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-Uses. **Water**, v. 7, p. 202-216, 2015.
- RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.
- SANTOS, S. M. Dos; FARIAS, M. M. M. W. E. C. De. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.164, p. 1007-1015, 2017.
- SINAPI – **Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 30 mai.2018.
- SOUZA, F. R.; MENDONÇA, M.; PAULINO, L. A. Mapeamento do campo térmico no centro de Florianópolis: uma proposta metodológica – organização do banco de dados. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, p. 223-238, 2012.
- TCPO. **Tabelas de composições de preços para orçamentos**: Engenharia Civil, Construção e Arquitetura. 13ª edição. São Paulo: Editora PINI, 2010.
- TOMAZ. **Aproveitamento de água de chuva**: Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. São Paulo - SP: Navegar Editora, 2003. 180 p.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. [S. l.]: Plinio Tomaz, 2010. 530 p. Disponível em:

<[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro Aproveitamento de agua de chuva 5 dez 2015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro_Aproveitamento_de_agua_de_chuva_5_dez_2015.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2017.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects. The 2017 Revision: Key Findings and Advance Tables.** New York: United Nations, 2017. 53 p.

VIGGIANO, M. H. S. **Edifícios Públicos Sustentáveis.** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010. 85 p. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/institucional/programas/senado-verde/pdf/Cartilhaedificios_publicos_sustentaveis_Visualizar.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.

WILLIS, R., STEWART, R. A., PANUWATWANICH, K., CAPATI, B., GIURCO, D. Gold Coast domestic water end use study. **Water: Journal of Australian Water Association**, v. 36, p. 79-85, 2009.

WWAP (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME). UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** Paris: UNESCO, 2015. 139 p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2017.

WWAP (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME). UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource.** Paris: UNESCO, 2017. 198 p. Disponível em:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>>. Acesso em: 05 set 2017.

Apêndices

Apêndice I

Consumo diário de água nos apartamentos da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 1 – Consumo diário de água nos apartamentos do 14º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

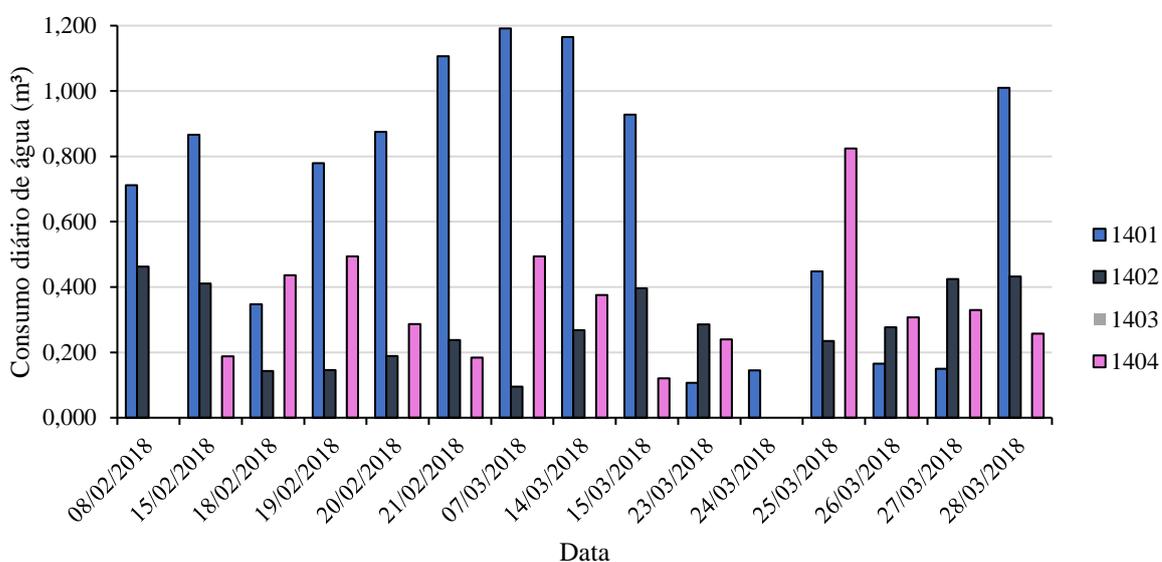


Figura 2 – Consumo diário de água nos apartamentos do 13º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

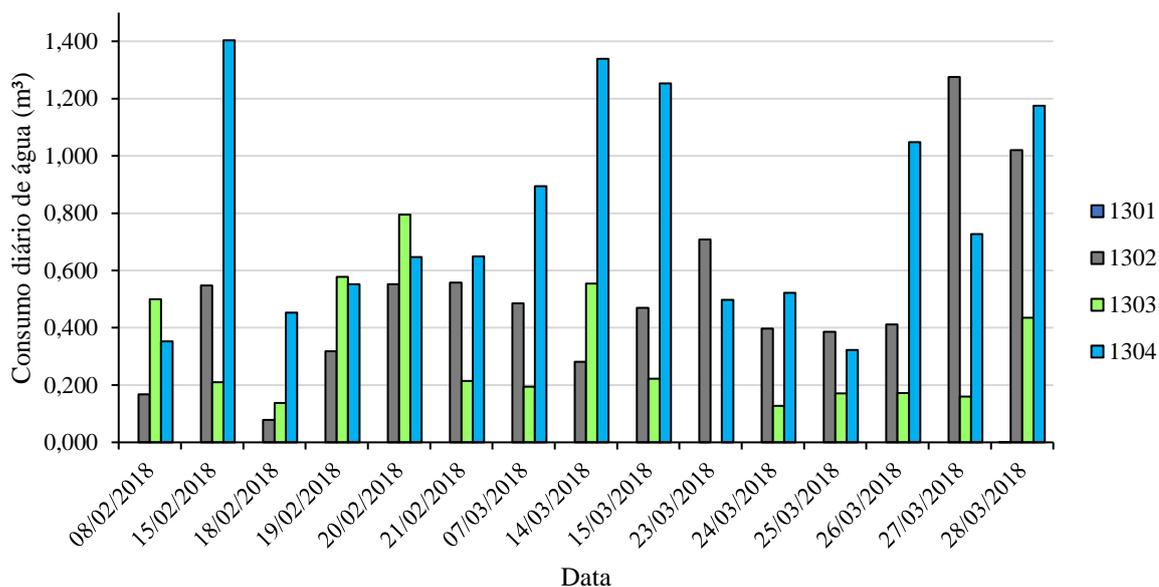


Figura 3 – Consumo diário de água nos apartamentos do 12º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

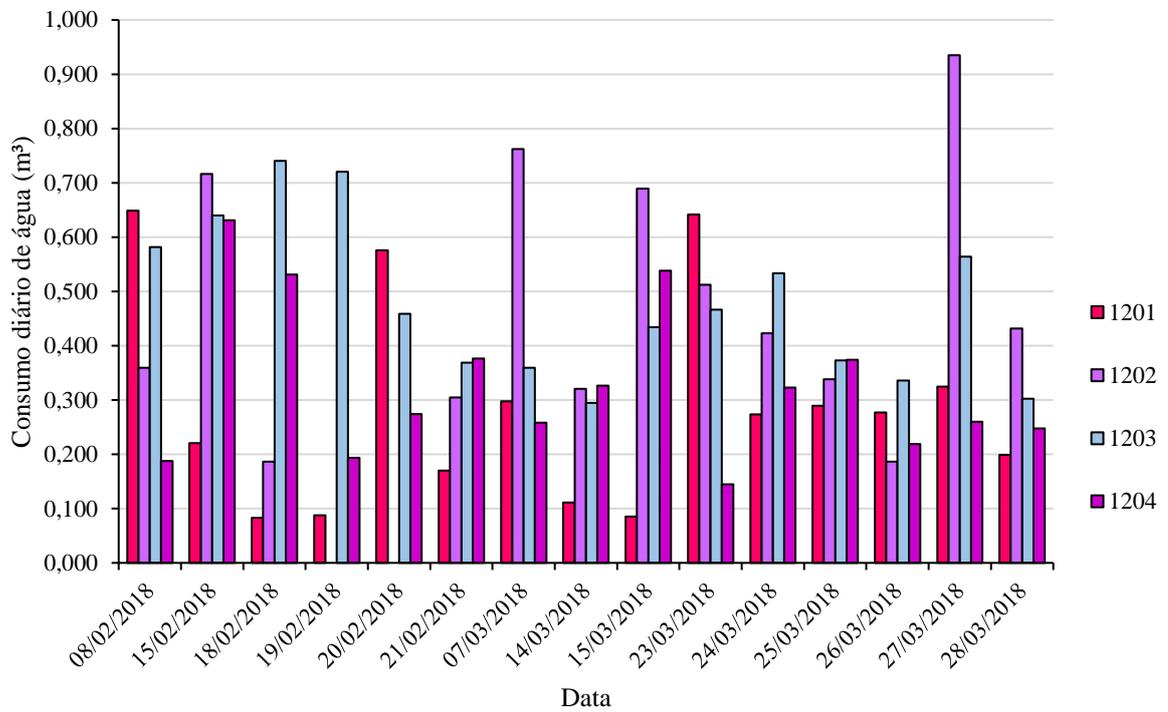


Figura 4 – Consumo diário de água nos apartamentos do 11º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

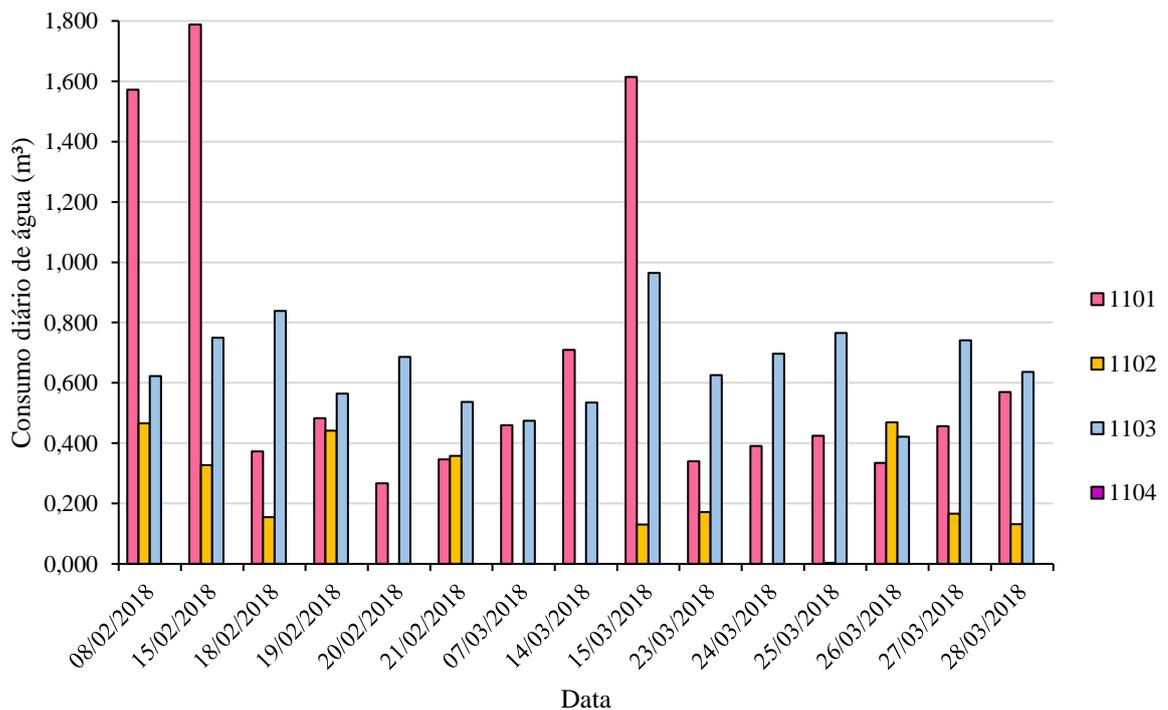


Figura 5 – Consumo diário de água nos apartamentos do 10º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

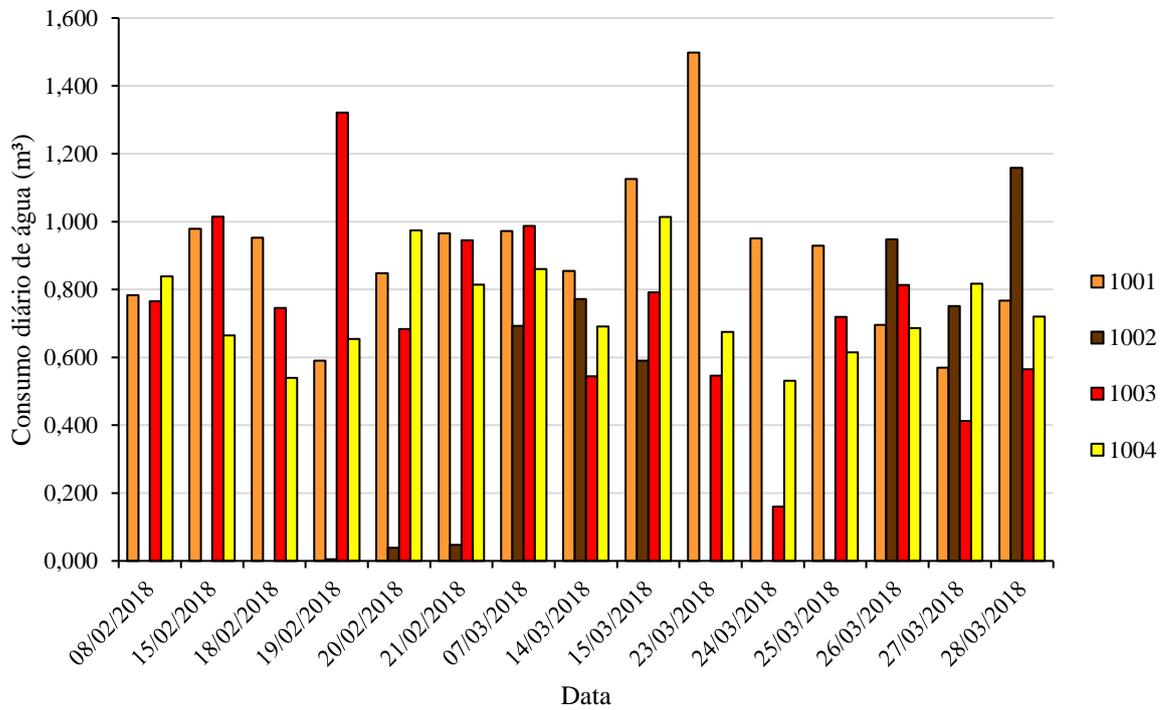


Figura 6 – Consumo diário de água nos apartamentos do 9º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

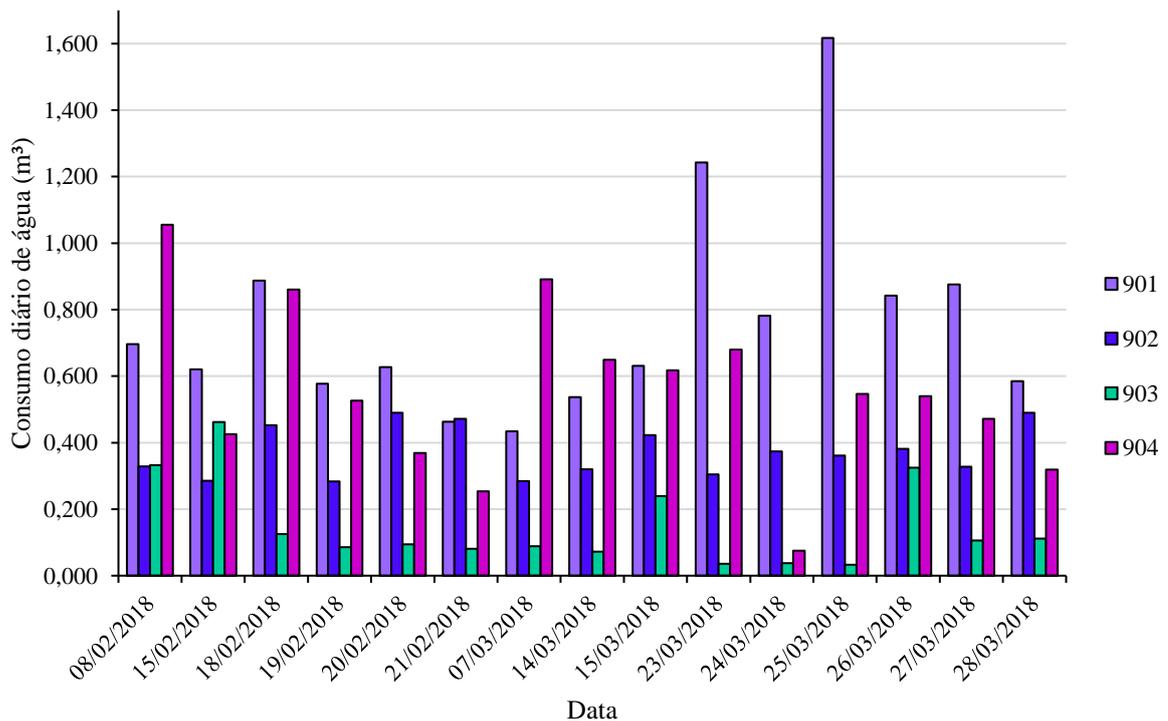


Figura 7 – Consumo diário de água nos apartamentos do 8º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

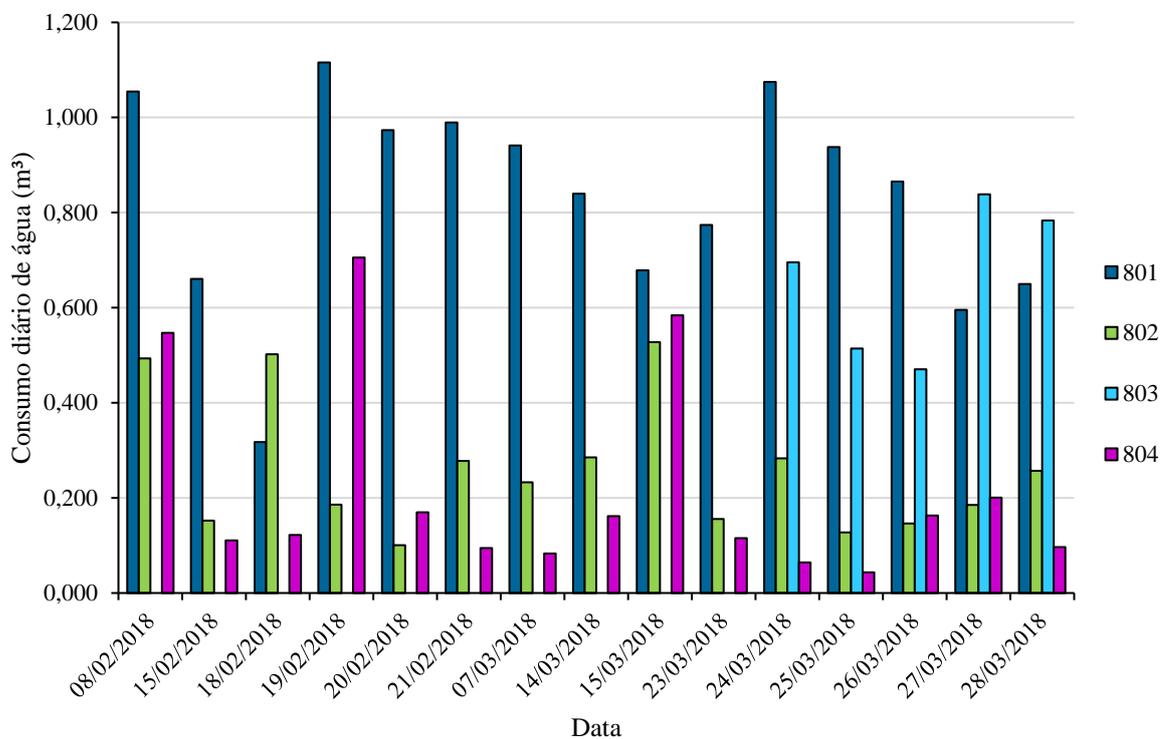


Figura 8 – Consumo diário de água nos apartamentos do 7º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

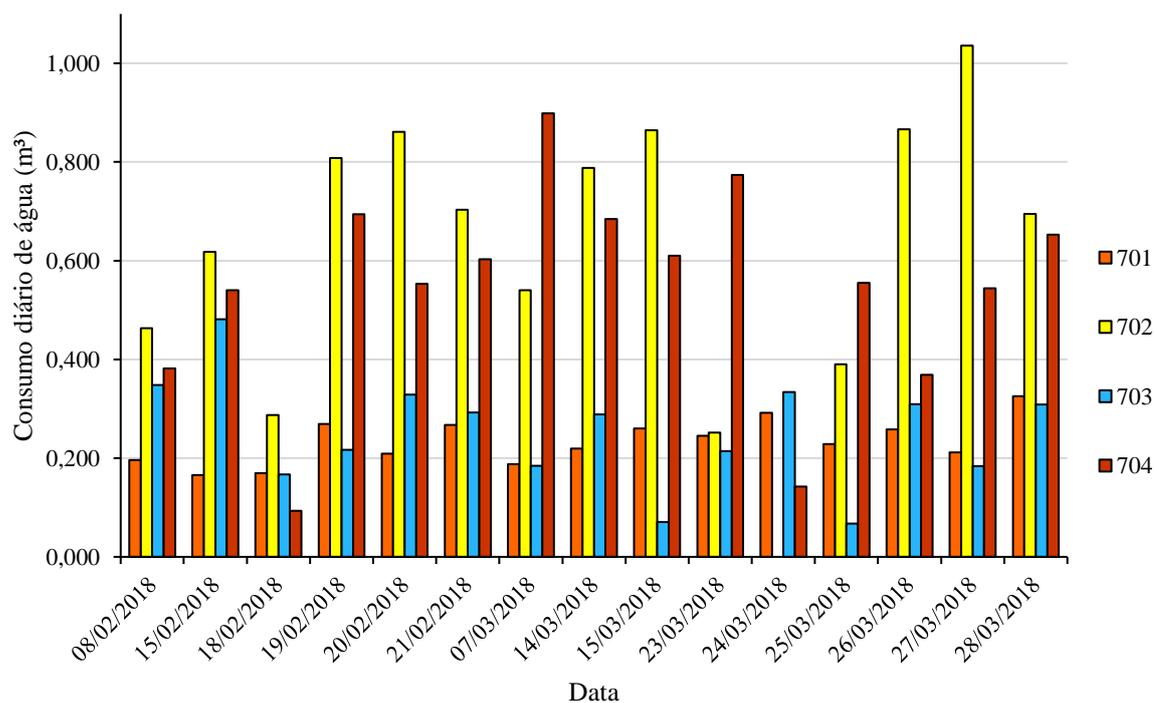


Figura 9 – Consumo diário de água nos apartamentos do 6º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

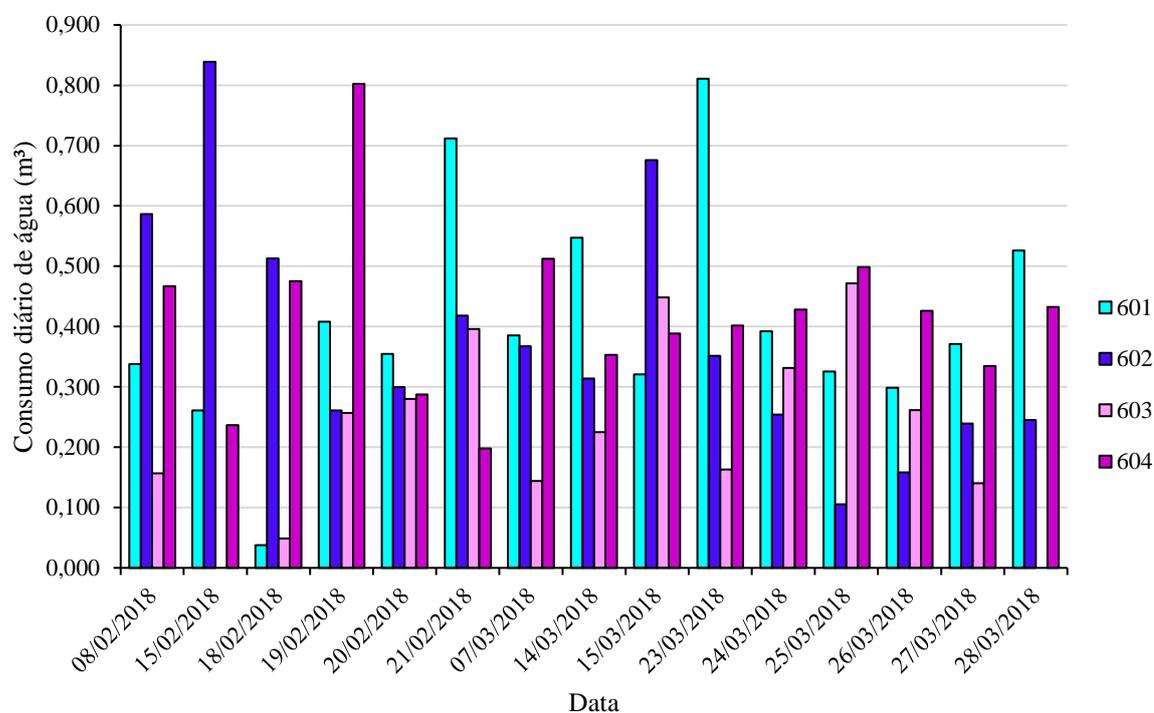


Figura 10 – Consumo diário de água nos apartamentos do 5º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

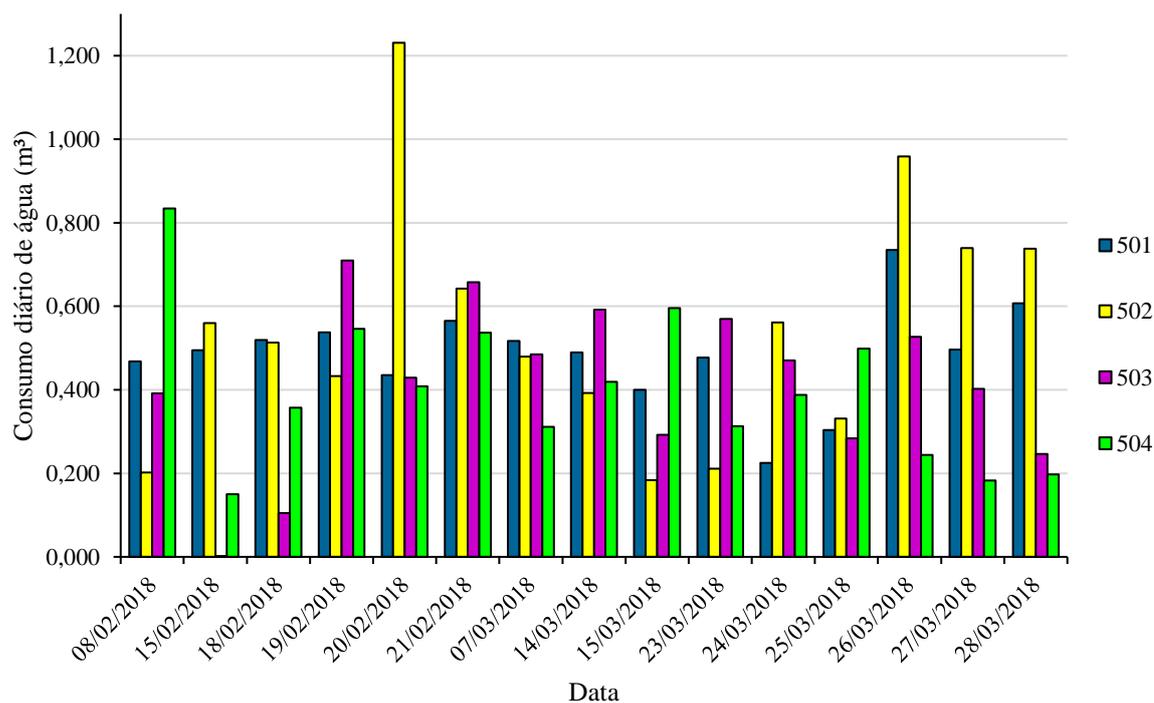


Figura 11 – Consumo diário de água nos apartamentos do 4º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

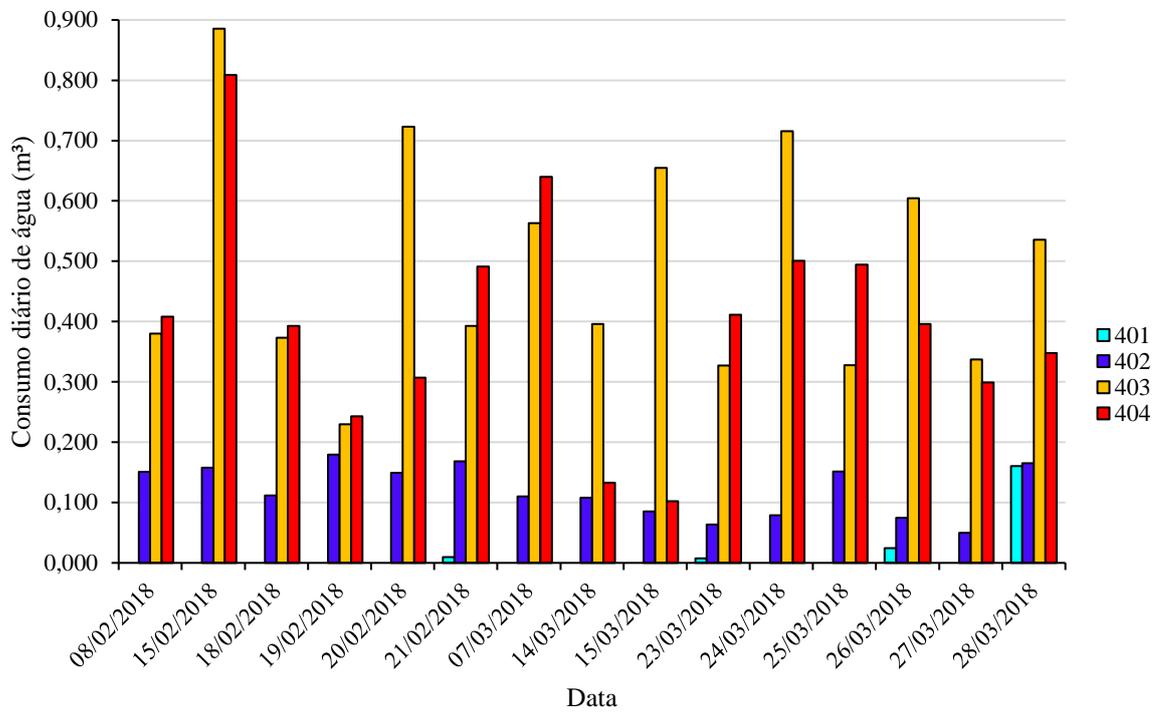


Figura 12 – Consumo diário de água nos apartamentos do 3º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

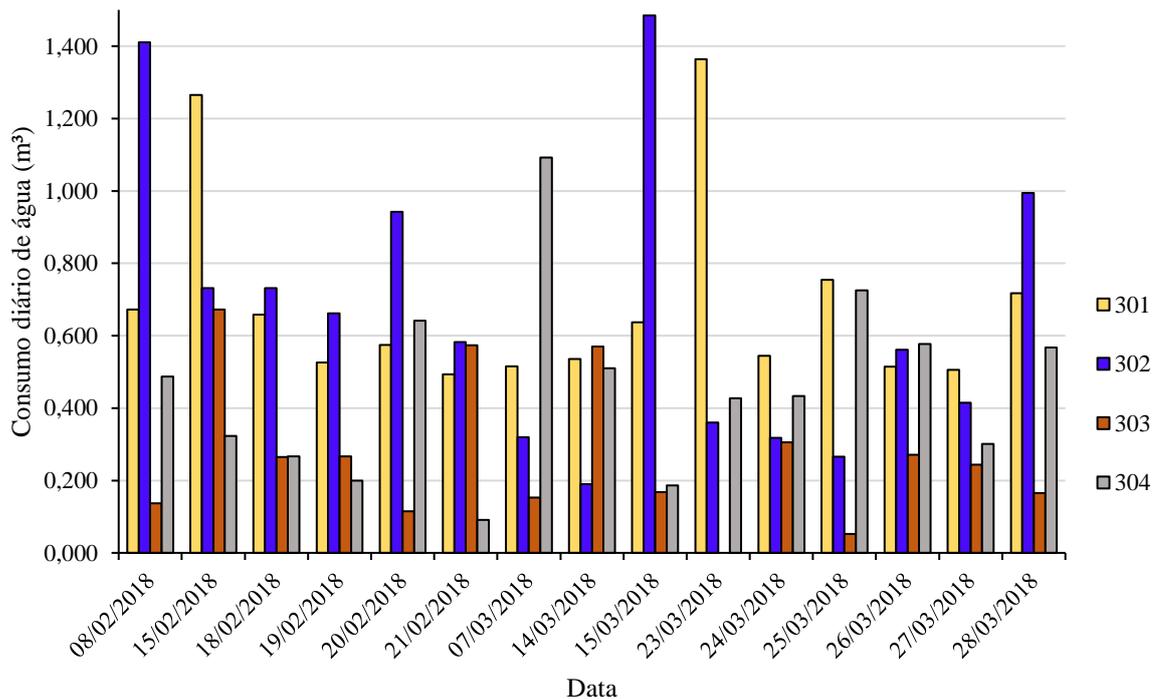


Figura 13 – Consumo diário de água nos apartamentos do 2º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.

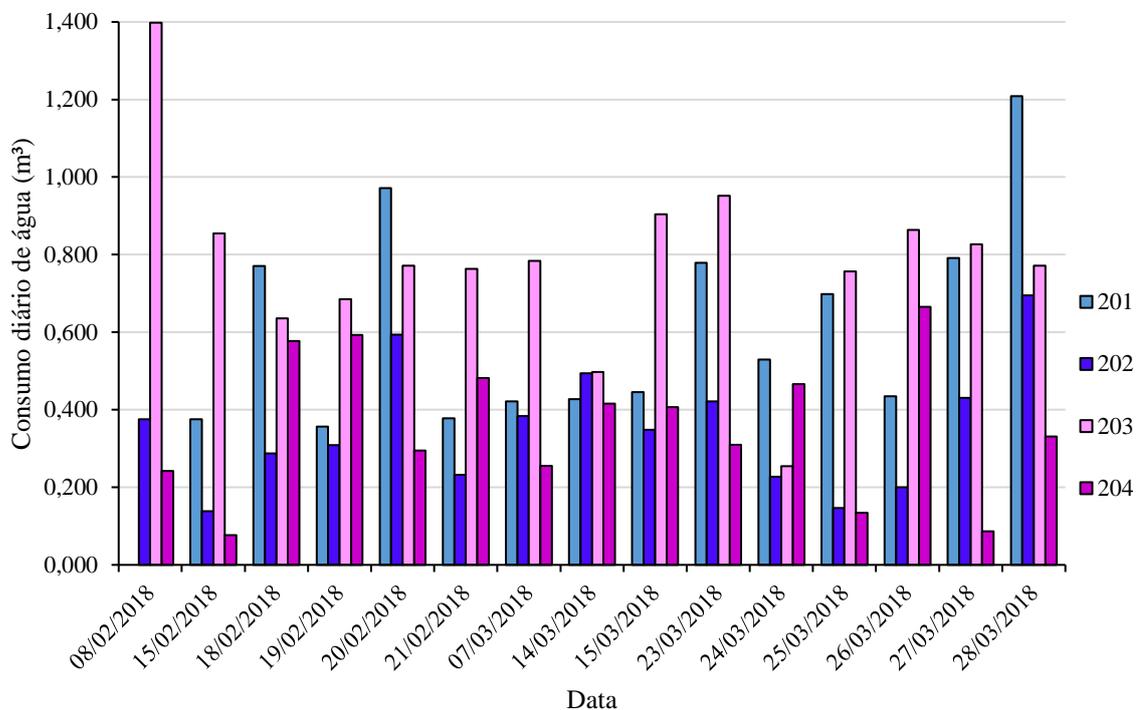
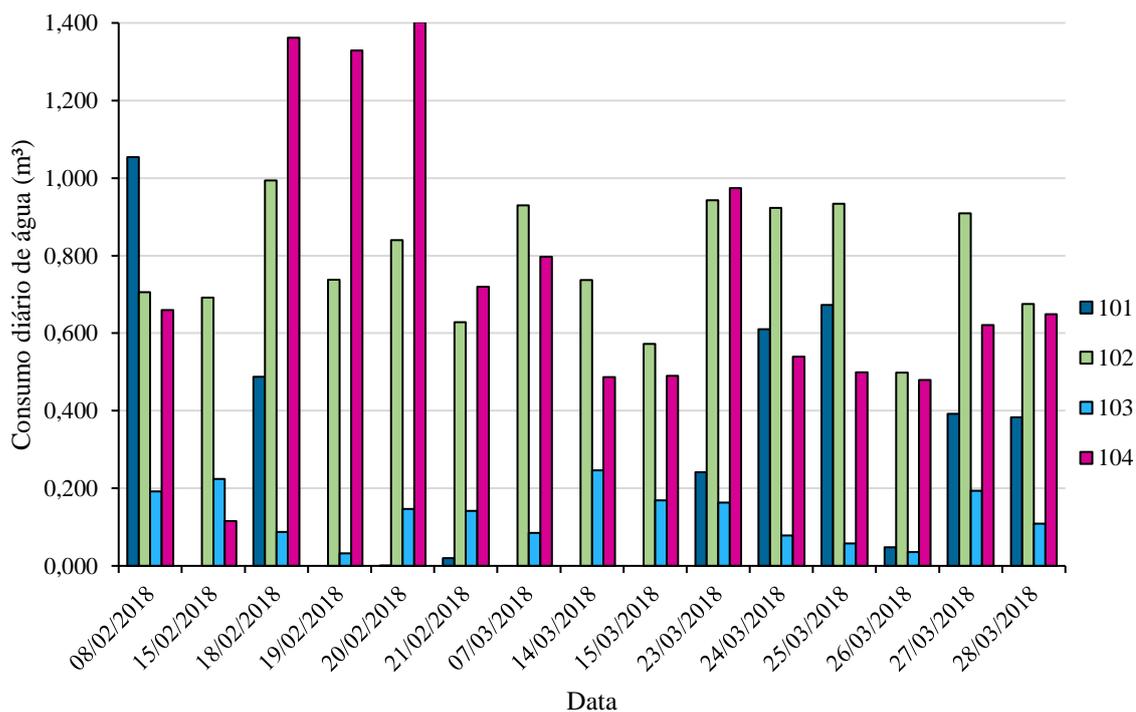


Figura 14 – Consumo diário de água nos apartamentos do 1º pavimento da edificação com sistema de aproveitamento de água pluvial.



Apêndice II

Primeiro questionário elaborado, utilizado apenas no experimento piloto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

**Estudo do Consumo de Água no Edifício Residencial Fernando Pessoa/Florianópolis –
SC**

Apartamento: _____

Número de moradores:

Gênero: Feminino Masculino

Idade: _____

Prezado participante,

Este questionário foi desenvolvido para um TCC do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Um dos objetivos do trabalho consiste em fazer uma estimativa dos consumos de água nos vasos sanitários, torneiras, chuveiros, e demais pontos de utilização dos apartamentos. Como não é viável instalar aparelhos para medir as vazões nos pontos de consumo de água, pede-se que este questionário seja respondido com seriedade, de modo que as respostas sejam as mais próximas possíveis da realidade.

Obrigada pela colaboração.

1. Torneiras

1.1. Torneira da cozinha

Qual o número de vezes por dia, em média, que você utiliza a(s) torneira(s) da cozinha do seu apartamento: _____

Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que utiliza a(s) torneira(s) da cozinha: _____

1.2. Torneiras dos banheiros

Qual o número de vezes por dia, em média, que você utiliza a(s) torneira(s) do(s) banheiros do seu apartamento: _____

Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que utiliza a(s) torneira(s) do(s) banheiro(s): _____

1.3. Torneiras da área de serviço

Qual o número de vezes por dia, em média, que você utiliza a torneira da área de serviço do seu apartamento: _____

Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que utiliza a torneira da área de serviço: _____

1.4. Torneira da churrasqueira

Qual o número de vezes por dia, em média, que você utiliza a torneira da churrasqueira do seu apartamento: _____

Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que utiliza a torneira da churrasqueira: _____

2. Vasos Sanitários

Qual o número de vezes por dia em média, que utiliza a descarga parcial (menor quantidade de água) dos vasos sanitários do seu apartamento: _____

Uma única descarga parcial é suficiente para transportar os dejetos (sólidos) do vaso?

Quantas vezes por dia, em média, você utiliza a descarga total (maior quantidade de água) dos vasos sanitários do seu apartamento: _____

Uma única descarga total é suficiente para transportar os dejetos (sólidos) do vaso?

Você está satisfeito com a aparência da água que é utilizada nos vasos sanitários? Alguma vez já notou sinais de turbidez? _____

3. Chuveiros

Quantas vezes por dia, em média, você utiliza os chuveiros do seu apartamento?

Estime um tempo (em minutos) a cada vez que utiliza o chuveiro:

4. Banheira

Quantas vezes por dia, em média, você utiliza a banheira do seu apartamento:_____

Estime um tempo (em minutos) a cada vez que utiliza a banheira:

5. Máquina de lavar roupas

Com que frequência semanal você utiliza a máquina de lavar roupas? (exemplo: uma vez por semana, duas vezes por semana...)_

Qual a marca e modelo da máquina de lavar roupas que você utiliza? _____

6. Máquina de lavar louças

Com que frequência você utiliza a máquina de lavar louças? (exemplo: todos os dias, um a cada dois dias, uma vez por semana...)_

Qual a marca e modelo da máquina de lavar louças que você utiliza? _____

7. Copos de água

Quantos copos de água você bebe por dia? (um copo de água equivale a aproximadamente 200 ml)_____

8. Outros pontos de consumo

Você utiliza algum outro ponto de consumo de água no seu apartamento? Qual? (exemplo: mictórios, ducha higiênica...)_____

Estime o número de vezes por dia, em média, que você o (os) utiliza:_____

Estime o tempo (em segundos) de utilização:_____

9. Questões pessoais

Você sabe se existe algum sistema de aproveitamento de água neste edifício? Se sim, para quê a água aproveitada é utilizada?_____

Você está satisfeito com a pressão da água nas torneiras e chuveiros do seu apartamento?

Para você, economizar água é importante? Por quê? Você busca economizar água?

10. Fotografias

Para melhor estimar as vazões nos diversos pontos de uso de água existentes nos apartamentos, pede-se, se possível, que envie fotos de torneiras e chuveiros existentes nos apartamentos. É importante que as fotos estejam identificadas conforme os itens em negrito deste questionário.

As fotos podem ser tiradas com o celular, e enviadas para o email:
jessica_maykot@hotmail.com.

Apêndice III

Questionário qualitativo aplicado aos moradores do condomínio residencial Fernando Pessoa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

Estudo do Consumo de Água no Edifício Residencial Fernando Pessoa/Florianópolis – SC

Apartamento: _____

Número de moradores: _____

Nome: _____

Gênero: Feminino Masculino

Idade: _____

Prezado participante,

Este questionário foi desenvolvido para um TCC do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Um dos objetivos do trabalho consiste em fazer uma estimativa dos consumos de água nos vasos sanitários, torneiras, chuveiros, e demais pontos de utilização dos apartamentos. Como não é viável instalar aparelhos para medir as vazões nos pontos de consumo de água, pede-se que este questionário seja respondido com seriedade, de modo que as respostas sejam o mais próximas possíveis da realidade.

Obrigada pela colaboração.

1. Vasos Sanitários

Você utiliza a descarga parcial (menor quantidade de água) dos vasos sanitários do seu apartamento? _____

Uma única descarga parcial é suficiente para transportar os dejetos (sólidos) do vaso?

Você utiliza a descarga total (maior quantidade de água) dos vasos sanitários do seu apartamento? _____

Uma única descarga total é suficiente para transportar os dejetos (sólidos) do vaso?

Você está satisfeito com a aparência da água que é utilizada nos vasos sanitários? Alguma vez já notou sinais de turbidez? _____

2. Questões pessoais

Você sabe se existe algum sistema de aproveitamento de água neste edifício? Se sim, para quê a água aproveitada é utilizada? _____

Você está satisfeito com a pressão da água nas torneiras e chuveiros do seu apartamento?

Para você, economizar água é importante? Por quê? Você busca economizar água?

3. Fotografias

Para melhor estimar as vazões nos diversos pontos de uso de água existentes nos apartamentos, pede-se, se possível, que envie fotos de torneiras e chuveiros existentes nos apartamentos. É importante que as fotos estejam identificadas por cômodos.

As fotos podem ser tiradas com o celular, e enviadas para o email: jessica_maykot@hotmail.com.

Consumo de água na área da churrasqueira

1. Torneira da churrasqueira - Registre o tempo de uso (em segundos) a cada vez que utilizou a torneira da churrasqueira:

| Tempo (s) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Data do início do experimento: ____/____/____. Data do término do experimento: ____/____/____.

Horário de início do experimento: ____:____. Horário de término do experimento: ____:____.

Nome do(s) usuário(s) que consumiram água na churrasqueira: _____

4. Banheira do banheiro da suíte master - Registre o tempo de uso (em minutos) a cada vez que utilizou a banheira do banheiro da suíte:

| Tempo (min) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Data do início do experimento: ___/___/____. Data do término do experimento: ___/___/____.

Horário de início do experimento: ___:____. Horário de término do experimento: ___:____.

Nome do(s) usuário(s) que consumiram água no banheiro da suíte master: _____
