

Douglas Leandro Meinheim

**POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR LOCALIZADA EM SÃO JOSÉ - SC**

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

Florianópolis

2015

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

Meincheim, Douglas Leandro
POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR LOCALIZADA EM SÃO JOSÉ - SC / Douglas Leandro
Meincheim ; orientador, EneDir Ghisi - Florianópolis, SC,
2015.

78 p.

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

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento de água pluvial
em residência. 3. Água da chuva. I. Ghisi, EneDir. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Douglas Leandro Meinheim

**POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO
DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR LOCALIZADA EM SÃO JOSÉ - SC**

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

Florianópolis, 01/12/2015



Prof. Enedir Ghisi, PhD
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, pela saúde, pela sabedoria e por me cercar com pessoas tão especiais durante toda a minha vida.

Aos meus pais, Miguel Meinheim e Iolanda Momm Meinheim pelos seus esforços para me fornecer boas condições de estudo, por acreditarem no meu futuro e por toda a educação que me foi dada.

Aos meus familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado, dando todo o apoio e incentivo necessários para a conclusão do curso.

À minha namorada Simone França, por todo carinho, atenção e paciência durante a graduação e principalmente durante a elaboração deste trabalho.

A todos os professores que fizeram parte da minha vida estudantil, desde o primário até a última fase do curso, por repassarem todos os ensinamentos necessários à minha formação.

Ao professor Eneid Ghisi, por toda a sua atenção e dedicação empenhados durante a sua orientação a este trabalho.

RESUMO

A água é considerada o bem mais precioso da humanidade, pois é indispensável para a sobrevivência no planeta e é um recurso natural limitado, sendo que algumas regiões já apresentam escassez desse recurso. Com o intuito de utilizar de maneira racional a água, diversas técnicas de aproveitamento de água pluvial têm sido estudadas e implantadas a fim de gerar economia e contribuir para o desenvolvimento sustentável, conservando os recursos hídricos para as próximas gerações. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência. A primeira etapa foi a determinação dos usos finais de água potável nos aparelhos, por meio da utilização de sensores medidores de fluxo e tempo, conhecidos como *smart meters* e a determinação das porcentagens de água consumidas em cada aparelho. Posteriormente, foram avaliados quais pontos deveriam receber água pluvial e a porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial. A estimativa do volume dos reservatórios e do percentual de economia foi feita com a utilização do programa computacional Netuno 4, informando os dados de entrada necessários para fazer essa estimativa, como por exemplo os dados de precipitação, a área de captação e o percentual da demanda total a ser substituída por pluvial. Através da utilização do programa, foi possível definir o volume ideal para os reservatórios que irão compor o sistema de aproveitamento de água pluvial. Foram avaliados dois cenários de substituição de água potável por pluvial. O primeiro cenário considera a substituição da água potável por pluvial na torneira do tanque, em duas torneiras externas e na máquina de lavar roupas. O segundo cenário além dos aparelhos anteriormente considerados no primeiro cenário, ainda contempla os vasos sanitários, para determinar a influência que a utilização de água pluvial nesse aparelho exerce no potencial de economia em uma residência. Posteriormente foi realizada uma análise econômica para verificar a viabilidade do investimento e avaliar o potencial de economia de água potável obtido através da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Os resultados apresentados mostram que o investimento poderá ser recuperado no período de 16 meses, com um baixo investimento e benefício permanente. Dessa forma, a implantação do sistema se mostrou economicamente viável, pois além de um *payback* relativamente curto, ainda apresenta grande economia de água potável, contribuindo para a conservação desse recurso tão importante.

Palavras-Chave: Aproveitamento. Água pluvial. Netuno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área de estudo.....	24
Figura 2 - Planta baixa do pavimento superior.....	25
Figura 3- Planta baixa do pavimento térreo.	26
Figura 4- Esquema de modificação do condutor vertical.	27
Figura 5- Residência objeto de estudo.	28
Figura 6 - Sensor de fluxo.....	29
Figura 7- Sensor de tempo utilizado em torneiras.....	29
Figura 8- Sensor de tempo utilizado em vasos sanitários.....	29
Figura 9 - Precipitação anual acumulada entre 1989 e 2014.....	41
Figura 10 - Precipitação mensal acumulada em 2014.	41
Figura 11- Precipitações mensais mínima, média e máxima.	42
Figura 12 - Usos finais nos equipamentos.	45
Figura 13 – Estimativa da porcentagem de água consumida – primeiro cenário.....	46
Figura 14 - Porcentagem de água potável consumida – segundo cenário.	48
Figura 15 - BWC Social.....	49
Figura 16 - BWC Suíte.....	49
Figura 17 - Torneira da pia da cozinha.....	49
Figura 18 - Torneira da pia da área de serviço.....	49
Figura 19 – Área de serviço.....	49
Figura 20 - Torneira da área da piscina.....	49
Figura 21 - Consumo de água e valor das faturas emitidos pela CASAN.....	50
Figura 24 - Filtro para retenção de folhas e partículas sólidas.....	58
Figura 25 - Projeto de captação e direcionamento de água pluvial.....	59
Figura 26 - Esquema da tubulação de desvio.....	60
Figura 27 - Esquema da tubulação do freio d'água.....	61
Figura 28 - Conexão entre os reservatórios inferiores.....	62
Figura 29 - Conjunto de sucção flutuante.....	62
Figura 30 - Chave de nível flutuante.....	62
Figura 31 - Local de instalação do reservatório superior.....	63
Figura 32 - Esquema da distribuição de água pluvial.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo do dimensionamento dos reservatórios (Bezerra et al., 2010).	19
Tabela 2 – Coeficientes de escoamento superficial para telhas cerâmicas e esmaltadas (adaptado de ROCHA, 2009).	22
Tabela 3 - Estrutura tarifária para setor residencial.....	37
Tabela 4 - Cálculo das vazões médias para cada aparelho.....	44
Tabela 5- Consumo de água ao longo de 92 dias.	45
Tabela 6 - Volume de água potável a ser substituído por água pluvial – primeiro cenário.	46
Tabela 7 - Volume de água potável a ser substituído por água pluvial – segundo cenário.	47
Tabela 8 - Dados de entrada do Netuno para o primeiro cenário.	52
Tabela 9 - Dados de entrada do Netuno para o segundo cenário.	53
Tabela 10 - Dados fornecidos para análise econômica.	54
Tabela 11 - Custos para aquisição dos reservatórios.	54
Tabela 12 - Resumo do orçamento de materiais.	55
Tabela 13 - Custos iniciais adotados na análise financeira.	55
Tabela 14 – Dados de entrada da motobomba.	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Considerações Iniciais.....	10
1.2 Objetivos.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivo Específico.....	11
1.3 Estrutura do Trabalho.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Uso Racional da Água.....	13
2.2 Aproveitamento de Água Pluvial.....	16
2.2.1 Dimensionamento de Reservatórios.....	18
2.3 Considerações Finais.....	22
3. MÉTODO.....	23
3.1 Área de Estudo.....	23
3.2 Objeto de Estudo.....	24
3.3 Levantamento de Usos Finais de Água.....	28
3.4 Estimativa do Volume dos Reservatórios.....	33
3.4.1 Dados de Precipitação.....	33
3.4.2 Área de Captação.....	34
3.4.3 Demanda per Capita.....	34
3.4.4 Percentual de Água Potável a ser Substituída por Pluvial.....	35
3.4.5 Coeficiente de Escoamento Superficial.....	35
3.4.6 Determinação do Volume do Reservatório Superior.....	36
3.5 Cálculo do Potencial de Economia e Análise Econômica.....	36
3.6 Projeto de implantação do sistema.....	39
4. RESULTADOS.....	40
4.1 Considerações Iniciais.....	40
4.2 Área de Estudo.....	40
4.3 Usos Finais de Água Potável.....	42

4.3.1 Aparelhos Sanitários	48
4.3.2 Consumo de Água Medido no Hidrômetro	49
4.4 Resultados das Simulações no Netuno.....	52
4.5 Análise Econômica	53
4.6 Descrição do Projeto	57
5. CONCLUSÕES.....	65
5.1 Conclusões Gerais	65
5.2 Limitações do Estudo	66
5.3 Sugestões para Futuros Trabalhos	67
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE 1	71
APÊNDICE 2	72
APÊNDICE 3	73
APÊNDICE 4	75
APÊNDICE 5	76
APÊNDICE 6	77
APÊNDICE 7	78

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Recurso indispensável à sobrevivência dos seres vivos na Terra, a água tem sido alvo de diversos estudos e publicações no meio científico, principalmente quanto a formas de tratamento, obtenção de água potável através de meios alternativos e sua utilização através de sistemas inteligentes, como o aproveitamento de água pluvial, por exemplo.

A preocupação com a preservação desse recurso natural ganhou força na década de 80, com o fortalecimento da cultura sustentável e do aparecimento dos efeitos do aquecimento global. Nos dias atuais já há uma crescente preocupação e conscientização da população a respeito das questões sustentáveis, e os estudos e pesquisas nessas áreas são campos que tendem a evoluir muito com o passar dos anos.

A indústria da construção é um dos principais consumidores de água e requer uma enorme quantidade deste recurso para execução das diversas atividades durante a obra, utilizando cerca de 16% da água potável disponível, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015). Soma-se ainda o fato de que geralmente as edificações abrigam pessoas e essas consomem uma média diária de 159 litros por pessoa segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013).

Nos últimos anos houve um crescimento populacional e um aumento na densidade demográfica nos grandes centros urbanos, o que ocasionou uma maior demanda por água em pequenas áreas, enquanto as áreas menos habitadas mantiveram seu consumo rotineiro (CARMO *et al.*, 2013).

No Brasil há uma distribuição desigual de recursos hídricos, dadas as dimensões continentais do país, os variados tipos de alimentação das bacias hidrográficas e da disponibilidade de rede de água tratada pelas concessionárias. Houve ainda um aumento no consumo per capita de água bruta em virtude da falta de consciência da população, do mau uso do recurso e do desperdício causado por vazamentos (ONU, 2009). Essa preocupação implicou em estudos e aplicações de programas de conservação de água

(TUCCI, 2008), principalmente em relação à exploração de fontes alternativas para obtenção de água, para substituição parcial das fontes existentes (IPARDES, 2001).

Algumas fontes utilizadas possuem elevados índices de poluição e necessitam de tratamento específico para melhorar a qualidade da água ou para torná-la potável. Em diversas regiões brasileiras, a escassez manifesta-se em virtude do consumo elevado e da falta de disponibilidade hídrica, dependendo do tipo de alimentação da bacia hidrográfica (SIDAGIS; ABE, 2009).

Uma das fontes alternativas em destaque é o aproveitamento da água pluvial coletada nas residências que pode ser utilizada para fins não potáveis. A utilização da água coletada diminui o consumo de água potável, reduzindo seu custo, gerando economia. Além disso, pode contribuir para a diminuição do pico de inundações, minimizando as chances de enchentes e alagamentos e ajuda a evitar os possíveis racionamentos de água.

As técnicas de obtenção de água através da captação de água pluvial são relativamente simples, bem como o sistema de tratamento e sua manutenção periódica. Visando inicialmente o retorno financeiro e a facilidade técnica de introdução do sistema, analisou-se a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é projetar um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uma residência unifamiliar já existente, localizada no município de São José, Santa Catarina.

1.2.2 Objetivo Específico

Com a elaboração deste trabalho, almeja-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Fazer levantamentos dos usos finais de utilização da água através de entrevista com os residentes e do uso de equipamentos medidores de fluxo, conhecidos como *smart meters*;
- Fazer análise econômica e verificar a viabilidade da implantação do sistema para determinar o período de retorno do investimento aplicado;
- Estimar o percentual de economia para dois cenários e avaliar a influência dos vasos sanitários quando se considera a utilização de água pluvial.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho será constituído por cinco capítulos. Este primeiro capítulo introduz os objetivos gerais e específicos do trabalho, trata brevemente de algumas considerações iniciais e apresenta a estrutura em que será desenvolvido o texto.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica baseada fundamentalmente em artigos científicos e resultados de outros trabalhos realizados sobre o uso racional da água, o aproveitamento de águas pluviais e o dimensionamento de reservatórios.

O terceiro capítulo apresenta o método utilizado para definir o percentual de economia e o volume dos reservatórios, apresentando os procedimentos necessários para a utilização do programa computacional Netuno.

Os resultados encontrados após a aplicação do método ao estudo de caso em questão são apresentados no capítulo 4, com a estimativa do percentual de economia, resultados da análise econômica e apresentação do projeto.

O último capítulo compreende as conclusões sobre o estudo, as limitações do trabalho e sugestões para possíveis futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso Racional da Água

Por ser um país abundante em água doce em determinadas regiões e escasso em outras, tem-se no Brasil uma disparidade de comportamentos individuais em relação à forma de utilização da água pela população. Nas regiões com maior disponibilidade de água, desenvolveu-se uma cultura que geralmente não se preocupa com os gastos excessivos do recurso. Apesar da implementação de estudos de conscientização para o uso racional, muitos indivíduos ainda são resistentes quanto à utilização do recurso. Atitudes antigas permanecem inalteradas mesmo após o conhecimento da população sobre a importância de se evitar o desperdício e o consumo excessivo da água.

Outras regiões que já sofrem a mais tempo com a escassez de água, tratam-na como um bem precioso, pois já estão cientes dos baixos índices de precipitação nas épocas de seca. Essas regiões buscaram alternativas para reduzir seu consumo, considerando a indisponibilidade de água, tendo consciência dos abusos e desenvolvendo uma mentalidade voltada a consumir apenas o necessário à sua sobrevivência.

Algumas regiões brasileiras, que antes eram consideradas abundantes, foram forçadas a mudar sua forma de consumo, pois sofreram alterações no regime pluviométrico e se adequaram ao novo quadro em que o volume de precipitações reduzido não foi suficiente para abastecer toda a região, como, por exemplo, a região Sudeste em 2015 (INMET, 2015).

Santos (2002) citou algumas ações de uso racional da água. Essas ações se traduzem fundamentalmente no combate ao desperdício, no incentivo à medição de consumo individual, na identificação de possíveis vazamentos, na conscientização do usuário para evitar desperdício, entre outros.

No contexto de combate ao desperdício, pode-se citar a adoção de aparelhos com tecnologias que demandam menor consumo de água para sua utilização, sem perder sua eficiência. Pode-se citar como exemplo a utilização de vasos sanitários com caixa acoplada que possuem volume fixo de 6 litros, enquanto o sistema convencional com

válvula de descarga demanda um volume de até 30 litros, conforme testes realizados pela companhia DECA de materiais de construção. Mesmo que a eficiência da descarga do vaso sanitário com caixa acoplada seja um pouco menor, se fosse necessário dar a descarga até quatro vezes, ainda assim haveria economia desse sistema em relação ao convencional, conforme indica o estudo realizado por Okamura (2006). Além disso, há economia financeira na execução do projeto de água fria, tendo em vista que o diâmetro mínimo da tubulação do sub-ramal de abastecimento com válvula de descarga é de 50 mm, enquanto o sistema com caixa acoplada possui um diâmetro nominal mínimo de 15 mm, segundo a norma de Instalação Predial de Água Fria.

Conforme apresentado por Santos (2002), pode-se reduzir o desperdício com o emprego de outros aparelhos como os chuveiros e torneiras com volumes fixos de descarga, que limita ao usuário um determinado volume e tempo em que será executada a atividade.

Outra forma de redução de consumo de água apresentada por Santos (2002) é a medição individualizada em edifícios residenciais multifamiliares. Alguns edifícios mais antigos não contam com hidrômetros individuais, sendo que o consumo medido no hidrômetro geral é dividido entre os condôminos em forma de rateio e não há uma distribuição justa para cada usuário, pois acaba-se pagando o mesmo valor independentemente do número de ocupantes de cada apartamento. Com isso, os usuários acabam se acomodando e não poupam água, pois o valor pago no rateio não depende exclusivamente do seu próprio consumo, mas sim do consumo do prédio como um todo.

Como solução para esse problema, pode-se adotar a medição individualizada para cada apartamento, sendo que o usuário pagará pelo seu próprio consumo. A tarifação correspondente ao consumo individual é mais justa e eficiente, pois o usuário paga pelos próprios excessos. Segundo Tomaz (1998), a medição individual resulta em uma economia média entre 15% e 30% do consumo de água nas edificações.

A conscientização dos cidadãos é complexa, pois depende de programas educacionais eficazes que despertem o interesse social em mudar seu comportamento diante da forma de lidar com o consumo excessivo. Um método eficaz de conscientizar a população acerca desses excessos é aplicar uma tributação mais pesada sobre o que é consumido, porém é uma medida impopular que gera conflitos (SANTOS, 2002).

É utópico pensar que a população como um todo se manifestará com atitudes que diminuam os excessos e o próprio consumo em pouco tempo, pois é uma questão de costumes rotineiros que são difíceis de ser abandonados para adoção de novos hábitos. Questões culturais como essa levam anos para sofrer alterações, mas com o passar dos anos espera-se a redução do gasto com água com as novas gerações se desenvolvendo com uma nova mentalidade voltada à redução dos excessos.

De acordo com o trabalho realizado por Oliveira (1999) existem ações que podem ser implantadas para redução do consumo de água nas edificações. Nessa conjuntura podem ser implementadas ações econômicas como incentivos, no caso de subsídios para adquirir sistemas economizadores de água ou desincentivos, como a elevação de tarifas por exemplo. Podem ser implementadas ainda ações sociais como campanhas educativas e adequações comportamentais de cada indivíduo visando a redução do consumo.

Ações tecnológicas também fazem parte desse conjunto e podem ser implementadas a exemplo da substituição de sistemas convencionais e partes que o compõem por sistemas economizadores de água, conforme já citado anteriormente. Ainda pode-se fazer a localização e o conserto de possíveis vazamentos, o reaproveitamento de água e a reciclagem de água servida.

O trabalho realizado por Oliveira (1999) contempla ainda a questão de detecção de vazamentos que possam ocorrer na edificação, sendo esses visíveis ou não. Segundo ela, deve-se realizar a manutenção corretiva de vazamentos visíveis e detectar os não visíveis através de testes realizados de trecho em trecho fechando os registros e monitorando através do hidrômetro se houve algum consumo no período medido. Outras ações tecnológicas como o aproveitamento de água pluvial não são contempladas no estudo feito por Oliveira (1999) por ter sua metodologia específica, mas serão abordadas a seguir.

2.2 Aproveitamento de Água Pluvial

Nos últimos anos, sistemas inteligentes, como o de aproveitamento de água pluvial ganharam destaque na mídia em função da sua crescente aplicação, principalmente em meios urbanos. Esses sistemas são considerados como fonte alternativa de abastecimento de água e são capazes de diminuir a escassez do recurso em locais onde há indisponibilidade hídrica. De acordo com Gomes et al. (2010), ainda que o Brasil seja um país privilegiado em termos de recursos hídricos, já surgiram sintomas de escassez de água, principalmente devido a dois fatores: a degradação ambiental dos recursos e a distribuição espacial desuniforme.

Segundo a NBR 15527 da ABNT (2007), a utilização da água captada em telhados deverá ser feita somente para fins não potáveis como descargas em bacias sanitárias, limpeza de calçadas e ruas, irrigação de gramados e plantas ornamentais, limpeza de pátios, lavagem de veículos, espelhos d'água e usos industriais.

Diversos trabalhos desenvolvidos no âmbito acadêmico estimam a economia de água potável gerada a partir da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Segundo Tomaz (2003), o uso de água para fins não potáveis para irrigação de jardins, lavagem de veículos e descargas em vasos sanitários somam cerca de 50% da demanda total de água em uma residência.

Marinoski e Ghisi (2008) estimaram uma redução no consumo de água potável em 45,8% através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no SENAI de Florianópolis, Santa Catarina. Os usos finais da água foram levantados a partir da aplicação de questionários, medições de vazão diretamente nos aparelhos e faturas de consumo existentes. O volume dos reservatórios foi estimado com a utilização do programa computacional Netuno. Posteriormente fez-se uma pesquisa de mercado para estimar os custos de implantação do sistema e obteve-se um período de retorno de 4 anos e 10 meses. O período de retorno foi considerado relativamente curto, tendo em vista a vida útil da edificação o que tornou a instalação do sistema viável.

Ghisi et al. (2006) fizeram uma pesquisa sobre o potencial de economia de água potável, através do uso da água pluvial, por meio do levantamento dos dados analisados em 62 cidades catarinenses, resultando em um percentual de economia médio de 69%. Essas cidades representam apenas 33% da área total do estado e 41% da população.

O volume total de água potável consumido e o número de pessoas servidas foram obtidos a partir de dados da concessionária de água de cada cidade. O número de habitantes foi calculado com base nos dados disponíveis no IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foram obtidos dados de precipitação para cada cidade através da EPAGRI a fim de obter uma média de precipitação mensal. Como não foram encontrados dados oficiais sobre a área média de telhados que poderiam ser utilizados para captação de água, foi adotada uma área média de 85 m² para casas e 15 m² por apartamento no caso de prédios. Após a obtenção dos dados, foram feitos cálculos para estimar o potencial de economia de água potável, que variou entre 23% e 100%. O resultado da estimativa obtida para Florianópolis variou de 27% a 73% ao longo do ano. Durante o estudo foi feita uma previsão de crescimento populacional e da disponibilidade de água potável que indica que no ano 2100 haverá cerca de 2000 m³ por pessoa por ano se não houver o uso de água pluvial. Utilizando um valor médio de 69% de potencial de economia, estimou-se que se houvesse uso de água pluvial, no ano 2100 haveria disponibilidade média de 5000 m³ por pessoa por ano.

Outra pesquisa realizada por Ghisi (2006) encontrou diferentes potenciais de economia de água potável para diferentes regiões geográficas brasileiras. Como há uma distribuição não uniforme de água no Brasil e regiões com densidade demográfica muito maiores do que outras, manifesta-se a preocupação com a disponibilidade de água no futuro. Ghisi (2006) mostrou que na região norte, por exemplo, há disponibilidade de 69% de água potável, porém abriga apenas 8% da população. Em contraste, a região sudeste possui apenas 6% de água disponível, abrigando cerca de 43% da população e a região nordeste que conta com 28% da população possui apenas 3% de água disponível.

Em um futuro próximo, se mantiverem essas proporções, as regiões sudeste e nordeste serão as mais suscetíveis a enfrentar problemas de falta de água.

Com a finalidade de estimar o potencial de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial nas cinco regiões avaliadas, Ghisi (2006) determinou a área do telhado por pessoa, e a demanda de água potável. Nas regiões analisadas encontram-se diferentes proporções de casas e prédios, com suas respectivas áreas de telhado. Para residências, foi feita uma média ponderada, obtendo-se um resultado de 81 m² que foi adotado para representar a área média de telhado considerada na coleta de água pluvial. Como não há dados sobre áreas de telhados de edifícios, adotou-se uma área média de 15 m² por apartamento. Após obter a área média de telhados, por média ponderada para cada região, analisando os dados de precipitação e a demanda de água potável per capita, foram estimados potenciais de economia para cada região, variando entre 48% no Sudeste e 100% na região Norte. Na região Sul, o percentual de economia estimado foi em 82%, no Centro-Oeste 74% e no Nordeste 61%. Como a região sudeste e nordeste são as mais suscetíveis a futuros problemas de disponibilidade de água e apresentam potenciais consideráveis, caso houvesse o aproveitamento de água pluvial nessas regiões, os efeitos desses problemas poderiam ser minimizados.

O autor ainda indica nesta pesquisa que em regiões onde há economia de água acima de 50%, o uso desta água pode se estender também para fins potáveis, considerando que será feito um tratamento adequado para tornar a água potável e a qualidade da água será avaliada afim de evitar problemas de saúde.

2.2.1 Dimensionamento de Reservatórios

No estudo da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, uma das etapas que deve ser analisada com muito cuidado é o dimensionamento dos reservatórios. Os reservatórios utilizados representam os maiores custos de implantação do sistema e podem torná-lo viável ou não, dependendo não só dos custos relativos à compra dos mesmos, como também do espaço disponível para sua instalação no terreno (AMORIM; PEREIRA, 2008).

As cotas de projeto do reservatório superior e inferior também são importantes, pois irão definir a pressão de saída da água e a potência da bomba de recalque a ser utilizada. Alguns métodos de dimensionamento foram estudados no âmbito acadêmico visando escolher o volume ideal dos reservatórios.

Bezerra *et al.* (2010) fizeram um estudo comparativo entre os métodos utilizados no dimensionamento de reservatórios de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 15527:2007 e o decreto municipal 293/2006 de Curitiba. Para efetuar uma comparação entre os métodos, foram selecionadas cinco edificações que já possuem o sistema de aproveitamento de água pluvial implantado e em funcionamento. Entre as edificações avaliadas encontram-se três edifícios denominados A, B e C, uma edificação comercial e uma habitação unifamiliar. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) o dimensionamento pode ser feito através de seis métodos, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Foi avaliado ainda o dimensionamento de reservatórios pelo método do decreto 293/2006 de Curitiba – PR que apresenta diferentes equações para habitações residenciais e comerciais.

Após o dimensionamento para o respectivo método utilizado, chegou-se a um resultado comparativo entre as diversas metodologias apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo do dimensionamento dos reservatórios (Bezerra et al., 2010).

Volume dos reservatórios (m ³)					
Método adotado	Edificação				
	Edifício A	Edifício B	Edifício C	Edificação comercial	Habitação unifamiliar
Rippl	55	28	334 ¹	18	18
Simulação	36	25	14 ²	19	15
Azevedo Neto (Prático Brasileiro)	19	25	31	8	6
Prático Alemão	19	17	36	8	6
Prático Inglês	22	30	37	9	7
Prático Australiano	38	25	14 ²	20	15
Decreto 293/2006 - Edificação Residencial	24	15	7	NA	0,5
Decreto 293/2006 - Edificação Comercial	NA	NA	NA	0,2	NA

Legenda:

1 = A condição ($\Sigma Dt < \Sigma Qt$) não foi atendida para a aplicação desse método naquele estudo de caso;

2 = Em função da alta demanda, a melhor confiança obtida foi de 16%; e NA quando não se aplica.

O estudo não definiu qual seria o melhor método de dimensionamento de reservatório, pois não apresentou nenhum padrão de volume para cada método avaliado. Apenas ressaltou-se a importância da utilização de diversos métodos para estimar o volume dos reservatórios e compará-los com a finalidade de obter um volume que atenda às necessidades do usuário sem ultrapassar a área disponível para sua locação no terreno.

Rupp *et al.* (2011) compararam os resultados obtidos para o dimensionamento do volume de reservatórios para residências localizadas em três cidades com índices pluviométricos distintos. As cidades avaliadas foram: Palhoça – Santa Catarina, Santos – São Paulo e Santana do Ipanema – Alagoas. As análises foram feitas aplicando os métodos sugeridos pela norma brasileira NBR 15527 e comparados com os resultados obtidos com a utilização do programa computacional Netuno.

Para cada método utilizado no dimensionamento de reservatório para cada cidade, variou-se a área de captação, o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial e as demandas de água potável e não potável.

Após o dimensionamento dos reservatórios, foi notado que alguns dos métodos sugeridos pela NBR 15527 possuem limitações quanto ao resultado fornecido. Para determinadas condições de precipitação, os métodos apresentados pela norma são insuficientes para a determinação do volume de reservatório ou fornecem resultados discrepantes da realidade. Esses métodos fornecem o mesmo volume de reservatório independente do índice pluviométrico do local e da demanda de água potável a ser substituída por pluvial, podendo levar a reservatórios subdimensionados ou superdimensionados (RUPP *et al.*, 2011).

Os métodos preconizados pela ABNT não são capazes de fornecer o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório. Através da utilização do programa computacional Netuno, foi calculado o potencial de economia dos reservatórios obtidos por cada um dos outros métodos.

Comparando-se os volumes de reservatório dimensionados através dos métodos apresentados na norma, foi constatado que os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto resultam em reservatórios com volumes superiores ao ideal. O método Prático Inglês fornece reservatórios superdimensionados e subdimensionados de acordo com a precipitação da região avaliada. No caso de baixos índices pluviométricos, o método Prático Alemão também subdimensiona os reservatórios, assim como no método Prático Australiano. Com a utilização do Netuno, pode-se arbitrar a capacidade de reservatório em função do respectivo potencial de economia de água potável, visto que é um dado de

saída do programa. O Netuno é o único método cujo dimensionamento foi ajustado de modo mais racional em relação aos demais métodos da NBR 15527, levando em consideração a demanda de água pluvial que substituirá água potável e os regimes de precipitação para cada região (RUPP *et al.*, 2011).

Rocha (2009) realizou um estudo sobre a validação do algoritmo utilizado no Netuno para dimensionamento dos reservatórios e avaliação do potencial de economia. Durante a execução do estudo, foram obtidos dados reais em uma residência experimental, conhecida como Casa Eficiente durante 196 dias de avaliação. Foi proposta apenas uma modificação no algoritmo que leva em conta o consumo de água pluvial num período anterior à chuva. O estudo baseou-se em simulações computacionais para estimar o percentual de economia obtido e os resultados encontrados foram comparados à economia real da residência experimental para comparação dos resultados. Verificou-se que quando havia água pluvial suficiente para suprir a demanda, os potenciais de economia real e estimado eram idênticos. Quando a demanda era acima da quantidade de água pluvial no reservatório, foram verificadas diferenças entre 0,2% e 6,7% no potencial de economia.

Neste estudo, Rocha (2009) verificou que em períodos com pluviosidade acima da média histórica, o algoritmo utilizado pelo Netuno reflete a economia obtida na realidade. Porém nos casos em que as precipitações foram inferiores à média, foram verificadas diferenças entre os potenciais de economia estimados e as economias de água potável obtida na prática.

Rocha (2009) comparou ainda o coeficiente de escoamento superficial para diversos tipos de material utilizado na cobertura de acordo com estimativas realizadas por outros autores. De acordo com Rocha (2009) o coeficiente de aproveitamento depende do coeficiente de escoamento superficial e da eficiência do sistema de captação, que leva em conta os dispositivos instalados e o descarte das primeiras águas pluviais. O volume aproveitável de água, segundo o autor, depende da precipitação pluviométrica, da área de captação e do coeficiente de aproveitamento. A Tabela 2 apresenta alguns tipos de cobertura e seus respectivos coeficientes de escoamento superficial de acordo com a fonte listada.

Tabela 2 – Coeficientes de escoamento superficial para telhas cerâmicas e esmaltadas (adaptado de ROCHA, 2009).

Material	Coeficiente de Runoff	Fonte
Telha cerâmica	0,8 a 0,9	Frasier (1975) e Hofkes (1981) apud May (2004)
	0,75 a 0,9	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,56	Khan (1995)
Telha esmaltada	0,6	Haught e Wyckoff (2006)
	0,9 a 0,95	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,85	Haught e Wyckoff (2006)

2.3 Considerações Finais

Diante da atual situação hidrológica do planeta e o desenvolvimento de sistemas capazes de economizar água potável, julga-se que o aproveitamento de água pluvial é uma alternativa eficiente e adequada para implantação em uma residência. Dessa forma, é imprescindível conhecer estudos realizados por outros autores, verificar os métodos utilizados e os resultados obtidos com a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Verifica-se que a implantação desses sistemas fornece um percentual de economia de água potável acentuado e períodos de retorno relativamente baixos, quando comparados à vida útil do sistema.

No entanto deve-se dimensionar o sistema de forma adequada, utilizar o método mais eficaz e determinar o volume do reservatório para que o sistema não fique subdimensionado nem superdimensionado, fazendo o cliente investir sem necessidade. A comparação entre os resultados obtidos com a utilização do Netuno e os métodos preconizados pela norma (RUPP *et al.*, 2011) verificou que o Netuno é o método mais racional em relação aos outros métodos por levar em consideração condições do local de instalação do sistema. A validação do algoritmo utilizado no Netuno efetuada por Rocha (2009), mostrou que os resultados obtidos na simulação com o auxílio do programa eram muito próximos da economia real de água potável. Por esse motivo foi utilizado o Netuno para estimar o potencial de economia de água potável a partir da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial na residência.

3. MÉTODO

Para verificar o potencial de economia a partir da instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência, foi adotado um método para desenvolver o trabalho e chegar aos resultados finais. Esse método consiste em caracterizar o objeto de estudo, fazer um levantamento dos usos finais de água, estimar o volume dos reservatórios, verificar o potencial de economia obtido com a implantação do sistema e fazer uma análise econômica.

Primeiramente foi feita a descrição da área de estudo com informações geográficas, dados pluviométricos e caracterização física da área avaliada. Depois foi caracterizado o objeto de estudo, sua finalidade, as características da cobertura e o número de aparelhos hidráulicos que poderiam receber água pluvial.

Foi realizado um levantamento de usos finais de água, por meio da utilização de sensores medidores de fluxo e vazão de água e feita uma comparação com a leitura direta no hidrômetro.

Após a coleta dos usos finais, foi calculado o volume estimado dos reservatórios através do programa computacional Netuno.

Houve ainda a elaboração do orçamento para implantação do sistema para a análise da viabilidade econômica. A análise econômica foi elaborada por meio da utilização do Netuno informando os dados de entrada solicitados pelo programa.

Esse método aplicado ao caso específico da residência em estudo permitiu chegar aos objetivos finais deste trabalho.

3.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no centro do município de São José, Santa Catarina, na região Sul do Brasil. O município conta com uma área territorial de 150,45 km² e sua população estimada em 2015 é de 232.309 habitantes (IBGE, 2015).

O município é delimitado ao Leste pelo oceano atlântico e pela capital do estado, Florianópolis, ao Norte pelo município de Biguaçu, ao Sul pelo município de Palhoça e no Oeste, pelo município de São Pedro de Alcântara, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1- Localização da área de estudo.



Fonte: Google.

O clima da cidade é subtropical e apresenta as estações bem definidas, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano.

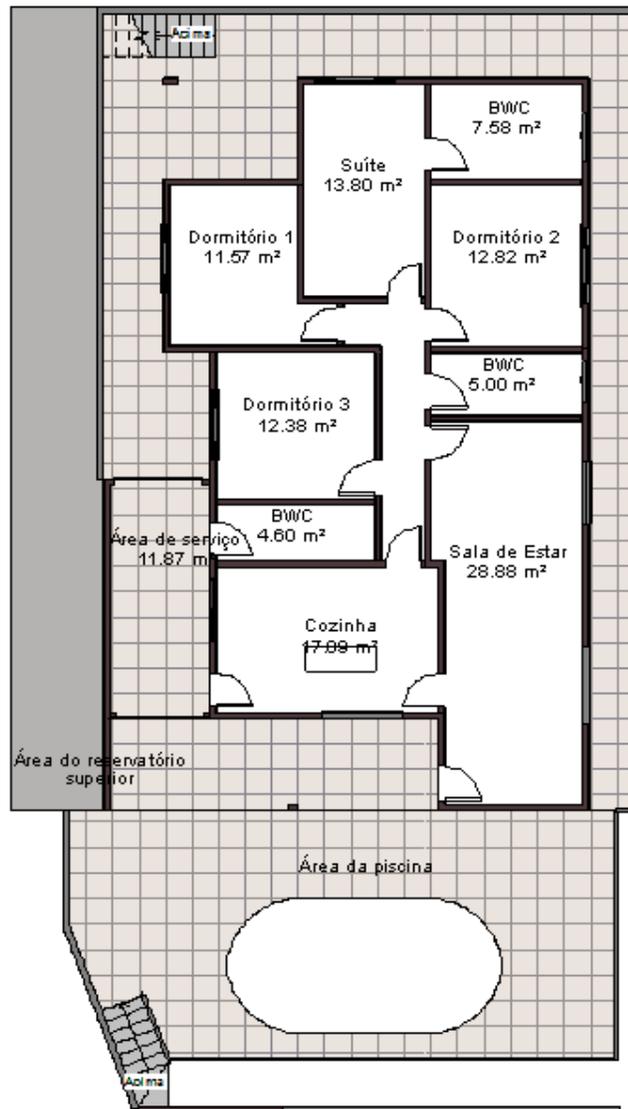
3.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo é uma residência unifamiliar já construída que abriga três moradores atualmente. A casa possui três dormitórios, uma suíte, um banheiro social, sala de estar, cozinha, sala de TV, área de churrasqueira e área de serviço.

Como a residência está construída e em operação, optou-se por não quebrar paredes para efetuar a troca da tubulação dos vasos sanitários para receber águas pluviais. Os pontos que receberão água pluvial são o tanque e a máquina de lavar roupas na área de serviço, uma torneira externa para regar o jardim e efetuar a limpeza das calçadas e outra torneira externa que servirá para limpeza de veículos e duas garagens, com uma

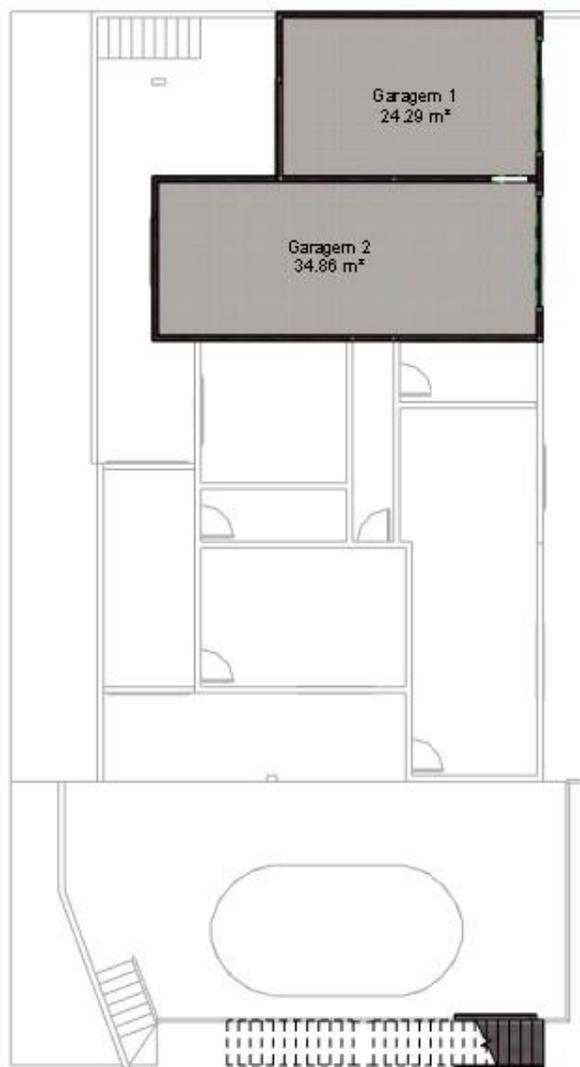
vaga cada, que se localizam no pavimento térreo. A Figura 2 representa a planta baixa do pavimento superior, onde estão os cômodos da residência e a Figura 3 mostra o pavimento térreo onde localizam-se as garagens.

Figura 2 - Planta baixa do pavimento superior.



Escala 1:50

Figura 3- Planta baixa do pavimento térreo.



Escala 1:50

A casa conta com calhas de alumínio instaladas em todo o perímetro do telhado, mas apenas uma parte da água coletada pelas calhas é direcionada para um reservatório, sendo a outra parte direcionada diretamente para a galeria de águas pluviais. Uma das calhas, localizada em uma parte mais alta do telhado possui saída conectada à outra calha que não leva ao reservatório e será substituída a fim de se obter um maior aproveitamento da água coletada no telhado central, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4- Esquema de modificação do condutor vertical.

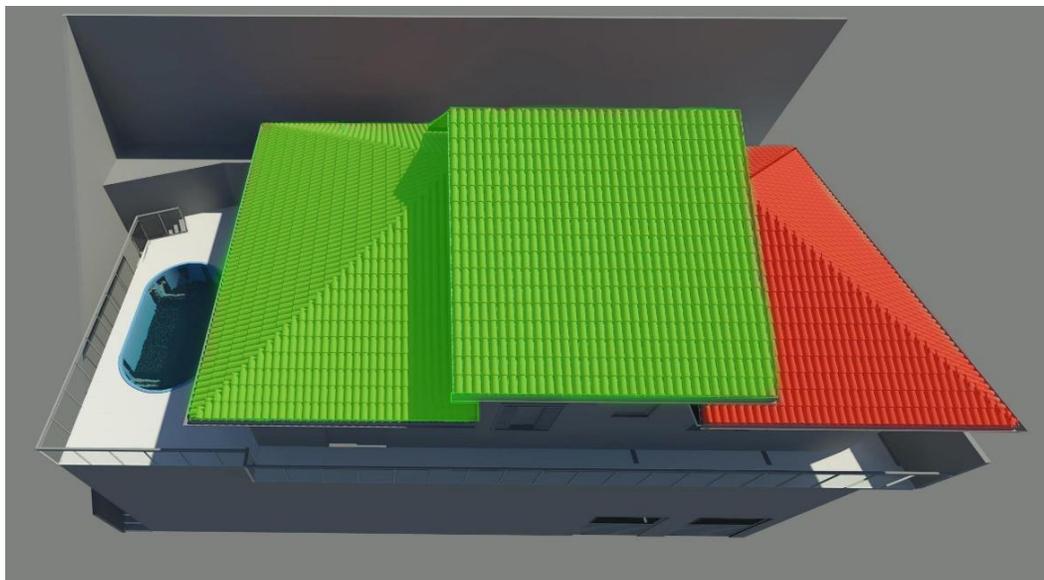


As telhas da cobertura são cerâmicas esmaltadas e estão em bom estado, sem presença de fungos e sujeiras que possam influenciar no escoamento da água até as calhas.

O reservatório inferior existente localiza-se na casa de máquinas da piscina e possui capacidade de 500 litros. Os telhados do lado esquerdo da casa, sinalizados em verde na Figura 5, coletam as águas pluviais e as direcionam para esse reservatório, atualmente conectado à galeria pluvial, servindo apenas como caixa de passagem de águas pluviais.

Os telhados que coletarão a água pluvial possuem área de projeção horizontal de 159,25 m². O telhado grifado em vermelho na Figura 5 destina a água diretamente à galeria pluvial e será desconsiderado para elaboração do projeto.

Figura 5- Residência objeto de estudo.



3.3 Levantamento de Usos Finais de Água

A fim de obter os usos finais nos aparelhos sanitários para estimar o volume dos reservatórios com o uso do Netuno, foram instalados sensores conhecidos como *smart-meters* nas torneiras dos lavatórios, das pias e do tanque, nos vasos sanitários, chuveiros e na máquina de lavar roupas. Esses sensores são capazes de identificar o tempo de contato com o fluxo de água e se dividem em sensores de fluxo, apresentado na Figura 6, e sensores de tempo, mostrados nas Figuras 7 e 8.

Os sensores de fluxo possuem maior precisão, pois possuem seção transversal circular conhecida e bem definida e calcula-se diretamente a vazão de água que atravessa o sensor. Optou-se por instalar esses sensores nos chuveiros e na máquina de lavar por facilidade de instalação e precisão dos resultados obtidos.

Os sensores de tempo permitem medir apenas o tempo de contato com a água e faz-se uma estimativa da vazão a partir do diâmetro da tubulação que alimenta o aparelho hidráulico medido, considerando-se que o escoamento acontece em seção plena, o que pode levar a resultados com eventuais erros. Os sensores são conectados a um módulo central que registra sempre que há fluxo de água. Esses sensores foram instalados nas

torneiras dos lavatórios dos banheiros, nas pias da cozinha, na torneira do tanque e nos vasos sanitários.

Figura 6 - Sensor de fluxo.



Figura 7- Sensor de tempo utilizado em torneiras.



Fonte: Sustentare tecnologia.

Figura 8- Sensor de tempo utilizado em vasos sanitários.



Fonte: Sustentare tecnologia.

O período de medição iniciou no dia 15/07/2015 e finalizou no dia 15/10/2015, totalizando 92 dias.

O volume total medido em cada mês através dos *smart meters* foi comparado com o consumo registrado no hidrômetro no mesmo período avaliado, fazendo as leituras no hidrômetro no mesmo dia em que a fatura era emitida pelo funcionário da CASAN. Para comparar os volumes medidos com o que realmente foi consumido na residência, foram aplicados questionários para estimar o volume de água consumido nos aparelhos. No questionário consta a identificação, o tempo e a frequência de utilização dos aparelhos. A partir do tempo de utilização total de cada aparelho, obteve-se uma estimativa do volume médio consumido a partir da multiplicação do tempo de uso pela vazão do equipamento. Para medir o volume de água utilizado nos lavatórios e pias foram utilizados os dados registrados pelos sensores de tempo dos *smart meters* em conjunto com a vazão de cada aparelho sanitário isolado.

Para efetuar o cálculo da vazão de cada aparelho, cronometrou-se o tempo necessário para o enchimento completo de um recipiente de volume conhecido. Durante a medição procurou-se padronizar a abertura das torneiras de forma análoga ao consumo, abrindo o registro em uma volta completa.

O valor adotado para a vazão do aparelho foi a média do cálculo de cinco vazões diferentes, fornecendo um resultado em litros por segundo e posteriormente convertido em m³/s.

Para efeitos de cálculo, a vazão pode ser expressa pela Equação 3.1.

$$Q = V/t \tag{3.1}$$

Onde: Q é a vazão (litros/segundo);

V é o volume do recipiente (litros);

t é o tempo cronometrado (segundos).

(1000 litros correspondem a 1 m³ para a conversão de litros/s para m³/s).

No caso do vaso sanitário, devido às dificuldades de se determinar o volume de água consumido a cada descarga e por não dispor de equipamentos adequados, adotou-se o valor de 1,7 litros/s conforme recomendado pela NBR5626 (ABNT, 1998).

Foram feitas duas simulações considerando a substituição de água potável por pluvial em dois cenários distintos, para avaliar a influência da contribuição dos vasos sanitários no percentual de economia e no período de retorno do investimento.

Inicialmente, foi considerado que a água pluvial seria substituída apenas na máquina de lavar, no tanque e nas torneiras externas. Posteriormente foi feita uma nova simulação, em que além dos locais já avaliados, ainda se considerou com a substituição de água potável por pluvial nos vasos sanitários. Essa simulação é apenas para verificar a influência da contribuição dos vasos sanitários. O proprietário não pretende utilizar água pluvial nos vasos sanitário, visto que as obras gerariam muito transtorno, pois a residência já está construída e em operação.

Os sensores de fluxo possuem seção transversal circular conhecida e calculam automaticamente a vazão e o volume de água no aparelho sanitário que está instalado. Esses sensores foram instalados nos chuveiros e na máquina de lavar roupas.

Conhecidos os valores de vazão para cada equipamento e seu tempo de abertura registrado pelos *smart meters*, consegue-se definir os usos finais de água e calcular o volume total utilizado nos aparelhos a partir da Equação 3.1, isolando-se o volume em função da vazão e do tempo.

Para determinar o volume consumido nos pontos em que foram instalados esses sensores, utilizou-se uma garrafa com capacidade de 1 litro e foi cronometrado o tempo necessário para que a água atingisse um determinado nível demarcado na garrafa. O tempo para encher a garrafa foi cronometrado cinco vezes para cada aparelho e foi feita uma média simples para obter o valor mais representativo e minimizar possíveis erros operacionais.

O cálculo do volume dos locais medidos com os sensores de tempo é somente a multiplicação da vazão pelo tempo total medido pelos *smart meters*.

Há ainda duas torneiras externas, sendo uma na área da piscina e outra em uma das garagens. Para não deixar o equipamento exposto às intempéries ou possíveis atos de vandalismo, o procedimento adotado foi diferente do anterior. As leituras foram feitas diretamente no hidrômetro, fechando o registro da tubulação que abastece a caixa d'água a partir do momento em que houve consumo de água nessas torneiras e abrindo novamente após a sua utilização.

A torneira externa da área da piscina é utilizada geralmente para limpeza de calçadas e tapetes e também para lavação de caixas plásticas utilizadas para transportar os produtos vendidos pelo proprietário do imóvel. Por determinação da empresa do proprietário da residência, a limpeza das caixas plásticas é feita uma vez por mês e consome em média 500 litros de água por lavação. Esta torneira é abastecida por água diretamente do hidrômetro, sem antes passar pela caixa d'água.

A torneira externa da garagem é utilizada tanto para limpeza de duas garagens situadas no pavimento térreo quanto para lavação de um veículo de transporte da empresa que é lavado ao menos uma vez por semana.

Todas as vezes em que houve consumo nas torneiras externas, foi adotado o mesmo procedimento de fechar os registros, anotar a leitura inicial do hidrômetro, utilizar a água para o devido fim, anotar a leitura final e abrir os registros novamente. Para disciplinar os funcionários e incentivá-los a anotar as leituras do hidrômetro, foi deixado um lembrete próximo às torneiras externas, informando o procedimento que deveria ser adotado. As tabelas apresentadas nos Apêndices 1 e 2 resumem o volume consumido nas torneiras externas durante o período avaliado.

Para obter mais um parâmetro de comparação do consumo de água potável na residência, foi aplicado um questionário aos moradores. No questionário constam informações sobre a frequência diária e o período de utilização de cada equipamento sanitário. A partir da frequência diária, foi determinada a frequência no período, apenas multiplicando o número de vezes que o aparelho sanitário foi utilizado por 92 dias que foi o mesmo período avaliado com os *smart meters* e nas leituras diretas do hidrômetro.

Foi determinado o tempo de utilização para cada aparelho em minutos, posteriormente convertido em segundos e multiplicado pelo período de avaliação de 92 dias, obtendo-se assim o tempo total de utilização dos equipamentos em segundos. Em seguida foi multiplicado o tempo total de utilização pelas vazões médias de cada aparelho, para se obter o volume em m³. A máquina de lavar não é abastecida por água durante um período constante e foi utilizado o volume de água por ciclo com nível alto de roupas igual a 130 litros, conforme indicado no manual do fabricante.

Com os usos finais de água definidos, consegue-se estimar a porcentagem de água potável que será substituída por água não potável, proveniente da chuva e inserir esse dado no Netuno para cálculo do volume dos reservatórios e do potencial de economia de água potável.

3.4 Estimativa do Volume dos Reservatórios

Com o auxílio do programa computacional Netuno 4, é possível estimar o volume dos reservatórios superior e inferior e definir o volume ideal a ser utilizado no projeto.

O programa necessita o fornecimento de dados essenciais para efetuar os cálculos, como dados de precipitação, volume de descarte inicial, área de captação, consumo per capita, entre outros que serão explicados com mais detalhes a seguir.

3.4.1 Dados de Precipitação

Os dados de precipitação analisados entre 01/01/1989 e 31/12/2014 que foram obtidos da estação meteorológica do INMET são dispostos em uma planilha, onde os meses são apresentados em linhas e as datas em colunas, com a precipitação preenchendo a célula correspondente ao mês e dia do registro.

Deve-se transpor os dados referentes à precipitação que inicialmente estão dispostos em colunas individuais em uma única linha para organizá-los em uma coluna com cada linha identificando a precipitação diária.

O Netuno reconhece os dados de precipitação no formato .csv (separado por vírgulas) em uma planilha no formato vetor-coluna, com um dado por linha preenchendo apenas uma coluna. As linhas deverão ser completamente preenchidas, não podendo haver descontinuidade, caso contrário o programa considera como se não houvesse precipitação no dia em que há a célula em branco ou com dado faltante. O número de registros é preenchido automaticamente quando se carrega o arquivo .csv no Netuno e informa o número de dados de precipitação a ser avaliado.

Deve-se informar também a data inicial dos dados de precipitação para que o programa possa fornecer resultados referentes a cada mês do ano. O programa ainda requer o volume de precipitação que será descartado inicialmente, levando-se em conta que pode haver sujeira, folhas, fezes de pássaros ou poeira no telhado e deve-se evitar que a água carregando essas impurezas vá para o reservatório.

Os dias em que a precipitação for inferior ao descarte inicial não são considerados, pois o volume é suficiente apenas para a limpeza do telhado, mas não para abastecer o reservatório.

3.4.2 Área de Captação

A área de captação a ser informada em m^2 para utilização do programa deve ser a soma das áreas de projeção horizontal dos telhados que coletarão água pluvial e as conduzirão até o reservatório inferior.

No caso em estudo, foram consideradas somente as áreas dos telhados indicadas na cor verde na Figura 5 apresentada anteriormente, totalizando $159,25 m^2$.

3.4.3 Demanda per Capita

O volume de água necessário para atender as necessidades dos usuários foi calculado como sendo o volume total consumido no período, dividido pelo número de dias da medição e pelo número de habitantes da residência, sendo considerada uma demanda fixa. O programa ainda permite informar uma demanda variável, desde que se disponha de dados com base diária ou mensal, o que não foi o caso.

Deve-se ainda informar o número de moradores que ocupam a residência, que no estudo em questão é igual a três. Há uma funcionária que faz a limpeza da residência uma vez por semana, mas foi desconsiderada por não haver um consumo representativo nos dias trabalhados. Com o fornecimento desse dado, é possível determinar a demanda diária de água.

3.4.4 Percentual de Água Potável a ser Substituída por Pluvial

O percentual da demanda total a ser substituído por água pluvial foi determinado com o auxílio dos *smart meters*, que forneceram os dados de consumo individuais, tendo condições de calcular o volume total e qual a porcentagem que cada equipamento representa do volume total.

Através da soma dos percentuais de consumo de água nos pontos que utilizarão água pluvial foi verificado o percentual de água potável a ser substituído por água pluvial, conforme a Equação 3.2.

$$\sum \%_{subst} = \%_{tanque} + \%_{maq. lavar} + \%_{torneira externa} + \%_{torneira garagens} \quad (3.2)$$

Onde: $\sum \%_{subst}$ indica o percentual de água a ser substituído por pluvial;

$\%_{tanque}$ é o percentual de água consumido no tanque da área de serviço;

$\%_{maq. lavar}$ é o percentual de água consumido na máquina de lavar roupas;

$\%_{torneira externa}$ é o percentual de água consumido na torneira externa;

$\%_{torneira garagens}$ é o percentual de água consumido na torneira das garagens.

3.4.5 Coeficiente de Escoamento Superficial

Este coeficiente representa o volume de precipitação que efetivamente será destinado ao reservatório inferior, levando em consideração as perdas por absorção do material e por evaporação ao escoar pela superfície da cobertura.

No caso em estudo, as telhas da cobertura são de cerâmica esmaltada e não se tem informações do fabricante sobre o coeficiente de escoamento superficial. Pode-se então utilizar valores já conhecidos na literatura e arbitrar um valor que melhor se adeque ao tipo de telha presente na cobertura. Neste caso foi adotado o valor de 0,8 (80% de aproveitamento).

3.4.6 Determinação do Volume do Reservatório Superior

Para determinar o volume do reservatório superior foi adotado um volume de 2000 litros após fazer algumas simulações variando o volume dos reservatórios superior e inferior e verificando que o potencial de utilização de água pluvial tinha pequena variação com as alterações de volume do reservatório superior de 1000, 2000 e 3000 litros. Através da elaboração de orçamentos em três lojas de materiais de construção da região, verificou-se que os preços de caixas d'água de 1000 e 2000 litros possuem pouca variação.

O reservatório superior de 2000 litros foi escolhido por ser facilmente encontrado em lojas de materiais de construção e por suas dimensões que cabem com pequena folga no local de instalação. Esse reservatório tem a capacidade de estocar água pluvial suficiente para manter o consumo em média sete dias sem chuva.

3.5 Cálculo do Potencial de Economia e Análise Econômica

A análise econômica da instalação do sistema será feita também por meio do programa Netuno, com o fornecimento de dados como taxa de inflação mensal, faixa de tarifas de água e esgoto, custo unitário de energia elétrica, além dos valores orçados para os materiais e mão de obra.

A taxa mensal de inflação utilizada foi o Índice de Preços ao Consumidor Amplo, medido pelo IBGE em setembro de 2015 e é considerado como a taxa de inflação oficial do país. A taxa encontrada foi de 0,54% ao mês.

Nas faturas de água, a concessionária de água CASAN, responsável por abastecer a região em estudo, disponibiliza o valor referente às faixas de tarifas correspondentes

para o volume consumido. Para o setor residencial, o valor da taxa mínima para consumo inferior a 10 m³ custa R\$ 35,89/mês, sendo este um valor fixo. Para os volumes superiores, o custo é calculado por metro cúbico consumido e os valores correspondentes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Estrutura tarifária para setor residencial.

Tabela Tarifária		
Faixa	Volume (m³)	R\$/m³
Até	10	35,89
Entre	11 e 25	6,5773
Entre	26 e 50	9,2278
Entre	51 e 999,99	11,0579

Fonte: CASAN (2015).

A CASAN considera ainda que 100% da água consumida é igual à quantidade de esgoto gerada pela unidade consumidora, porém na residência em estudo não existe rede de esgoto sanitário, então essa taxa ainda não é cobrada. Com a ampliação do sistema de esgoto sanitário do centro histórico, já foram feitas sondagens, levantamentos topográficos e marcações das estacas na rua, o que indica que em breve será executada a rede de esgoto e quando o sistema estiver concluído, a tarifa de esgoto deverá ser cobrada. Foi considerado que a tarifa de esgoto é variável e corresponde a 100% do volume de água consumido no Netuno, mesmo que o sistema ainda não esteja em operação.

Quanto ao custo de energia elétrica, a distribuidora de energia elétrica da região (CELESC) divide o consumo com tarifas diferentes. Para a classificação do consumidor como residencial, convencional com sistema trifásico com consumo até 150 kW/h a tarifa custa R\$ 0,5364/kW/h. Para consumo acima de 150 kW/h, o custo é de R\$ 0,6363/ kW/h. O valor da fatura não depende somente do consumo, mas também de outras taxas e impostos como ICMS, PIS e COFINS.

O custo da energia elétrica é necessário para quantificar o custo de operação da motobomba instalada próxima aos reservatórios inferiores para recalcar a água para o reservatório superior. O número médio de recalques diários para preencher o

reservatório superior e o tempo de operação da motobomba são parâmetros necessários para determinar o custo de energia elétrica em cada mês.

O período de reajuste das tarifas de energia elétrica e de fornecimento de água foi considerado de 12 meses. Esse período é comumente praticado tanto pela CASAN quanto pela CELESC.

A taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada nesse estudo foi de 1% ao mês e é a mesma utilizada em fundos de renda fixa do Banco do Brasil e da Caixa Econômica Federal.

O período de análise indica a vida útil do sistema e foi considerado para um período de 20 anos.

Os custos iniciais da implantação do sistema referem-se aos gastos com reservatórios, tubulações, conexões e mão de obra. Foram feitos três orçamentos nas maiores lojas de materiais de construção da região para buscar o menor preço, principalmente dos reservatórios que representam o custo mais elevado.

Devido às limitações do espaço onde será instalado o reservatório inferior, optou-se por utilizar um reservatório com capacidade de 2000 litros, ligado ao reservatório de 500 litros já existente. Esses reservatórios irão trabalhar em conjunto pelo princípio dos vasos comunicantes, com uma tubulação de 25 mm conectando os dois reservatórios para que o nível de água permaneça igual nos dois.

O valor cobrado pela mão de obra do encanador foi fixado em R\$ 500,00 em um acordo feito diretamente com o proprietário referente a dois dias de serviço para a implantação do sistema.

As tubulações e conexões foram quantificadas e orçadas em três lojas de materiais de construção da região. Foi utilizado o valor referente ao menor preço obtido na comparação das três lojas. A discriminação e o orçamento dos materiais utilizados serão apresentados no capítulo que expõe os resultados.

Os custos operacionais englobam os custos relativos à energia elétrica consumida para a operação da motobomba, custos de manutenção e tratamento de água. A motobomba que será utilizada no projeto já havia sido comprada há anos e não estava mais em uso, sendo atribuído custo zero para aquisição da mesma. Após entrar em contato com o fabricante, pelo código estampado no selo da motobomba foi informado que se trata de uma bomba de 1/3 de cavalo com rendimento de 55% que possui uma vazão de 8400 litros por hora.

O tempo de partida é um parâmetro que indica quantos segundos após a bomba começar a funcionar atinge o seu escoamento em seção plena. Esse parâmetro não foi informado pelo fabricante e foi adotado igual a três segundos.

O tratamento da água será apenas uma filtragem para retenção de possíveis partículas e impurezas contidas na água antes do armazenamento no reservatório inferior. Como esse tipo filtro é instalado apenas uma vez e é livre de manutenção, os demais custos operacionais foram considerados nulos.

Após o fornecimento de todos os dados necessários, o Netuno faz uma estimativa das economias de água, valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno que permitem avaliar se o investimento é viável ou não. Essa análise será apresentada nos resultados.

3.6 Projeto de implantação do sistema

Para execução do projeto hidráulico para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, primeiramente foram medidas as dimensões da residência e dos locais onde ficarão os reservatórios. Com o auxílio do programa computacional *Revit MEP* foi elaborado o projeto arquitetônico da residência e o projeto hidráulico que deverá ser executado na instalação do sistema. As tubulações utilizadas obedecem aos critérios especificados pela NBR 5626 (1998). O projeto foi elaborado pelo autor e será apresentado no capítulo referente aos resultados, na seção 4.6.

4. RESULTADOS

4.1 Considerações Iniciais

Nesta seção serão apresentados os resultados e estimativas obtidos após efetuar as simulações com o Netuno para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Neste capítulo constam orçamentos efetuados em três grandes lojas de materiais de construção da região que foram utilizados como dados de entrada para a análise econômica. Serão expostos ainda os resultados referentes à análise econômica e haverá uma apresentação do projeto para a implantação do sistema.

Para melhor entendimento da apresentação dos resultados, essa seção seguirá o mesmo raciocínio utilizado no método apresentado anteriormente.

4.2 Área de Estudo

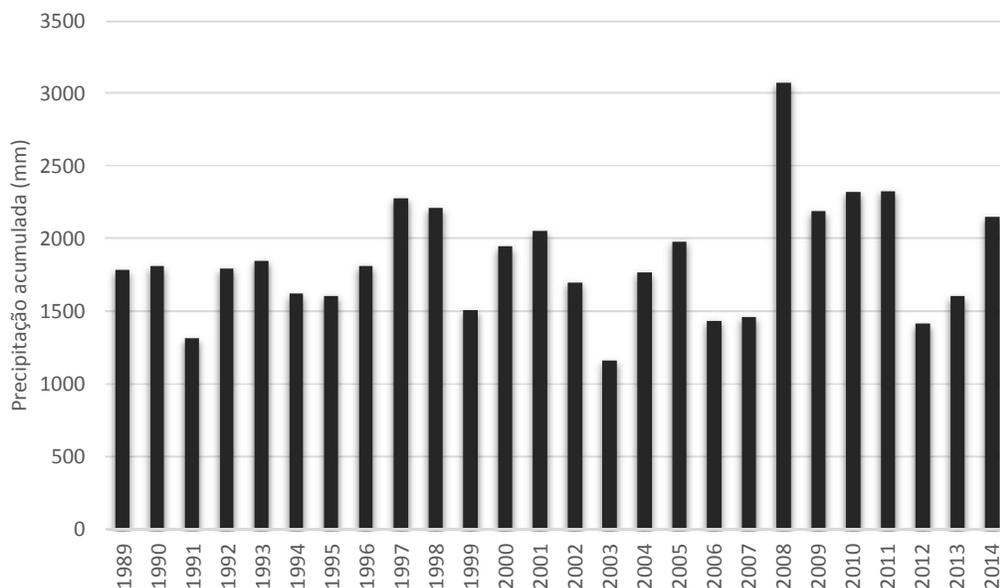
A obtenção dos dados pluviométricos é de grande importância, pois trata-se de um dos dados de entrada mais importantes para o Netuno fazer a avaliação do potencial de economia de água potável.

Há uma estação meteorológica do INMET, localizada no bairro Praia Comprida, situada na Latitude: 27,6° S e Longitude: 48,6° W da qual foram analisados os dados para elaboração deste estudo, por se tratar de uma estação relativamente próxima ao local em estudo capaz de fornecer dados com base diária desde 1945.

Houve uma descontinuidade no fornecimento de dados de 1953 a 1989 e optou-se por ignorar os dados no período anterior a 1989 e considerar esse ano como início dos dados, até o ano 2014, totalizando 26 anos de dados pluviométricos em base diária.

A partir da análise dos dados de precipitação avaliados desde janeiro de 1989 até dezembro de 2014, encontrou-se precipitação mínima de 1160 mm em 2003 e máxima de 3071 mm em 2008, com um valor médio de 1850 mm por ano durante esse período, conforme apresentado na Figura 9.

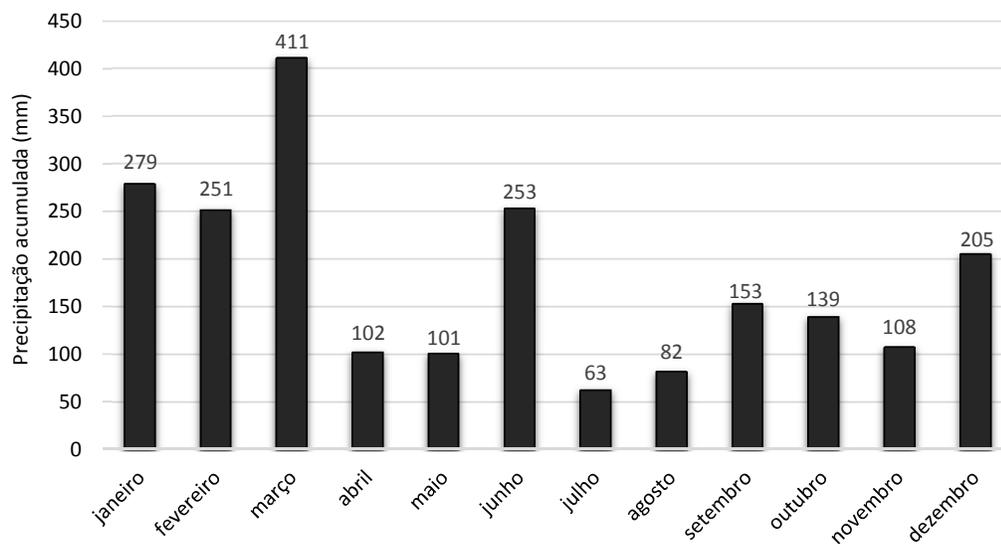
Figura 9 - Precipitação anual acumulada entre 1989 e 2014.



Fonte: INMET (2015).

No ano 2014 o mês com maior precipitação foi março, chegando a 410 mm/ mês e o mês mais seco foi julho, que teve somente 62,8 mm de chuva acumulada conforme apresentado na Figura 10. A distribuição das chuvas não é linear, mas não apresenta longos períodos de seca, o que possibilita a captação de água pluvial em praticamente todas as estações do ano.

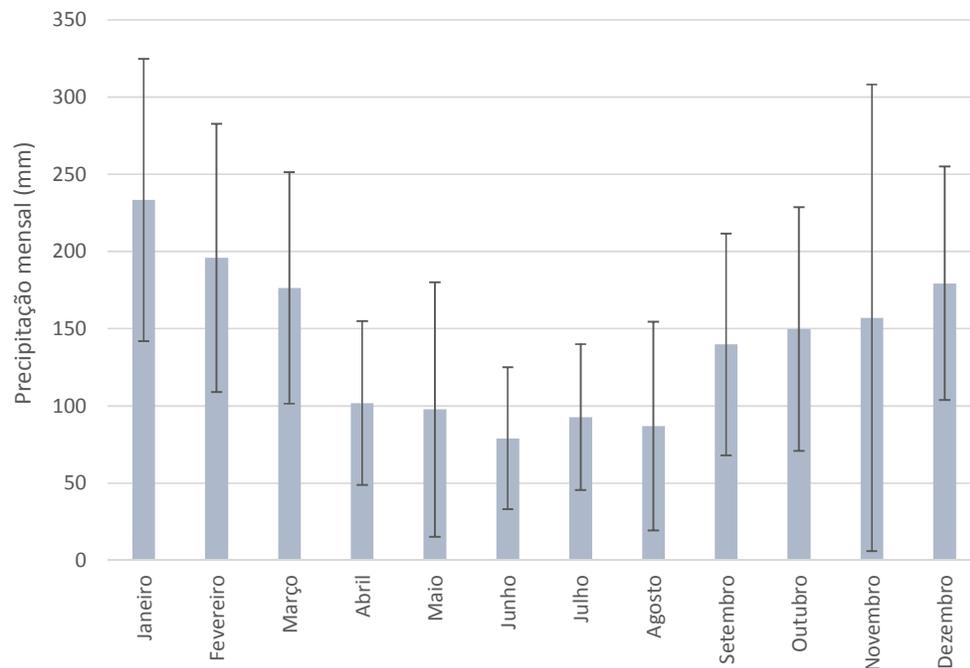
Figura 10 - Precipitação mensal acumulada em 2014.



Fonte: INMET (2015).

A partir da avaliação das precipitações diárias ocorridas entre 01/01/1989 a 31/12/2014, verificou-se que em todos os meses, a precipitação mínima que ocorreu foi de 9,1 mm. A precipitação máxima mensal durante esse período foi de 869,2 mm e a média de cada mês está exposta na Figura 11, que mostra as precipitações mensais mínimas, médias e máximas.

Figura 11- Precipitações mensais mínima, média e máxima.



Fonte: INMET (2015).

4.3 Usos Finais de Água Potável

A determinação dos usos finais de água é importante para definir a porcentagem de água potável que poderá ser substituída por pluvial e o fornecimento desse dado no Netuno é essencial para realizar os cálculos da capacidade dos reservatórios e do potencial de economia de água potável.

A lavadora de roupas é da marca Brastemp, modelo Ative! 11 kg e é utilizada entre três e quatro vezes por semana, geralmente no nível médio ou alto. O manual do fabricante informa apenas o consumo médio de água referente ao nível alto para ciclo completo. De acordo com o manual, o consumo para essa configuração é de 130 litros por ciclo.

O chuveiro do BWC social apresentou um consumo menor comparado ao da suíte porque é utilizado apenas por um morador, enquanto o chuveiro do BWC da suíte é utilizado pelos outros dois moradores.

Como nesses pontos foram instalados os sensores de fluxo dos *smart meters*, o resultado é direto, ou seja, a planilha com os dados gravados pelo módulo contém o volume de água consumido, além da hora em que iniciou o consumo e quanto tempo o registro permaneceu aberto.

Os sensores de tempo dos *smart meters* são capazes apenas de informar durante quanto tempo houve fluxo de água no sensor e a determinação do volume consumido é feita de forma indireta, sendo necessário efetuar o cálculo da vazão de cada aparelho.

O cálculo da vazão foi feito dividindo o volume de 1 litro pelo tempo médio cronometrado para preencher a garrafa até o nível determinado e as vazões que foram calculadas através da Equação 3.1 são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo das vazões médias para cada aparelho.

Aparelho	Tempo (s)	Vazão (L/s)	Média (L/s)
Torneira da cozinha	10,7	0,09	0,09
Torneira da cozinha	10,7	0,09	
Torneira da cozinha	10,4	0,10	
Torneira da cozinha	12,0	0,08	
Torneira da cozinha	11,2	0,09	
Torneira do tanque	5,8	0,17	0,16
Torneira do tanque	6,4	0,16	
Torneira do tanque	6,3	0,16	
Torneira do tanque	6,9	0,14	
Torneira do tanque	6,5	0,15	
Torneira da pia	9,1	0,11	0,12
Torneira da pia	8,7	0,11	
Torneira da pia	7,9	0,13	
Torneira da pia	8,2	0,12	
Torneira da pia	8,3	0,12	
Torneira do lavatório - BWC suíte	22,9	0,04	0,06
Torneira do lavatório - BWC suíte	20,2	0,05	
Torneira do lavatório - BWC suíte	16,7	0,06	
Torneira do lavatório - BWC suíte	16,8	0,06	
Torneira do lavatório - BWC suíte	16,7	0,06	
Torneira do lavatório - BWC social	14,9	0,07	0,07
Torneira do lavatório - BWC social	15,0	0,07	
Torneira do lavatório - BWC social	14,8	0,07	
Torneira do lavatório - BWC social	15,1	0,07	
Torneira do lavatório - BWC social	14,4	0,07	

Com o auxílio dos *smart meters*, foram medidos os volumes de água consumidos nos equipamentos apresentados na Tabela 5 durante o período de 92 dias de avaliação. A porcentagem indica a proporção percentual do volume consumido em cada aparelho e o quanto representa do volume total, definindo os usos finais de água potável atualmente.

A partir do somatório dos volumes de todos os aparelhos obteve-se volume total de 95,95 m³, correspondente a 100% do volume medido. Determinou-se então, a porcentagem que cada aparelho representa do consumo total, conforme apresentado na Tabela 5.

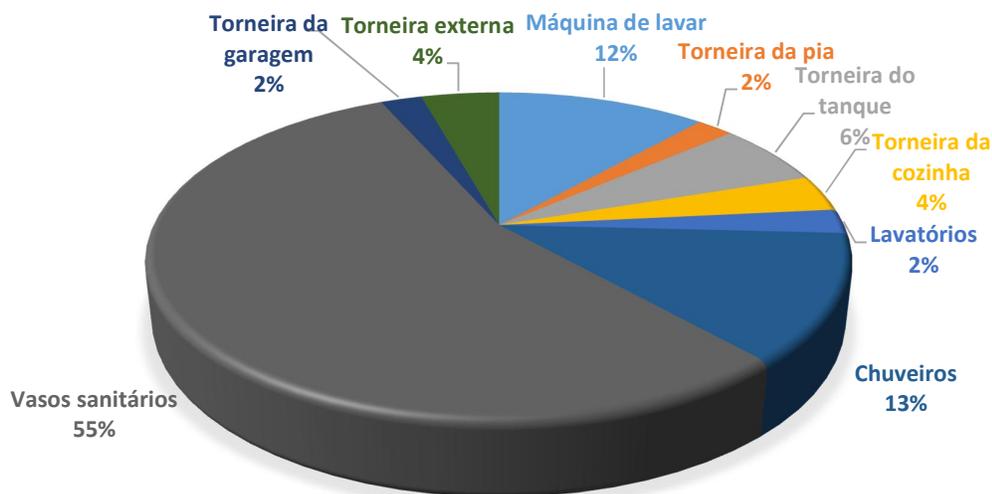
Tabela 5- Consumo de água ao longo de 92 dias.

Ambiente	Aparelho	Volume		Consumo	
		(m³)	(%)	(litros/dia)	(litros/pessoa dia)
Área de Serviço	Máquina de lavar	11,10	11,57	120,66	40,22
	Torneira da pia	1,96	2,04	21,32	7,11
	Torneira do tanque	5,95	6,20	64,69	21,56
Cozinha	Torneira da cozinha	3,45	3,59	37,45	12,48
BWC Suíte	Lavatório	1,46	1,53	15,91	5,30
	Vaso sanitário	35,67	37,18	387,75	129,25
	Chuveiro	8,19	8,54	89,05	29,68
BWC Social	Chuveiro	3,92	4,09	42,62	14,21
	Lavatório	0,83	0,87	9,02	3,01
	Vaso sanitário	17,09	17,81	185,73	61,91
Garagem	Torneira da garagem	2,18	2,27	23,71	7,90
Área da Piscina	Torneira externa	4,14	4,31	44,98	14,99
Volume Total		95,95	100,00	1042,89	347,63

O volume de água consumido no vaso sanitário da suíte é superior ao do BWC social porque possuía um vazamento na válvula de descarga. Após essa verificação com os *smart meters*, esse problema foi resolvido, porém o consumo no vaso sanitário da suíte ainda é maior do que no BWC social, pois é utilizado por dois moradores, enquanto no banheiro social, é utilizado apenas por um morador.

Na Figura 12 são apresentadas as porcentagens correspondentes aos usos finais de água potável, considerando todas as prumadas de água fria da residência.

Figura 12 - Usos finais nos equipamentos.



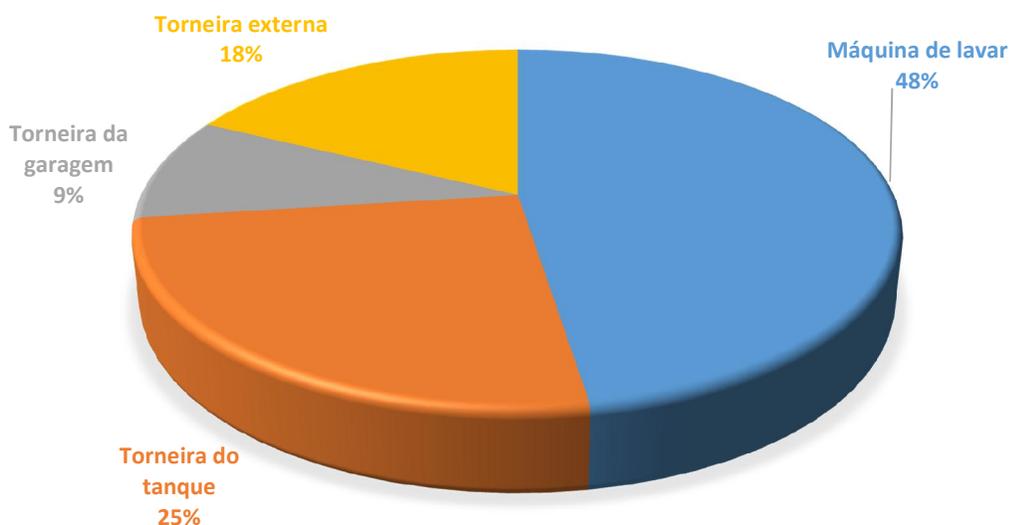
Para o primeiro cenário, considerando a substituição de água potável na torneira do tanque, na máquina de lavar roupas e nas torneiras externas, o percentual de água potável a ser substituída por pluvial foi de 24,36% e totalizou 23,37 m³, conforme indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Volume de água potável a ser substituído por água pluvial – primeiro cenário.

Ambiente	Aparelho	Volume	
		(m ³)	(%)
Área de Serviço	Máquina de lavar	11,10	11,57
	Torneira do tanque	5,95	6,20
Garagem	Torneira da garagem	2,18	2,27
Área da Piscina	Torneira externa	4,14	4,31
Volume Total		95,95	100,00
Volume a substituir - 1º Cenário		23,37	24,36

Do volume total de água potável que será substituído por água pluvial, estima-se que aproximadamente 18% serão consumidos na torneira da área da piscina, 9% na torneira das garagens, 48% na máquina de lavar e 25% na torneira do tanque, conforme ilustra a Figura 13. Essa estimativa representa apenas a proporção do consumo de cada aparelho sanitário, considerando o volume total de 23,37 m³

Figura 13 – Estimativa da porcentagem de água consumida – primeiro cenário.



O segundo cenário de substituição de água potável por pluvial leva em conta a utilização de água pluvial em vasos sanitários além dos equipamentos já considerados no primeiro cenário. Desta forma, foi possível avaliar a influência da utilização de água pluvial nos vasos sanitários e como isso contribui no percentual de economia de água potável. Vale ressaltar que essa simulação foi feita apenas para comparação de resultados, pois o proprietário não pretende fazer as adaptações necessárias para utilizar água pluvial nos vasos sanitários, visto que a residência já está construída e em operação.

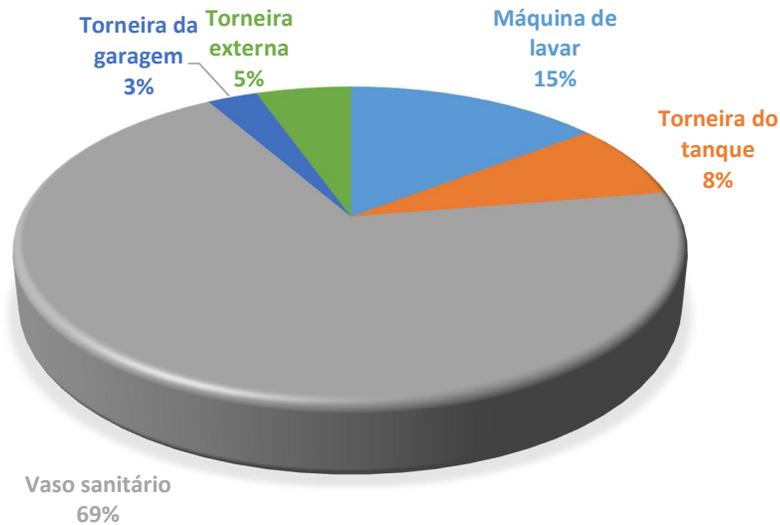
Levando em conta a contribuição dos vasos sanitários, da máquina de lavar, da torneira do tanque e das torneiras externas, foi obtido um volume de 76,13 m³ que representa 79,35% do total de água potável consumido, conforme exposto na Tabela 7.

Tabela 7 - Volume de água potável a ser substituído por água pluvial – segundo cenário.

Ambiente	Aparelho	Volume	
		(m ³)	(%)
Área de Serviço	Máquina de lavar	11,10	11,57
	Torneira do tanque	5,95	6,20
BWC Suíte	Vaso sanitário	35,67	37,18
BWC Social	Vaso sanitário	17,09	17,81
Garagem	Torneira da garagem	2,18	2,27
Área da Piscina	Torneira externa	4,14	4,31
Volume Total		95,95	100,00
Volume a substituir - 2º Cenário		76,13	79,35

A partir do volume total a ser substituído por água pluvial nesse segundo cenário, foram estimadas as porcentagens correspondentes ao consumo de cada equipamento. Estimou-se que os vasos sanitários juntos representariam a porção mais significativa, totalizando 69,3% do volume de água a ser substituído, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 - Porcentagem de água potável consumida – segundo cenário.



4.3.1 Aparelhos Sanitários

Os equipamentos sanitários onde foram verificados os usos finais de água potável com os *smart meters* dividem-se em metais sanitários, como por exemplo as torneiras do tanque, dos lavatórios e das pias além de outros pontos de água como máquina de lavar, chuveiros e vasos sanitários. As Figuras 15 a 20 mostram os pontos de água da residência avaliados durante a elaboração das estimativas de consumo e usos finais de água.

O BWC da suíte possui uma banheira que é utilizada raramente. Durante todo o período de avaliação não houve consumo nenhum nesse ponto de água e foi desconsiderado nos usos finais.

Figura 15 - BWC Social.



Figura 16 - BWC Suíte.



Figura 17 - Torneira da pia da cozinha.



Figura 18 - Torneira da pia da área de serviço.



Figura 19 – Área de serviço.



Figura 20 - Torneira da área da piscina.

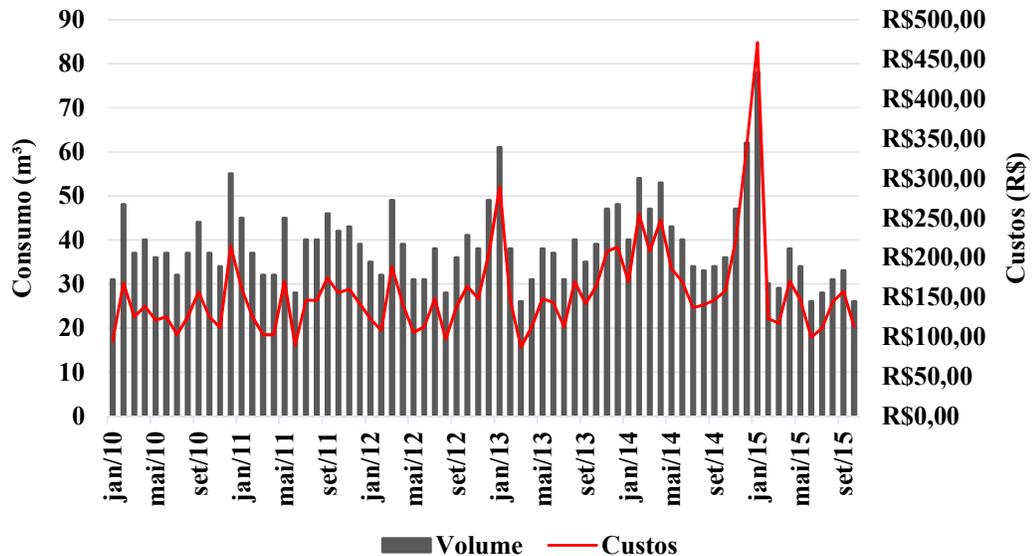


4.3.2 Consumo de Água Medido no Hidrômetro

A fim de verificar o consumo médio e o valor médio das faturas de consumo de água emitidos pela CASAN, foi analisado um histórico das faturas de janeiro de 2010 a outubro de 2015. Em janeiro de 2015 foi registrado o consumo máximo, chegando a 78 m³, seguido de dezembro de 2014, que registrou um consumo de 62 m³. Esse consumo ocorreu em virtude de um vazamento localizado no registro do vaso sanitário da suíte

que foi posteriormente consertado. A Figura 21 exibe o consumo medido pela CASAN e o valor pago nas faturas.

Figura 21 - Consumo de água e valor das faturas emitidos pela CASAN.



Fonte: CASAN.

A partir da análise do histórico de consumo de água potável durante o período de janeiro de 2010 a outubro e 2015, verificou-se que o valor médio das faturas foi de R\$156,19 e o volume mensal médio consumido foi de 39,01 m³. Em 2015, durante o período de medição com os *smart meters* que ocorreu de agosto até outubro, a média de consumo foi de 30 m³. O Apêndice 3 apresenta um histórico do volume consumido em m³, o valor pago na fatura e suas respectivas médias para cada ano.

A comparação do volume total medido pelos *smart meters* com o volume consumido no hidrômetro no mesmo período apresenta uma diferença de 6,61%. Tal diferença ocorreu pela falta de precisão na estimativa das vazões dos equipamentos sanitários, que utilizou um valor médio de vazão, sendo que na prática essa vazão não é constante, pois o grau de abertura dos registros não foi padronizado durante o consumo.

Através da aplicação do questionário foram determinados os tempos de utilização dos aparelhos e a frequência diária. Com os tempos e a frequência de utilização definidos, foram calculados os volumes de água consumida em cada aparelho.

A frequência de utilização da máquina de lavar e do tanque é a mesma, sendo utilizados durante 5 vezes por semana, resultando em uma frequência igual a 0,71 vezes por dia. A torneira da pia da área da churrasqueira é utilizada apenas uma vez por dia, durante a preparação do almoço, durante um tempo médio de 5 minutos. A torneira da cozinha é utilizada após o café da manhã, almoço e jantar, sendo que o volume de louças é diferente para cada refeição, mas o tempo médio de utilização é igual a 10 minutos. O chuveiro do BWC social é utilizado entre 1 e 2 vezes por dia, sendo atribuída uma média de 1,5 vezes por dia, durante 9 minutos. O lavatório do BWC social é utilizado em média durante 15 segundos, 5 vezes ao dia, para lavar as mãos e escovar os dentes. O vaso sanitário do BWC social é utilizado em média 6 vezes por dia e o tempo para cada descarga é em média 8 segundos. No caso dos vasos sanitários, foi adotado o valor de vazão igual a 1,7 l/s, conforme já explicado anteriormente. O lavatório do BWC da suíte é utilizado em média 8 vezes por dia, durante 20 segundos para lavar as mãos e o rosto, fazer a barba e escovar os dentes. O vaso sanitário do BWC da suíte é utilizado em torno de 10 vezes por dia e cada descarga dura cerca de 8 segundos. O chuveiro do BWC da suíte é utilizado por 4 vezes ao dia, com banhos com tempo médio igual a 7 minutos. A torneira da garagem é utilizada para lavagem das duas garagens no pavimento térreo uma vez por semana e para lavagem do carro da empresa também durante uma vez por semana, resultando em uma frequência diária igual a 0,29 vezes por dia. A torneira externa da área da piscina é utilizada 2 vezes por semana, durante o período de 40 minutos, resultando numa frequência diária de 0,29 vezes por dia.

Os tempos de utilização são apenas uma referência média, sendo que na realidade a cada utilização o tempo em que há consumo é diferente. A frequência também é variável, mas foi atribuído um valor médio conforme foi respondido no questionário. O resultado do volume consumido de acordo com o questionário foi de 81,72 m³, conforme apresentado no Apêndice 4. Esse volume apresenta uma variação de 9,2% quando comparado ao volume medido no hidrômetro pela CASAN e 14,83% se comparado ao consumo medido pelos *smart meters*.

Há uma falta de precisão nesse método em virtude dos tempos de utilização e frequência variáveis que foram considerados constantes no questionário. O volume consumido registrado pelos *smart meters* é o que mais se aproxima do valor medido no hidrômetro. Além disso, os sensores de fluxo registraram com melhor precisão o consumo dos

pontos em que foram instalados. Dessa forma, foi adotado o volume registrado pelos *smart meters*, seus usos finais e o percentual de água potável a ser substituído por pluvial como dado de entrada para executar a simulação no Netuno.

4.4 Resultados das Simulações no Netuno

Após a definição dos usos finais de água potável e do volume que será substituído por água pluvial, foram feitas as simulações no programa computacional Netuno avaliando os dois cenários descritos anteriormente. Primeiramente foi feita a simulação para reservatórios com diversos volumes, limitando o volume máximo em 10000 litros, o intervalo entre volumes igual a 500 litros e a diferença entre os potenciais de economia de água potável igual a 5%. Essa simulação indicou o volume ideal para o reservatório inferior igual a 3000 litros. O local de instalação do reservatório inferior possui apenas 1,30 m de altura entre a laje de apoio e uma viga, inviabilizando a instalação do reservatório de 3000 litros. De acordo com o fabricante, esse reservatório possui altura igual a 1,49 m com tampa. Por esse motivo, foi utilizado um reservatório inferior de 2000 litros. A altura desse reservatório é 1,10 m e cabe com certa folga no local de instalação. Esse reservatório será conectado ao reservatório de 500 litros já existente, resultando num volume do reservatório inferior fixo de 2500 litros. Para o primeiro cenário, os dados de entrada utilizados nas simulações são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados de entrada do Netuno para o primeiro cenário.

Dados utilizados para o primeiro cenário.	
Data inicial	01/01/1989
Descarte do escoamento inicial	2 mm
Área de captação	159,25 m ²
Demanda total de água	348 litros per capita/ dia
Número de moradores	3
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial	24,36%
Coefficiente de escoamento superficial	0,8 - 80% de aproveitamento
Volume do reservatório superior	2000 litros
Volume do reservatório inferior	2500 litros

Após a simulação obteve-se o potencial de economia de água potável igual a 21,76%, sendo que a demanda de água pluvial é atendida completamente em 88,24% dos dias, atendida parcialmente em 2,13% e não atendida em 9,63%.

A única alteração dos dados de entrada para efetuar a simulação referente ao segundo cenário, contemplando também a utilização de água pluvial nos vasos sanitários foi no percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Dados de entrada do Netuno para o segundo cenário.

Dados utilizados para o segundo cenário.	
Data inicial	01/01/1989
Descarte escoamento inicial	2 mm
Área de captação	159,25 m ²
Demanda total de água	348 litros per capita/ dia
Número de moradores	3
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial	79,35%
Coefficiente de escoamento superficial	0,8 - 80% de aproveitamento
Volume do reservatório superior	2000 litros
Volume do reservatório inferior	2500 litros

A simulação realizada para o segundo cenário revelou a influência da consideração da utilização de água pluvial nos vasos sanitários. Considerando-se o percentual de substituição de água potável por pluvial igual a 79,35% obteve-se um potencial de economia de água potável igual a 38,64%. Como o volume de água potável consumido é maior em virtude da sua utilização nos vasos sanitários, o percentual de dias em que a demanda de água atende completamente foi de 41,24%, atendendo parcialmente em 14,19% e não atende em 44,57% dos dias. A diferença dos potenciais de utilização de água pluvial entre os dois casos analisados foi de 16,88%.

4.5 Análise Econômica

Para realização da análise econômica do investimento foram definidas as tarifas de água e esgoto, a inflação mensal, o período de reajuste das tarifas de água e energia elétrica, o período de análise do investimento, a taxa mínima de atratividade e os custos referentes à instalação e operação do sistema. Para os dois casos estudados, os dados da análise econômica foram os mesmos. Esses dados são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Dados fornecidos para análise econômica.

Dados para análise econômica para os dois cenários	
Inflação	0,54 % ao mês
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica	12 meses
Período de análise	20 anos
Taxa mínima de atratividade	1% ao mês
Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais	Dezembro

Os reservatórios são os itens mais onerosos que irão compor o sistema de aproveitamento de água pluvial, visto que a motobomba já havia sido comprada anteriormente. Os custos relativos à aquisição dos reservatórios são apresentados na Tabela 11. Algumas lojas não tinham o reservatório em estoque nem previsão de chegada do mesmo e não foram listadas na tabela.

Tabela 11 - Custos para aquisição dos reservatórios.

Item	Preço (R\$)		
	Loja 1	Loja 2	Loja 3
Caixa d'água 2000 L Polietileno	510,00	639,90	812,53
Caixa d'água 2000 L Fibra de vidro	569,90	-	-
Caixa d'água 1000 L Fibra de vidro	419,80	-	399,90

A Loja 1 foi a que apresentou menor valor para a caixa d'água de 2000 litros de polietileno, além das tubulações e conexões, sendo então escolhida para a referência dos estudos.

Após a elaboração do projeto que será apresentado em seguida, foram determinados os quantitativos dos tubos, conexões e acessórios que irão compor o sistema. Foram realizados três orçamentos, nas mesmas lojas em que foram consultados os valores dos reservatórios. O preço unitário dos tubos foi obtido dividindo-se o valor de cada barra de 6 metros de tubo por 6 para calcular o preço unitário referente a cada metro de tubo. As conexões e acessórios foram quantificadas a partir da elaboração do projeto de instalações hidráulicas. O Apêndice 5 possui os valores das tubulações, suas conexões e acessórios respectivamente orçados na Loja 1, que apresentou o menor valor das três totalizando R\$ 357,25 para os tubos e acessórios.

A Loja 2 apresentou um orçamento intermediário, com valores próximos à Loja 1, porém ligeiramente maiores. O valor total dos tubos e conexões orçados na Loja 2 foi de R\$368,34 e consta no Apêndice 6.

A Loja 3 foi a que apresentou os preços dos materiais mais altos, com uma diferença de 15,22% comparado aos preços orçados pela Loja 1. Os materiais orçados eram da mesma marca e modelo, mas as lojas trabalham com margens de lucro diferentes e explicam essa diferença entre os valores. Os custos dos tubos e conexões orçados na Loja 3 são mostrados no Apêndice 7. A Tabela 12 compara os custos das conexões, tubulações e reservatórios para as três lojas em que foi solicitado o orçamento.

Tabela 12 - Resumo do orçamento de materiais.

Itens	Loja 1	Loja 2	Loja 3
Preço total das conexões	250,93	245,40	273,79
Preço total das tubulações	106,32	122,94	137,83
Caixa d'água 2000 L	510,00	639,90	812,53
Total Geral	867,25	1008,24	1224,15

Após a comparação dos orçamentos das três lojas, foram adotados os valores fornecidos pela Loja 1 nos dados de entrada dos custos iniciais do Netuno, conforme pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 - Custos iniciais adotados na análise financeira.

Item	Preço (R\$)
Reservatório inferior	510,00
Reservatório superior	510,00
Mão de obra	500,00
Tubulações	107,00
Acessórios	251,00

Após definir os custos iniciais, deve-se informar os custos operacionais referentes aos gastos com a motobomba. A potência unitária e a vazão estavam estampadas no selo da motobomba. O rendimento foi obtido diretamente com o fabricante da bomba, pois era um dado faltante no selo da motobomba. O tempo de partida indica após quanto tempo de funcionamento, o escoamento da água atinge a seção plena e é um dado que o fabricante não soube informar, sendo adotado um tempo igual a 3 segundos. Foi atribuído custo unitário zero porque a motobomba já havia sido adquirida há muito

tempo para ser utilizada para outro fim. Não foram considerados impostos fixos nem variáveis para realização da análise econômica.

Um dos pontos que receberá água pluvial é a máquina de lavar roupas onde deve-se tomar muito cuidado com a utilização e dosagem de cloro para não manchar as roupas. Por esse motivo não foram previstos custos operacionais para manutenção e tratamento de água, visto que não haverá nenhum tipo de tratamento. Os dados informados no Netuno para custos operacionais da motobomba estão indicados na Tabela 14.

Tabela 14 – Dados de entrada da motobomba.

Potência unitária	1/3 cv
Rendimento	55%
Vazão	8400 litros/hora
Tempo de partida	3 segundos
Custo unitário	R\$ 0,00
Tarifa de energia elétrica	R\$ 0,63 /kWh
Imposto fixo	R\$ 0,00
Imposto variável	R\$ 0,00

A análise econômica foi efetuada no Netuno, que fornece como resultados o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. O valor presente líquido é uma estimativa das futuras economias de água corrigidas para o período atual, descontando as taxas de juros e inflação, durante o período de análise de 20 anos. Quando esse valor é positivo, significa que o investimento é viável.

A taxa interna de retorno é a taxa de juros hipotética que iguala o valor obtido nas economias de água trazido para o presente com os custos de instalação do sistema também trazidos para o presente. Quando a taxa interna de retorno é superior à taxa de mínima de atratividade, o investimento é considerado viável. Considerando o primeiro cenário de substituição de água potável por pluvial igual a 24,36%, foi encontrado um período de retorno igual a 16 meses, com um valor presente líquido igual a R\$ 15.557,25 e uma taxa interna de retorno igual a 7,04% ao mês. O período de análise foi adotado igual a vinte anos, considerando a vida útil do sistema.

Para o segundo cenário de utilização, considerando a utilização de água pluvial nos vasos sanitários com o percentual de substituição de água potável por pluvial igual a

79,35%, resultou em um período de retorno de 11 meses, com um valor presente líquido igual a R\$ 25.641,77 e uma taxa interna de retorno igual a 10,98% ao mês.

Esse caso foi somente uma estimativa para verificar as diferenças entre os potenciais de economia e período de retorno. Caso houvesse interesse do proprietário em substituir água potável por pluvial nos vasos sanitários, deveriam ser atribuídos outros custos que não foram considerados, como mão de obra para troca da tubulação existente, custos de tubos e conexões que não foram considerados, custos de reposição de azulejos, rejunte, argamassa para assentamento de azulejo, etc. Teria que ser previsto também outro local para instalação do reservatório superior, para que a água tivesse pressão suficiente na válvula de descarga do banheiro com a maior distância até o reservatório.

A diferença entre os potenciais de economia foi de 16,88% e de 5 meses entre os períodos de retorno comparando os dois casos de substituição de água potável por pluvial. Se fossem considerados todos os gastos extras no caso da utilização de água pluvial nos vasos sanitários, o período de retorno do segundo cenário seria maior do que o que foi estimado.

4.6 Descrição do Projeto

O projeto foi elaborado com o auxílio do programa computacional *Revit MEP* 2015, da *Autodesk*. Esse programa utiliza a plataforma BIM (*Building Information Model*), em que todos os materiais e famílias de tubulações foram discriminados e caracterizados para melhor elaboração do projeto. Com a utilização do *Revit MEP*, verificou-se se haveria algum tipo de interferência e as vistas 3D foram renderizadas para que o projeto ficasse o mais próximo possível da realidade.

A água que escoar nos telhados indicados em verde na Figura 5 são coletadas por calhas de alumínio e conduzidas por um condutor vertical de 100 mm até o primeiro reservatório inferior, que possui capacidade de 500 litros. Para prevenir a entrada de partículas sólidas e detritos, foi prevista a instalação de um filtro com tela plástica ou de aço inoxidável no condutor vertical. Dessa forma, as folhas, fezes de pássaros e outros possíveis sólidos presentes na cobertura ficam retidos nessa tela, evitando o acúmulo de sujeira nas tubulações. A limpeza desse filtro é de fácil execução, pois possui fácil

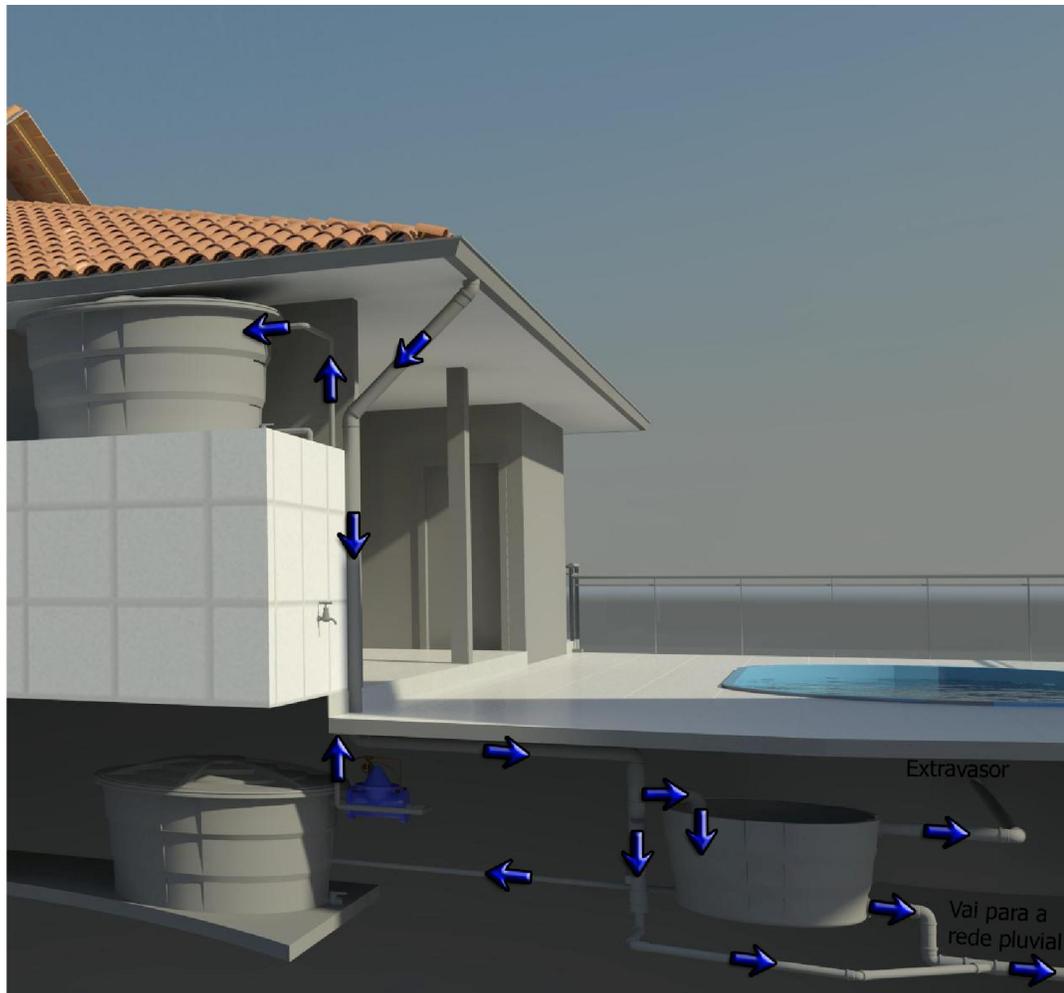
acesso e será executada uma vez por mês para garantir que não irá entupir a tela. Na Figura 22 é demonstrado o tipo de filtro que será instalado no condutor vertical. Na Figura 23 pode-se ter uma ideia geral do projeto com a localização do condutor vertical e as disposições das tubulações e reservatórios. As setas indicam o sentido do fluxo da água.

Figura 22 - Filtro para retenção de folhas e partículas sólidas.



Fonte: Ciclo d'água (2015).

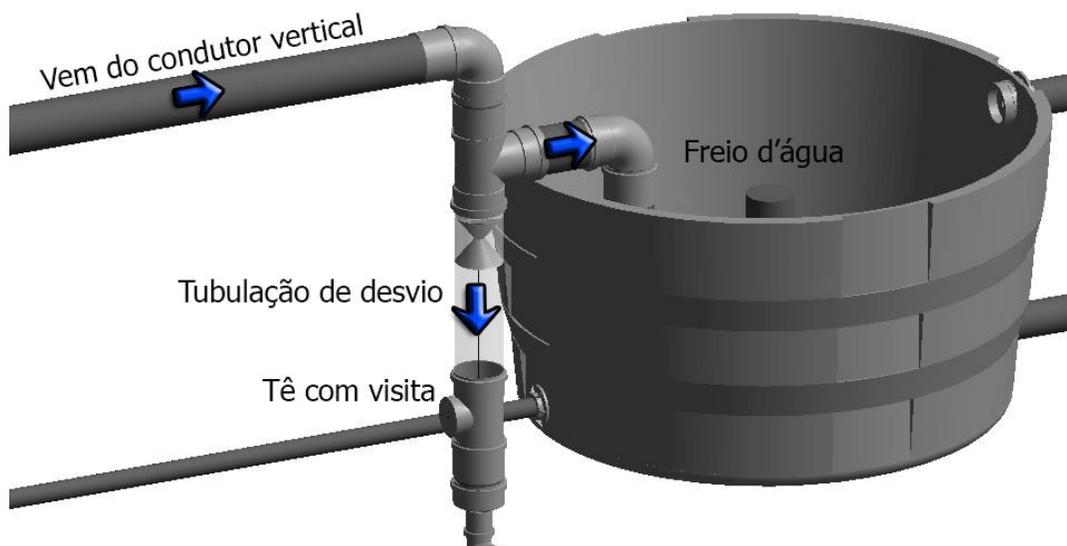
Figura 23 - Projeto de captação e direcionamento de água pluvial.



O projeto apresenta um desviador das primeiras águas pluviais, para eliminar impurezas contidas na água, pois além de resíduos sólidos na cobertura pode existir poeira e outras partículas que não ficariam retidas na tela. O desviador das primeiras águas consiste em uma tubulação vertical de 100 mm com um cap na extremidade inferior com um pequeno orifício por onde a água acumulada irá escoar lentamente. Abaixo desse tampão com um pequeno orifício, foi prevista uma tubulação de descarte, conectada à rede pluvial para coletar a água do descarte inicial que ficou armazenada no tubo. Possui ainda na parte inferior da tubulação de descarte um tê com visita para inspeções periódicas com a finalidade de verificar o acúmulo de alguma eventual sujeira e para realizar a limpeza, se necessário. No interior dessa tubulação foi prevista a utilização de uma bola de poliestireno expandido de 5 cm de diâmetro que irá boiar e à medida em que o nível d'água aumentar no interior do tubo, a bola subirá até o topo da tubulação de

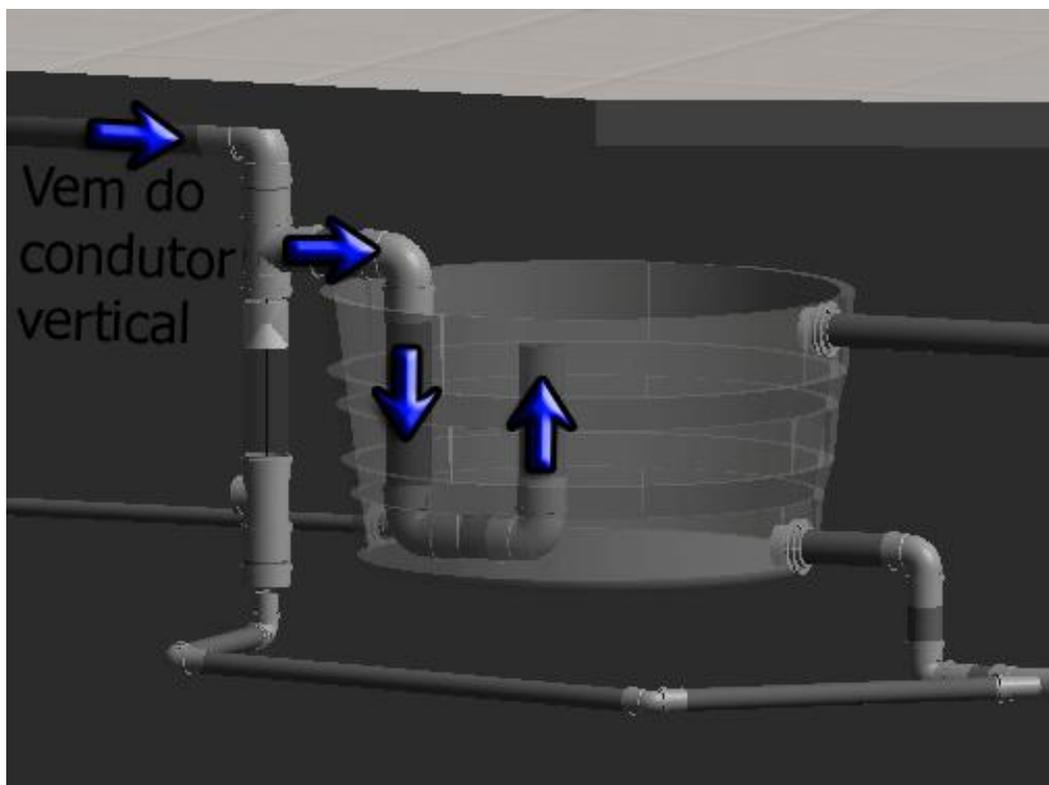
desvio. No topo dessa tubulação, serão acoplados dois funis colados na face de seção circular menor, onde a bola de poliestireno expandido irá subir até travar e impedir o enchimento do tubo de desvio. Haverá um tê de 100 mm acima da tubulação de desvio e conforme essa tubulação for preenchida pela água do descarte inicial e travar, a próxima água que descer será desviada lateralmente por esse tê para o interior do reservatório inferior. A Figura 24 representa o esquema da tubulação de desvio com a seção de estrangulamento, onde a bola de poliestireno expandido deverá travar e começar a encher a parte superior que será desviada para o reservatório inferior de 500 litros.

Figura 24 - Esquema da tubulação de desvio.



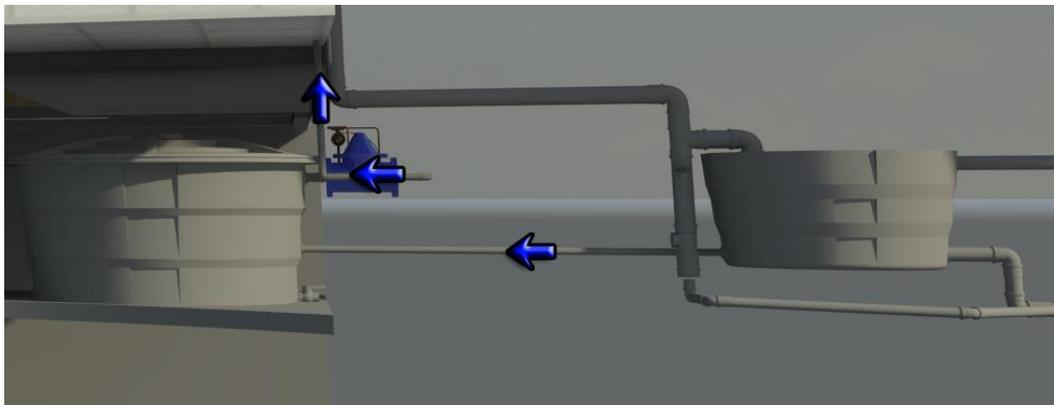
Na parte interna do reservatório inferior, foi previsto um freio d'água para impedir que a sujeira decantada no fundo possa levantar quando houver entrada de água. Esse freio d'água consiste em conexões com joelhos de 90° e diâmetro de 100 mm e tubulações em forma de "U", conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Esquema da tubulação do freio d'água.



A água pluvial que chega pelo freio d'água preenche o reservatório de 500 litros que é conectado ao reservatório de 2000 litros por meio de um tubo de PVC de 25 mm que será ligado aos reservatórios por dois adaptadores para caixa d'água. O reservatório de 500 litros já está instalado a uma altura de 30 cm da laje de apoio, enquanto o reservatório de 2000 litros será apoiado sobre essa laje. A tubulação conectará os dois reservatórios, saindo 10 cm próximo à base do reservatório de 500 litros e chegando na cota de 40 cm no reservatório de 2000 litros. Os dois reservatórios irão manter o mesmo nível de água utilizando o princípio dos vasos comunicantes. Consultando o catálogo do fabricante das caixas d'água, verificou-se que a altura do reservatório de 500 litros sem a tampa é de 58 cm e o de 2000 litros possui altura igual a 90 cm. Ao lado do reservatório de 2000 litros será instalada a motobomba que irá recalcar água até o reservatório superior. A tubulação de recalque da motobomba é de 25 mm. A conexão entre os dois reservatórios e a ligação da motobomba são demonstrados na Figura 26.

Figura 26 - Conexão entre os reservatórios inferiores.



Com a finalidade de prolongar a vida útil da motobomba, será instalado um conjunto de sucção flutuante para captar a água na parte superior da caixa d'água de 2000 litros, evitando a sucção de eventuais partículas decantadas no fundo. Será instalada também uma chave de nível flutuante para identificar o nível de água armazenada para ligar e desligar a motobomba somente quando necessário. Tanto a chave de nível quanto o conjunto de sucção flutuante já foram comprados juntos com a motobomba anteriormente e não representaram custos no orçamento. As Figuras 27 e 28 mostram o conjunto flutuante e a chave de nível, respectivamente.

Figura 27 - Conjunto de sucção flutuante.



Fonte: Acqua Save (2015).

Figura 28 - Chave de nível flutuante.



Fonte: MarGirius (2015).

A água pluvial recalçada pela motobomba irá abastecer o reservatório superior que está conectado por uma tubulação de 25 mm na sua parte superior. O local de instalação dessa caixa d'água possui uma restrição em relação à altura, pois o beiral do telhado limita a altura disponível para sua instalação. A altura entre o beiral e o piso é

de 1,20 m, enquanto a altura do reservatório de 2000 litros é de 1,10 m. A Figura 29 identifica o local onde será instalado o reservatório superior.

Figura 29 - Local de instalação do reservatório superior.



Após o bombeamento da água pluvial para o reservatório superior, haverá a sua distribuição para a torneira do tanque, máquina de lavar, torneira da área da piscina e torneira para lavagem das garagens. A tubulação utilizada para abastecer esses pontos é de 25 mm. Foi prevista a instalação de um registro de gaveta de $\frac{3}{4}$ " na tubulação da máquina de lavar e tanque para quando for necessário fazer alguma manutenção. Essa tubulação será embutida na parede, exceto a torneira para limpeza das garagens que será adaptada diretamente no reservatório superior e conduzida por uma mangueira até as garagens no pavimento térreo. O serviço para embutir os tubos na parede será executado pelo proprietário e não representa custos na execução. A Figura 30 identifica os pontos que receberão água pluvial e suas tubulações.

Figura 30 - Esquema da distribuição de água pluvial



5. CONCLUSÕES

5.1 Conclusões Gerais

Esse estudo estimou o potencial de economia obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência. Foram analisados dois cenários de substituição de água potável por pluvial com a finalidade de avaliar a influência dos vasos sanitários no potencial de economia estimado.

Com o objetivo de estimar os usos finais dos equipamentos sanitários presentes na residência e o percentual de água potável a ser substituída por pluvial, o consumo de água potável foi avaliado por três métodos. Tanto o consumo medido através dos *smart meters* quanto pelo questionário apresentaram erros em relação ao consumo real, medido no hidrômetro devido à consideração da vazão constante, ao tempo médio de utilização dos aparelhos e da frequência média de utilização dos aparelhos, no caso do questionário.

A partir simulação do primeiro cenário de substituição de água potável por pluvial no Netuno, foi obtido um percentual de economia de água potável igual a 21,76%. Já na simulação que considera o uso de água pluvial nos vasos sanitários, no caso do segundo cenário, foi estimado um percentual de economia de água potável igual a 38,64%. A diferença entre os potenciais de economia reflete a consideração do uso de água pluvial nos vasos sanitários. Dessa forma, é aconselhável que se façam estudos para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em residências na fase de projeto ou durante a execução desde que não sejam encontradas interferências.

A utilização do programa Revit MEP foi essencial para uma melhor noção da disposição das tubulações e instalação dos reservatórios. Além disso, foram definidos os quantitativos de tubulações, conexões e acessórios para solicitar orçamentos e inserir os custos de implantação no Netuno para fazer a análise econômica.

A utilização do Netuno durante a elaboração do trabalho foi importante e indispensável, pois além de estimar o potencial de economia obtido com a implantação do sistema, ainda possibilitou a análise financeira e estimado o período de retorno do investimento

de 16 meses que foi considerado relativamente baixo. Além do curto período de retorno, a implantação do sistema trará um benefício permanente e é uma técnica sustentável simples, de baixo custo e eficiente para poupar um recurso natural que atualmente enfrenta problemas de escassez.

5.2 Limitações do Estudo

Apesar de chegar aos objetivos finais do trabalho, algumas limitações foram encontradas e impossibilitaram o aumento do percentual de economia e a diminuição do período de retorno. As principais limitações foram:

- Falta de precisão na estimativa do tempo de uso e frequência de utilização dos equipamentos sanitários;
- Desconsideração da variação das vazões e tempos de utilização para determinação do consumo de água de cada aparelho, sendo atribuído um valor médio no questionário;
- Ausência de equipamento apropriado para medição de vazão do vaso sanitário, sendo adotado um valor padrão constante que não reflete a realidade;
- Curto período de medição do consumo, representando apenas uma fração do consumo anual;
- Ausência de aparelho específico para medição da vazão, sendo calculado um valor médio para vazão de cada aparelho;
- Consideração de vazão constante em todos os equipamentos, quando na realidade há variação da vazão de acordo com a abertura do registro;
- Limitações de espaço e altura para instalação dos reservatórios, tornando a escolha limitada por um aspecto físico;
- Falta de caracterização da qualidade da água pluvial captada e ausência de sistema de tratamento em virtude da sua utilização na máquina de lavar roupas;
- Falta de interesse do proprietário na substituição de água potável por pluvial também nos vasos sanitários, que representaria um maior potencial de economia.

5.3 Sugestões para Futuros Trabalhos

Ao final deste trabalho, são sugeridos outros possíveis temas para discussão em futuros trabalhos:

- Potencial de economia obtido através da implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais e reuso águas cinzas;
- Projeto de sistema de tratamento de água pluvial para torná-la potável;
- Métodos alternativos para obtenção de água potável;
- Implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residências populares;
- Estimativa do percentual de economia através do aproveitamento de água pluvial em galpões industriais;
- Projeto de aproveitamento de água proveniente do gotejamento de ar condicionado tipo *Split*.

REFERÊNCIAS

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em Maio de 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**, Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 – Instalação predial de água fria**, Rio de Janeiro, 1998.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 53-66, Rio Grande do Sul, 2008.

ANA. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em Maio de 2015.

BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTAN, P. de; Teixeira, C. A.; FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: Comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e decreto municipal 293/2006 de Curitiba, PR**. Ambiente Construído, v. 10, n. 4, p. 219-231, Rio Grande do Sul, 2010.

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Disponível em: <<http://www.casan.com.br>>. Acesso em Outubro de 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em Maio de 2015.

CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; FEITOSA, F. F.; JOHANSEN, I. C.; CRAICE, C. **População e consumo urbano de água no Brasil: Interfaces e desafios - XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013.

GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, C. M. **Dimensionamento de reservatório de armazenamento de águas pluviais, usando um critério financeiro.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, p. 89-100, Rio Grande do Sul, 2010.

GHISI, E. **Potential for potable water saving by using rainwater in the residential sector of Brazil.** Building and Environment, v. 41, p. 1544-1550, 2006.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. **Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil.** Building and Environment, v. 41, p. 204-210, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Setembro de 2015.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Agenda 21. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**, p.260, Paraná, 2001.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em junho de 2015.

OKAMURA, E. K. **Economia de água em bacias sanitárias.** Curso de graduação – Engenharia Elétrica e de Computação / UNICAMP. Revista Ciência do Ambiente Online, v. 2, n.1, 2006.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**, p. 301-319, Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<http://www.onu.org.br>>. Acesso em Maio de 2015.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC.** Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 67-84, Rio Grande do Sul, 2008.

ROCHA, V. L.; GHISI, E. **Validação de um algoritmo para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.

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, Rio Grande do Sul, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas.** Estudos Avançados, v.22, n.63, p. 97-112, 2008.

TOMAZ, P. **Conservação da água.** Navegar Editora, São Paulo, 1998.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva.** Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora. São Paulo, 2003.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental.** Ambiente Construído, v. 2, n. 4, p. 7-18, Rio Grande do Sul, 2002.

SIDAGIS, G. C.; ABE, D. S. **Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas.** Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos, v. 10, p. 165-173, São Paulo, 2009.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2013.** Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em Maio de 2015.

APÊNDICE 1

Consumo medido no hidrômetro para torneira das garagens.

Local	Data	Volume (L)
Torneira das garagens	17/07/2015	62
Torneira das garagens	18/07/2015	114
Torneira das garagens	24/07/2015	49
Torneira das garagens	25/07/2015	143
Torneira das garagens	31/07/2015	57
Torneira das garagens	01/08/2015	127
Torneira das garagens	07/08/2015	64
Torneira das garagens	08/08/2015	135
Torneira das garagens	14/08/2015	54
Torneira das garagens	15/08/2015	107
Torneira das garagens	21/08/2015	68
Torneira das garagens	22/08/2015	109
Torneira das garagens	28/08/2015	59
Torneira das garagens	29/08/2015	136
Torneira das garagens	04/09/2015	51
Torneira das garagens	11/09/2015	58
Torneira das garagens	12/09/2015	119
Torneira das garagens	18/09/2015	47
Torneira das garagens	19/09/2015	129
Torneira das garagens	25/09/2015	61
Torneira das garagens	26/09/2015	115
Torneira das garagens	02/10/2015	53
Torneira das garagens	03/10/2015	108
Torneira das garagens	09/10/2015	49
Torneira das garagens	10/10/2015	107
TOTAL Torneira das garagens		2181

APÊNDICE 2

Consumo medido no hidrômetro para torneira da área da piscina.

Local	Data	Volume
Torneira da área da piscina	17/07/2015	187
Torneira da área da piscina	22/07/2015	196
Torneira da área da piscina	24/07/2015	497
Torneira da área da piscina	31/07/2015	203
Torneira da área da piscina	07/08/2015	172
Torneira da área da piscina	14/08/2015	184
Torneira da área da piscina	21/08/2015	198
Torneira da área da piscina	26/08/2015	521
Torneira da área da piscina	28/08/2015	179
Torneira da área da piscina	04/09/2015	191
Torneira da área da piscina	11/09/2015	173
Torneira da área da piscina	12/09/2015	185
Torneira da área da piscina	18/09/2015	211
Torneira da área da piscina	23/09/2015	482
Torneira da área da piscina	25/09/2015	192
Torneira da área da piscina	02/10/2015	178
Torneira da área da piscina	09/10/2015	189
TOTAL Torneira da área da piscina		4138

APÊNDICE 3

Consumo de água potável e valor pago nas faturas entre 2010 e 2015.

Mês/Ano	Consumo (m³)	Valor
dez/10	55	R\$ 214,93
nov/10	34	R\$ 111,72
out/10	37	R\$ 125,17
set/10	44	R\$ 156,57
ago/10	37	R\$ 125,17
jul/10	32	R\$ 102,75
jun/10	37	R\$ 125,17
mai/10	36	R\$ 120,69
abr/10	40	R\$ 138,63
mar/10	37	R\$ 125,17
fev/10	48	R\$ 167,83
jan/10	31	R\$ 94,51
Média 2010	39	R\$ 134,03
dez/11	39	R\$ 141,39
nov/11	43	R\$ 160,30
out/11	42	R\$ 155,57
set/11	46	R\$ 174,48
ago/11	40	R\$ 146,12
jul/11	40	R\$ 146,12
jun/11	28	R\$ 89,40
mai/11	45	R\$ 169,76
abr/11	32	R\$ 102,75
mar/11	32	R\$ 102,75
fev/11	37	R\$ 125,17
jan/11	45	R\$ 161,05
Média 2011	39,08	R\$ 139,57
dez/12	49	R\$ 204,89
nov/12	38	R\$ 148,42
out/12	41	R\$ 163,82
set/12	36	R\$ 138,16
ago/12	28	R\$ 97,09
jul/12	38	R\$ 148,42
jun/12	31	R\$ 112,49
mai/12	31	R\$ 105,89
abr/12	39	R\$ 141,39

mar/12	49	R\$ 188,66
fev/12	32	R\$ 108,30
jan/12	35	R\$ 122,49
Média 2012	37,25	R\$ 140,00
dez/13	48	R\$ 213,38
nov/13	47	R\$ 207,90
out/13	39	R\$ 164,03
set/13	35	R\$ 142,09
ago/13	40	R\$ 169,51
jul/13	31	R\$ 112,49
jun/13	37	R\$ 143,29
mai/13	38	R\$ 148,42
abr/13	31	R\$ 112,49
mar/13	26	R\$ 86,82
fev/13	38	R\$ 148,42
jan/13	61	R\$ 289,25
Média 2013	39,25	R\$ 161,51
dez/14	62	R\$ 339,31
nov/14	47	R\$ 222,76
out/14	36	R\$ 158,13
set/14	34	R\$ 146,38
ago/14	33	R\$ 140,50
jul/14	34	R\$ 136,61
jun/14	40	R\$ 169,51
mai/14	43	R\$ 185,96
abr/14	53	R\$ 247,43
mar/14	47	R\$ 207,90
fev/14	54	R\$ 255,12
jan/14	40	R\$ 169,51
Média 2014	43,58	R\$ 198,26
out/15	26	R\$ 113,46
set/15	33	R\$ 157,28
ago/15	31	R\$ 144,13
jul/15	28	R\$ 111,13
jun/15	26	R\$ 99,37
mai/15	34	R\$ 146,38
abr/15	38	R\$ 169,88
mar/15	29	R\$ 117,00
fev/15	30	R\$ 122,88
jan/15	78	R\$ 471,21
Média 2015	43,66	R\$ 202,05

APÊNDICE 4

Memorial de cálculo do volume de água potável consumido de acordo com o questionário.

Ambiente	Aparelho	Frequência diária	Frequência no período	Tempo de utilização (min)	Tempo de utilização (s)	Tempo de utilização no período (s)	Vazão	Volume	
								(m ³)	%
Área de Serviço	Máquina de lavar	0,71	65,71	130				8,54	10,45
	Torneira da pia	1,00	92,00	5	300	27600	0,12	3,31	4,05
	Torneira do tanque	0,71	65,71	10	600	39429	0,16	6,31	7,72
Cozinha	Torneira da cozinha	3,00	276,00	15	900	248400	0,09	22,36	27,36
BWC Suíte	Lavatório	8,00	736,00	0,33	20	14720	0,07	1,03	1,26
	Vaso sanitário	10,00	920,00	0,13	8	7360	1,7	12,51	15,31
	Chuveiro	4,00	368,00	7	420	154560	0,06	9,27	11,35
BWC Social	Chuveiro	1,50	138,00	9	540	74520	0,06	4,47	5,47
	Lavatório	5,00	460,00	0,25	15	6900	0,06	0,41	0,51
	Vaso sanitário	6,00	552,00	0,13	8	4416	1,7	7,51	9,19
Garagem	Torneira da garagem	0,29	26,29	30	1800	47314	0,06	2,84	3,47
Área da Piscina	Torneira externa	0,29	26,29	40	2400	63086	0,05	3,15	3,86
Volume Total								81,72	100,00
Demanda diária per capita								296,09	

APÊNDICE 5

Orçamento de tubos e conexões feito na Loja 1.

Tubulação				
Comprimento	Descrição	Diâmetro Nominal	Preço unitário	Preço total
14,60	Tubo de PVC DN 25 mm	25 mm	1,82	26,52
2,29	Tubo de PVC DN 50 mm	50 mm	4,98	11,42
5,46	Tubo de PVC DN 75 mm	75 mm	7,32	39,96
3,80	Tubo de PVC DN 100 mm	100 mm	7,48	28,42
Preço total tubulações:				106,32

Conexões e acessórios para tubulação				
Quantidade	Descrição dos materiais	Diâmetro	Preço unitário	Preço total
1	Cap 100mm	100 mm	5,62	5,62
1	Joelho 45° 50mm	50 mm-50 mm	2,21	2,21
13	Joelho 90° 25mm	25 mm-25 mm	0,54	7,02
2	Joelho 90° 50mm	50 mm-50 mm	1,73	3,46
3	Joelho 90° 75mm	75 mm-75 mm	4,32	12,96
5	Joelho 90° 100mm	100 mm-100 mm	5,72	28,6
1	Junção Simples 75 x 50mm	75 mm-75 mm-50 mm	10,58	10,58
4	Luva Simples 50mm	50 mm-50 mm	2,05	8,2
4	Luva Simples 75mm	75 mm-75 mm	3,78	15,12
9	Luva Simples 100mm	100 mm-100 mm	4,37	39,33
1	Tê 25 x 25mm	25 mm-25 mm-25 mm	0,92	0,92
1	Tê 100 x 100mm	100 mm-100 mm-100 mm	10,78	10,78
1	Tê de Inspeção 100x75mm	100 mm-100 mm-75 mm	31,21	31,21
1	Registro de gaveta 3/4"	3/4" - 3/4"	24,4	24,4
6	Adaptador com Anel para Caixa d'Água 25mm	25 mm	8,42	50,52
Preço total Conexões:				250,93

APÊNDICE 6

Custos de tubos e conexões na Loja 2.

Tubulação				
Comprimento	Descrição	Diâmetro Nominal	Preço unitário	Preço total
14,60	Tubo de PVC DN 25 mm	25 mm	2,32	33,83
2,29	Tubo de PVC DN 50 mm	50 mm	5,65	12,94
5,46	Tubo de PVC DN 75 mm	75 mm	7,82	42,69
3,80	Tubo de PVC DN 100 mm	100 mm	8,82	33,48
Preço total tubulações:				122,94

Conexões e acessórios para tubulação				
Quantidade	Descrição dos materiais	Diâmetro	Preço unitário	Preço total
1	Cap 100mm	100 mm	5,60	5,60
1	Joelho 45° 50mm	50 mm-50 mm	2,20	2,20
13	Joelho 90° 25mm	25 mm-25 mm	0,65	8,45
2	Joelho 90° 50mm	50 mm-50 mm	1,90	3,80
3	Joelho 90° 75mm	75 mm-75 mm	4,20	12,60
5	Joelho 90° 100mm	100 mm-100 mm	5,90	29,50
1	Junção Simples 75 x 50mm	75 mm-75 mm-50 mm	7,90	7,90
4	Luva Simples 50mm	50 mm-50 mm	2,10	8,40
4	Luva Simples 75mm	75 mm-75 mm	3,30	13,20
9	Luva Simples 100mm	100 mm-100 mm	3,90	35,10
1	Tê 25 x 25mm	25 mm-25 mm-25 mm	0,85	0,85
1	Tê 100 x 100mm	100 mm-100 mm-100 mm	9,60	9,60
1	Tê de Inspeção 100x75mm	100 mm-100 mm-75 mm	35,90	35,90
1	Registro de gaveta 3/4"	3/4" - 3/4"	24,90	24,90
6	Adaptador com Anel para Caixa d'Água 25mm	25 mm	7,90	47,40
Preço total Conexões:				245,40

APÊNDICE 7

Tubos e conexões orçados na Loja 3.

Tubulação				
Comprimento	Descrição	Diâmetro Nominal	Preço unitário	Preço total
14,60	Tubo de PVC DN 25 mm	25 mm	2,63	38,45
2,29	Tubo de PVC DN 50 mm	50 mm	7,13	16,34
5,46	Tubo de PVC DN 75 mm	75 mm	9,43	51,52
3,80	Tubo de PVC DN 100 mm	100 mm	8,30	31,52
Preço total tubulações:				137,83

Conexões e acessórios para tubulação				
Quantidade	Descrição dos materiais	Diâmetro	Preço unitário	Preço total
1	Cap 100mm	100 mm	8,79	8,79
1	Joelho 45° 50mm	50 mm-50 mm	2,60	2,60
13	Joelho 90° 25mm	25 mm-25 mm	0,45	5,85
2	Joelho 90° 50mm	50 mm-50 mm	1,46	2,92
3	Joelho 90° 75mm	75 mm-75 mm	3,49	10,47
5	Joelho 90° 100mm	100 mm-100 mm	6,49	32,45
1	Junção Simples 75 x 50mm	75 mm-75 mm-50 mm	10,69	10,69
4	Luva Simples 50mm	50 mm-50 mm	2,40	9,60
4	Luva Simples 75mm	75 mm-75 mm	3,19	12,76
9	Luva Simples 100mm	100 mm-100 mm	4,30	38,70
1	Tê 25 x 25mm	25 mm-25 mm-25 mm	1,97	1,97
1	Tê 100 x 100mm	100 mm-100 mm-100 mm	7,09	7,09
1	Tê de Inspeção 100x75mm	100 mm-100 mm-75 mm	42,90	42,90
1	Registro de gaveta 3/4"	3/4" - 3/4"	25,80	25,80
6	Adaptador com Anel para Caixa d'Água 25mm	25 mm	10,20	61,20
Preço total Conexões:				273,79