

ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE
ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL E REÚSO DE ÁGUA CINZA EM UMA
RESIDÊNCIA

Amanda Kempt Schroeder

Amanda Kempt Schroeder

**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA
DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REÚSO DE
ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA**

Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
Conclusão de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Pablo Heleno
Sezerino
Coorientador: Prof. Dr. Ramon Lucas
Dalsasso

Florianópolis
2016

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

Schroeder, Amanda Kempt

Estudo comparativo de viabilidade econômica do aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza em uma residência / Amanda Kempt Schroeder ; orientador, Pablo Heleno Sezerino ; coorientador, Ramon Lucas Dalsasso. - Florianópolis, SC, 2016.

129 p.

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

Inclui referências

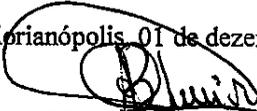
1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Água da chuva. 3. Água de reúso. 4. Fonte alternativa. I. Sezerino, Pablo Heleno. II. Dalsasso, Ramon Lucas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Amanda Kempt Schroeder

**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA
DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REÚSO DE
ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA**

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.

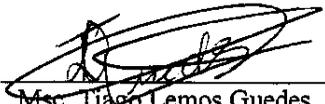
Florianópolis, 01 de dezembro de 2016.


Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Júnior
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino
Orientador


Prof.^a Dr.^a Maria Eliza Nagel Hassemer
Membro da banca


Msc. Thiago Lemos Guedes
Membro da banca

AGRADECIMENTOS

Aos professores Pablo Heleno Sezerino e Ramon Lucas Dalsasso, por todos os ensinamentos e orientações, não só neste trabalho, mas durante minha graduação.

Aos meus pais, Christiani Kempt e Amilton Schroeder, por sempre me apoiarem e me mostrarem a importância do estudo. Vocês são um exemplo para mim.

Aos membros da banca examinadora, professora Maria Eliza Nagel Hassemer e doutorando Tiago Lemos Guedes, por aceitarem o convite e pelas contribuições feitas ao trabalho.

À todos meus professores, por partilharem comigo seus conhecimentos e por contribuírem para minha formação.

Por fim, agradeço a todos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado e que de alguma forma participaram, direta ou indiretamente, deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

Por muito tempo a água foi considerada um bem infinito e inesgotável. Porém, nos últimos anos pôde-se perceber que este bem apresenta-se cada vez mais escasso e dotado de valor econômico. Isso deve-se, principalmente, aos fatos relacionados ao crescimento populacional e ao desordenado processo de urbanização, que conduzem a um maior consumo de água e degradação dos recursos hídricos. Por isso, entende-se que é fundamental o desenvolvimento de trabalhos que busquem fontes alternativas à água potável, principalmente nos pontos de consumo que não exigem esta qualidade. Nesse contexto, o presente trabalho surge com a finalidade de avaliar e comparar a viabilidade econômica gerada através da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza para usos não potáveis, de forma isolada. Para isso, idealizou-se dois projetos para uma residência de alto padrão, localizada em Florianópolis. No projeto de aproveitamento de água da chuva levou-se em consideração a utilização dessa fonte para descarga de bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e usos externos, como rega de jardins, lavagem de pisos e carros. No projeto de reúso de água cinza considerou-se a origem dessa fonte no chuveiro e máquina de lavar roupas, e sua destinação para descarga de bacias sanitárias e usos externos. Com base na identificação dos consumos específicos de água e no levantamento de dados pluviométricos, determinou-se a disponibilidade e demanda pelas fontes alternativas e então os sistemas complementares de abastecimento foram dimensionados. Com o levantamento dos custos e economias gerados pelos sistemas, fez-se a determinação da viabilidade econômica através dos métodos Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno do Investimento Descontado (*payback* descontado). Considerando os custos totais de implantação, ambos os projetos apresentaram VPL positivo para um período de 20 anos (R\$ 2.498,88 para o aproveitamento pluvial e R\$ 5.114,67 para o reúso de água cinza), ou seja, são viáveis economicamente. Pelo método do *payback*, o sistema de reúso mostrou-se mais atrativo do que o aproveitamento de água de chuva, com períodos de retorno do investimento de 8,18 e 14,45 anos, respectivamente. Esse cenário muda com a eliminação dos custos de captação no projeto de aproveitamento de água pluvial, uma vez que esses valores já estão incluídos no custo total do projeto hidráulico convencional. Nesse segundo contexto, tem-se uma redução do *payback* para 9,58 anos e um aumento do VPL para R\$ 5.760,55.

Palavras-chave: Água da chuva. Água de reúso. Fonte alternativa.

ABSTRACT

For many years, water was considered a finite and inexhaustible good. However, in recent years it can be seen that this well is increasingly scarce and endowed with economic value. This is mainly due to the facts related to population growth and the disorderly process of urbanization, which lead to higher water consumption and degradation of water resources. So it is understood that it is fundamental the development of jobs that seek alternative sources of drinking water, mainly at points of consumption which do not require this quality. In this context, the present work arises with purpose of evaluating and compare the economic viability generated through deployment of rainwater use systems and gray water reuse for non-potable uses, in isolation. For this, two projects were conceived for a high standard residence, located in the city of Florianopolis. In the project of utilization of rainwater, took into account the use of this source for discharging sanitary basins, washing machine and external uses, like watering gardens, washing floors and cars. In the gray water reuse project was considered from this source, the water used in the shower and in the washing machine, and its destination for discharge of sanitary basins and external uses. Based on identification of specific water consumption and in the survey of rainfall data, it was determined the availability and demand of alternative sources and so the complementary supply systems were sized. With the cost and profit generated by the systems, it was made the determination of economic viability through the methods Net Present Value (NPV) and Discounted Return on Investment Period (discounted payback). Considering the total costs of the implantation, both projects presented positive NPV for a period of 20 years (R\$ 2.498,88 for the rainfall exploitation and R\$ 5.114,67 for reuse of gray water) that is, are economically viable. By the payback method, the reuse system was more attractive than the use of rainwater, with periods of return on investment from 8,18 and 14,45 years, respectively. This scenario changes with elimination of capture costs in the rainwater harvesting project since these values are already included in the total cost of the conventional hydraulic project of a residential. In this second context, there is a reduction of the payback to 9,58 years and an increase of the NPV to R\$ 5.760,55.

Keywords: Rainwater. Reusing water. Alternative source.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água pluvial.....	11
Figura 2 – Unidades de tratamento para o aproveitamento da água de chuva	13
Figura 3 - Sistema de reúso de água cinza	16
Figura 4 - Planta baixa térreo	22
Figura 5 - Planta baixa segundo pavimento	22
Figura 6 - Esquema do sistema de aproveitamento de água de chuva...	25
Figura 7 - Calha Aquapluv	25
Figura 8 - Filtro de remoção de sólidos grosseiros (A) e filtro de polimento (B)	31
Figura 9 - Esquema do sistema de aproveitamento de água de chuva...	35
Figura 10 - Histograma de precipitação diárias no período de 2002 a 2015.....	47
Figura 11 - Histograma de precipitação média mensal no período de 2002 a 2015.....	47
Figura 12 – Área de captação do primeiro nível do telhado.....	49
Figura 13 - Área de captação do segundo nível do telhado.....	50
Figura 14 – Gráfico com o potencial de economia de água pluvial em função do volume do reservatório.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo per capita com base na contribuição de esgoto e no coeficiente de retorno	4
Tabela 2 - Consumo per capita para unidades residenciais	4
Tabela 3 - Distribuição do consumo de água em edificações domiciliares	5
Tabela 4 - Distribuição do consumo residencial	6
Tabela 5 - Parâmetros para estimar a demanda residencial de água potável para usos externos.....	7
Tabela 6 - Parâmetros para estimar a demanda residencial de água potável para usos internos	8
Tabela 7 - Demanda de água para usos externos.....	8
Tabela 8 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações ...	12
Tabela 9 - Valores para o coeficiente de runoff	29
Tabela 10 - Consumos de água potável.....	43
Tabela 11 - Disponibilidade e demanda de água cinza com consumo em porcentagem	44
Tabela 12 - Disponibilidade e demanda de água cinza com parâmetros técnicos.....	45
Tabela 13 - Dados de entrada para o Programa Netuno	52
Tabela 14 - Parâmetros de projeto para o dimensionamento do tanque séptico	55
Tabela 15 - Parâmetros de projeto para o dimensionamento do <i>wetland</i>	57
Tabela 16 - Quantitativo de serviços para sistema de aproveitamento de água de chuva	60
Tabela 17 - Quantitativo do sistema de captação de água de chuva.....	61
Tabela 18 - Quantitativo do sistema de tratamento de água de chuva...	62
Tabela 19 - Quantitativo do sistema de recalque de água de chuva	63
Tabela 20 - Quantitativo do sistema de distribuição de água de chuva.	64
Tabela 21 - Quantitativo de serviços para sistema de reúso de água cinza	65
Tabela 22 - Quantitativo do sistema de coleta de água cinza	65
Tabela 23 - Quantitativo do sistema de tratamento de água cinza	66
Tabela 24 - Quantitativo do sistema de recalque de água cinza	67
Tabela 25 - Quantitativo do sistema de distribuição de água cinza.....	68
Tabela 26 - Custos de operação e manutenção com sistemas de fontes alternativas	69
Tabela 27 - Custo de energia com motobomba para recalque	69
Tabela 28 - Custo da conta de água e esgoto sem sistema de fontes alternativas	70

Tabela 29 - Custo da conta de água e esgoto com aproveitamento pluvial	70
Tabela 30 - Custo da conta de água e esgoto com reúso de água cinza	71
Tabela 31 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de aproveitamento de água de chuva	72
Tabela 32 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de reúso de água de cinza	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agência Nacional de Águas
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A.
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COMASP – Comitê de Meio Ambiente do SinduCon-SP
DBO – Demanda Biológica de Oxigênio
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FPMH – Filtro Plantado com Macrófitas de Fluxo Horizontal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
PASEP – Programa de Formação de Patrimônio do Servidor Público
PIS – Programa de Integração Social
PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TMA – Taxa Mínima de Atratividade
UHC – Unidade Hunter de Contribuição
USP – Universidade de São Paulo
VPL – Valor Presente Líquido
WHO - World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo Geral.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 CONSUMO DE ÁGUA	3
2.1.1 Quantificação do consumo per capita	3
2.1.2 Quantificação do consumo específico de água potável em uma residência.....	5
2.2 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA	9
2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	9
2.3.1 Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva	10
2.3.2 Tratamento de águas pluviais	12
2.4 REÚSO DE ÁGUA CINZA	14
2.4.1 Sistema de reúso de água cinza	15
2.4.2 Tratamento para água cinza	17
2.5 TANQUE SÉPTICO	18
2.6 FILTRO PLANTADO COM MACRÓFITAS DE FLUXO HORIZONTAL	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E FONTES ALTERNATIVAS	21
3.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA...	22
3.3.1 Área de captação.....	23
3.3.2 Dados pluviométricos.....	23
3.3.3 Sistema de coleta de águas pluviais	25
3.3.4 Reservatório de água de chuva	26
3.3.4.1 Método de Rippl	26
3.3.4.2 Método da Simulação	27

3.3.4.3 Programa Netuno.....	28
3.3.4.4 Coeficiente de Runoff.....	29
3.3.5 Tratamento de água da chuva	30
3.3.6 Sistema de recalque de água da chuva	31
3.3.7 Sistema de distribuição de água de chuva	33
3.4 SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA	34
3.4.1 Sistema de coleta e transporte de água cinza.....	36
3.4.2 Tratamento de água cinza.....	36
3.4.3 Sistema de recalque de água cinza	38
3.4.4 Reservatório de água cinza	38
3.4.5 Sistema de distribuição de água cinza.....	38
3.5 ANÁLISE ECONÔMICA	38
3.5.1 Custos de implantação, operação e manutenção	39
3.5.2 Consumo de energia	39
3.5.3 Economia de água e esgoto.....	40
3.5.4 Valor Presente Líquido	40
3.5.5 Período de Retorno do Investimento Descontado	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 DETERMINAÇÃO DE CONSUMOS	43
4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	46
4.2.1 Estudo hidrológico.....	46
4.2.2 Calhas e condutores.....	48
4.2.3 Reservatório de água pluvial	51
4.2.4 Sistema de recalque de água pluvial.....	53
4.2.5 Distribuição de água pluvial	54
4.3 SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA	55
4.3.1 Coleta de água cinza	55
4.3.2 Tanque séptico	55
4.3.3 Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	56
4.3.4 Sistema de recalque de água cinza	57
4.3.5 Reservatórios de água cinza.....	57

4.3.6 Distribuição de água cinza	58
4.4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS	58
4.4.1 Implantação, operação e manutenção	58
4.4.2 Consumo de energia.....	69
4.4.3 Economia de água e esgoto.....	70
4.5 ANÁLISE ECONÔMICA.....	71
5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A – Dimensionamento de calhas e condutores verticais	83
APÊNDICE B – Dimensionamento dos condutores horizontais	84
APÊNDICE C – Dimensionamento de reservatório de água pluvial pelo Método de Rippl	85
APÊNDICE D – Dimensionamento de reservatório de água pluvial pelo Método da Simulação.....	86
APÊNDICE E – Dimensionamento do sistema de recalque de água de chuva.....	87
APÊNDICE F – Dimensionamento do sistema de distribuição de água de chuva.....	88
APÊNDICE G – Dimensionamento do sistema de coleta de água cinza	89
APÊNDICE H – Dimensionamento do sistema de recalque de água cinza	90
APÊNDICE I – Dimensionamento do sistema de distribuição de água cinza	91
APÊNDICE J – Planta segundo pavimento, cobertura e detalhes do aproveitamento pluvial	92
APÊNDICE K – Planta pavimento térreo e detalhes do aproveitamento pluvial	94
APÊNDICE L – Planta de distribuição de água da chuva e detalhes.....	96
APÊNDICE M – Planta pavimento térreo e detalhes do reúso de água cinza	98
APÊNDICE N – Planta segundo pavimento, distribuição de água cinza e detalhes	100

ANEXO A – Tabelas e figuras utilizadas na elaboração do projeto	102
ANEXO B – Tarifas de água, esgoto e energia	107

1 INTRODUÇÃO

A ideia de que a água é um recurso abundante, inesgotável e desprovida de valor econômico manteve-se por muito tempo e deu suporte à uma cultura marcada pelo desperdício e uso irracional dos recursos hídricos. Essa realidade, aliada ao crescimento populacional e ao acelerado processo de urbanização, ocasionou um agravamento da disponibilidade hídrica mundial.

Hoje cerca de 748 milhões de pessoas não tem acesso a uma fonte de água potável, e estima-se que em 2050 seja registrado um aumento da demanda hídrica mundial em 55%, fato esse ocasionado principalmente pela crescente demanda dos sistemas industriais, de geração de energia termoeétrica e dos usuários domésticos, todos os quais, apresentam-se como principais resultados da crescente urbanização (WWAP, 2015). Esses dados são alarmantes, especialmente quando se leva em consideração que 60% das doenças conhecidas estão relacionadas de alguma forma com a escassez de água (LIMA, 2005).

A crescente demanda por água doce e a escassez hídrica atingem valores que vão além da capacidade de renovação da natureza, e são algumas das consequência mais evidentes do acelerado crescimento urbano. Outros efeitos, não menos importantes, geram preocupantes pressões não só à disponibilidade hídrica, mas ao meio ambiente como um todo. Entre elas, pode-se citar a geração de resíduos em uma quantidade maior do que a que pode ser integrado ao ciclo natural dos nutrientes, configurando o aumento de casos de poluição. Além disso, o aumento da impermeabilização do solo, observado em áreas urbanas, ocasiona inundações frequentes.

Hoje chega-se a níveis preocupantes relacionados à qualidade e quantidade de água disponível para o consumo humano. Entende-se que a busca por alternativas que favoreçam a conservação da água é imprescindível para a manutenção da qualidade de vida e para um futuro sustentável, sobretudo em áreas urbanas, onde a falta de água potável, as inundações e os casos de poluição apresentam-se cada vez mais rotineiros.

As residências mostram-se como significativas consumidoras de água em zonas urbanas, e apresentam uma alta demanda para fins não potáveis, no entanto esses pontos, comumente, são abastecidos com água da rede de qualidade, a mesma que é destinada para fins potáveis. O emprego de fontes de água alternativas ao sistema de abastecimento público em alguns pontos de uso, pode apresentar-se como uma alternativa que proporciona, além da conservação dos recursos hídricos,

a economia na fatura de água e esgoto. Entre essas fontes não convencionais de água, destacam-se a água de chuva e a água cinza.

Estudos que busquem identificar o potencial de retorno do investimento aplicado para a introdução desses sistemas, assim como as premissas que fazem com que o projeto siga adiante ou não, são fundamentais, uma vez que o fator de economia é um dos grandes atrativos para a adoção dessas tecnologias, e conseqüentemente, a disseminação das mesmas.

Diante desta temática, o presente trabalho objetiva avaliar e comparar a viabilidade econômica, obtida com um sistema de aproveitamento de água da chuva e um sistema de reúso de água cinza em uma residência, aplicados de forma isolada. O principal foco desta análise é visualizar o real potencial de retorno do investimento aplicado pela introdução desses sistemas. Além disso, espera-se contribuir para o desenvolvimento de propostas de obtenção de fontes alternativas à água potável de forma rentável, assim como, para o uso racional e sustentável da água no meio residencial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar a viabilidade econômica obtida com a implantação de um sistema de reúso de água cinza e aproveitamento de água da chuva em uma residência unifamiliar, aplicados de forma isolada.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i. Definir o consumo de água potável per capita e por aparelhos sanitários em uma residência;
- ii. Determinar a oferta de águas pluviais através do levantamento de dados de precipitação diária;
- iii. Projetar o aproveitamento de água de chuva e o reúso de água cinza para uma residência unifamiliar;
- iv. Realizar o levantamento de custos e ganhos econômicos para a implantação, operação e manutenção dos sistemas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água destinado aos usos urbanos tem origem em três categorias: consumo residencial, relativo a residências unifamiliares e edifícios multifamiliares; consumo comercial, que corresponde a restaurantes, bares, auto postos, clubes esportivos, lojas e serviços de saúde privado; e consumo público, referente à escolas públicas, praça municipal, cadeia, prédio de unidade de saúde pública, e demais edifícios municipais, estaduais e federais (TOMAZ, 2000).

Dentre essas três categorias citadas, o consumo residencial é responsável por mais da metade do consumo total das águas doces em zonas urbanas. A exemplo disso, em São Paulo e Vitória, cidades com alta densidade demográfica, o consumo residencial foi responsável por 84,4% e 85%, respectivamente, do consumo total urbano (RODRIGUES, 2005 *apud* GONÇALVES, 2006).

Para Tsutiya (2006), o consumo de água para uso doméstico corresponde a sua utilização nas áreas internas e externas da edificação. Na área interna os usos são direcionados à higiene pessoal, preparo de alimentos, para beber, lavagem de roupa e utensílios domésticos e limpeza em geral. Enquanto que os usos externos equivalem à rega de jardins, limpeza de pisos e fachadas, piscinas, lavagem de veículos, entre outros.

Ainda segundo o mesmo autor, o consumo de água destinado aos usos domésticos, internos ou externos, é influenciado por diversos fatores, entre eles: clima, características da habitação, pressão na rede, qualidade da água, tarifa e características culturais.

2.1.1 Quantificação do consumo per capita

A quantidade de água realmente consumida em um residência não depende apenas das necessidades básicas e da disponibilidade desse recurso para o uso. Os costumes e culturas dos moradores são determinantes para quantificar o volume de água consumido e sua distribuição pelos setores da residência. No caso do Brasil, devido a sua grande extensão territorial, que reflete em uma população heterogênea de costumes variados, a determinação desses parâmetros se torna uma tarefa mais difícil (HAFNER, 2007).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2016) referentes ao ano de 2014, o consumo médio

per capita de água dos brasileiros era de 162,0 L/hab.dia. Para Santa Catarina, esse consumo foi divulgado em 153,5 L/hab.dia. O SNIS (2016) também divulgou os índices de consumo médio per capita por municípios. A cidade de Florianópolis registrou um consumo per capita de 185,68 L/hab.dia.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT não determina valores para o consumo per capita de água de uma residência. Mas esse índice pode ser calculado com base em outras informações dispostas na NBR 7229/93 (ABNT, 1993), como: a contribuição de esgoto doméstico por habitante e o coeficiente de retorno, conforme mostra a Tabela 1, na qual os resultados de consumo de água variam segundo o padrão da residência.

Tabela 1 - Consumo per capita com base na contribuição de esgoto e no coeficiente de retorno

Padrão da residência	Contribuição de esgoto (L/hab.dia)	Coeficiente de retorno	Consumo de água (L/hab.dia)
Alto	160*	80%*	200
Médio	130*	80%*	162,5
Baixo	100*	80%*	125

*Valores retirados da NBR 7.229/93

Fonte: desenvolvido pelo autor com base em ABNT (1993)

Outra informação de consumo per capita pode ser obtida no Manual de Serviços de Instalação de Água e Esgotos Sanitários da CASAN (2014), que determina o consumo per capita em função do porte do município, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo per capita para unidades residenciais

Porte do município	Faixa da população (hab.)	Consumo per capita (L/hab.dia)
Pequeno ou médio*	< 250.000	200
Grande	> 250.000	250
Municípios balneários	Qualquer	250

*Exceto municípios balneários

Fonte: CASAN (2014)

2.1.2 Quantificação do consumo específico de água potável em uma residência

Além do conhecimento do consumo per capita, a quantificação dos consumos específicos nos diversos pontos de uso de uma residência é fundamental para identificar onde devem ser priorizadas as ações de conservação do uso da água em edificações. Gonçalves (2006) apresenta o resultado de três pesquisas realizadas no Brasil e outras três desenvolvidas em outros países (Tabela 3). Outros estudos realizados para identificar a distribuição do consumo potável residencial são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 - Distribuição do consumo de água em edificações domiciliares

Sector da residência	Simulação DECA	Prédio USP	PNCDA (Brasil, 1998)	Austrália (NSWhealth, 2000)	Dinamarca (Jensen, 1991)	EUA (USEPA,1992)
Banheiro	72%	63%	68%	70%	50%	74%
Bacia sanitária	14%	29%	5%	32%	20%	41%
Pia	12%	6%	8%	5%	10%	-
Chuveiro	47%	28%	55%	33%	20%	33%
Banheira	-	-	-	-	-	-
Cozinha	15%	22%	18%	7%	25%	5%
Pia de cozinha	15%	17%	18%	7%	5%	5%
Máq. de lavar louça	-	5%	-	-	20%	-
Área de serviço	13%	15%	14%	23%	15%	21%
Máq. de lavar roupa	8%	9%	11%	23%	15%	21%
Tanque	-	6%	3%	-	-	-
Torneira de uso geral	5%	-	-	-	-	-
Limpeza	-	-	-	-	-	-
Outros	0%	0%	0%	0%	10%	0%
Outros	-	-	-	-	-	-
Lavagem de carro	-	-	-	-	10%	-
Vazamentos	-	-	-	-	-	-

Síglas: USP - Universidade de São Paulo; PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
 Fonte: Gonçalves (2006)

Ao analisar os dados a respeito da distribuição do consumo de água por setores e aparelhos de uma residência, percebe-se que esses valores divergem sensivelmente entre os autores. Apesar disso, independente da região que a habitação está inserida, é bastante evidente o alto consumo de água potável na bacia sanitária. O banheiro é caracterizado por ser o

setor de maior consumo, apresentando mais da metade do consumo total de uma residência.

Tabela 4 - Distribuição do consumo residencial

Setor da residência	Consumo de água		
	Mieli (2001)	Sólis (2002)	Menegat et al. (1998)
Banheiro	68%	67%	68%
Bacia sanitária	35%	36%	32%
Lavatório	6%	31%	36%
Chuveiro	27%		
Cozinha	18%	11%	8%
Pia de cozinha	17%	7%	6%
Máq. de lavar louça			
Beber e cozinhar	1%	4%	2%
Área de serviço	11%	14%	12%
Lavagem de roupas	7%	14%	12%
Tanque	4%	-	-
Usos externos	3%	8%	12%
Lavagem de pisos	1%		-
Lavagem de carro	1%	8%	2%
Jardim	1%		4%
Outros	-		6%

Fonte: desenvolvido pelo autor com base em Mieli (2001), Sólis (2002) e Menegat (1998)

Nota-se que a pesquisa realizada pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA apresentou um reduzido consumo de água para as descargas em bacias sanitárias (apenas 5%). A justificativa está na adoção de bacias sanitárias com caixas acopladas com capacidade de 6 a 8 litros por descarga (MAY, 2009).

A partir da consideração de que as descargas de bacias sanitárias não exigem qualidade de água potável, pode-se reduzir esse grande volume através da substituição dessa fonte por águas menos nobres, como água da chuva ou água cinza. Além desse, outros pontos com menor representatividade no consumo total de uma residência, também

apresentam essa possibilidade de substituição, como: o uso de água para a rega de jardins, lavagem de roupas, carros e da casa.

Outra maneira de estimar o consumo de água potável residencial, muito utilizada nos Estados Unidos, se assemelha ao método empregado pelas companhias norte americanas de eletricidade (TOMAZ, 2000). Essa estimativa consiste na identificação de três parâmetros técnicos, são eles: o uso final da água, as unidades do consumo e os valores referentes a essa unidade. A Tabela 5 e a Tabela 6 apresentam esses parâmetros para determinar o consumo de água potável externos e internos a residência, respectivamente.

Seguindo esse modelo, Gonçalves (2006) admite, para o consumo de água em áreas externas, um gasto de 2 litros/m²/dia para rega de jardim e 4 litros/m²/dia para lavagem de áreas impermeabilizadas. Considera-se ainda que essas atividades externas ocorram em no mínimo oito dias a cada mês (Tabela 7). Para o consumo de água na máquina de lavar roupa, o mesmo autor assume que seja utilizado um volume de 100 a 200 litros a cada ciclo com uma frequência de 0,2 a 0,3 ciclos a cada habitante por dia.

Tabela 5 - Parâmetros para estimar a demanda residencial de água potável para usos externos

Uso Externo	Unidade	Faixa	
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	-	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	-	150
Lavagem de carros: frequencia	Lavagem/mês	1	2

Fonte: adaptado de Brown & Caldwell (1984), Boland *et al.* (1990) e Dziegielewski *et al.* (1993) *apud* Tomaz (2000)

Tabela 6 - Parâmetros para estimar a demanda residencial de água potável para usos internos

Uso interno	Unidade	Faixa	
Dados dos Estados Unidos			
Descarga na bacia sanitária	Descarga/pessoa/dia	4	6
Volume de descarga	Litros/descarga	6,05	30,24
Vazamento no toilet	Porcentagem	0	30
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1
Duração do banho	Minutos	5	15
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,095	0,315
Volume de água	Litros/banho	113,4	189
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3
Volume de água	Litros/ciclo	37,8	56,7
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,2	0,3
Volume de água	Litros/ciclo	170,1	189
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	3
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189
Torneira do banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	3
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189
Dados do Brasil			
Descarga na bacia	Litros/descarga	6	12
Máquina de lavar pratos	Litros/ciclo	18	70

Fonte: adaptado de Brown & Caldwell (1984), Boland *et al.* (1990) em Dziegielewski *et al.* (1993) *apud* Tomaz (2000)

Tabela 7 - Demanda de água para usos externos

Demanda externa	Faixa	Unidade
Rega de jardim – Volume	2	L/dia/m ²
Rega de jardim – Frequência	8 – 12	Rega/mês
Lavagem de carro – Volume	80 – 150	L/lavagem/carro
Lavagem de carro – Frequência	1 – 4	Lavagem/mês
Lavagem de área impermeabilizada - Volume	4	L/m ² /dia
Lavagem de área impermeabilizada - Frequência	8	Lavagem/mês

Fonte: Gonçalves (2006)

2.2 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

O Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações define conservação de água como sendo qualquer ação que reduza a quantidade de água extraída de fontes de suprimento, reduza o consumo e desperdício de água, aumente a eficiência de uso ou ainda que aumente a reciclagem e o reúso de água (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP & COMASP, 2005).

Hafner (2007) complementa que tais medidas de conservação, quando adotadas em residências, evitam a sobrecarga em sistemas de abastecimento público. Da mesma forma, há uma redução no volume gerado de esgoto doméstico, o que reflete na redução do tratamento e diminuição da poluição nos corpos receptores. Além das vantagens ambientais, as práticas de conservação também são acompanhadas por benefícios econômicos. O mais explícito é a economia no faturamento de água e esgoto.

As ações de conservação podem ser de uso racional ou de utilização de fontes alternativas. As medidas de uso racional da água envolvem principalmente o combate ao desperdício quantitativo, são exemplos: a priorização do uso de aparelhos sanitários economizadores de água, o incentivo à adoção de medidas individualizadas, a conscientização do usuário para não desperdiçar água, a detecção e controle de perdas no sistema predial e o estabelecimento de tarifas inibidoras ao desperdício. Enquanto que, a escolha por fontes alternativas se baseia na utilização de fontes opcionais ao sistema de abastecimento público. Destacam-se como fontes alternativas a água da chuva, água cinza, água subterrânea, água mineral envasada ou a distribuída por caminhões pipa (SANTOS, 2002).

2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva é uma prática que já existe há milhares de anos. Segundo Tomaz (1998), um dos primeiros registros data de 830 a.C., quando encontrou-se na Pedra Mohabita, descoberta no Oriente Médio, uma determinação do rei Mesa para que cada casa construísse uma cisterna para o aproveitamento de águas pluviais.

O relato mais antigo de aproveitamento de água da chuva no Brasil é o da ilha de Fernando de Noronha. O sistema foi construído pelo exército norte-americano em 1943. Até hoje a água da chuva é utilizada para o abastecimento da população (GONÇALVES, 2006).

Diferentemente de outros países, no Brasil o aproveitamento de água pluvial não acompanhou o desenvolvimento do país. Ainda que os portugueses quando colonizaram o Brasil já possuíssem conhecimentos das práticas de coleta e aproveitamento da água da chuva, talvez a sua pouca utilização ocorreu em razão da abundância de recursos hídricos encontrado em território brasileiro. A aplicação dessa técnica de conservação da água tem ganhado destaque apenas nas últimas décadas, principalmente na região do semi-árido nordestino (GONÇALVES, 2006).

2.3.1 Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva

Estima-se que durante três milênios pessoas do mundo inteiro praticaram a captação da água da chuva com finalidades para o uso doméstico e agrícola. Porém, com o surgimento de grandes e centralizados sistemas públicos de abastecimento de água potável, a utilização da água pluvial passou a ser abandonada, mesmo considerando os gastos a mais com energia não renovável e os problemas ambientais associados (GNADLINGER, 2000).

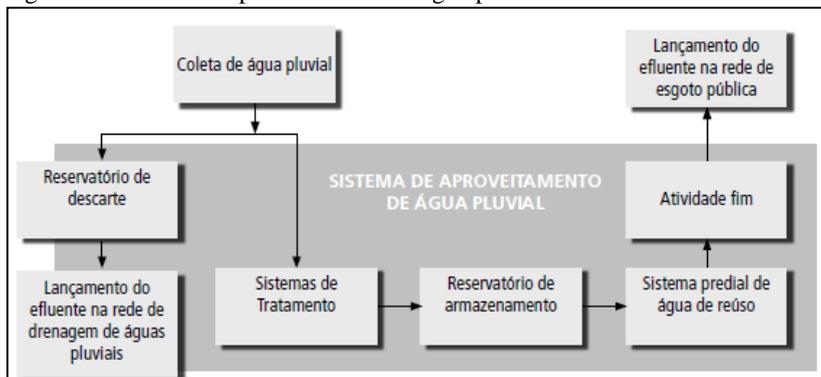
No momento atual, a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial volta à tona como uma alternativa que tende a amenizar os problemas relacionados a escassez e proporcionar a conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos. A utilização desse sistema possibilita a redução do escoamento superficial, que por sua vez diminui a carga lançada nos sistemas urbanos de coleta pluvial e, conseqüentemente, com o amortecimento dos picos de enchentes, previne ou ao menos minimiza os riscos de inundações. Ademais, na utilização dessa fonte de suprimento em residências, observa-se como vantagem a economia gerada pela redução do consumo de água potável fornecida pela rede pública de abastecimento (PETERS, 2006).

De acordo com Santos (2002), um sistema de aproveitamento de água de chuva possui como unidades básicas uma área de captação, um sistema de condução, uma unidade de tratamento e um reservatório de acumulação. O sistema funciona da seguinte maneira: a água pluvial é captada por superfícies impermeáveis, como telhados, lajes e pisos. Após a captação, a água é direcionada, pelo sistema de condução formado por calhas, condutores verticais e horizontais, à unidade de tratamento. Por fim, a água é armazenada em um reservatório de acumulação e então encaminhada para os usos finais. Em alguns casos, pode ser necessário um sistema de recalque, com reservatório superior e rede de distribuição.

Após o consumo da água de chuva, ela é lançada na rede pública de esgoto, como pode ser observado na Figura 1.

Entre os usos mais comuns em sistemas de aproveitamento de água da chuva, destacam-se os usos não potáveis. A lavagem de roupas apresenta-se como uma finalidade interessante, uma vez que a água da chuva apresenta baixos valores de dureza (GONÇALVES, 2006).

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: ANA; FIESP; SindusCon-SP & COMASP (2005)

O Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações, elaborado pela ANA, FIESP, SindusCon-SP & COMASP (2005), apresenta as etapas básicas para o desenvolvimento de projetos de coleta, tratamento e uso da água da chuva. São elas:

- Determinação da precipitação média local;
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Projeto do reservatório de descarte da primeira água;
- Projeto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água, para estabelecer a demanda e qualidade;
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário; e
- Projeto dos sistemas complementares (grade, filtros, tubulações, etc.).

A viabilidade de um sistema de aproveitamento de águas pluviais é dependente de diversos fatores, entre eles: a área disponível para coleta, o índice pluviométrico da região de estudo, a demanda para o uso previsto e a reserva de água associada aos períodos de seca (ANA, FIESP, COMASP, 2005).

SINDUSCON-SP & COMASP, 2005). Quanto maior for o índice pluviométrico da região, mais atraente será a implantação do sistema. A partir da aquisição de dados pluviométricos, com as séries interrompidas de precipitação ao longo de anos, é possível estabelecer uma relação entre a disponibilidade de área de captação e de chuva com a demanda, e então avaliar a real viabilidade da implementação do sistema.

2.3.2 Tratamento de águas pluviais

Embora Gonçalves (2006) descreve que o uso da água pluvial deve ser restrito apenas a fins não potáveis, Mano & Schmitt (2004) afirmam que a utilização da chuva também pode ser destinada ao uso total, incluindo água para beber, higiene pessoal e cozinha.

Optando-se tanto pelo uso potável como não potável, o tratamento é crucial para garantir o uso seguro da água da chuva. A escolha pelo tratamento deve corresponder aos usos que se pretendem atender, a fim de garantir os níveis de qualidade exigidos.

O Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações (2005), descreve que de modo geral, para os usos mais comuns não potáveis (irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e descargas em vasos sanitários) não são requeridos grandes cuidados de purificação. Nesse caso, são empregados os sistemas de tratamento composto por unidade de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou luz ultravioleta.

Group Raindrops (2002) sugere os tratamentos necessários de acordo com uso requerido para a água da chuva, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descarga de banheiros, lavação de roupas e de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

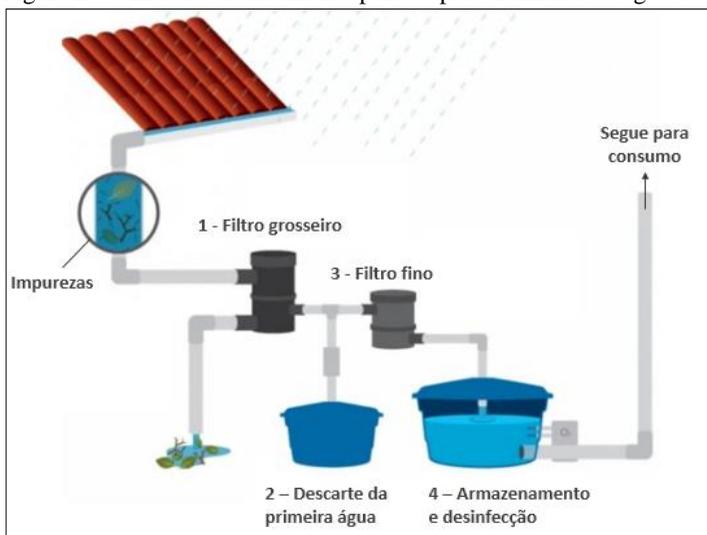
Fonte: Group Raindrops (2002)

Santos (2002) descreve como possibilidade de tratamento a configuração de reservatório de autolimpeza seguido por um filtro e desinfecção. Os reservatórios de autolimpeza podem ser considerados como tratamento pois possibilitam o descarte do volume inicial da água, que lava a área de captação.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2015), o sistema de descarte que elimina o volume inicial da chuva é indispensável. São essas águas que arrastam os poluentes presentes no ar e lavam a sujeira acumulada na área de captação. Porém, mesmo com o descarte da primeira água, é necessária a remoção de folhas, galhos e areia, que pode ser realizada com a utilização de um filtro ou telas. Na possibilidade de contato da água direto com o usuário ou quando o tempo de armazenamento for longo, é recomendada a desinfecção com compostos de cloro.

Ainda seguindo recomendações do IPT (2015), os sistemas permanentes de aproveitamento de água da chuva, instalados com o propósito de complementar o abastecimento para fins não potáveis, requerem sistemas de tratamento mais complexos, com filtros para remoção de sólidos mais finos (Figura 2). É possível encontrar no mercado esses filtros e componentes para desinfecção, que devem ser empregados nesses casos.

Figura 2 – Unidades de tratamento para o aproveitamento da água de chuva



Fonte: adaptado de IPT (2015)

2.4 REÚSO DE ÁGUA CINZA

Águas cinzas correspondem às águas servidas que não recebem contribuição de efluentes originados em bacias sanitárias. São produtores de águas cinzas: os chuveiros, lavatórios, banheiras, máquinas de lavar roupa, tanque e pias de cozinha (GONÇALVES, 2006; JEFERSON *et al.*, 2000; ANA, FIESP, SINDUSCON & COMASP, 2005). Porém, existe controvérsia no meio técnico a respeito do efluente gerado na cozinha. Alguns autores, como Christova-Boal *et al.* (1996), Nolde (2000) e Tomaz (2001), não classificam as águas originadas na pia da cozinha e máquinas de lavar louça como água cinza em razão dos altos teores de óleos, gorduras e matéria orgânica. Com base em Christova-Boal *et al.* (1996), as águas residuárias originadas na cozinha representam apenas cerca de 5% do consumo médio de uma residência, assim, considera-se sua utilização como fonte de água cinza quase insignificativa, além de não recomendada.

As águas residuárias geradas em uma residência podem ser classificadas em: águas negras, amarelas e cinzas. As águas negras equivalem aos efluentes que contêm material fecal; as águas amarelas correspondem às águas residuárias que contêm urina, e as águas cinzas, como já mencionado, são águas residuárias provenientes de máquinas de lavar roupa, chuveiros, banheiras e possivelmente pias de cozinha. Essas três porções das águas residuárias diferem grandemente em sua composição e concentração de vários compostos (BAZ, OTTERPOHL & WENDLAND, 2008).

As águas negras representam uma grande preocupação no que diz respeito aos riscos de saúde que podem gerar, pois contêm grande quantidade de patógenos e resíduos farmacêuticos. Por sua vez, as águas amarelas possuem grande quantidade de nitrogênio e fósforo e podem ser utilizadas como fonte para fertilizantes. E a água cinza pode ser purificada de forma relativamente fácil e destinadas para vários fins de reutilização, por exemplo, descargas de vasos sanitários, limpeza e irrigação (BAZ, OTTERPOHL e WENDLAND, 2008).

A reutilização de água é definida por Metcalf & Eddy (2003) *apud* May (2009), como o aproveitamento da água residuária recuperada, através da remoção, ou não, de parte dos resíduos carregados por ela em uso anterior, seguido da utilização novamente em aplicações menos exigentes que o primeiro uso, encurtando assim o ciclo da natureza em favor do balanço energético.

A World Health Organization (1973) classifica o reúso de água da seguinte maneira:

- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades benéficas, como irrigação, recreação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável;
- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente de forma diluída.

A ANA, FIESC, SindusCon-SP & COMASP (2005) acrescentam que no reúso direto a água reutilizada é destinada à utilização sem que haja o lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. Ressalta-se também que, apesar de WHO (1973) limitar, em sua definição, o reúso direto apenas para esgotos tratados, Metcalf & Eddy (2003) *apud* May (2009) apresentam que é possível utilizar a água cinza sem tratamento.

2.4.1 Sistema de reúso de água cinza

Da mesma forma que em sistemas de aproveitamento de água de chuva, o reúso de águas cinzas promove o uso sustentável dos recursos hídricos, uma vez que reduz as descargas de poluentes lançados em corpos receptores, conservando assim os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade. Além disso, constitui uma prática de racionalização da água, que reduz os custos de tratamento dos mananciais devido à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (CNRH, 2005). Segundo ANA, FIESP, SindusCon-SP & COMASP (2005) o reúso permite também a maximização da infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto através da utilização múltipla da água aduzida.

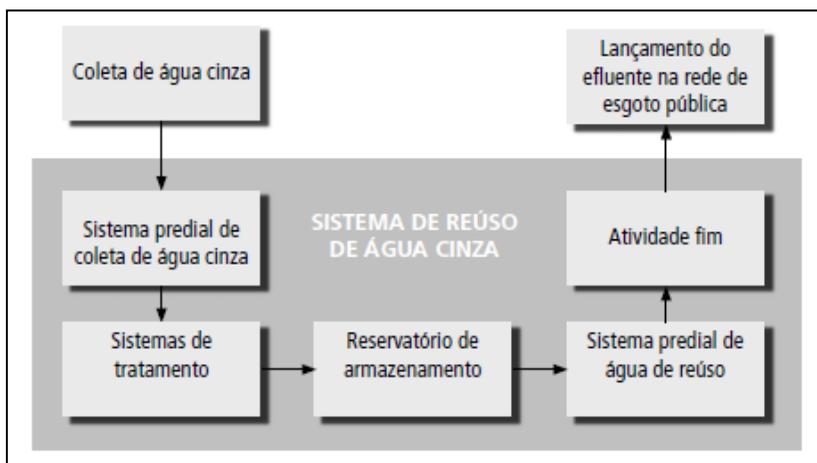
Em uma escala residencial, o sistema de aproveitamento de água cinza apresenta como pontos positivos a economia de água potável e menor produção de esgoto sanitário. Outra vantagem do reúso de água servida é que, de forma adversa da água de chuva, cuja oferta depende de fatores climáticos, a geração de água cinza é proporcional ao consumo de água. Por isso, dificilmente haverá falta de água de reúso para abastecimento dos usos não potáveis nas edificações que adotam esse sistema. Todavia, não se descarta a possibilidade de defasagem temporal entre a demanda e a oferta, situação essa que pode ser atenuada através da implantação de um reservatório de estocagem (GONÇALVES, 2006).

O volume de água de residuária é uma variável muito importante para a viabilidade do projeto. Em edifícios comerciais, as águas cinzas

representam volumes pequenos, pois são formadas, basicamente, por águas provenientes de lavatórios. Enquanto que em edifícios residenciais, a oferta de água cinza é mais abundante, pois grande parte do consumo é destinado às atividades de higiene pessoal. Porém, sempre será necessária a realização de estudos econômicos adequados para verificar a viabilidade de se efetuarem os investimentos para a separação e tratamento de água cinza (ANA, FIESC, SINDUSCON-SP & COMASP, 2005).

Os projetos de reúso de águas cinzas são compostos, principalmente, por um sistema de coleta e condução de água servida, uma unidade de tratamento e um reservatório de acumulação. Os sistemas de coleta e condução são formados por ramais de descarga de esgoto, tubos de queda, subcoletores e coletores, que devem ser projetados separadamente das demais águas servidas que não serão reutilizadas. Após a coleta, a água cinza é conduzida à unidade de tratamento, armazenada em um reservatório de acumulação, para então seguir aos usos não potáveis (Figura 3). Da mesma forma que para o aproveitamento de águas pluviais, no projeto de reúso de água cinza também pode ser necessário o recalque, com reservatório superior e rede de distribuição (SANTOS, 2002).

Figura 3 - Sistema de reúso de água cinza



Fonte: ANA, FIESP, SindusCon-SP & COMASP (2005)

Os principais elementos para a elaboração de um projeto de reúso direto de águas cinzas, apresentados pela ANA, FIESP, SindusCon-SP e COMASP (2005), são os seguintes:

- Pontos de coleta de águas cinzas e de uso dessa fonte;
- Determinação de vazões disponíveis de oferta e demanda;
- Dimensionamento do sistema de coleta e transporte de águas cinzas brutas;
- Determinação do volume de água a ser armazenada;
- Estabelecimento dos usos das águas cinzas tratadas;
- Definição dos parâmetros de qualidade da água cinza em função dos usos estabelecidos;
- Dimensionamento do tratamento da água residuária; e
- Dimensionamento do sistema de distribuição da água tratada aos pontos de consumo.

2.4.2 Tratamento para água cinza

O tratamento deve ser efetuado com base nas características do tipo de água cinza coletada e na qualidade preconizada para o efluente tratado, conforme o uso pretendido. Evidentemente, esses sistemas de tratamento são mais complexos que os considerados para as águas de chuva, visto que a água cinza apresenta maior concentração de poluentes (ANA, FIESC, SINDUSCON-SP & COMASP, 2005).

Mesmo considerando a maior complexidade, a água cinza pode ser tratada até atingir características compatíveis com qualquer tipo de reúso, seja ele potável direto ou não. A exemplo disso, segundo Barry & Phillip (2002), em estações espaciais internacionais da NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) a água cinza é reciclada e tratada até alcançar características para o consumo potável.

Porém, em razão de condicionantes técnico-financeiras, a quase totalidade das realizações disponíveis no momento são enquadradas como reúso não potável. Alguns exemplos mais comuns de reúso em residências são: descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de carros e calçadas (GONÇALVES, 2006).

De acordo com Gonçalves (2006) para obtenção de água de reúso com baixa turbidez, sem odor e isenta de microrganismos patogênicos, ou seja, compatível com os fins menos exigentes em termos qualitativos e de uso não potável, um tratamento a nível secundário seguido de desinfecção é necessário.

Segundo Jefferson *et al.* (1999) a tecnologia mais comum utilizada no Reino Unido para tratamento doméstico de água de reúso é a filtração grosseira seguida por desinfecção. Sistemas de tratamento por dois estágios, como são conhecidos esses processos, são desenvolvidos por muitas empresas britânicas. O processo emprega um curto período de

detenção do efluente e mantém as características químicas da água cinza inalteradas, aplicando apenas o tratamento mínimo requerido. A filtração grosseira usualmente compreende um filtro metálico.

Outra alternativa para o tratamento de água cinza, apresentada pelo Guia Australiano de Casas Ambientalmente Sustentáveis (Australia's Guide to Environmental Sustainable Homes), propõe para a utilização de água de reúso em descarga de bacias sanitárias e usos externos, um tratamento composto por um filtro grosseiro seguido por um filtro de areia com plantas, também conhecido como *wetland* construído (FANE & REARDON, 2013).

Magri *et al.* (2009), avaliaram o desempenho de um sistema composto por tanque séptico seguido de filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal sub-superficial para o tratamento de águas cinzas. Após 12 meses de monitoramento, o sistema apresentou alto potencial para o tratamento e produziu um efluente com qualidade compatível com os usos propostos não potáveis de descarga em bacias sanitárias e irrigação.

De acordo com a NBR 13969/97 (ABNT, 1997), na utilização de água cinza em lavagem de carros e outras atividades de contato primário, o tratamento adequado é o aeróbio seguido por uma filtração convencional (areia e carvão) e cloração. Há a possibilidade da substituição da filtração convencional por membrana filtrante.

Frente às diversas possibilidades de tratamento, institui-se a questão fundamental que deve ser observada nos sistemas de reúso de águas cinzas: os custos de tratamento de forma a se garantir a segurança sanitária requerida, ressaltando que, em maiores níveis de exigência de uso, maiores serão os custos (SANTOS, 2002).

2.5 TANQUE SÉPTICO

O decanto-digestor, popularmente conhecido como tanque séptico é uma unidade de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação e flotação, que ocorrem na zona superior e digestão do lodo sedimentando na zona inferior (ABNT, 1993). A digestão ocorre através de processos anaeróbios, no qual diferentes tipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promovem a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples como metano e gás carbônico (FORESTI *et al.*, 1999).

Hoje em dia a tecnologia anaeróbia aplicada ao tratamento de esgoto doméstico encontra-se bem consolidada em nosso país, sendo que praticamente todas as análises de alternativas de tratamento incluem

reatores anaeróbios como uma das principais opções (CHERNICHARO *et al.*, 2006). Tal aceitação se deve principalmente às vantagens observadas nessa concepção de tratamento, dentre as quais pode-se citar: baixo consumo de energia, bom funcionamento mesmo após longos períodos de interrupção, menor produção de lodo e, conseqüentemente, economia no manejo e destino final desse resíduo.

Além das vantagens do processo anaeróbio, o tanque séptico tem operação muito simples e o custo é extremamente baixo (FORESTI *et al.*, 1999). No entanto, essa unidade apresenta capacidade limitada na remoção de matéria orgânica e ausência de eficiência na remoção de nutrientes e patógenos, demandando, em geral, um pós tratamento, seja para o lançamento em corpos receptores, seja para o reúso (CHERNICHARO *et al.*, 2006).

2.6 FILTRO PLANTADO COM MACRÓFITAS DE FLUXO HORIZONTAL

Os filtros plantados com macrófitas, também conhecidos por *wetlands* construídos, são sistemas que possuem um material de recheio por onde o efluente a ser tratado irá percolar. É frequente a aplicação de brita, areia e cascalho como material filtrante. Além desse, também são empregadas macrófitas, do tipo emergente, plantadas diretamente no material filtrante (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

O tratamento do efluente acontece através da depuração da matéria orgânica, transformação da série nitrogenada e retenção do fósforo. Para isso, ocorrem processos físicos – de filtração e sedimentação; químicos – através da adsorção, complexação e troca iônica; e biológicos – com a degradação microbiológica aeróbia e anaeróbia, predação e retirada de nutrientes pelas macrófitas. Como o tratamento é baseado no processo de filtração, é fundamental a utilização de unidades de tratamento primário, afim de maximizar a eliminação de materiais sólidos grosseiros. Os tanques sépticos, baseados no princípio de decantação e digestão são alternativas muito empregadas (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

Nos filtros plantados com macrófitas de fluxo horizontal (FPMH), o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito (material de recheio), conhecida como zona de entrada, normalmente constituída de brita. Pela zona de entrada o efluente irá percolar vagarosamente através do material filtrante, até atingir a porção final, também composta por brita e denominada zona de saída. Esta percolação tende a seguir na horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de analisar e comparar a viabilidade econômica de sistemas de fontes alternativas de água aplicáveis à uma residência, foi desenvolvido um projeto básico para o levantamento dos custos de instalação, operação e manutenção. A partir desses dados, confrontados com a potencial economia na fatura de água e esgoto, foi possível definir o *payback* do projeto, ou seja, em quanto tempo o lucro gerado pela implantação do sistema pagará o investimento inicial. Ao final também pôde-se obter o lucro total gerado pelo sistema durante sua vida útil.

Na sequência serão apresentados os procedimentos utilizados para a elaboração do projeto de aproveitamento de água da chuva e de reúso de água cinza para atender aos usos não potáveis, bem como os métodos adotados para a análise econômica.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido para um residência unifamiliar de alto padrão, localizada hipoteticamente em Florianópolis. A residência possui dois pavimentos e totaliza aproximadamente 240 m² de área útil. Para efeito de projeto, considerou-se 5 habitantes na residência. O projeto arquitetônico é apresentado na Figura 4 e Figura 5.

3.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E FONTES ALTERNATIVAS

O consumo per capita e por aparelhos da residência é a primeira informação necessária para dar sequência ao dimensionamento de sistemas de fontes não convencionais de abastecimento. A partir da determinação desses consumos, é possível quantificar o volume gerado de água cinza passível de reaproveitamento e a demanda por água pluvial e cinza que serão destinadas aos usos não potáveis estabelecidos.

O consumo total da residência foi determinado com base na média entre os valores de consumo per capita apresentados na revisão bibliográfica para a cidade de Florianópolis e para uma casa de alto padrão (Tabela 1). Enquanto que para o consumo por aparelhos, considerou-se os dados de porcentagem e parâmetros técnicos que quantificam o consumo potável.

Figura 4 - Planta baixa térreo

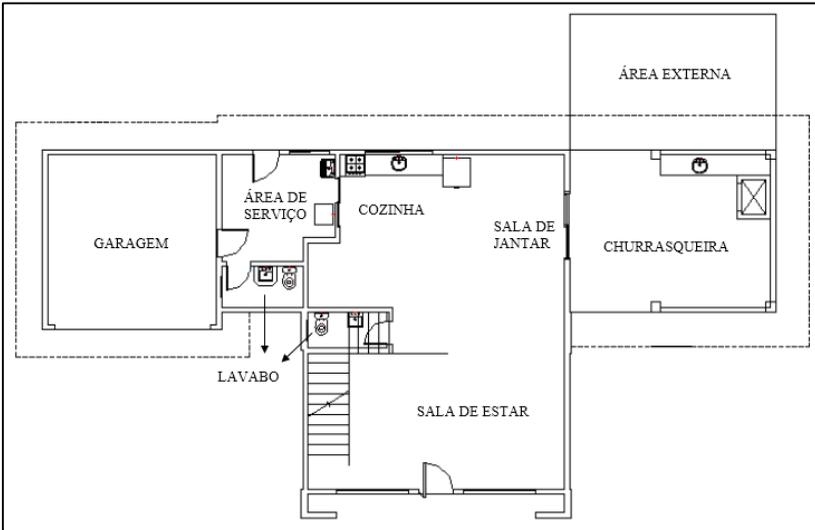
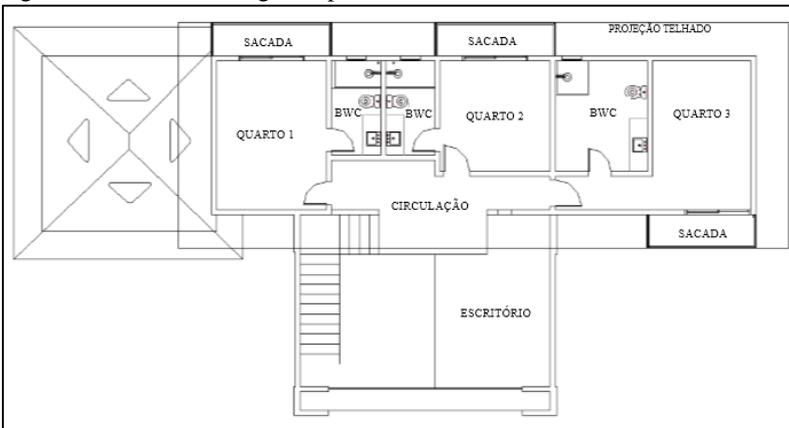


Figura 5 - Planta baixa segundo pavimento



3.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A concepção do projeto de aproveitamento de água pluvial considerou a distribuição dessa fonte alternativa ao abastecimento da caixa de descarga das bacias sanitárias, da máquina de lavar roupa e das torneiras de uso externos, destinadas para lavagem de pisos, carros e rega de jardim.

Neste estudo, o sistema idealizado para a residência consiste na captação da água da chuva dos telhados de cobertura e encaminhamento dessa água, através de calhas e condutores, para um filtro de eliminação dos materiais sólidos. Em seguida, há um reservatório de descarte da primeira água. Quando esse reservatório estiver cheio, a água pluvial é encaminhada ao reservatório inferior de acumulação, onde ocorre o processo de cloração. Na sequência a água é bombeada, passando por um filtro de polimento, e por fim armazenada em um reservatório superior. A partir dele, é feita a distribuição das tubulações que irão abastecer os pontos de uso (Figura 6).

3.3.1 Área de captação

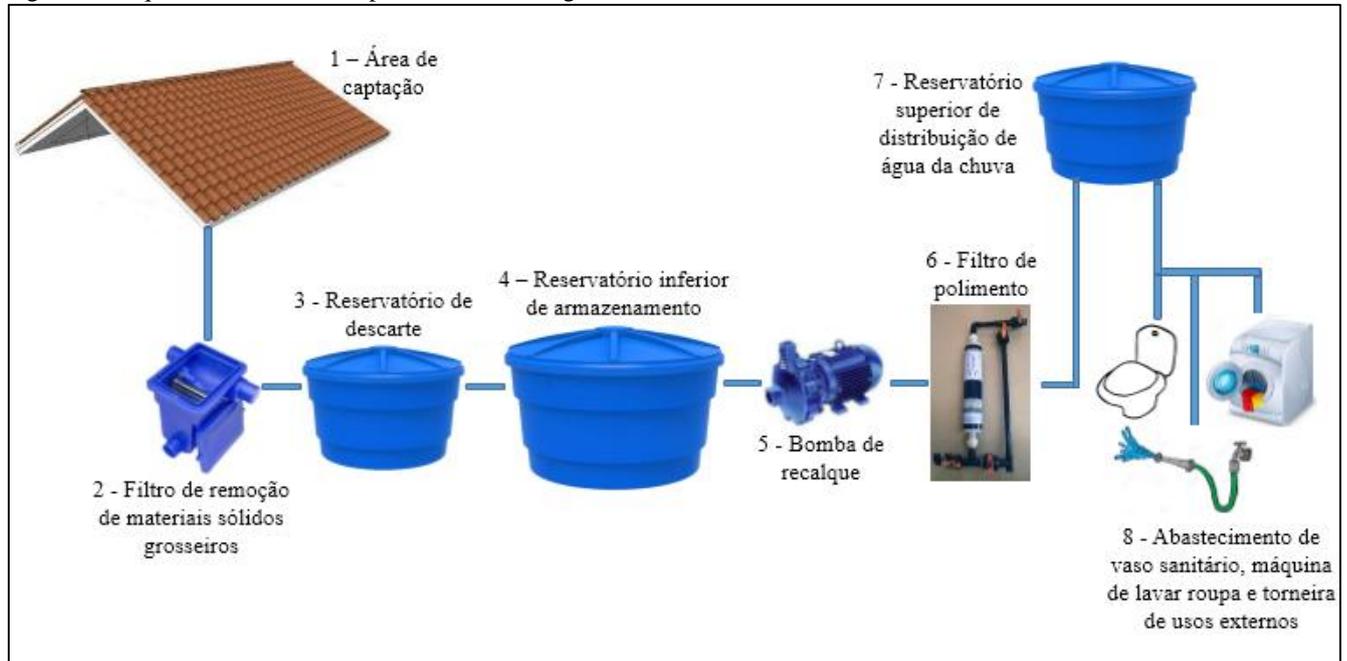
A água da chuva será coletada dos telhados da residência. Locais onde existe a circulação de pessoas ou veículos e áreas permeáveis não foram consideradas como contribuição. Através do *software* AutoCAD e das plantas arquitetônicas de cobertura, foram delimitadas as áreas de captação da residência. A área de captação utilizada para este projeto foi estimada em 203,93 m² de projeção horizontal.

3.3.2 Dados pluviométricos

Para determinar o potencial de captação de água da chuva foram utilizados dados pluviométricos coletados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Nessa fonte estão acessíveis dados diários, a partir de 1961, em forma digital, de séries históricas das várias estações meteorológicas convencionais da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados pluviométricos utilizados nesse trabalho pertencem à Estação Meteorológica de São José, localizada sobre coordenadas de latitude 27°36' Sul e longitude 48°37' Oeste, e incluem informações diárias de precipitação de 01/01/2002 a 31/12/2015, totalizando 14 anos de observação. A análise de um período de observação mais longo não foi possível em razão das falhas encontradas nas séries históricas anteriores à 2002. O estudo hidrológico, realizado com a coleta e processamento dos dados pluviométricos, teve como finalidade a obtenção das precipitações médias mensais e diárias. A escolha por esta estação se deu em razão da proximidade com a área de estudo.

Figura 6 - Esquema do sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: desenvolvido pelo autor

3.3.3 Sistema de coleta de águas pluviais

O sistema de coleta das águas pluviais compreende a área de captação, as calhas, os condutores horizontais e verticais e as caixas de inspeção. Esse sistema é dimensionado conforme os critérios expostos na NBR 10844/89 (ABNT, 1989).

O dimensionamento inicia-se com a identificação das áreas de captação e sentido de escoamento das águas do telhado. No cálculo das áreas de contribuição, deve-se considerar os incrementos devido à inclinação da cobertura e as paredes que interceptam a água da chuva e contribuem com o montante captado.

A partir do conhecimento das áreas do telhado que contribuem para cada trecho da calha, calcula-se a vazão de projeto através da Equação 1. Neste estudo adotou-se o modelo de calha da linha Aquapluf, da fabricante Tigre (Figura 7). Assim, as calhas dimensionadas são de PVC rígido (com coeficiente de rugosidade de 0,011), em formato semicircular. Com essas características, o diâmetro e declividade das calhas podem ser obtidos, respeitando a vazão máxima permitida, pela tabela da NBR 10844/89 (ABNT, 1989) apresentada no Anexo A.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto, em litros por minuto;

I é a intensidade pluviométrica, em milímetros por hora;

A é a área de construção, em metro quadrado.

Figura 7 - Calha Aquapluf



Fonte: Tigre (2016)

A intensidade pluviométrica é determinada a partir da fixação de valores para a duração de precipitação e o período de retorno, adotados em conformidade com os dados pluviométricos locais. Para áreas de captação formadas por coberturas, a NBR 10844/89 (ABNT, 1989) estabelece que o período de retorno seja de 5 anos. A duração da precipitação foi fixada em 5 minutos. Com esses valores, a intensidade pluviométrica de chuvas intensas para Florianópolis é estimada em 120 mm/h (ABNT, 1989).

No dimensionamento de condutores verticais, além da vazão de projeto que os mesmos recebem das calhas, é preciso conhecer a altura da lâmina de água na calha, bem como o comprimento do condutor. Assim, a partir do ábaco apresentado no Anexo A, determina-se o diâmetro interno do tubo vertical. A norma recomenda que o diâmetro mínimo dos condutores verticais de seção circular seja de 70 milímetros.

Com a vazão de cada condutor horizontal, equivalente à contribuição recebida por eles dos condutores verticais, com o coeficiente de rugosidade e com a adoção de uma declividade uniforme, pode-se determinar, pelos valores expostos na NBR 10844/89 (ABNT, 1989) e apresentados no Anexo A, o diâmetro interno dos condutores horizontais.

3.3.4 Reservatório de água de chuva

O projeto proposto para a residência conta com três tipos de reservatórios: um para o descarte da primeira água e outros dois para o armazenamento, dos quais um é reservatório inferior e o outro superior. Para o reservatório de descarte, a NBR 15527/07 (ABNT, 2007) recomenda que na falta de dados, seja previsto o descarte de 2 mm de precipitação inicial.

O reservatório superior é dimensionado com base na NBR 5626/98 (ABNT, 1998), que recomenda que o volume de água reservado para o uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para o abastecimento de 24 horas de consumo normal da edificação.

Para o reservatório inferior, utilizou-se três métodos para determinar seu volume, sendo dois deles previstos pela NBR 15527/07 (ABNT, 2007): o método de Rippl e o método da Simulação. O outro dimensionamento foi feito utilizando o programa Netuno.

3.3.4.1 Método de Rippl

Segundo Tomaz (2003) este é método mais comum para o dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de chuva. Os dados

de precipitação utilizados neste método podem ser em base diária ou mensal, embora a aplicação de chuvas diárias não seja tão prática.

O método de Rippl inicia-se com a determinação do volume de chuva que pode ser aproveitável pela Equação 2.

$$Q(t) = P(t) \cdot A \cdot C \quad (2)$$

Onde:

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t , em metros cúbicos;

$P(t)$ é a precipitação da chuva no tempo t , em metros;

A é a área de captação, em metros quadrados;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional.

Em seguida, calcula-se a diferença entre a demanda por água pluvial e o volume de chuva aproveitável, pela Equação 3.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t , em metros cúbicos;

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t , em metros cúbicos;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t , em metros cúbicos.

Por fim, o volume do reservatório é obtido pela máxima diferença positiva acumulada, calculada através da Equação 4. Cabe ressaltar que essa equação é válida apenas para $S(t) > 0$.

$$V = \sum S(t) \quad (4)$$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t , em metros cúbicos;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t , em metros cúbicos;

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t , em metros cúbicos;

V é o volume do reservatório, em metros cúbicos.

3.3.4.2 Método da Simulação

O método da Simulação consiste na fixação de um volume para o reservatório e na verificação do percentual de consumo que será atendido. Conforme se alteram os valores arbitrados para o volume do reservatório, são obtidos diferentes percentagens de consumo atendido. Assim, com os vários resultados, adota-se o volume que apresenta a maior eficiência, ou seja, que não permanece por um longo período ocioso, bem como não provoque o desperdício excessivo de água pluvial (AMORIM & PEREIRA, 2008).

A NBR 15527/07 (ABNT, 2007) estabelece duas hipóteses que devem ser adotados na simulação: o reservatório está cheio no início da contagem no tempo t , e os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Para iniciar o dimensionamento pelo método da Simulação, deve-se primeiramente calcular o volume de água da chuva aproveitável, da mesma forma que para o método de Rippl, pela Equação 2.

Na sequência, o volume do reservatório é determinado pela aplicação da equação da continuidade a um reservatório finito (Equação 5), para um determinado mês.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (5)$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t , em metros cúbicos;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t , em metros cúbicos;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$, em metros cúbicos;

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t , em metros cúbicos;

V é o volume do reservatório fixado, em metros cúbicos.

3.3.4.3 Programa Netuno

Netuno é um programa computacional utilizado para simulação de sistemas de aproveitamento de águas da chuva. A principal vantagem desse programa é a possibilidade de avaliar a redução do consumo de água potável fornecida pelas variações dos volumes de reservatórios de águas pluviais. Dessa forma, pode-se buscar a melhor relação entre a economia de água potável e a capacidade do reservatório pluvial, de maneira a se obter o melhor custo-benefício. Outros resultados, como o volume

extravasado e porcentagem de atendimento parcial, total e sem atendimento em função do volume de reservatório definido também são apresentados pelo Netuno.

Para que seja realizada a simulação do sistema, é necessário fornecer ao programa os seguintes dados de entrada: dados de precipitação, descarte inicial do escoamento da chuva, área de captação, demanda per capita de água potável, número de moradores, percentual de demanda a ser substituída por água pluvial, coeficiente de escoamento superficial, características do reservatório superior e inferior.

O algoritmo utilizado pelo Netuno para a simulação requer o fornecimento de informações de precipitação em base diária. Essa propriedade facilita a análise de comportamento sazonal do sistema de captação de água de chuva. Caso haja descontinuidade nos dados diários, ou seja, dias em que não há dados de precipitação, o programa assume que a precipitação do dia é nula. Essa simplificação sugere que o potencial de água potável poderia ser ligeiramente maior do que o apresentado neste estudo.

3.3.4.4 Coeficiente de Runoff

O volume de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado, por isso se utiliza, para efeito de cálculo, um coeficiente. O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de runoff, representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado (ABNT, 2007). Tomaz (2003) apresenta diferentes coeficiente de runoff para materiais que compõem o telhado (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores para o coeficiente de runoff

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95
Telhados verdes	0,1 a 0,5

Fonte: Tomaz (2003)

As perdas de água de chuva precipitada também são justificadas, além do material do telhado, pelas perdas por evaporação, vento, limpeza, entre outros. Tomaz (2003) expõe que o melhor valor a ser adotado como coeficiente de runoff é 0,8, valor esse adotado neste estudo.

3.3.5 Tratamento de água da chuva

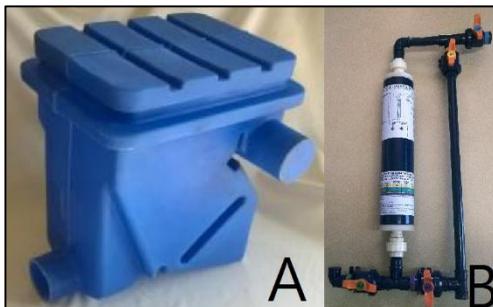
Apesar de apresentar boa qualidade, a água da chuva precisa passar por um tratamento simplificado para que o seu aproveitamento seja realizado de forma segura. Com base na revisão bibliográfica, optou-se pelo tratamento físico-químico. O sistema adotado neste estudo é formado por duas unidades de filtração e desinfecção com cloro. A escolha dos filtros fez-se entre modelos existentes no mercado (Figura 8).

Para a remoção de materiais grosseiros escolheu-se o Filtro Coletor AC 250 da fabricante Auxtrat. Este primeiro filtro tem capacidade de remoção de até 90% do material sólido com até 0,33 mm de diâmetro. O dimensionamento é realizado de acordo com a área de captação do telhado e a vazão de projeto. Ressalta-se que esta unidade elimina constantemente 10% da água, juntamente com os materiais sólidos para a rede de drenagem, e os 90% restantes seguem para aproveitamento. Apenas um filtro deste modelo não teria capacidade suficiente para a vazão de chuva captada em dias de precipitação intensa, por isso adotou-se duas unidades para o tratamento.

Devido a possibilidade de contato com a água da chuva aproveitada nas atividades de limpeza, optou-se por um filtro de polimento de areia. Esta unidade, recomendada pela mesma fabricante do filtro de materiais grosseiros, elimina micropartículas de até 25 micrômetros. O filtro de polimento é instalado após a bomba de recalque.

A etapa de desinfecção é realizada no reservatório inferior com pastilhas de hipoclorito de cálcio, através de um sistema idêntico ao aplicado na cloração de piscinas.

Figura 8 - Filtro de remoção de sólidos grosseiros (A) e filtro de polimento (B)



Fonte: Auxtrat (2016)

3.3.6 Sistema de recalque de água da chuva

A instalação elevatória, que consiste no sistema de bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior, foi dimensionada de modo a atender as recomendações previstas na NBR 5626/98 (ABNT, 1998). Segundo esta norma, no suprimento de água à reservatórios, a vazão de projeto pode ser determinada através do quociente da divisão da capacidade do reservatório pelo tempo de enchimento. No caso de casas unifamiliares, o tempo de enchimento deve ser menor que uma hora. Dessa forma, com a vazão definida, o diâmetro da tubulação de recalque é dada pela Fórmula de Forchheimer, expressa pela Equação 6.

$$D = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{x} \quad (6)$$

Onde

D é o diâmetro da tubulação de recalque, em metros;

Q é a vazão, em metros cúbicos por segundo;

X é o número de horas de funcionamento dividido por 24 horas.

Para o diâmetro da tubulação de sucção da motobomba e do extravasor, é adotado diâmetro comercial imediatamente acima do diâmetro especificado para a tubulação de recalque.

Conforme recomenda a NBR 5626/98 (ABNT, 1998), as elevatórias devem possuir no mínimo duas unidades de elevação de pressão, independentes, a fim de garantir o abastecimento de água em caso de falhas de uma das unidades.

Para determinar a potência do motor da bomba hidráulica, é necessário conhecer, além da vazão de recalque, a altura manométrica. Esse parâmetro corresponde à altura geométrica de elevação do líquido que se deseja recalcar, somado a perda de carga nos trechos de sucção e recalque, e pode ser calculado pela Equação 7. Por sua vez, as alturas manométricas de recalque e sucção, necessárias para a determinação da altura manométrica total, são obtidas através da Equação 8 e 9, respectivamente.

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

$$H_{\text{man}(\text{rec})} = H_{\text{geo}(\text{rec})} + h_{f(\text{rec})} \quad (8)$$

$$H_{\text{man}(\text{suc})} = H_{\text{geo}(\text{suc})} + h_{f(\text{suc})} \quad (9)$$

Onde:

H_{man} é a altura manométrica total, em metros;

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

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

$H_{\text{geo}(\text{rec})}$ é a altura geométrica de recalque, em metros;

$H_{\text{geo}(\text{suc})}$ é a altura geométrica de sucção, em metros;

$h_{f(\text{rec})}$ é a perda de carga total na tubulação de recalque, em metros;

$h_{f(\text{suc})}$ é a perda de carga total na tubulação de sucção, em metros.

A perda de carga total de recalque e sucção é gerada pelo comprimento real da tubulação e pelas conexões que ligam esses tubos. Nas conexões, a perda de carga é expressa em termos de comprimento equivalente dos tubos, tomado como base os valores fornecidos pela NBR 5626/98 (ABNT, 1998) e apresentados no Anexo A deste trabalho. Assim, pode-se calcular a perda de carga total pela Equação 10.

$$h_f = L_t \cdot J \quad (10)$$

Onde:

h_f é a perda de carga total, em metros de coluna d'água;

L_t é o comprimento total, ou seja, a soma do comprimento real com os comprimentos equivalentes nas conexões, em metros;

J é a perda de carga unitária, em metros de coluna d'água.

Por fim, através do catálogo do fabricante, seleciona-se a motobomba com potência suficiente para recalcar o líquido a uma altura

equivalente à altura manométrica total e com a vazão de recalque calculada.

3.3.7 Sistema de distribuição de água de chuva

O dimensionamento do sistema de distribuição de água de chuva tratada seguiu as recomendações da NBR 5626/98 (ABNT, 1998). O procedimento mais utilizado para dimensionar as tubulações prediais de água fria é apresentado no Anexo A desta norma.

Após determinar os pesos relativos dos aparelhos alimentados pela tubulação que transporta a água da chuva (os valores dos pesos para cada aparelho é apresentado no Anexo A), calculou-se a vazão estimada na seção a partir da Equação 11, a qual converte o somatório dos pesos na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização considerado.

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P} \quad (11)$$

Onde:

Q é a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

ΣP é a soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

Para evitar ruídos, recomenda-se que a velocidade média da água nas tubulações seja inferior a 3 m/s (ABNT, 1998). Assim, pode-se verificar a velocidade através da Equação 12.

$$v = \frac{4 \cdot 1000 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \quad (12)$$

Onde:

v é a velocidade, em metros por segundos;

Q é a vazão estimada, em litros por segundos;

d é o diâmetro interno da tubulação, em milímetros.

A perda de carga ao longo da tubulação foi inferida pela expressão de Fair Whipple-Hsiao, para tubos lisos de plástico (Equação 13). A partir do valor obtido, foram verificados os limites mínimos de pressão para cada aparelho, conforme recomenda a norma, apresentados no Anexo A.

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (13)$$

Onde:

J é a perda de carga unitária, em quilopascals por metro;

Q é a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

d é o diâmetro do tubo, em milímetros.

Por fim, a pressão dinâmica nos aparelhos sanitários é verificada pela Equação 14. Sendo a perda de carga total expressa pela Equação 10.

$$P_d = P_e - h_f \quad (14)$$

Onde:

P_d é a pressão dinâmica no aparelho sanitário, em metros de coluna d'água;

P_e é a pressão estática, obtida como a diferença de altura entre a saída do reservatório superior e o ponto de alimentação do aparelho, em metros de coluna d'água;

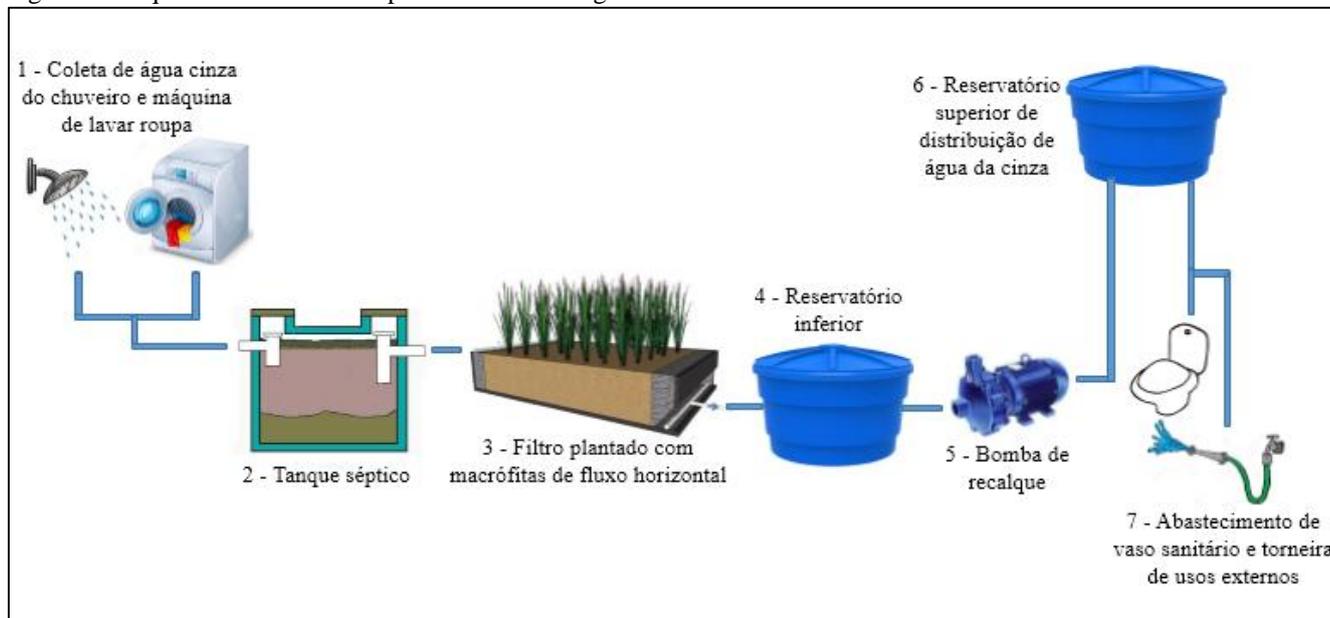
h_f é a perda de carga total, em metros de coluna d'água.

3.4 SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA

O reúso de águas cinzas requer inicialmente a segregação dos efluentes que se deseja aproveitar. Em seguida esses efluentes são direcionados à um tratamento, para então serem armazenados em reservatórios específicos, sem contato com a água potável de abastecimento, e então são destinados à usos desejados.

A concepção do sistema é baseada no reaproveitamento de águas cinzas originadas na máquina de lavar roupas e nos chuveiros, que devem ser destinadas ao abastecimento de bacias sanitárias e usos externos, que envolvem irrigação de jardim, limpeza de carros e pisos. Na sequência serão apresentados os métodos utilizados para dimensionamento dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e distribuição de água cinza.

Figura 9 - Esquema do sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: desenvolvido pelo autor

3.4.1 Sistema de coleta e transporte de água cinza

O dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas seguiu as especificações da NBR 8160/99 (ABNT, 1999). Essa norma estabelece recomendações relativas ao projeto e execução dos sistemas prediais de esgoto sanitário, de forma a atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança e conforto dos usuários e também levam em consideração a qualidade do sistema.

Os componentes de coleta e transporte das águas cinzas são dimensionados com base no método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC). Esse método utiliza um fator numérico para representar a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário. A Unidade Hunter de Contribuição de cada aparelho e o diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga são apresentados no Anexo A.

Conhecendo-se os fatores de contribuição de cada aparelho, os ramais de esgoto, tubos de queda, subcoletores e coletor predial são dimensionados pelo somatório das UHC, conforme valores apresentados no Anexo A.

3.4.2 Tratamento de água cinza

De modo a garantir a segurança no reúso de águas cinzas, sem elevar os custos, optou-se por um sistema de tratamento em nível primário seguido de secundário. Definiu-se como unidades um tanque séptico seguido por filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal (FPMH), promovendo assim processos físicos e biológicos. Ao final, será previsto a cloração, garantindo o processo químico.

O dimensionamento do tanque séptico seguiu as orientações da NBR 7229/93 (ABNT, 1993). Assim, o volume do útil do tanque é calculado pela Equação 15.

$$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T + K \cdot Lf) \quad (15)$$

Onde:

V é o volume útil, em litros;

N é o número de pessoas;

C é a contribuição de despejos, em litro por pessoa por dia;

T é o período de detenção, em dias;

K é a taxa de acumulação de lodo digerido, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco, em dias;

Lf é a contribuição de lodo fresco, em litros por pessoa por dia.

O filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal foi dimensionado simulando a cinética de primeira ordem aplicável aos reatores tipo pistão (PHILIPPI & SEZERINO, 2004). Assim, tem-se a estimativa da área superficial requerida para o filtro plantado, obtida pela Equação 16.

$$A = \frac{Q \cdot (\ln Co - \ln Ce)}{K_T \cdot p \cdot n} \quad (16)$$

Onde:

A é a área superficial requerida, em metros quadrados;

Q é a vazão afluyente, em metros cúbicos por dia;

Co é a concentração afluyente em termos de DBO₅, em miligramas por litro;

Ce é a concentração efluyente em termos de DBO₅, em miligramas por litro;

K_T é a constante de reação cinética de primeira ordem, em dias com exponencial na menos um;

n é a porosidade do material filtrante, em metro cúbico de vazios por metro cúbico de material;

p é a profundidade média do filtro, em metros.

A constante de reação cinética de primeira ordem (K_T) depende da temperatura, e é dimensionada pela Equação 17.

$$K_T = K_{20} \cdot (1,06)^{T-20} \quad (17)$$

Onde:

K₂₀ é a constante de reação a 20 °C, em dias com exponencial na menos um;

T é a temperatura crítica, em graus Celsius.

Para a etapa de desinfecção decidiu-se pela utilização de pastilhas de hipoclorito de cálcio, aplicadas no reservatório inferior. Esse sistema é idêntico ao empregado para cloração de piscinas, utilizando um clorador flutuador para armazenar as pastilhas.

3.4.3 Sistema de recalque de água cinza

O sistema de recalque de água cinza do reservatório inferior para o superior é procedido da mesma forma que o cálculo realizado para água de chuva, como apresentado no item 3.3.6.

3.4.4 Reservatório de água cinza

O projeto de reúso de águas cinzas conta com dois reservatórios. O primeiro, posterior ao sistema de tratamento, tem como finalidade acumular a água que é bombeada ao reservatório superior. Esse, por sua vez, faz a distribuição aos pontos de abastecimento de água de reúso.

Para o primeiro reservatório foi fixado um volume com base na vazão de tratamento e no consumo de água cinza. O reservatório superior é dimensionado, seguindo as especificações da NBR 5626/98 (ABNT, 1998), de forma a reservar um volume mínimo de água suficiente para abastecer 24 horas de consumo normal da edificação.

3.4.5 Sistema de distribuição de água cinza

O dimensionamento do sistema de distribuição de água cinza é realizado conforme recomendações da NBR 5626/98 (ABNT, 1998), e portanto seguirá o mesmo procedimento apresentado no item 3.3.7.

3.5 ANÁLISE ECONÔMICA

A implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso de água cinza implica em ganhos econômicos, como a redução do custo de consumo de água potável e, conseqüentemente, a diminuição do valor cobrado pela geração de esgoto. Mas também gera despesas, como a aquisição dos materiais, mão de obra, serviços de manutenção e gastos com energia elétrica para o funcionamento das motobombas. Com o levantamento desses dados é possível calcular, através de métodos quantitativos de análise econômica, a viabilidade do projeto.

Neste trabalho utilizou-se dois métodos para a determinação da viabilidade do investimento, são eles: Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno do Investimento Descontado.

3.5.1 Custos de implantação, operação e manutenção

Os custos com materiais para implantação e manutenção, e com serviços de mão de obra, foram levantados com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), disponível em <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Quando não constavam nesse documento, foram realizados orçamento em lojas de materiais de construção ou empresas prestadoras de serviços.

O SINAPI efetua pesquisas de custos e índices da construção civil, a partir do levantamento de preços de materiais e salários pagos na construção civil, para o setor de habitação. A origem desses dados é de fornecedores de materiais de construção civil e empresas construtoras do setor. O sistema é produzido através de um convênio com a Caixa Econômica Federal (IBGE, 2016).

3.5.2 Consumo de energia

A partir da seleção da motobomba e da definição do tempo de funcionamento do motor, pode-se determinar o consumo de energia gasto para o recalque do líquido do reservatório inferior ao superior. Assim, unindo essa informação à tarifa de energia elétrica e aos impostos cobrados pela Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina), pode-se definir o gasto desembolsado com energia elétrica, através da Equação 18. A tarifa cobrada pelo consumo de energia elétrica é apresentada no Anexo B.

$$C = P \cdot t \cdot V_{\text{elet}} \cdot I. 12 \quad (18)$$

Onde:

C é o consumo de energia para o funcionamento do sistema motobomba, em reais por ano;

P é a potência da motobomba, em quilowatt;

t é o tempo de funcionamento da motobomba por mês, em horas;

V_{elet} é o valor cobrado pela concessionária, pela energia elétrica consumida, em reais por quilowatt-hora;

I são os impostos cobrados pela concessionária sobre a energia, em porcentagem.

3.5.3 Economia de água e esgoto

O custo referente ao consumo de água potável na residência pode ser calculado através das informações de volume mensal consumido de água potável e da tarifa cobrada pela concessionária. Em Florianópolis, a CASAN é a companhia responsável pelo abastecimento de água potável. A tarifa cobrada por ela pode ser observada no Anexo B.

Porém, além do volume consumido, deve-se considerar também o valor cobrado pelo esgoto coletado, que é emitido junto à fatura de água. A tarifa de esgoto cobrada pela CASAN corresponde à 100% da tarifa de água. Dessa forma, o custo desembolsado com a água e esgoto pode ser calculado pela Equação 19.

Sobre o serviço do abastecimento de água e coleta de esgoto também são cobrados impostos, porém, ao contrário do cálculo do consumo de energia, as alíquotas já estão incluídas no valor da tarifa de água.

$$C_{ae} = (T_{mín} + CF_2 \cdot T_2 + CF_3 \cdot T_3 + CF_4 \cdot T_4 + CF_5 \cdot T_5) \cdot 2 \quad (19)$$

Onde:

C_{ae} é o custo com água e esgoto, em reais por mês;

$T_{mín}$ é a tarifa mínima cobrada pela CASAN para a primeira faixa de consumo, em reais por mês;

CF_n é o volume consumido na faixa n, em metros cúbicos;

T_n é o valor da tarifa cobrada pela CASAN referente a faixa de consumo n, em reais por metros cúbicos.

Por fim, a economia gerada pela implantação dos sistemas de fontes alternativas ao abastecimento público é obtida pela diferença entre o custo com água potável antes e depois da utilização dos sistemas.

3.5.4 Valor Presente Líquido

Para Jaffe *et al.* (2008), o método do Valor Presente Líquido (VPL) é o melhor para avaliar projetos de investimentos, e por isso deve ser utilizado como um padrão de referência. A base da superioridade deste método frente a outros consiste na utilização de todos os fluxos de caixa do projeto e em descontar esses fluxos corretamente, enquanto que outras técnicas ignoram essas duas atribuições.

O método VPL, também denominado método de avaliação de fluxos de caixa descontados, proporciona uma comparação entre o valor

investido e o valor dos retornos esperados (na forma de fluxo de caixa líquido), com todos os valores trazidos para o presente. Em outras palavras, essa técnica avalia o valor atual, de todos os fluxos de caixa pertinentes a um determinado projeto de investimento (BALIAN & BROM, 2007).

Os valores são trazidos para o presente através de uma taxa de desconto específica, também conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa taxa corresponde ao retorno mínimo aceitável pelo investidor, ou seja, se o investimento ficar abaixo desse valor, ele se torna inaceitável (BALIAN & BROM, 2007).

O valor presente líquido é calculado a partir da Equação 20.

$$VPL = -I_0 + \frac{FCL_1}{(1+i)} + \frac{FCL_2}{(1+i)^2} + \frac{FCL_3}{(1+i)^3} + \frac{FCL_n}{(1+i)^n} \quad (20)$$

Onde:

I_0 é o investimento a ser realizado, em reais;

FCL é o fluxo de caixa líquido, esperado como retorno do investimento, em reais,

i é a taxa de desconto ou de atratividade, a qual permite trazer o FCL ao valor presente, em porcentagem;

VPL é o valor presente líquido, em reais.

Para a tomada de decisão deve-se considerar as seguintes condições (BALIAN & BROM, 2007):

- i. Se $VPL > 0$, então aceita-se o projeto de investimento, uma vez que o retorno oferecido consegue cobrir os custos do capital investido, do retorno mínimo exigido pelo investidor e ainda oferece ganho líquido;
- ii. Se $VPL = 0$, a implantação do projeto é considerada indiferente, pois o retorno oferecido é capaz de cobrir apenas o capital investido e o retorno mínimo, assim, não proporciona outros ganhos ao investidor;
- iii. Se $VPL < 0$, o projeto deve ser rejeitado, já que além de não oferecer ganhos, também não cobre os custos investidos e a taxa mínima de atratividade, resultando em prejuízo em termos econômico ao investidor.

3.5.5 Período de Retorno do Investimento Descontado

O método de avaliação denominado período de retorno do investimento, comumente conhecido por *payback*, destaca-se pela simplicidade e facilidade na tomada de decisão, e por isso é amplamente utilizado. O *payback* refere-se ao tempo necessário para que determinado investimento seja recuperado, e após esse período passe a gerar lucros para o investidor. Porém, alguns autores como Abreu & Stephan (1982), Balian & Brom (2007) e Jaffe *et al.* (2008), apontam algumas limitações para essa técnica:

- i. Não considera a distribuição dos fluxos de caixa dentro do período de avaliação, ou seja, o valor do dinheiro no tempo é ignorado;
- ii. Não considera o fluxo de caixa posterior ao período de recuperação;
- iii. Não há uma diretriz para a escolha do *payback*, assim o limite de tempo aceitável para o resultado é definido de forma arbitrária.

De modo a corrigir as falhas, houve uma modificação do método tradicional, que foi denominado período de retorno do investimento descontado, ou simplesmente *payback* descontado. Apesar do conceito do método ser basicamente o mesmo, o *payback* descontado leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, através da introdução da taxa mínima de atratividade. Porém, as outras limitações do método permanecem.

Apesar de não ser recomendado para importantes tomadas de decisões, Balian & Brom (2007), afirmam que o *payback* descontado serve como uma metodologia auxiliar na tomada de decisão pelo VPL. O *payback* descontado pode ser calculado pela Equação 21 (SAMANEZ, 2009).

$$I_0 = \sum_{t=1}^T \frac{FCL_t}{(1+i)^t} \quad (21)$$

Onde:

I_0 é o investimento a ser realizado, em reais;

FCL é o fluxo de caixa líquido no tempo t , esperado como retorno do investimento, em reais;

i é a taxa de desconto ou de atratividade, a qual permite trazer o FCL ao valor presente, em porcentagem;

T é o período de retorno do investimento descontado, em anos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DETERMINAÇÃO DE CONSUMOS

Com a média do consumo de água potável para a cidade de Florianópolis de 185,68 L/hab.dia (SNIS, 2016) e para uma residência de alto padrão, que corresponde a 200 L/hab.dia (ABNT, 1993), chegou-se a um consumo per capita de 193 L/dia. A partir desse valor, calculou-se o consumo total da residência com base no número de habitantes. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumos de água potável

Parâmetro	Valor	Unidade
Consumo per capita	193,00	L/dia
Número de habitantes	5	hab
Consumo diário	965,00	L/dia
Consumo mensal	28,95	m ³ /mês

Fonte: desenvolvido pelo autor

Para a determinação da disponibilidade e demanda por fontes alternativas a partir dos consumos específicos de cada aparelho, fez-se inicialmente uma análise dos valores obtidos pelos dois modelos apresentados na revisão bibliográfica: porcentagens de consumo e parâmetros técnicos.

No primeiro caso, calculou-se a média das porcentagens referentes a cada aparelho sanitário apresentados pelos diferentes estudos (Tabela 11). E para a determinação pelos parâmetros técnicos, foram adotadas as frequências de uso e volumes consumidos conforme valores apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. Os parâmetros fixados e os consumos específicos são apresentados na Tabela 12. Cabe ressaltar que considerou-se uma área de jardim de 70 m² e uma área impermeável de 50 m² para os cálculos de consumo externo.

Tabela 11 - Disponibilidade e demanda de água cinza com consumo em porcentagem

Ponto de consumo / Referência	DECA	USP	PNCDA	Mieli	Menegat	Solis	MÉDIA	Consumo (L/d)	Consumo (m³/mês)
Chuveiro	47%	28%	55%	27%	*	*	39%	378,76	11,36
Máq. lavar roupa	8%	9%	11%	7%	*	*	9%	84,44	2,53
Vaso sanitário	14%	29%	5%	35%	32%	36%	25%	242,86	7,29
Uso externo	*	*	*	3%	12%	8%	8%	73,98	2,22
Rega de jardim	*	*	*	1%	4%	*	-	-	-
Limpeza de piso	*	*	*	1%	*	*	-	-	-
Limpeza de carro	*	*	*	1%	2%	*	-	-	-
Outros	*	*	*	*	6%	*	-	-	-
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA CINZA (Chuveiro + máq. lavar roupa)								463,20	13,90
DEMANDA DE ÁGUA CINZA (Vaso sanitário + uso externo)**								316,84	9,51
DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL (Máq. lavar roupa + vaso sanitário + uso externo)**								401,28	12,04

*Não há dados disponíveis

**Considera-se o aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza como sistemas independentes, assim as demandas por água pluvial e água cinza não podem ser somadas e devem ser analisadas de forma separada

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 12 - Disponibilidade e demanda de água cinza com parâmetros técnicos

Ponto de consumo / Variáveis	Frequência	Unidade	Volume	Unidade	Consumo (L/d)	Consumo (m³/mês)
Máquina de lavar roupa	0,20	Carga/hab/dia	100,00	L/ciclo	100,00	3,00
Chuveiro	15	min/banho	0,0945	L/seg	425,25	12,76
Vaso sanitário	5	Descarga/hab/dia	6,00	L/descarga	150,00	4,50
Uso externo	-	-	-	-	420,00	2,88
Rega de jardim	8	Lavagem/mês	2,00	L/dia/m²/lavagem	140,00	1,12
Limpeza de piso	8	Lavagem/mês	4,00	L/dia/m²	200,00	1,60
Limpeza de carro	2	Lavagem/mês	80,00	L/dia/lavagem/carro	80,00	0,16
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA CINZA (Chuveiro + máq. lavar roupa)					525,25	15,76
DEMANDA DE ÁGUA CINZA (Vaso sanitário + uso externo)*					570,00	7,38
DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL (Máq. lavar roupa + vaso sanitário + uso externo)*					670,00	10,38

*Considera-se o aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza como sistemas independentes, assim as demandas por água pluvial e água cinza não podem ser somadas e devem ser analisadas de forma separada

Fonte: desenvolvido pelo autor

Os resultados da Tabela 11 inferem que a quantidade de água cinza produzida em um dia no chuveiro e na máquina de lavar roupa é suficiente para atender as necessidades de abastecimento das descargas de bacias sanitárias e de torneiras de usos externos. O mesmo não pode ser verificado com os valores expostos na Tabela 12, onde o volume de água cinza ofertado em um dia é de 525,25 litros e a demanda pode chegar a 570 litros. Esses dados, aliados a possibilidade de defasagem temporal entre a produção e o consumo, reforçam a necessidade de um reservatório de armazenamento. Observa-se ainda, na comparação das duas tabelas, que na análise mensal, ambos os resultados apresentam disponibilidade suficiente para atender a demanda.

A divergência nos valores diários justifica-se no fato de que a Tabela 12 apresenta o consumo de água correspondente ao máximo que pode haver em um dia, caso sejam realizados em um mesmo dia a irrigação de jardins, limpeza de carro e pisos. Enquanto que a Tabela 11 retrata a demanda de água sem considerar a frequência de uso, e assim, considera que em todos os dias há um pequeno consumo para os usos externos. Na comparação mensal, essa divergência decresce em função da diluição dos consumos máximos obtidos pelos parâmetros técnicos durante os dias do mês, tornando os resultados mais semelhantes.

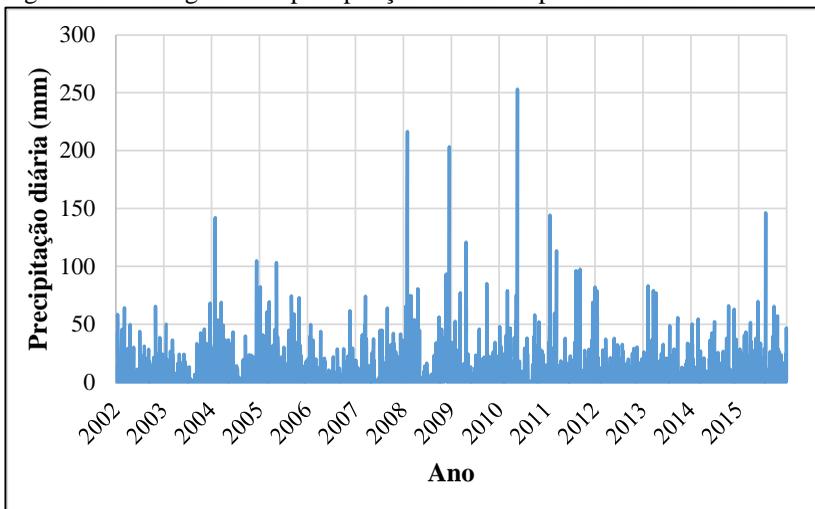
A partir dessas considerações acredita-se que a determinação do consumo específico dos aparelhos, através das variáveis de frequência e volume, conferem uma situação de maior semelhança com a realidade. Por isso, para este estudo, adotou-se como disponibilidade e demanda os valores apresentados na Tabela 12.

4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

4.2.1 Estudo hidrológico

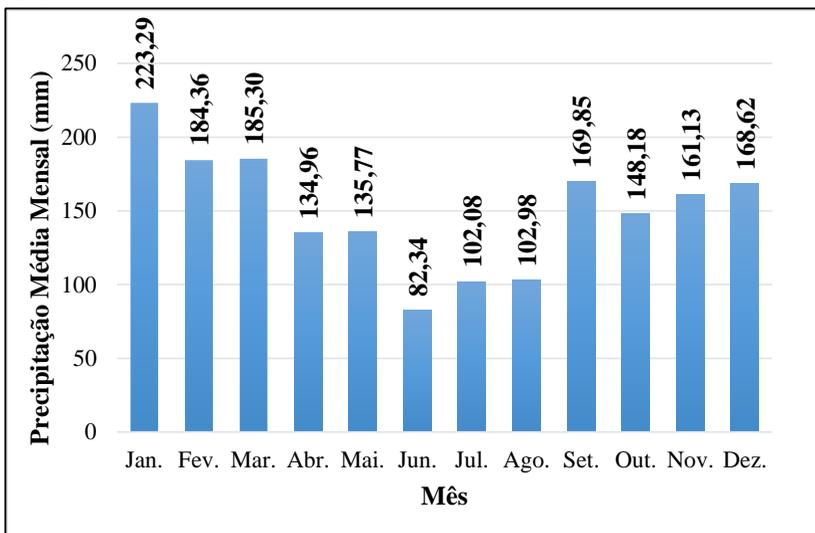
O histograma das precipitações diárias e médias mensais, referentes aos dados da Estação Meteorológica de São José para o período de 2002 a 2015, são apresentados na Figura 10 e Figura 11, respectivamente. A partir da soma das precipitações mensais, pode-se aferir que a média anual de chuva, referente aos 14 anos de análise, equivale a 1798,86 mm/ano.

Figura 10 - Histograma de precipitação diárias no período de 2002 a 2015



Fonte: desenvolvido pelo autor

Figura 11 - Histograma de precipitação média mensal no período de 2002 a 2015



Fonte: desenvolvido pelo autor

4.2.2 Calhas e condutores

O telhado da residência é composto por dez áreas de contribuições, que direcionam as águas da chuva para as calhas. Estas foram divididas em trechos que escoam para oito condutores verticais (Figura 12 e Figura 13).

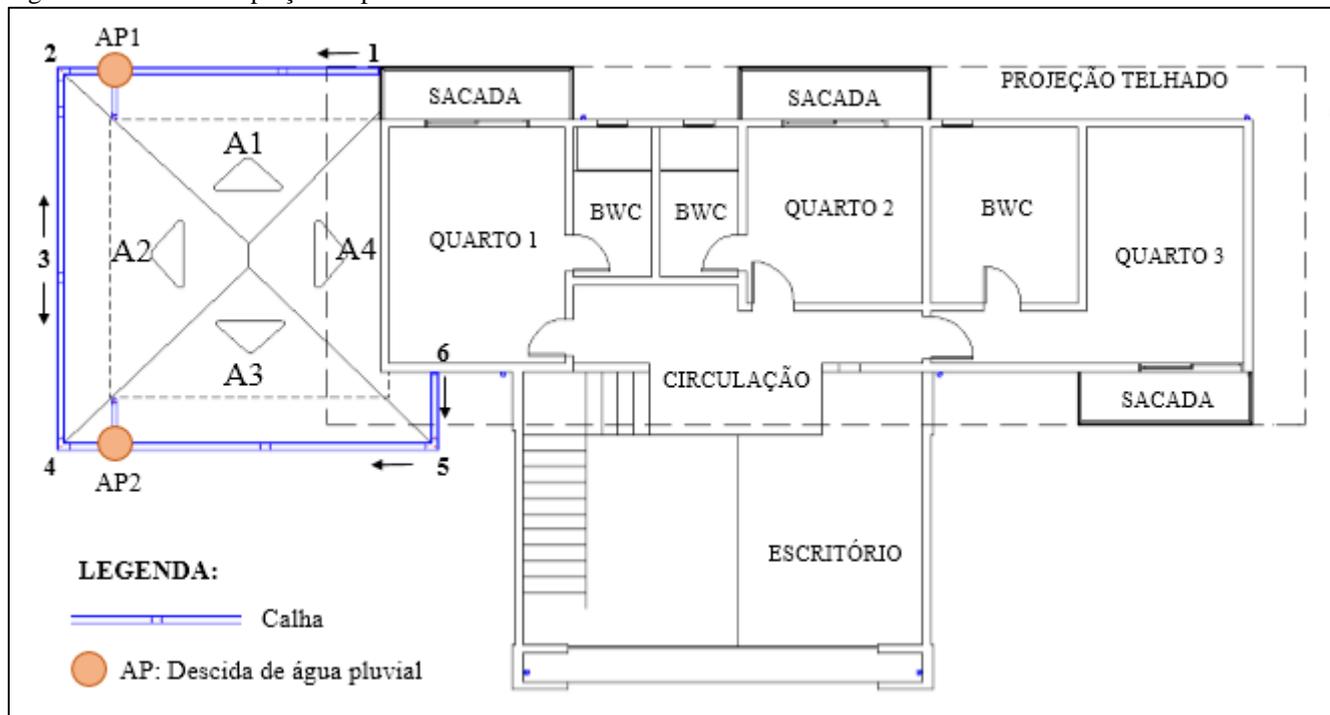
As vazões de contribuição das calhas e condutores verticais foram calculadas pela Equação 1, e estão apresentadas no Apêndice A. A maior vazão na calha é referente ao trecho 12-11, com 64 L/min. Com essa vazão máxima, todas as calhas podem ser dimensionadas com diâmetro interno de 100mm e declividade de 0,5%.

Nos condutores verticais, a maior vazão é relativa à descida pluvial de número 3 (AP3), com 81,40 L/min. Porém no ábaco para determinação do diâmetro dos condutores, presente no Anexo A, a menor vazão apontada é de 200 L/min. Assim, pode-se adotar o valor mínimo interno recomendado por norma de 70 mm para todos os condutores verticais.

Como a linha Aquapluv para calhas pluviais é fabricada com diâmetro mínimo de 125 mm para as calhas e 88 mm para os condutores verticais, esses valores foram adotados na sequência do dimensionamento.

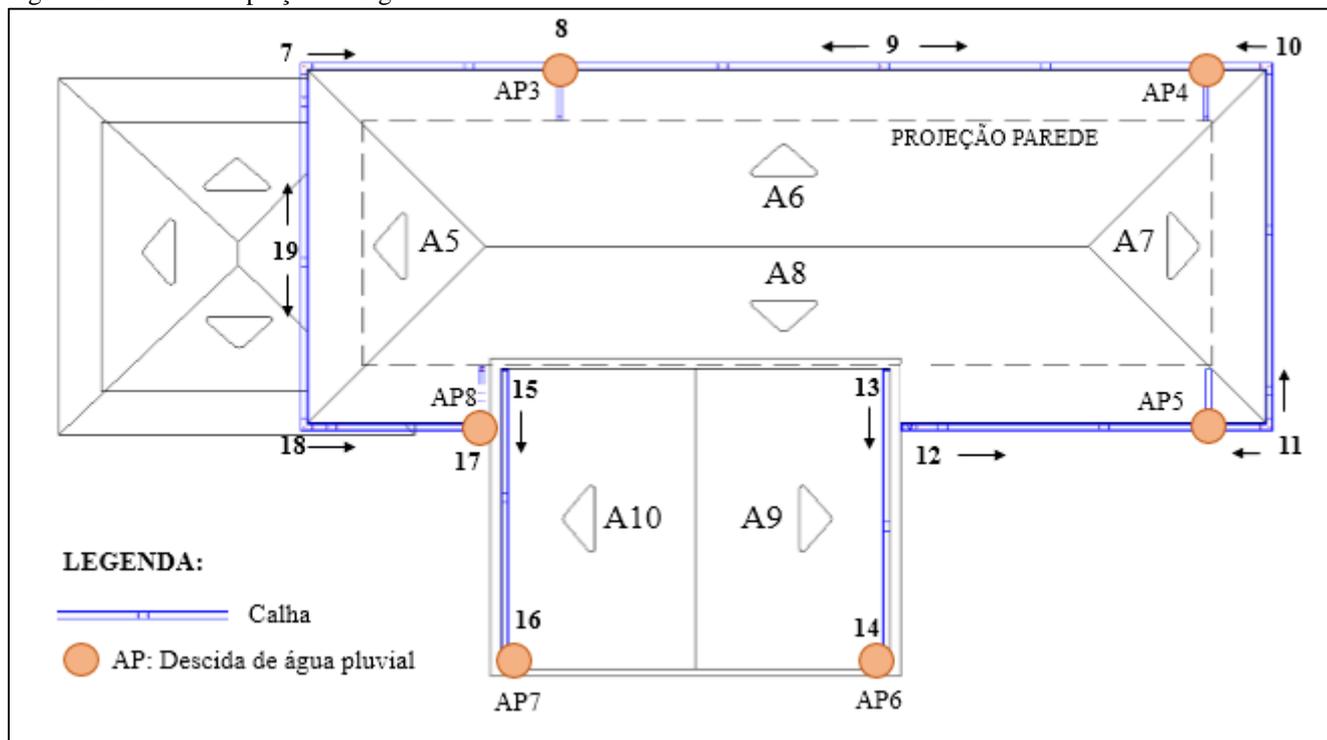
A planilha de dimensionamento dos condutores horizontais é apresentada no Apêndice B. Os diâmetros calculados variam entre 75 a 100 mm. Para a rede de transporte horizontal da água da chuva utilizou-se tubulações e conexões da linha de esgoto predial, por se tratar de materiais com custos inferiores à linha Aquapluv. A transição dos condutores verticais para os horizontais é feita com uma peça da linha Aquapluv que possui dimensões de 88 mm para 100 mm. Dessa forma, uniformizou-se os condutores horizontais com diâmetro 100mm e declividade de 0,5%, com exceção do trecho entre a caixa pluvial de número 4 (CP4) e o filtro, no qual adotou-se uma declividade de 1% para atender a norma.

Figura 12 – Área de captação do primeiro nível do telhado



Fonte: desenvolvido pelo autor

Figura 13 - Área de captação do segundo nível do telhado



Fonte: desenvolvido pelo autor

4.2.3 Reservatório de água pluvial

Com uma área de captação de 203,93 m² e 2 mm de eliminação do escoamento inicial, o volume do reservatório de descarte da primeira água foi dimensionado em 407,85 litros. Para o projeto, adotou-se o volume comercial superior mais próximo ao calculado. Assim, esse reservatório terá um volume de 500 litros.

De modo a garantir o abastecimento de água cinza por no mínimo 24 horas de consumo, o reservatório superior deve possuir um volume de 670 litros. Adotando o volume do reservatório comercial mais próximo do valor calculado, define-se 750 litros para esse reservatório.

No dimensionamento do reservatório inferior pelos métodos de Rippl e da Simulação, o fornecimento das precipitações foi feita com base nas séries históricas mensais. Enquanto que o algoritmo utilizado na simulação pelo Programa Netuno requer dados diários de precipitação.

A planilha com o dimensionamento pelo método de Rippl é apresentada no Apêndice C. Nela observa-se que em todos os meses o volume de água da chuva aproveitável é superior a demanda. Assim, através da interpretação dos resultados obtidos, não há necessidade de armazenamento de água pluvial, uma vez que a demanda sempre será suprida.

O dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação encontra-se no Apêndice D. Como nesse método é necessário fixar um volume para o reservatório, adotou-se inicialmente um valor pequeno, de 50 litros. Da mesma forma que para o Método de Rippl, percebe-se que a demanda em todos os meses é inferior ao volume de chuva aproveitável. Além disso, o volume do reservatório no início e no fim do mês permanece sempre cheio, e a necessidade de suprimento de água potável ao sistema é nula. O volume extravasado (*overflow*) indica que a quantidade de água captada é maior do que o necessário, assim sempre há eliminação do volume em excesso.

Os dados de entrada para o dimensionamento pelo *software* Netuno são apresentados na Tabela 13. Também é preciso informar algumas características sobre o reservatório superior. Com base nas opções fornecidas pelo programa, definiu-se que o volume do reservatório superior será equivalente ao volume comercial mais próximo à máxima demanda diária média de água pluvial (750 L/dia), e que o percentual de volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque será de 40%, ou seja, só haverá recalque do reservatório inferior para o superior quando a quantidade de água no reservatório superior for menor que 300 litros.

Como o Programa Netuno trabalha com simulações, é necessário informar o volume máximo estipulado para o reservatório inferior e os intervalos de volume para os quais se deseja realizar essas simulações. Para este estudo, adotou-se os valores de 5.000 litros e 100 litros, respectivamente.

Tabela 13 - Dados de entrada para o Programa Netuno

Dados de entrada	
Área de captação do telhado (m ²)	203,93
Consumo per capita de água potável (L/dia)	193
Número de moradores	5
Percentual de demanda a ser substituída por água pluvial	35,85
Coefficiente de perdas	0,8
Descarte do escoamento inicial (mm)	2
Período de precipitação diária	01/01/2002 a 31/12/2015

Fonte: desenvolvido pelo autor

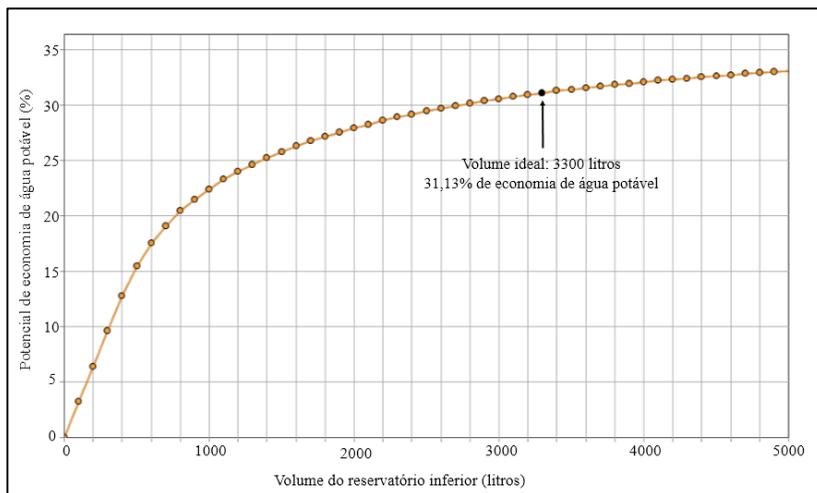
O volume ideal do reservatório foi calculado pelo programa Netuno através da adoção de uma diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de 5%/m³. Ou seja, através das simulações, determina-se o maior volume do reservatório até que a variação do aproveitamento pluvial seja menor que 5% para cada metro cúbico do reservatório. Assim, para este projeto, o volume ideal foi estimado em 3300 litros, com um potencial de utilização de água pluvial em 31,13% (Figura 14).

Outra informação fornecida pelo programa é o atendimento da demanda de água pluvial. Na simulação com o reservatório de 3300 litros espera-se atender os pontos de uso apenas com água da chuva em 85,29% do tempo; enquanto que o atendimento parcial, no qual será necessário o incremento com água potável, fica em 2,95% e os casos em que não haverá água da chuva para atendimento serão de 11,75%.

Comparando-se os resultados, percebe-se que a utilização de dados mensais de precipitação pode trazer uma ideia equivocada sobre o regime pluviométrico. Sabe-se que a distribuição das chuvas no mês não é regular, e a ocorrência de vários dias consecutivos sem registros de precipitações é uma realidade frequente. Nos métodos de Rippl e da Simulação essa possibilidade não é considerada.

Para este caso, decorrente às características do projeto, somente a análise das precipitações diárias traz uma ideia precisa das condições de oferta de chuva. Por isso, para melhor representar a realidade do sistema, será adotado o volume do reservatório inferior determinado pelo Programa Netuno.

Figura 14 – Gráfico com o potencial de economia de água pluvial em função do volume do reservatório



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Netuno.

4.2.4 Sistema de recalque de água pluvial

Com uma vazão de recalque de $0,75\text{m}^3/\text{h}$, necessária para encher o reservatório superior em uma hora e, conseqüentemente, com o funcionamento diário da motobomba estimado em 1 hora, todo o comprimento da tubulação de recalque foi dimensionado com diâmetro comercial de 20 mm. Assim, a tubulação de sucção e extravasores do reservatório superior devem possuir diâmetro comercial de 25 mm.

Com a altura manométrica total e a vazão de recalque é possível escolher, pelo catálogo da motobomba, o modelo ideal que atenda às características do projeto. Neste trabalho, para o sistema projetado, uma motobomba com potência de 1/4 CV é suficiente para elevar o líquido a manométrica calculada 13,74 m, respeitando a vazão de recalque de $0,75\text{m}^3/\text{h}$. O dimensionamento do sistema de recalque é apresentado no Apêndice E.

Considerou-se um conjunto de duas motobombas, sendo uma de reserva. Quanto às peças utilizadas, foram considerados registros de gaveta na entrada do reservatório e próximo à ligação da motobomba no trecho de sucção e recalque. Além desses, também foram previstos uniões, válvula de retenção, bem como joelhos de 90° e 45° para o cálculo da perda de carga. Conforme o fabricante, a perda de carga no filtro de polimento foi adotada como 2 m de coluna d'água, e para a válvula de retenção, considerou-se um comprimento equivalente de 1,1 m. Um esquema simplificado do sistema de recalque com as peças utilizadas é apresentado no Apêndice K.

Sempre que possível é recomendado o posicionamento do eixo da motobomba situado abaixo do nível mínimo de água no reservatório, caracterizando uma sucção negativa ou afogada. Essa configuração foi adotado no projeto, pois evita a cavitação na motobomba e, portanto, resulta em uma menor manutenção da motobomba.

4.2.5 Distribuição de água pluvial

De forma a garantir a pressão dinâmica requerida em cada ponto, as tubulações de distribuição de água da chuva tratada foram dimensionadas com diâmetro variando entre 25 a 40 mm, conforme apresentado no Apêndice L. A planilha de dimensionamento encontra-se no Apêndice F.

Conforme informado anteriormente, segundo dimensionamento do Programa Netuno, em 14,7% do tempo o sistema de aproveitamento de água da chuva terá que ser abastecido parcialmente ou totalmente com água potável. Assim, para garantir o abastecimento contínuo dos pontos de utilização de água pluvial, mesmo sem a presença dessa fonte, previu-se a instalação de uma chave de nível tipo boia e uma válvula solenoide no reservatório superior. O sistema de retroalimentação funciona de acordo com o seguinte princípio: a abertura ou fechamento da válvula solenoide, que permite a entrada de água potável, se dará de forma automática quando a chave boia identifica o nível mínimo ou médio de água no reservatório superior, respectivamente. Os níveis de água para a retroalimentação e para o recalque de água pluvial do reservatório inferior para o superior são apresentados no Apêndice J.

4.3 SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA

4.3.1 Coleta de água cinza

A segregação das água cinza provenientes de chuveiros e máquina de lavar roupas, destinados ao reaproveitamento, é realizado através de um sistema de coleta específico, composto por ramais de descarga, tubo de queda, subcoletores e coletores.

Os ramais de descarga foram dimensionados com o mesmo diâmetro nominal das peças de contribuição, e com declividade de 2%. Conforme o somatório de Unidade Hunter de Contribuição recebida, os tubos de quedas foram calculados com diâmetro de 50 mm, e os subcoletores e coletores prediais com diâmetro mínimo de 100 mm e declividade de 1%. O dimensionamento desse sistema de coleta de águas cinzas encontra-se no Apêndice G, e as plantas com os detalhamentos do sistema de coleta são apresentadas no Apêndice M e N.

4.3.2 Tanque séptico

Os parâmetros de projeto para o dimensionamento do tanque séptico são apresentados na Tabela 14. Para a determinação da taxa de acumulação considerou-se a temperatura média do mês mais frio do ano entre 10°C e 20°C e um intervalo de limpeza a cada 5 anos. Ressalta-se que a contribuição diária de esgoto foi baseada na produção de água cinza proveniente do chuveiro e da máquina de lavar roupa, e dividido pelo número de pessoas da residência.

Tabela 14 - Parâmetros de projeto para o dimensionamento do tanque séptico

Parâmetro	Abreviatura	Valor	Unidade
Número de pessoas	N	5	habitantes
Contribuição de despejos	C	105,05*	litros/pessoa.dia
Período de detenção	T	1	dia
Taxa de acumulação de lodo	K	225	dias
Contribuição de lodo fresco	Lf	1	litros/pessoas.dia

*Contribuição de despejos refere-se à água cinza gerada pela residência

Fonte: desenvolvido pelo autor com base na NBR 7229/93 (ABNT, 1993).

O volume útil do tanque séptico foi dimensionado em 2,65 m³. Foi previsto para o projeto, um tanque cilíndrico, construído com anéis de

concreto pré-moldados. Para isso, foram necessários três anéis de concreto, cada um com uma altura de 0,5 m, diâmetro externo de 2 m e espessura de 6 cm. Dessa forma, o volume total do decanto-digestor foi calculado em 4,16 m³, com uma altura total de 1,5 m (e altura útil de 95 cm). O desenho dessa unidade de tratamento é apresentado no Apêndice M.

4.3.3 Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal

Para o dimensionamento do filtro plantado com macrófitas faz-se necessário a determinação de alguns parâmetros de projeto. Deve-se considerar que a vazão de entrada no FPMH equivale a vazão de saída do tanque séptico. Para a Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) afluente, considerou-se os valores referenciados por Von Sperling (2005) *apud* Pires (2012), característicos de esgoto doméstico após o tratamento primário anaeróbio, de 250 mg/L. A concentração na saída do *wetland* construído foi determinada com base nos padrões de qualidade referenciados pela ANA, FIESC, SindusCon-SP & COMASP (2005) para água de reúso, atingindo valores de DBO igual a 10 mg/L.

Segundo Sezerino & Philippi (2003), a literatura recomenda valores de constante de reação cinética a 20 °C (K_{20}) variando entre 0,8 e 1,1 d⁻¹. Assim, a constante de reação cinética de primeira ordem (K_T) foi calculada pela Equação 17, considerando uma temperatura crítica de 14°C (ABNT, 1997) e a constante de reação cinética a 20 °C igual a 1 d⁻¹. A porosidade do material foi assumida como 0,4 m³ de vazios por m³ de material, valor característico de areia, e a profundidade média de material filtrante igual a 0,7 m (SEZERINO & PHILIPPI, 2003). Os parâmetros utilizados para o dimensionamento são apresentados na Tabela 15.

Com base na Equação 16, a área superficial requerida para o tratamento pelo FPMH é de 8,57 m². Em decorrência da facilidade de construção, foram previstas como dimensões para o filtro: 4,2 m de comprimento e 2,1 m de largura, resultando em uma área de 8,82 m². A relação comprimento e largura foi de 2:1, respeitando o valor mínimo referenciado por Sezerino & Philippi (2003). A impermeabilização do FPMH é feita com duas camadas de geotêxtil (manta bidim) intercaladas com lona plástica. Para o plantio das macrófitas no filtro, adotou-se a espécie *Cyperus papyrus*, conhecida popularmente como papiro, em uma densidade de 4 mudas por metro quadrado. Os detalhes de desenho do *wetland* construído são apresentados no Apêndice M.

Tabela 15 - Parâmetros de projeto para o dimensionamento do *wetland*

Parâmetro	Valor	Unidade
Vazão afluente (Q)	0,53	m ³ /dia
Concentração afluente de DBO5 (Co)	250,00	mg/L
Concentração efluente de DBO5 (Ce)	10,00	mg/L
Temperatura crítica	14	°C
Constante de reação cinética a 20 °C (K20)	1,00	1/d
Constante de reação cinética de 1ª ordem (KT)	0,70	1/d
Porosidade do material filtrante (n)	0,40	m ³ de vazios/ m ³ de material
Profundidade média do filtro (p)	0,70	m
Área superficial (A)	8,57	m ²

Fonte: desenvolvido pelo autor

4.3.4 Sistema de recalque de água cinza

De modo similar ao dimensionamento do sistema de recalque para o projeto de água de chuva, com uma vazão de recalque de 0,75 m³/h e um tempo de funcionamento da motobomba estimado em 1 hora por dia, as tubulações de recalque e sucção foram dimensionadas em 20 mm e 25 mm, respectivamente.

Para o sistema projetado, uma motobomba com potência de 1/4 CV é suficiente para elevar o líquido a altura manométrica calculada de 11,38 m, respeitando a vazão de recalque de 0,75 m³/h.

Foram previstos como materiais para o sistema de recalque duas motobombas, tubos e peças de conexões, como registros, joelhos, uniões e válvula de retenção. A planilha de dimensionamento da distribuição de água cinza encontra-se no Apêndice H, e o esquema simplificado do sistema de recalque mostrando as peças utilizadas é apresentado no Apêndice M.

4.3.5 Reservatórios de água cinza

Conforme apresentado na Tabela 12, a demanda de água cinza em um dia é de 570 L. Seguindo as recomendações da NBR 5626/98 (ABNT, 1998), para que o volume do reservatório superior seja suficiente para o abastecimento de um dia de consumo e considerando os tamanhos comerciais, adotou-se uma caixa de água de polietileno com capacidade para 750 L.

O mesmo volume foi determinado para o reservatório inferior, de modo que, este tenha capacidade para armazenar o volume de efluente tratado em um dia pelo tanque séptico e FPMH.

4.3.6 Distribuição de água cinza

Para garantir a pressão dinâmica requerida na rede de distribuição de água de reúso, as tubulações foram dimensionadas com diâmetro variando entre 25 a 40 mm. A planilha de dimensionamento é apresentada no Apêndice I. Ressalta-se que os desenhos com detalhamento de distribuição de água cinza em cada ambiente são idênticos aos apresentados para o projeto de água de chuva, com exceção da tubulação de abastecimento da máquina de lavar roupa. Assim, os desenhos e isométricos das tubulações hidráulicas para distribuição da água cinza podem ser observados no Apêndices L.

Considerando a possibilidade de defasagem temporal entre a demanda e a oferta de água cinza, para garantir o abastecimento contínuo dos pontos de uso, previu-se a implantação de um sistema de retroalimentação, com a instalação de uma chave de nível tipo boia e uma válvula solenoide no reservatório superior. Esse sistema segue o mesmo princípio do projeto de aproveitamento de água pluvial. Os níveis de água responsáveis pelo acionamento, ou não, da retroalimentação são apresentados no Apêndice M.

4.4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

4.4.1 Implantação, operação e manutenção

Considerou-se nos custos de implantação as tubulações, conexões, acessórios (como reservatórios, motobombas e clorador flutuante), materiais para construção das caixas de inspeção e mão de obra para a montagem dos sistemas de captação, tratamento, recalque e distribuição de água da chuva e da água cinza. Além desses itens, também adicionou-se ao quantitativo o serviço de escavação realizado por uma retroescavadeira.

Para a composição do custos com mão de obra – que incluem além da montagem hidráulica, a execução das caixas de inspeção e das unidades de tratamento; foram considerados os serviços de um encanador e um servente, com jornada de trabalho de 40 horas/semana. Para a execução do projeto de aproveitamento de água da chuva, estimou-se necessário duas semanas de trabalho, e para o reúso de água, uma semana

e meia. Assim como para os demais materiais, o custo da mão de obra e da hora de serviço de uma retroescavadeira, tem origem no documento do SINAPI.

Nos custos de operação e manutenção, em ambos os projetos, ponderou-se os valores despendidos com a cloração e reparos da motobomba. Para a desinfecção foi considerado a reposição de uma pastilha de cloro de 200 gramas a cada dois meses (BAZARRELA, 2005). A manutenção técnica da motobomba foi estimada com uma periodicidade a cada 2 anos, e com custo de 10% do valor de aquisição do equipamento.

Além desses, no caso particular do sistema de reúso de água cinza, fez-se o levantamento da despesa para limpeza do tanque séptico, com periodicidade de 5 anos, e para a manutenção do filtro plantado com macrófitas. Segundo consulta no mercado, a manutenção do FPMH se dá a cada 5 anos, sendo necessária a troca do material filtrante. Para isso, considerou-se além do custo da areia e brita, a mão de obra de um servente para 2 dias de trabalho.

Para o sistema de aproveitamento de água de chuva, os custos adicionais de operação e manutenção, foram restritos ao filtro de polimento, com substituição do cartucho de filtração a cada dois anos, como recomenda o fabricante. Ressalta-se que, no custo da aquisição desse filtro, já está incluído o valor de um cartucho a mais, ou seja, a primeira troca será realizada 4 anos após o início da operação do sistema. A manutenção do filtro de remoção de sólidos grosseiros é bastante simples, configurando na retirada do elemento filtrante a cada mês para uma limpeza com escova e água, não sendo necessário o levantamento deste custo de manutenção.

O quantitativo de materiais e serviços para a implantação do aproveitamento de água da chuva, bem como os valores e fontes, são apresentados para cada parte do sistema do projeto nas Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20. Da mesma forma, para o projeto de reúso de água cinza essas informações encontram-se expostas nas Tabelas 21, 22, 23, 24 e 25. O preço total estimado para a implantação do aproveitamento de água de chuva foi de R\$ 14.684,53, e para o sistema de reúso de água cinza esse valor foi orçado em R\$ 7.491,07.

O valor desembolsado com operação e manutenção para ambos os projetos de fontes alternativas, são expostos na Tabela 26. Apesar da diferença na periodicidade de manutenção e operação, para uma melhor comparação, os custos foram trazidos para uma mesma base de tempo (a cada ano). Assim, o valor anual gasto para manter o sistema de aproveitamento de água da chuva, sem considerar o gasto energético, é de

R\$ 55,80 para os quatro primeiros anos e R\$ 85,80 para os anos seguintes, quando se adiciona os custos com a manutenção do filtro de polimento. E para o reúso de água cinza este valor corresponde a R\$ 225,10.

As fontes de consulta dos valores unitários referem-se ao mês de novembro de 2016, com exceção dos valores cotados com base na tabela do SINAPI, no qual utilizou-se a publicação referente ao mês de setembro de 2016 para a cidade de Florianópolis.

Tabela 16 - Quantitativo de serviços para sistema de aproveitamento de água de chuva

Descrição	Quant.	Unid.	Valor unit.	Valor	Fonte
Mão de obra encanador	80	h	R\$ 15,52	R\$ 1.241,60	SINAPI
Servente	80	h	R\$ 10,70	R\$ 856,00	SINAPI
Serviço de retroescavadeira	2	h	R\$ 99,58	R\$ 199,16	SINAPI

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 17 - Quantitativo do sistema de captação de água de chuva

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Acoplamento circular - Linha Aquapluv (D 88mm)	8	un.	R\$ 5,70	R\$ 45,60	Casas da Água
Bocal p/ calha - Linha Aquapluv (D 125x88mm)	8	un.	R\$ 28,10	R\$ 224,80	Casas da Água
Cabeceira direita p/ calha -Linha Aquapluv (D 125mm)	4	un.	R\$ 7,90	R\$ 31,60	Casas da Água
Cabeceira esquerda p/ calha - Linha Aquapluv (D 125mm)	4	un.	R\$ 7,90	R\$ 31,60	Casas da Água
Calha para beiral - Linha Aquapluv (D 125mm)	33	m	R\$ 16,63	R\$ 548,90	Casas da Água
Condutor circular - Linha Aquapluv (D 88mm)	43	m	R\$ 15,83	R\$ 680,83	Casas da Água
Emenda p/ calha - Linha Aquapluv (D 125mm)	17	un.	R\$ 15,70	R\$ 266,90	Casas da Água
Esquadro externo p/ calha - Linha Aquapluv (D 125mm)	7	un.	R\$ 22,50	R\$ 157,50	Casas da Água
Joelho 60o circular - Linha Aquapluv (D 88mm)	12	un.	R\$ 10,30	R\$ 123,60	Casas da Água
Joelho de transição circular - Linha Aquapluv (D 88x100mm)	8	un.	R\$ 13,30	R\$ 106,40	Casa do Cano
Suporte calha - Linha Aquapluv (D 125mm)	20	un.	R\$ 4,50	R\$ 90,00	Casas da Água
Vedação de borracha - Linha Aquapluv (D 88mm)	72	un.	R\$ 0,80	R\$ 57,60	Casas da Água
Joelho 45, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	2	un.	R\$ 5,50	R\$ 11,00	Casa do Cano
Luva simples, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	2	un.	R\$ 4,13	R\$ 8,26	SINAPI
Tube PVC rígido - Esgoto Predial (D 100mm)	63,56	m	R\$ 8,01	R\$ 509,13	SINAPI
Tijolo cerâmico maciço 5 x 10 x 20cm (p/caixa de inspeção)	960	un.	R\$ 0,32	R\$ 307,20	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (p/caixa de inspeção)	75	kg	R\$ 0,53	R\$ 39,75	SINAPI
Areia Fina (p/ caixa de inspeção)	0,3	m³	R\$ 70,00	R\$ 21,00	SINAPI
TOTAL				R\$ 3.261,67	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 18 - Quantitativo do sistema de tratamento de água de chuva

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Filtro AC-250 Auxtrat	2	un.	R\$ 1.332,50	R\$ 2.665,00	Fabricante
Filtro de polimento Auxtrat	1	un.	R\$ 758,30	R\$ 758,30	Fabricante
Reservatório polietileno 2000 L	2	un.	R\$ 682,11	R\$ 1.364,22	SINAPI
Reservatório polietileno 500 L	1	un.	R\$ 171,67	R\$ 171,67	SINAPI
Joelho 45, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	5	un.	R\$ 5,50	R\$ 27,50	Casa do Cano
Junção simples, PVC - Esgoto Predial (D 100x100mm)	1	un.	R\$ 16,95	R\$ 16,95	SINAPI
Luva simples, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	6	un.	R\$ 4,13	R\$ 24,78	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 100mm)	9,36	m	R\$ 8,01	R\$ 74,97	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 150mm)	15,86	m	R\$ 19,00	R\$ 301,34	SINAPI
Tê 90 graus, PVC - Esgoto Predial (D 100x100mm)	1	un.	R\$ 12,22	R\$ 12,22	SINAPI
Adaptador soldável com anel para caixa d'água (D 60mm)	5	un.	R\$ 32,20	R\$ 161,00	Casas da Água
Joelho 45 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 60mm)	2	un.	R\$ 19,41	R\$ 38,82	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 60mm)	3	un.	R\$ 20,12	R\$ 60,36	SINAPI
Registro Esfera VS Soldável - Água Fria Predial (D 60mm)	1	un.	R\$ 36,38	R\$ 36,38	SINAPI
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (D 60mm)	9,70	m	R\$ 17,74	R\$ 171,99	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 60mm)	2	un.	R\$ 21,79	R\$ 43,58	SINAPI
Flange livre sem furos (D 110mm)	8	un.	R\$ 97,21	R\$ 777,68	Tigre
Anel de borracha - Esgoto Predial (D 75mm)	8	un.	R\$ 1,80	R\$ 14,40	Casa do Cano
Tijolo cerâmico maciço 5 x 10 x 20cm (p/ caixa de inspeção)	256	un.	R\$ 0,32	R\$ 81,92	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (p/ caixa de inspeção)	15	kg	R\$ 0,53	R\$ 7,95	SINAPI
Areia Fina (p/ caixa de inspeção)	0,06	m³	R\$ 70,00	R\$ 4,20	SINAPI
Clorador Flutuador	1	un.	R\$ 48,00	R\$ 48,00	Steinfiber
TOTAL				R\$ 6.863,23	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 19 - Quantitativo do sistema de recalque de água de chuva

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 20mm x 1/2")	6	un.	R\$ 0,50	R\$ 3,00	SINAPI
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 25mm x 3/4")	5	un.	R\$ 0,57	R\$ 2,85	SINAPI
Adaptador soldável para caixa d'água com registro (D 20mm)	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Leroy Merlin
Adaptador soldável com anel para caixa d'água (D 25mm)	1	un.	R\$ 25,80	R\$ 25,80	Casas da Água
Bucha de redução soldável curta (D 25mm x 20mm)	1	un.	R\$ 0,30	R\$ 0,30	SINAPI
Joelho 45 soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 20mm)	2	un.	R\$ 0,64	R\$ 1,28	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 20mm)	15	un.	R\$ 0,42	R\$ 6,30	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 25mm)	1	un.	R\$ 0,62	R\$ 0,62	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (DN 1/2")	2	un.	R\$ 19,44	R\$ 38,88	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (DN 3/4")	2	un.	R\$ 20,51	R\$ 41,02	SINAPI
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 20mm)	22,63	m	R\$ 2,21	R\$ 50,01	SINAPI
Tubo soldável,PVC - Água Fria Predial(DN 25mm)	0,41	m	R\$ 2,94	R\$ 1,21	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 20mm)	1	un.	R\$ 0,76	R\$ 0,76	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 25mm)	1	un.	R\$ 1,05	R\$ 1,05	SINAPI
União soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 20mm)	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
União soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 25mm)	2	un.	R\$ 5,61	R\$ 11,22	SINAPI
Válvula de retenção vertical (DN 1/2")	1	un.	R\$ 27,60	R\$ 27,60	SINAPI
Bomba de recalque (BCR-2000 - Schneider 1/4 CV)	2	un.	R\$ 396,00	R\$ 792,00	Casa do Cano
Chave Boia	3	un.	R\$ 33,95	R\$ 101,85	SINAPI
TOTAL				R\$ 1.145,25	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 20 - Quantitativo do sistema de distribuição de água de chuva

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Adaptador soldável com anel para caixa d'água (D 25mm)	2	un.	R\$ 9,00	R\$ 18,00	Casas da Água
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 25mm x 3/4")	14	un.	R\$ 0,57	R\$ 7,98	SINAPI
Adaptador soldável para caixa d'água com registro (D 25mm)	1	un.	R\$ 25,80	R\$ 25,80	Casas da Água
Adaptador soldável para caixa d'água com registro (D 40mm)	1	un.	R\$ 65,90	R\$ 65,90	Casas da Água
Bucha de redução soldável curta (D 32mm x 25mm)	3	un.	R\$ 0,59	R\$ 1,77	SINAPI
Bucha de redução soldável curta (D 40mm x 32mm)	1	un.	R\$ 1,25	R\$ 1,25	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	29	un.	R\$ 0,62	R\$ 17,98	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 40mm)	2	un.	R\$ 3,96	R\$ 7,92	SINAPI
Joelho 90 soldável com bucha de latão - Água Fria Predial (D 25mm x 1/2")	8	un.	R\$ 4,79	R\$ 38,32	SINAPI
Joelho 45 soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 25mm)	1	un.	R\$ 1,11	R\$ 1,11	SINAPI
Luva soldável e com bucha de latão - Água Fria Predial (D 25mm x 1/2")	2	un.	R\$ 3,58	R\$ 7,16	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (D 3/4")	6	un.	R\$ 20,51	R\$ 123,06	SINAPI
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	69,50	m	R\$ 2,94	R\$ 204,34	SINAPI
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (D 32mm)	12,94	m	R\$ 6,29	R\$ 81,37	SINAPI
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (D40mm)	4,79	m	R\$ 9,18	R\$ 43,97	SINAPI
Tê de redução soldável, PVC - Água Fria Predial (D 40mm x 32mm)	1	un.	R\$ 6,30	R\$ 6,30	Casas da Água
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	8	un.	R\$ 1,05	R\$ 8,40	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 32mm)	1	un.	R\$ 2,60	R\$ 2,60	SINAPI
Reservatório polietileno 750 L	1	un.	R\$ 294,39	R\$ 294,39	SINAPI
Válvula solenóide	1	un.	R\$ 60,00	R\$ 160,00	Duplação
TOTAL				R\$ 1.117,62	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 21 - Quantitativo de serviços para sistema de reúso de água cinza

Descrição	Quant.	Unid.	Valor unit.	Valor	Fonte
Mão de obra encanador	60	h	R\$ 15,52	R\$ 931,20	SINAPI
Servente	60	h	R\$ 10,70	R\$ 642,00	SINAPI
Serviço de retroescavadeira	2	h	R\$ 99,58	R\$ 199,16	SINAPI

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 22 - Quantitativo do sistema de coleta de água cinza

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Caixa sifonada com porta grelha (D 100mm x 50mm)	2	un.	R\$ 8,93	R\$ 17,86	SINAPI
Joelho 45 graus, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	2	un.	R\$ 5,50	R\$ 11,00	Casa do Cano
Joelho 45 graus, PVC - Esgoto Predial (D 50mm)	6	un.	R\$ 2,94	R\$ 17,64	Casa do Cano
Joelho 90, graus, PVC - Esgoto Predial (D 50mm)	6	un.	R\$ 1,60	R\$ 9,60	Casa do Cano
Luva simples, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	2	un.	R\$ 4,13	R\$ 8,26	SINAPI
Luva simples, PVC - Esgoto Predial (D 50mm)	10	un.	R\$ 1,91	R\$ 19,10	SINAPI
Ralo sifonado cônico com porta grelha (D 100mm x 40mm)	1	un.	R\$ 4,18	R\$ 4,18	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 100mm)	9,29	m	R\$ 8,01	R\$ 74,41	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 40mm)	0,38	m	R\$ 3,03	R\$ 1,15	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 50mm)	13,8	m	R\$ 5,21	R\$ 71,90	SINAPI
Tijolo cerâmico maciço 5 x 10 x 20cm (p/ caixa de inspeção)	192	un.	R\$ 0,32	R\$ 61,44	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (p/ caixa de inspeção)	15	kg	R\$ 0,53	R\$ 7,95	SINAPI
Areia Fina (p/ caixa de inspeção)	0,06	m³	R\$ 70,00	R\$ 4,20	SINAPI

TOTAL

R\$ 308,69

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 23 - Quantitativo do sistema de tratamento de água cinza

Reservatório polietileno 750 L	1	un.	R\$ 294,39	R\$ 294,39	SINAPI
Anel de concreto armado (D 2m) H 0,5m	3	un.	R\$ 237,99	R\$ 713,97	SINAPI
Muda de papiros	32	un.	R\$ 16,00	R\$ 512,00	Junkes Garden Center
Areia grossa (p/ filtro plantado com macrófita)	5,15	m ³	R\$ 63,00	R\$ 324,14	SINAPI
Pedra Britada núm. 1 (p/ filtro plantado com macrófita)	1,03	m ³	R\$ 73,42	R\$ 75,55	SINAPI
Luva Simples, PVC - Esgoto Predial (D 100mm)	5	un.	R\$ 4,13	R\$ 20,65	SINAPI
Tubo PVC rígido - Esgoto Predial (D 100mm)	24,62	m	R\$ 8,01	R\$ 197,21	SINAPI
Tê 90, PVC - Esgoto Predial (D 100mm x 100mm)	4	un.	R\$ 12,22	R\$ 48,88	SINAPI
Adaptador soldável com anel para caixa d'água (D 60mm)	1	un.	R\$ 32,20	R\$ 32,20	Casas da Água
Tubo soldável, PVC - Água Fria Predial (D 60mm)	0,50	m	R\$ 17,74	R\$ 8,87	SINAPI
Lona plástica preta (rolo com largura de 4m)	9	m	R\$ 4,60	R\$ 41,40	Casa do Cano
Manta Bidim Geotêxtil	50,84	m ²	R\$ 5,60	R\$ 284,70	SINAPI
Clorador flutuador	1	un.	R\$ 48,00	R\$ 48,00	Loja Steinfiber
Tijolo cerâmico maciço 5 x 10 x 20cm (p/ caixa de inspeção)	192	un.	R\$ 0,32	R\$ 61,44	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (p/ caixa de inspeção)	15	kg	R\$ 0,53	R\$ 7,95	SINAPI
Areia Fina (p/ caixa de inspeção)	0,06	m ³	R\$ 70,00	R\$ 4,20	SINAPI
Flange livre sem furos (D 110mm)	4	un.	R\$ 97,21	R\$ 388,84	Tigre
Anel de borracha para vedação (D 75mm)	4	un.	R\$ 1,80	R\$ 7,20	Casa do Cano
TOTAL				R\$ 3.071,58	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 24 - Quantitativo do sistema de recalque de água cinza

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Adaptador soldável para caixa de água com registro (D 20mm)	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	LEROY
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 20mmx1/2")	6	un.	R\$ 0,50	R\$ 3,00	SINAPI
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 25mmx3/4")	5	un.	R\$ 0,57	R\$ 2,85	SINAPI
Adaptador com anel para caixa d'água (D 25mm)	1	un.	R\$ 9,00	R\$ 9,00	Casas da Água
Bomba de recalque (BCR - 2000 - Schneider 1/4CV)	2	un.	R\$ 396,00	R\$ 792,00	Casa do Cano
Bucha de redução soldável curta (D 25mm x 20mm)	1	un.	R\$ 0,30	R\$ 0,30	SINAPI
Joelho 45 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 20mm)	2	un.	R\$ 0,64	R\$ 1,28	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 20mm)	14	un.	R\$ 0,42	R\$ 5,88	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	1	un.	R\$ 0,62	R\$ 0,62	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (D 1/2")	2	un.	R\$ 19,44	R\$ 38,88	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (D 3/4")	2	un.	R\$ 20,51	R\$ 41,02	SINAPI
Tubo PVC soldável - Água Fria Predial (D 20mm)	21,82	m	R\$ 2,21	R\$ 48,22	SINAPI
Tubo PVC soldável - Água Fria Predial (D 25mm)	0,41	m	R\$ 2,94	R\$ 1,21	SINAPI
União soldável, PVC - Água Fria Predial (D 20mm)	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
União soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	2	un.	R\$ 5,61	R\$ 11,22	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 20mm)	1	un.	R\$ 0,76	R\$ 0,76	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	1	un.	R\$ 1,05	R\$ 1,05	SINAPI
Válvula de retenção vertical (D 1/2")	1	un.	R\$ 27,60	R\$ 27,60	SINAPI
Chave Boia	3	un.	R\$ 33,95	R\$ 101,85	SINAPI
TOTAL				R\$ 1.126,24	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 25 - Quantitativo do sistema de distribuição de água cinza

Material	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Valor	Fonte
Adaptador soldável com anel para caixa d'água (D 25mm)	2	un.	R\$ 9,00	R\$ 18,00	Casas da Água
Adaptador soldável curto com bolsa e rosca (D 25mm x 3/4")	12	un.	R\$ 0,57	R\$ 6,84	SINAPI
Adaptador soldável para caixa d'água com registro (D 25mm)	1	un.	R\$ 25,80	R\$ 25,80	Casas da Água
Adaptador soldável para caixa d'água com registro (D 40mm)	1	un.	R\$ 57,50	R\$ 57,50	Casas da Água
Bucha de redução soldável curta (D 32mm x 25mm)	3	un.	R\$ 0,59	R\$ 1,77	SINAPI
Bucha de redução soldável curta (D 40mm x 32mm)	1	un.	R\$ 1,25	R\$ 1,25	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	28	un.	R\$ 0,62	R\$ 17,36	SINAPI
Joelho 90 soldável, PVC - Água Fria Predial (D 40mm)	2	un.	R\$ 3,96	R\$ 7,92	SINAPI
Joelho 90 soldável com bucha de latão - Água Fria Predial (D 25mm)	7	un.	R\$ 4,79	R\$ 33,53	SINAPI
Joelho 45 soldável, PVC - Água Fria Predial (DN 25mm)	1	un.	R\$ 1,11	R\$ 1,11	SINAPI
Luva soldável e com bucha de latão - Água Fria Predial (D 25mm x 3/4")	2	un.	R\$ 3,58	R\$ 7,16	SINAPI
Registro de gaveta - Água Fria Predial (D 3/4")	5	un.	R\$ 50,04	R\$ 250,20	SINAPI
Tubo PVC soldável - Água Fria Predial (D 25mm)	63,86	m	R\$ 2,94	R\$ 187,75	SINAPI
Tubo PVC soldável - Água Fria Predial (D 32mm)	12,94	m	R\$ 6,29	R\$ 81,39	SINAPI
Tubo PVC soldável - Água Fria Predial (D 40mm)	4,79	m	R\$ 9,18	R\$ 43,97	SINAPI
Tê de redução soldável, PVC - Água Fria Predial (D 40mm x 32mm)	1	un.	R\$ 6,30	R\$ 6,30	Casas da Água
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 25mm)	7	un.	R\$ 1,05	R\$ 7,35	SINAPI
Tê soldável, PVC - Água Fria Predial (D 32mm)	1	un.	R\$ 2,60	R\$ 2,60	SINAPI
Reservatório polietileno 750 L	1	un.	R\$ 294,39	R\$ 294,39	SINAPI
Válvula solenóide	1	un.	R\$ 160,00	R\$ 160,00	Duplação
TOTAL				R\$ 1.212,19	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 26 - Custos de operação e manutenção com sistemas de fontes alternativas

Descrição	Valor	Periodicidade	Fonte
Refil filtro	R\$ 60,00	2 anos	Fabricante
Pastilha de cloro	R\$ 6,00	2 meses	Loja Steinfiber
Manutenção da motobomba	R\$ 39,60	2 anos	Consulta ao mercado
Limpeza do tanque séptico	R\$ 340,00	5 anos	Desentupidora Floripa
Manutenção do <i>wetland</i>	R\$ 656,48	5 anos	Consulta ao mercado

Fonte: desenvolvido pelo autor

4.4.2 Consumo de energia

Os valores aferidos para a determinação do consumo energético da motobomba são apresentados na Tabela 27. Como as motobombas selecionadas para ambos os projetos são idênticas, o gasto energético também é equivalente.

No cálculo do consumo energético foram considerados os seguintes tributos sobre o valor da energia: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Programa de Integração Social (PIS) e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP). Com exceção do ICMS, os demais impostos variam mensalmente. Por isso, foram utilizadas alíquotas de COFINS e PIS/PASEP referentes ao mês de novembro de 2016, divulgadas pela Celesc (2016), correspondente a 5,66% e 1,23%, respectivamente. O ICMS cobrado sobre a energia pela Celesc, varia de acordo com o consumo. Para consumos até 150 kWh a alíquota deste tributo é de 12%, já para consumos acima de 150 kWh o imposto é de 25%.

Tabela 27 - Custo de energia com motobomba para recalque

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência da motobomba	1/4	CV
	0,185	KW
Tempo de funcionamento da motobomba	1	h/d
Valor cobrado pela concessionária	0,43142	R\$/KWh
Tributos (ICMS, PIS/PASEP/COFINS)	18,89	%
Consumo de energia	2,85	R\$/mês

Fonte: desenvolvido pelo autor

4.4.3 Economia de água e esgoto

Na residência em estudo, o consumo de água potável, sem considerar a utilização de fonte alternativa, é de 28,95 m³/mês (Tabela 10). Com a utilização de água de chuva, segundo as informações obtidas com o programa Netuno (Figura 14), é possível economizar 31,13% de água potável. Enquanto que, com a introdução do sistema de reúso de água cinza a demanda de água do abastecimento público pode ser reduzida em 7,38 m³/mês (Tabela 12).

A partir desses valores calcula-se o custo desembolsado com a conta de água para os três cenários: sem a utilização de sistemas de fontes alternativas (Tabela 28), com a utilização de água da chuva (Tabela 29) e com água cinza (Tabela 30). Compara-se os valores calculados e a diferença entre os custos equivale a economia de capital na conta de água e esgoto.

Tabela 28 - Custo da conta de água e esgoto sem sistema de fontes alternativas

Parâmetro	Valor	Unidade
Volume de água consumido	28,95	m ³ /mes
Custo do consumo de água potável	189,48	R\$/mês
Custo do esgoto gerado	189,48	R\$/mês
Custo total (água + esgoto)	378,97	R\$/mês

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 29 - Custo da conta de água e esgoto com aproveitamento pluvial

Parâmetro	Valor	Unidade
Volume de água consumido	19,94	m ³ /mes
Custo do consumo de água potável	112,20	R\$/mês
Custo do esgoto gerado	112,20	R\$/mês
Custo total (água + esgoto)	224,40	R\$/mês

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 30 - Custo da conta de água e esgoto com reúso de água cinza

Parâmetro	Valor	Unidade
Volume de água consumido	21,57	m ³ /mes
Custo do consumo de água potável	124,1	R\$/mês
Custo do esgoto gerado	124,1	R\$/mês
Custo total (água + esgoto)	248,19	R\$/mês

Fonte: desenvolvido pelo autor

Observa-se que a implantação do sistema de água de chuva é capaz de gerar uma economia de R\$ 154,57 por mês, enquanto que com o reúso de água cinza, pode-se reduzir os gastos em R\$ 130,78 por mês.

4.5 ANÁLISE ECONÔMICA

A alíquota da taxa mínima de atratividade foi igualada ao rendimento da caderneta de poupança, valor equivalente a 0,64% ao mês (ou 7,96% ao ano) (INFOMONEY, 2016). Tal escolha foi definida em razão dessa aplicação financeira ser uma das mais tradicionais do mercado.

Para a realização da análise econômica pelo método do Valor Presente Líquido é necessário definir um período de análise, para o qual se deseja saber se o investimento será ou não viável neste intervalo de tempo. É usual a utilização da vida útil do sistema como período de análise. Assim, adotou-se neste trabalho o intervalo de 20 anos.

Os valores estimados para a análise econômica do projeto de aproveitamento pluvial e reúso de água cinza são expostos na Tabela 31 e Tabela 32, respectivamente. No projeto de aproveitamento pluvial, as despesas com energia, manutenção e operação até o quarto ano são de R\$ 89,96 por ano. A partir desse período tem-se a adição do custo com o cartucho do filtro de polimento, assim as despesas passam para R\$ 119,96 por ano. O fluxo de caixa líquido anual do sistema, que corresponde a soma das despesas e economias, é de R\$ 1.764,86 para os quatro primeiros anos e R\$ 1.734,86 para os anos seguintes. Para o projeto de reúso, as despesas são totalizadas em R\$ 289,26 por ano, e o fluxo de caixa para o mesmo período é de R\$ 1.280,10.

Tabela 31 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de aproveitamento de água de chuva

Parâmetro	Valor
Investimento Inicial	R\$ 14.684,53
Despesa anual com energia	R\$ 34,16
Despesa a cada 2 anos com filtro de polimento	R\$ 60,00
Despesa anual com cloração	R\$ 36,00
Despesa a cada 2 anos com motobomba	R\$ 39,60
Economia anual com economia de água	R\$ 1.854,82
Taxa mínima de atratividade (ao ano)	7,96%
<i>Payback</i> descontado	14,45 anos
Valor Presente Líquido (p/ 20 anos)	R\$ 2.498,88

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 32 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de reúso de água de cinza

Parâmetro	Valor
Investimento Inicial	R\$ 7.491,07
Despesa anual com energia	R\$ 34,16
Despesa a cada 5 anos com limpeza do tanque séptico	R\$ 340,00
Despesa a cada 5 anos com manutenção do <i>wetland</i>	R\$ 656,48
Despesa anual com cloração	R\$ 36,00
Despesa a cada 2 anos com motobomba	R\$ 39,60
Economia anual com economia de água	R\$ 1.569,36
Taxa mínima de atratividade (ao ano)	7,96%
<i>Payback</i> descontado	8,18 anos
Valor Presente Líquido (p/ 20 anos)	R\$ 5.114,67

Fonte: desenvolvido pelo autor

Conforme os resultados obtidos com a análise econômica, a implantação do reúso de água cinza apresentou, para este projeto, maior atratividade financeira do que o aproveitamento de água da chuva. Apesar disso, tomando o período de análise de 20 anos, pelo método do Valor Presente Líquido, ambos os investimentos são considerados viáveis, uma vez que resultaram em valores positivos. Ou seja, esse valor positivo de VPL indica que o retorno econômico gerado pela implantação do projeto

é capaz de cobrir os investimentos iniciais de implantação, dar o retorno mínimo exigido pelo investidor (igualado neste projeto ao rendimento da poupança) e ainda proporciona um ganho líquido.

No caso do reúso de água cinza é necessário 8,18 anos para que o investimento se recupere e o valor do VPL indica que, em 20 anos, a receita anual gerada (considerando as despesas com manutenção, operação e energia, e os lucros com a conta de água) é capaz de quitar os gastos do investimento, dar o retorno mínimo exigido pelo investidor (através da TMA) e ainda proporcionar um ganho líquido de R\$ 5.114,67. O mesmo observa-se para o aproveitamento de água da chuva, em que o investimento leva 14,45 anos para ser recuperado, e após esse período gera lucros. Esses lucros em 20 anos, somam R\$ 2.498,88.

Ressalta-se que em ambos os projetos, foram considerados os custos completos de implantação, ou seja, desde a captação da fonte alternativa até a distribuição para os pontos de uso. Porém, em uma residência, mesmo sem o aproveitamento da água pluvial, os insumos para a captação fazem parte do projeto. Nesse contexto, a partir da eliminação dos custos de captação de água pluvial e da redução tempo de trabalho para 1 semana e meia, tem-se como resultado um valor de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva de R\$ 11.422,86.

Com as mesmas despesas, lucros e taxa mínima de atratividade, o tempo de retorno do investimento passa de 14,45 para 9,58 anos e o VPL tem um aumento de R\$ 2.498,88 para R\$ 5.760,55. Esses valores mostram que, pelo método do *payback*, o reúso de água é mais vantajoso financeiramente. No entanto, se a análise for feita pelo VPL, a maior lucratividade é alcançada com o aproveitamento de água da chuva. Tal fato demonstra uma das falhas do método do *payback*, citado na metodologia: a não consideração do fluxo de caixa posterior ao período de recuperação. Em outras palavras, o processo iterativo de cálculo do Período de Retorno do Investimento é finalizado quando as receitas geradas pelo sistema são igualadas ao investimento inicial. O período posterior à quitação do sistema, a partir do qual o rendimento será sempre positivo, não é levado em consideração. Essa falha não ocorre com o VPL, e por isso é considerado o melhor método para avaliar projetos.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs avaliar e comparar a viabilidade econômica obtida com a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva e um sistema de reúso de água cinza a nível residencial. A residência utilizada como área de estudo situa-se hipoteticamente em Florianópolis, e possui 5 habitantes, com um consumo per capita de 193 L/hab.dia. Considerando a implantação isolada dos sistemas - onde no aproveitamento pluvial a água da chuva é utilizada para descargas de bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e usos externos, e no projeto de reúso de água cinza, a água residuária de chuveiros e máquina de lavar é reutilizada em descargas de bacias e usos externo, é possível concluir:

- i. As porcentagens de consumo determinadas por estudos embasados na literatura, muito utilizadas nos cálculos de consumos específicos, não consideram o consumo máximo diário que pode haver, caso ocorram usos simultâneos de atividades com consumo periódico, como a lavagem de carros, jardins e pisos. Por isso, o modelo de frequência e volume é o mais adequado para determinar o consumo residencial;
- ii. A determinação do volume do reservatório de armazenamento de água da chuva pelos métodos de Simulação e Rippl, previstos na NBR 15527/07 (ABNT, 2007), com a utilização de dados mensais de precipitação não foi suficiente para avaliar o volume armazenado necessário para suprir a demanda, uma vez que considera apenas o volume total precipitado no mês, ignorando os longos episódios de estiagem que podem ocorrer durante o período. Em comparação, o programa Netuno apresentou-se como uma boa opção, pois além de utilizar os valores diários precipitáveis, também permitiu determinar um volume ideal, a partir da comparação da variação do volume do reservatório com a porcentagem de aproveitamento pluvial, e ainda informou as porcentagens de atendimento de água pluvial;
- iii. Pela análise das receitas dos sistemas, considerando os custos desde a coleta até a distribuição, o projeto de reúso de água cinza apresentou maior benefício financeiro, com um tempo de retorno do investimento mais curto, de 8,18 anos, e um VPL maior, de R\$ 5.114,67, representando um maior retorno financeiro no período analisado (20 anos). Apesar do projeto de

aproveitamento pluvial apresentar um tempo maior para se pagar (*payback* de 14,45 anos), o VPL calculado, que corresponde a R\$ 2.498,88, indica que a implantação desse sistema também é viável e gera lucros ao investidor durante a vida útil do sistema;

- iv. Considerando apenas os sistemas adicionais à um projeto hidráulico convencional para uma residência, isto é, eliminando os custos da captação pluvial (calhas e condutores verticais e horizontais) do sistema de aproveitamento de água de chuva, é possível reduzir o tempo de retorno do investimento de 14,45 para 9,58 anos, e aumentar o VPL de R\$ 2.498,88 para R\$ 5.760,55. Com esses valores, observa-se que pelo método do *payback* descontado, opta-se pelo reúso de água cinza. Porém, pelo VPL a escolha se dá pelo aproveitamento de água de chuva, isso porque, de maneira adversa ao VPL, o *payback* não considera os fluxos de caixa posterior ao período de retorno do investimento.

Por fim, conclui-se que, nas alternativas propostas ambos os sistemas demonstraram-se viáveis economicamente. Apesar deste fator ainda ser um elemento decisivo para a implantação dos sistemas, não se deve deixar de considerar as vantagens geradas ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

_____. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

_____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

_____. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

_____. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999. 74 p.

ABREU, P. F. S. P.; STEPHAN, C. **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 280 p.

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

ANA, Agência Nacional de Águas. FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152p.

AUXTRAT. **Equipamentos para aproveitamento de água da chuva**. Disponível em: < <http://www.auxtrat.com.br/agua-da-chuva/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BALIAN, J. E. A.; BROM L. G. **Análise de investimentos e capital de giro**: conceitos e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2007. 132 p.

BARRY, P. L.; PHILLIP, T. **Water on the Space Station**. 2002. Disponível em: <<http://spaceflight.nasa.gov/living/factsheets/water.html>>. Acesso em: 10 de mai 2016.

BAZ, I. A.; OTTERPOHL, R.; WENDLAND, C. **Efficient Management of Wastewater: Its Treatment and Reuse in Water Scarce Countries**. Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 165 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 02 maio 2016.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Tarifa residencial**. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/residencial#200>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

_____. **Manual de Serviços de Instalação Predial de Água e Esgotos Sanitários**. Manual do Empreendedor: Módulo 1 – Loteamentos. CASAN, 2014. 73 p. Disponível em: <http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/Manual%20de%20Servi%C3%A7os%20de%20Instala%C3%A7%C3%A3o%20Predial%20de%20C3%81gua%20e%20Esgotos%20Sanit%C3%A1rios.pdf>. Acesso em: 09 maio 2016.

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina. **Tarifas de energia**. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI R. P. P.; SPERLING, V. M.; MOTEGGIA, L. O. Tratamento de Esgotos e Produção de Efluentes Adequados a Diversas Modalidades de Reúso da Água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Cap. 3, p. 63-110. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MCFARLANE S. **An investigation into greywater reuse for urban residential properties**. Elsevier, Desalination, 1996. v. 106, p. 391-397.

- CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução no 54**, de 28 de novembro de 2005 – Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_agua.pdf>. Acesso em: 10 mai 2016.
- FANE, S.; REARDON, C. **Wastewater reuse**. 2013. Australia's guide to environmentally sustainable homes. Disponível em: <<http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>>. Acesso em: 8 set. 2016.
- FORESTI, E.; FLORÊNCIO L.; HAANDEL, A. V.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. (1999). Fundamentos do Tratamento Anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de Esgoto Sanitário por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES. Cap. 2, p. 29-52, 1999. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2016.
- GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 11 de maio 2016.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2006. 352 p.
- GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Makoto Murase (Org.). Tradução: Massato Kobiyama; Cláudio Tsuyoshi Ushiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo Amamizu Riyo. Curitiba: Organic Trading Editora, 2002, 196p. ISBN 8587755021.
- HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações** – Experiências nacionais e internacionais. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.poc.ufrj.br/teses/mestrado/rh/2007/Teses/HAFNER_AV_07_t_M_rhs.pdf>. Acesso em: 27 maio 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- INFOMONEY. Disponível em: <<http://www.infomoney.com.br/>>. Acesso em: 15 de nov. 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 de jun. 2016.

IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica. **Uso de água de chuva**. 2015. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticia/892-uso_de_agua_de_chuva.htm>. Acesso em: 4 set. 2016.

JAFFE, J. F.; ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. **Administração financeira**. Tradução: Antônio Zoratto Sanvicente. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 776 p.

JEFFERSON, B; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. **Technologies for domestic wastewater recycling**. Elsevier, Urban Water, 1999, 285-292p. Disponível em: <<http://chs.ubc.ca/archives/files/pdf/Technologies%20for%20domestic%20waste%20water%20recycling.pdf>>. Acesso em: 10 de mai. 2016.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Programa Netuno**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/netuno>>. Acesso em: 15 set. 2016.

LIMA, J. G. **O paradoxo da água**. Revista Veja Especial. São Paulo: Editora Abril, 2005. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/conteudo_222328.shtml?func=2>. Acesso em: 12 set. 2016.

MAGRI, M. E.; LEMOS, E.; KLAUS, G.; FRANCISCO, J. G. Z.; PHILLIPPI, L. S. **Desempenho de um sistema tipo tanque séptico seguido de filtro plantado com macrófitas no tratamento de águas cinzas**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 2009.

MANO, R. S; SCHMITT, C. M. **Captação residencial de água pluvial, para fins não potáveis, em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade técnica e dos benefícios do sistema**. In: claCS/ENTAC 2004. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo: UFRGS, 2004. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1134d.pdf>. Acesso em: 12 set. 2016.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. D. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. ISBN 8570254350

MIELI, J. C. A. **Reúso de água domiciliar**. 143p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin**. Elsevier, Urban Water. v.1, n. 4, p. 275-284, 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222561582_Grey_Water_Reuse_Systems_for_Toilet_Flushing_in_Multi-Storey_Buildings_-_over_Ten_Years_Experience_in_Berlin>. Acesso em: 9 de maio 2016.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88951/232845.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 9 de maio 2016.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de sistemas tipo Wetlands no tratamento de águas residuárias**: utilização de filtros plantados com macrófitas. 1. ed. Florianópolis: Ed. do Autor, 2004. 144 p.

PIRES, J. D. T. S. **Reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva como fontes alternativas em propriedades rurais**. 2012. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 210 p.

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

SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. **Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais** - critérios para dimensionamento. In: 22 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – 2014**. Brasília: Ministérios das Cidades, 2016.

SOLÍS, E. T. **Água: não ao desperdício, não à escassez**. CWWA – Associação Caribenha de Água e Águas Residuais; AIDIS – Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental; CEPAL – Comissão Econômica para América Latina e Caribe; OEA – Organização dos Estados Americanos; OPAS/OMS – Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde; PNUMA/ORPALC – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Escritório Regional para a América Latina e Caribe. Lima: OPAS/CEPIS, 2002.

TIGRE. Disponível em: < <http://www.tigre.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

_____. **Conservação da água**. 1 ed. São Paulo: Parma, 1998.

_____. **Economia de água para empresas e residências**: um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

_____. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Genebra: Technical report series n. 517, 1973.

WWAP – World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO: 2015. Disponível em: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

APÊNDICE A – Dimensionamento de calhas e condutores verticais

Trecho da calha	Área de contribuição do telhado (m ²)		Vazão de contribuição nas calhas (L/min)	Condutor vertical	Vazão de contribuição nos condutores verticais (L/min)
1-2	A1	9,61	19,22	AP1	32,65
3-2	1/2 A2	6,72	13,43		
3-4	1/2 A2	6,72	13,43	AP2	39,61
6-5 e 5-4	A3 + A4	13,09	26,18		
19-7 e 7-8	1/4 A6 + 1/2 A5	20,05	40,09	AP3	81,40
9-8	3/8 A6	20,66	41,31		
9-10	3/8 A6	20,66	41,31	AP4	66,41
11-10	A7	12,55	25,10		
12-11	2/3 A8	32,00	64,00	AP5	64,00
13-14	A9	20,86	41,71	AP6	41,71
15-16	A10	20,86	41,71	AP7	41,71
19-18 e 18-17	1/3 A8 + 1/2 A5	22,28	44,55	AP8	44,55
TOTAL		206,02	412,04		412,04

APÊNDICE B – Dimensionamento dos condutores horizontais

Trecho	Vazão (L/min)	Comprimento (cm)	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Diâmetro adotado (mm)	Inclinação (%)	Cota GI montante (m)	Cota GI jusante (m)
AP5- CP5	64,00	93,00	0,93	75	100	0,5	-0,30	-0,30
CP5 - CP6	64,00	443,85	4,44	75	100	0,5	-0,33	-0,36
AP4 - CP6	66,41	98,00	0,98	75	100	0,5	-0,30	-0,30
CP6- CP7	130,41	704,80	7,05	100	100	0,5	-0,39	-0,42
CP7 - CP8	130,41	1630,00	16,30	100	100	0,5	-0,45	-0,53
CP8 - Filtro	130,41	96,72	0,97	100	100	0,5	-0,56	-0,57
AP7 - C1	41,71	40,00	0,40	75	100	0,5	-0,30	-0,30
AP6 - C1	41,71	782,83	7,83	75	100	0,5	-0,30	-0,34
C1 - C2	83,42	326,00	3,26	75	100	0,5	-0,37	-0,39
AP8 - CP2	44,55	133,10	1,33	75	100	0,5	-0,30	-0,31
CP2 - CP3	127,97	744,86	7,45	100	100	0,5	-0,42	-0,45
AP2 - CP3	39,61	92,08	0,92	75	100	0,5	-0,30	-0,30
CP3 - CP4	167,58	588,13	5,88	100	100	0,5	-0,48	-0,51
AP3 - CP4	81,40	946,30	9,46	75	100	0,5	-0,30	-0,35
AP1 - CP4	32,65	58,50	0,59	75	100	0,5	-0,30	-0,30
CP4 - Filtro	281,63	144,3	1,443	100	100	1	-0,54	-0,56

APÊNDICE C – Dimensionamento de reservatório de água pluvial pelo Método de Rippl

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m³)	Diferença Acumulada dos Valores Positivos (m³)
Jan.	223,29	10,38	203,93	36,43	-26,05	-
Fev.	184,36	10,38	203,93	30,08	-19,70	-
Mar.	185,30	10,38	203,93	30,23	-19,85	-
Abr.	134,96	10,38	203,93	22,02	-11,64	-
Mai	135,77	10,38	203,93	22,15	-11,77	-
Jun.	82,34	10,38	203,93	13,43	-3,05	-
Jul.	102,08	10,38	203,93	16,65	-6,27	-
Ago.	102,98	10,38	203,93	16,80	-6,42	-
Set.	169,85	10,38	203,93	27,71	-17,33	-
Out.	148,18	10,38	203,93	24,17	-13,79	-
Nov.	161,13	10,38	203,93	26,29	-15,91	-
Dez.	168,62	10,38	203,93	27,51	-17,13	-

APÊNDICE D – Dimensionamento de reservatório de água pluvial pelo Método da Simulação

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m³)	Volume do reservatório no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água potável (m³)
Jan.	223,29	10,38	203,93	36,43	0,05	0	0,05	26,00	0
Fev.	184,36	10,38	203,93	30,08	0,05	0,05	0,05	19,70	0
Mar.	185,30	10,38	203,93	30,23	0,05	0,05	0,05	19,85	0
Abr.	134,96	10,38	203,93	22,02	0,05	0,05	0,05	11,64	0
Mai.	135,77	10,38	203,93	22,15	0,05	0,05	0,05	11,77	0
Jun.	82,34	10,38	203,93	13,43	0,05	0,05	0,05	3,05	0
Jul.	102,08	10,38	203,93	16,65	0,05	0,05	0,05	6,27	0
Ago.	102,98	10,38	203,93	16,80	0,05	0,05	0,05	6,42	0
Set.	169,85	10,38	203,93	27,71	0,05	0,05	0,05	17,33	0
Out.	148,18	10,38	203,93	24,17	0,05	0,05	0,05	13,79	0
Nov.	161,13	10,38	203,93	26,29	0,05	0,05	0,05	15,91	0
Dez.	168,62	10,38	203,93	27,51	0,05	0,05	0,05	17,13	0
TOTAL	1798,86	124,56		293,47		0,05	0,00	168,96	0
Volume aproveitavel durante o ano									124,56

APÊNDICE E – Dimensionamento do sistema de recalque de água de chuva

Parâmetro	Valor	Unidade
Volume reservatório superior	750,00	L
Tempo de enchimento	1	h
Vazão de recalque	0,75	m ³ /h
Tempo de funcionamento da motobomba	1	h
Diâmetro de recalque calculado	8,48	mm
Diâmetro comercial de recalque adotado	20	mm
Diâmetro comercial de sucção	25	mm
SUCÇÃO		
Altura geométrica (sucção negativa)	-0,08	m
Comprimento real	0,50	m
Comprimento equivalente	1,00	m
Perda de carga unitária	0,026	m/m
Perda de carga	0,038	m
RECALQUE		
Altura geométrica	9,05	m
Comprimento real	21,49	m
Comprimento equivalente	12,70	m
Perda de carga unitária	0,080	m/m
Perda de carga	4,730	m
CARACTERÍSTICAS PARA A ESCOLHA DA MOTOBOMBA		
Altura manométrica total	13,74	m
Vazão de recalque	0,75	m ³ /h

APÊNDICE F – Dimensionamento do sistema de distribuição de água de chuva

Trecho	ΣP	Q		D (mm)		V	L (m)			Perda de carga		Cota Geométrica (m)		Cota Piezométrica (m)		Pressão (m)		Pressão
		(L/s)		Nominal	Interno	m/s	Real	Equiv.	Total	Unitária (m/m)	Total (m)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Requerida (m)
A0 - A1	3,70	0,58	40	35,2	0,59	2,04	6,6	8,64	0,01	0,13	7	6	7,2	7,07	0,20	1,07	1,01	0,5
A1 - A2	3,10	0,53	40	35,2	0,54	2,91	2,2	5,11	0,01	0,07	6	6	7,07	7,01	1,07	1,01	1,01	0,5
A2 - A3	1,1	0,31	32	27,8	0,52	6,77	3,1	9,87	0,02	0,16	6	6	7,01	6,85	1,01	0,85	0,85	0,5
A3-A4	0,7	0,25	25	21,6	0,68	0,60	2,4	3,00	0,04	0,11	6	6	6,85	6,74	0,85	0,74	0,74	0,5
A4 - A14	0,7	0,25	25	21,6	0,68	2,40	1,6	4,00	0,04	0,14	6	3,6	6,74	6,60	0,74	3,00	3,00	0,5
A14 - BS1	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,40	2,4	2,80	0,02	0,05	3,6	3,2	6,60	6,55	3,00	3,35	3,35	0,5
A14 - T 2	0,4	0,19	25	21,6	0,52	3,96	5,4	9,36	0,02	0,20	3,6	0,6	6,60	6,40	3,00	5,80	5,80	1
A3 - A5	0,4	0,19	25	21,6	0,52	6,17	3,9	10,07	0,02	0,22	6	6	6,85	6,63	0,85	0,63	0,63	0,5
A5 - T3	0,4	0,19	25	21,6	0,52	5,40	3	8,40	0,02	0,18	6	0,6	6,85	6,67	0,85	6,07	6,07	1
A2 - A6	2,00	0,42	32	27,8	0,70	1,23	3,1	4,33	0,03	0,12	6	6	7,01	6,89	1,01	0,89	0,89	0,5
A6 - A7	0,6	0,23	25	21,6	0,63	0,32	2,4	2,72	0,03	0,08	6	6	6,89	6,80	0,89	0,80	0,80	0,5
A7 - A13	0,6	0,23	25	21,6	0,63	2,40	1,6	4,00	0,03	0,12	6	3,6	6,80	6,68	0,80	3,08	3,08	0,5
A13 - BS2	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,40	2,4	2,80	0,02	0,05	3,6	3,2	6,68	6,63	3,08	3,43	3,43	0,5
A13 - BS3	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,78	5,4	6,18	0,02	0,10	3,6	3,2	6,68	6,58	3,08	3,38	3,38	0,5
A6 - A8	1,40	0,35	25	21,6	0,97	2,05	0,9	2,95	0,07	0,19	6	6	6,89	6,70	0,89	0,70	0,70	0,5
A8 - ML	1,00	0,30	25	21,6	0,82	5,40	5,5	10,90	0,05	0,53	6	0,6	6,70	6,17	0,70	5,57	5,57	1
A8 - A9	0,40	0,19	25	21,6	0,52	3,50	0,9	4,40	0,02	0,10	6	6	6,70	6,60	0,70	0,60	0,60	0,5
A9 - T1	0,40	0,19	25	21,6	0,52	5,40	3	8,40	0,02	0,18	6	0,6	6,60	6,42	0,60	5,82	5,82	1
A1 - A10	0,6	0,23	32	27,8	0,38	3,50	3,1	6,60	0,01	0,06	6	6	7,07	7,01	1,07	1,01	1,01	0,5
A10 - A11	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,77	3,9	4,67	0,02	0,08	6	6	7,01	6,93	1,01	0,93	0,93	0,5
A11 - BS4	0,3	0,16	25	21,6	0,45	6,38	7,6	13,98	0,02	0,24	6	0,2	6,93	6,69	0,93	6,49	6,49	0,5
A10 - A12	0,3	0,16	25	21,6	0,45	2,91	2,4	5,31	0,02	0,09	6	6	7,01	6,92	1,01	0,92	0,92	0,5
A12 - BS5	0,3	0,16	25	21,6	0,45	7,85	6,1	13,95	0,02	0,24	6	0,2	6,92	6,68	0,92	6,48	6,48	0,5

T: Torneira de jardim; ML: Máquina de Lavar Roupa; BS: Bacia Sanitária

APÊNDICE G – Dimensionamento do sistema de coleta de água cinza

Dimensionamento ramal de descarga				
Ramal de descarga	Contribuição	UHC	Diâmetro nominal (mm)	Declividade (%)
RS - CS1	1 chuveiro	2	40	2%
CS1 - TQR1	2 chuveiro	4	50	2%
CS2 - TQR2	1 chuveiro	2	50	2%
ML - CAC1	1 máq. lavar roupa	3	50	2%
Dimensionamento tubo de queda				
Tubo de queda	Contribuição	UHC	Diâmetro nominal (mm)	Declividade (%)
TQR-1	2 chuveiros	4	50	-
TQR-2	1 chuveiro	2	50	-
Dimensionamento coletor				
Trecho coletor	Contribuição	UHC	Diâmetro nominal (mm)	Declividade (%)
CAC1 - CAC2	1 máq. lavar roupa + 3 chuveiros	9	100	1%
CAC2-Tanque séptico	1 máq. Lavar roupa + 3 chuveiros	9	100	1%

APÊNDICE H – Dimensionamento do sistema de recalque de água cinza

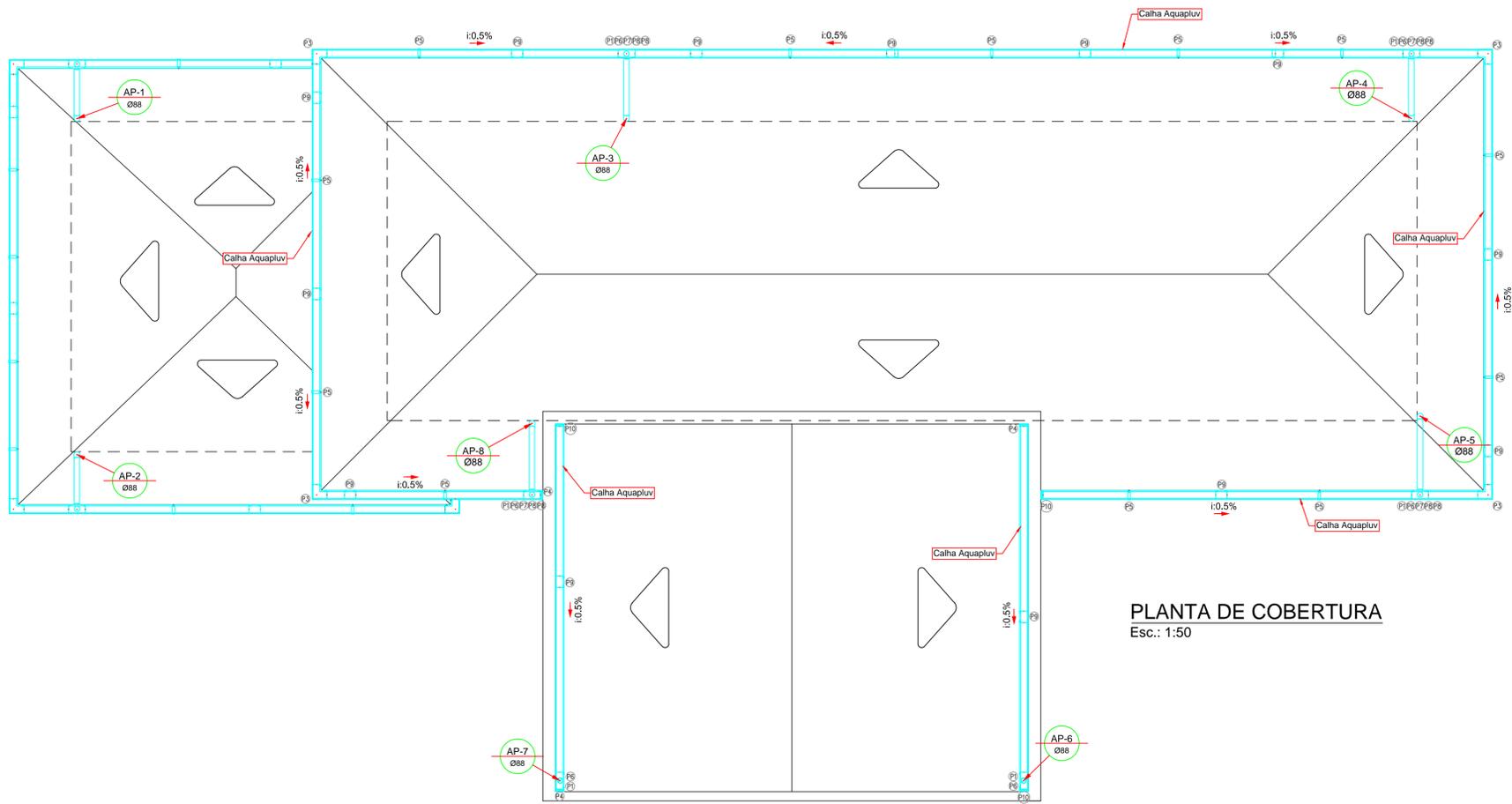
Parâmetro	Valor	Unidade
Volume reservatório superior	750,00	L
Tempo de enchimento	1	h
Vazão de recalque	0,75	m ³ /h
Tempo de funcionamento da motobomba	1	h
Diâmetro de recalque calculado	8,48	mm
Diâmetro comercial de recalque adotado	20	mm
Diâmetro comercial de sucção	25	mm
SUCÇÃO		
Altura geométrica (sucção negativa)	-0,08	m
Comprimento real	0,45	m
Comprimento equivalente	1,00	m
Perda de carga unitária	0,026	m/m
Perda de carga	0,037	m
RECALQUE		
Altura geométrica	8,65	m
Comprimento real	22,06	m
Comprimento equivalente	12,70	m
Perda de carga unitária	0,080	m/m
Perda de carga	2,775	m
MOTOBOMBA PARA RECALQUE		
Altura manométrica total	11,38	m
Vazão de recalque	0,75	m ³ /h

APÊNDICE I – Dimensionamento do sistema de distribuição de água cinza

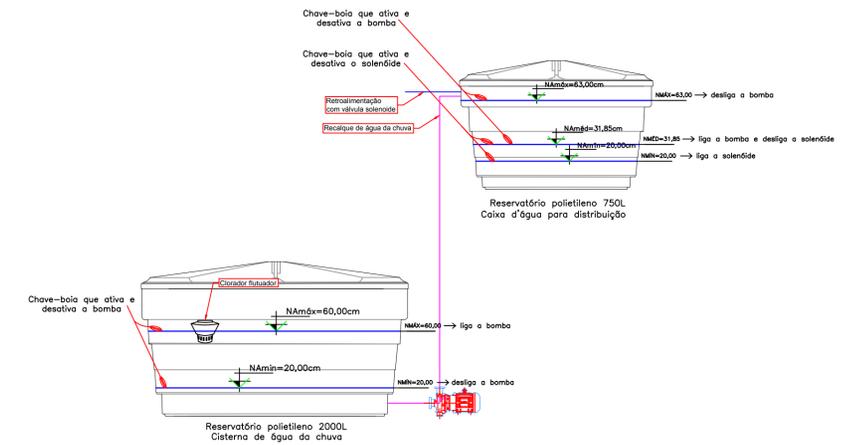
Trecho	ΣP	Q		D (mm)		V m/s	L (m)			Perda de carga		Cota Geométrica (m)		Cota Piezométrica (m)		Pressão (m)		Pressão Requerida (m)
		L/s	Nominal	Interno	Real		Equiv.	Total	Unitária (m/m)	Total (m)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		
B0 - B1	2,70	0,49	40	35,2	0,51	2,04	6,6	8,64	0,01	0,10	7	6	7,20	7,10	0,20	1,10	0,5	
B1 - B2	2,10	0,43	40	35,2	0,45	2,91	2,2	5,11	0,01	0,05	6	6	7,10	7,06	1,10	1,06	0,5	
B2 - B3	1,1	0,31	32	27,8	0,52	6,77	3,1	9,87	0,02	0,16	6	6	7,06	6,90	1,06	0,90	0,5	
B3-B4	0,7	0,25	25	21,6	0,68	0,60	2,4	3,00	0,04	0,11	6	6	6,90	6,79	0,90	0,79	0,5	
B4 - B14	0,7	0,25	25	21,6	0,68	2,40	1,6	4,00	0,04	0,14	6	3,6	6,79	6,65	0,79	3,05	0,5	
B14 - BS1	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,40	2,4	2,80	0,02	0,05	3,6	3,2	6,65	6,60	3,05	3,40	0,5	
B14 - T 2	0,4	0,19	25	21,6	0,52	3,96	5,4	9,36	0,02	0,20	3,6	0,6	6,65	6,45	3,05	5,85	1	
B3 - B5	0,4	0,19	25	21,6	0,52	6,17	3,9	10,07	0,02	0,22	6	6	6,90	6,68	0,90	0,68	0,5	
B5 - T3	0,4	0,19	25	21,6	0,52	5,40	3	8,40	0,02	0,18	6	0,6	6,90	6,72	0,90	6,12	1	
B2 - B6	1,00	0,30	32	27,8	0,49	1,23	3,1	4,33	0,01	0,06	6	6	7,06	6,99	1,06	0,99	0,5	
B6 - B7	0,6	0,23	25	21,6	0,63	0,32	2,4	2,72	0,03	0,08	6	6	6,99	6,91	0,99	0,91	0,5	
B7 - B13	0,6	0,23	25	21,6	0,63	2,40	1,6	4,00	0,03	0,12	6	3,6	6,91	6,78	0,91	3,18	0,5	
B13 - BS2	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,40	2,4	2,80	0,02	0,05	3,6	3,2	6,78	6,74	3,18	3,54	0,5	
B13 - BS3	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,78	5,4	6,18	0,02	0,10	3,6	3,2	6,78	6,68	3,18	3,48	0,5	
B6 - B8	0,40	0,19	25	21,6	0,52	5,25	0,9	6,15	0,02	0,13	6	6	6,99	6,86	0,99	0,86	0,5	
B8 - T1	0,40	0,19	25	21,6	0,52	5,40	3	8,40	0,02	0,18	6	0,6	6,86	6,68	0,86	6,08	1	
B1 - B9	0,6	0,23	32	27,8	0,38	3,50	4,6	8,10	0,01	0,08	6	6	7,10	7,03	1,10	1,03	0,5	
B9 - B10	0,3	0,16	25	21,6	0,45	0,77	3,9	4,67	0,02	0,08	6	6	7,03	6,95	1,03	0,95	0,5	
B10 - BS4	0,3	0,16	25	21,6	0,45	6,38	7,6	13,98	0,02	0,24	6	0,2	6,95	6,71	0,95	6,51	0,5	
B9 - B11	0,3	0,16	25	21,6	0,45	2,92	2,4	5,32	0,02	0,09	6	6	7,03	6,94	1,03	0,94	0,5	
B11 - BS5	0,3	0,16	25	21,6	0,45	7,85	6,1	13,95	0,02	0,24	6	0,2	6,94	6,70	0,94	6,50	0,5	

T: Torneira de jardim; BS: Bacia Sanitária

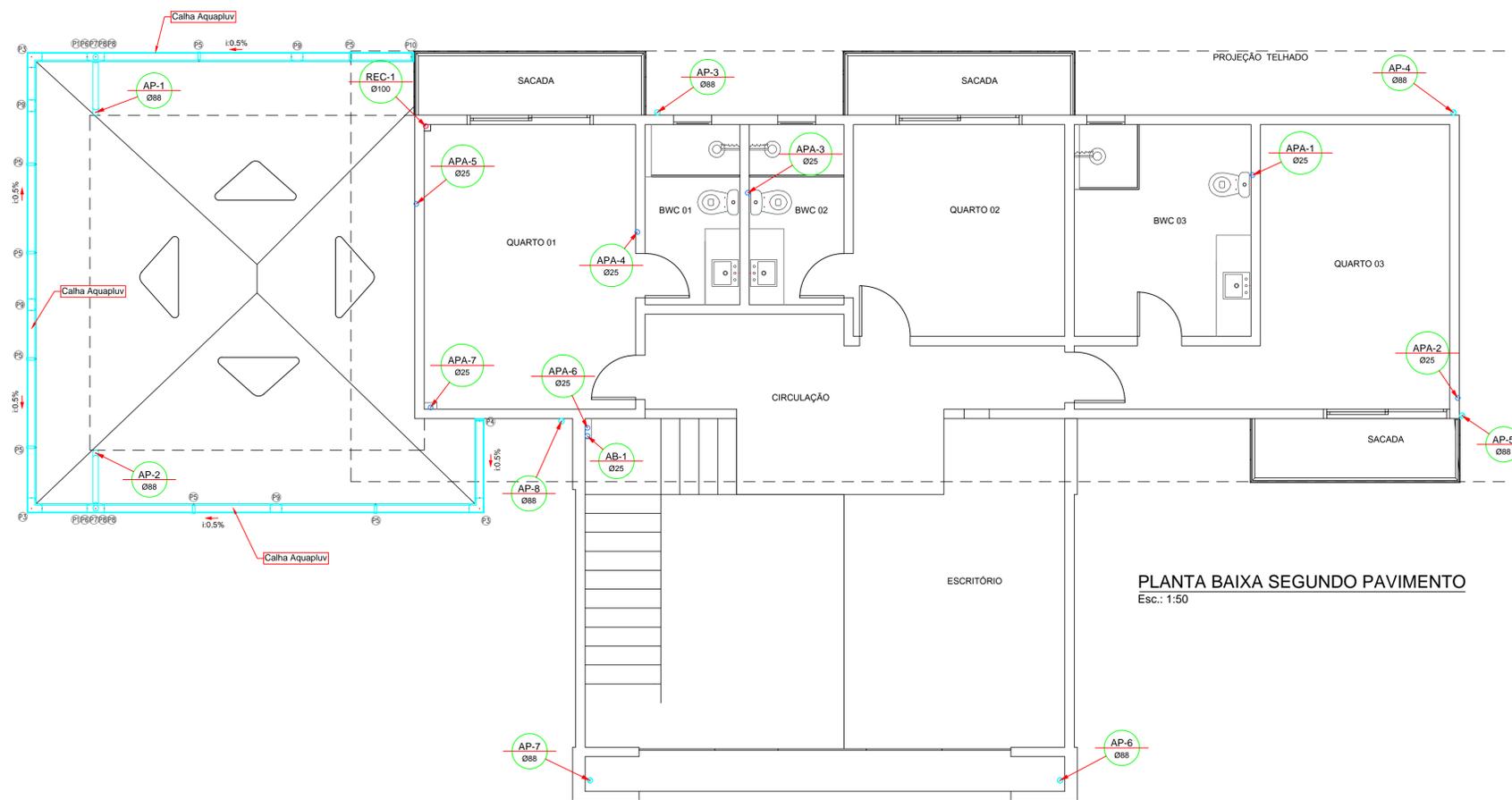
APÊNDICE J – Planta segundo pavimento, cobertura e detalhes do aproveitamento pluvial



PLANTA DE COBERTURA
Esc.: 1:50



DETALHE DOS NÍVEIS DE ACIONAMENTO DA BOMBA E VÁLVULA SOLENOIDE
ESC.: 1:25



PLANTA BAIXA SEGUNDO PAVIMENTO
Esc.: 1:50

LEGENDA

- Tubulação do sistema de captação e tratamento da água de chuva
- Tubulação do sistema de recalque de água da chuva
- Tubulação do sistema de distribuição de água da chuva
- REC-1 Ø20 Indicação de Tubulação de Recalque
- APA-2 Ø25 Indicação de Tubulação para Abastecimento de Água Pluvial Tratada
- AB-1 Ø32 Indicação de Tubulação de Abastecimento de Água Potável
- AP-4 Ø88 Indicação de Descida Pluvial

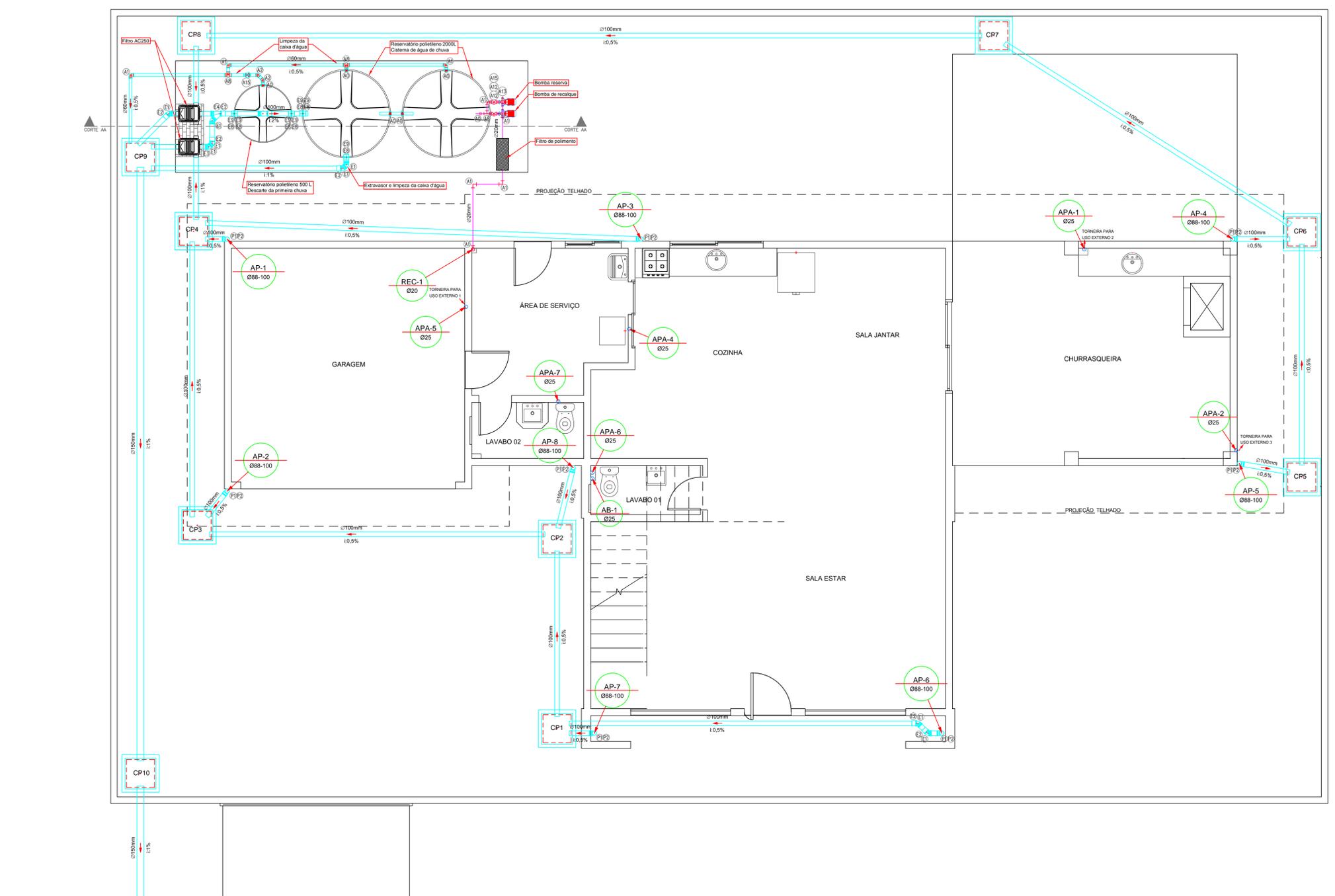
ÁGUAS PLUVIAIS - Componentes

- Ⓟ - Conductor circular Pluvial
- Ⓠ - Joelho de transição circular Pluvial
- Ⓡ - Esquadro calha externo Pluvial
- Ⓢ - Cabeceira calha esquerda Pluvial
- Ⓣ - Suporte calha Pluvial PVC
- Ⓤ - Bocal calha Pluvial
- Ⓥ - Acoplamento circular Pluvial
- Ⓦ - Joelho 60o circular Pluvial
- Ⓧ - Emenda calha Pluvial
- Ⓨ - Cabeceira calha direita Pluvial

Obs.: as cotas são dadas em centímetros, salvo indicações contrárias

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental Trabalho de Conclusão de Curso		
Projeto: Sistema de aproveitamento de água da chuva		
Título: Planta segundo pavimento, cobertura e detalhes do aproveitamento pluvial		
Elaborado: Amanda Kempt Schroeder	Orientador: Pablo Heleno Sezerino	Co-orientador: Ramon Lucas Dalsasso
Escola: Indicado	Conteúdo: ▶ Planta de cobertura (Esc.: 1:50) ▶ Planta baixa segundo pavimento (Esc.: 1:50) ▶ Detalhe dos níveis de acionamento da bomba e da válvula solenóide (Esc.: 1:25)	01/05
Data: Novembro/2016		

APÊNDICE K – Planta pavimento térreo e detalhes do aproveitamento pluvial



LEGENDA

- Tubulação do sistema de captação e tratamento da água de chuva
- Tubulação do sistema de recalque de água da chuva
- Tubulação do sistema de distribuição de água da chuva
- REC-1 020 Indicação de Tubulação de Recalque
- APA-2 025 Indicação de Tubulação para Abastecimento de Água Pluvial Tratada
- AB-1 032 Indicação de Tubulação de Abastecimento de Água Potável
- AP-4 088 Indicação de Descida Pluvial

ÁGUA FRIA- PVC Soldável

- A0 - Adaptador sold. com anel para caixa d'água
- A1 - Joelho 90 soldável
- A2 - Joelho 45 soldável
- A3 - Adaptador sold. para caixa d'água com registro
- A4 - Válvula de retenção
- A5 - Curva 90 soldável
- A6 - Tê de redução soldável
- A7 - Bucha de redução soldável curta
- A8 - Tê soldável
- A9 - Luva soldável e c/ bucha de latão
- A10 - Joelho 90 soldável c/ bucha de latão
- A11 - Registro de gaveta c/ canopia
- A12 - Adaptador sold. curto c/ bolsa e rosca
- A13 - União soldável
- A14 - Tubo PVC soldável marrom
- A15 - Registro de gaveta

ÁGUAS PLUVIAIS - Componentes

- P1 - Condutor circular Pluvial
- P2 - Joelho de transição circular Pluvial
- P3 - Esquadro calha externo Pluvial
- P4 - Cabeceira calha esquerda Pluvial
- P5 - Suporte calha Pluvial PVC
- P6 - Bocal calha Pluvial
- P7 - Acoplamento circular Pluvial
- P8 - Joelho 60o circular Pluvial
- P9 - Emenda calha Pluvial
- P10 - Cabeceira calha direita Pluvial

ESGOTO - PVC

- E1 - Joelho 45
- E2 - Luva simples
- E3 - Tubo PVC rígido Série Normal - SN
- E4 - Junção simples
- E5 - Redução excêntrica
- E6 - Joelho 90
- E7 - Tê 90
- E8 - Flange livre sem furos
- E9 - Anel de borracha

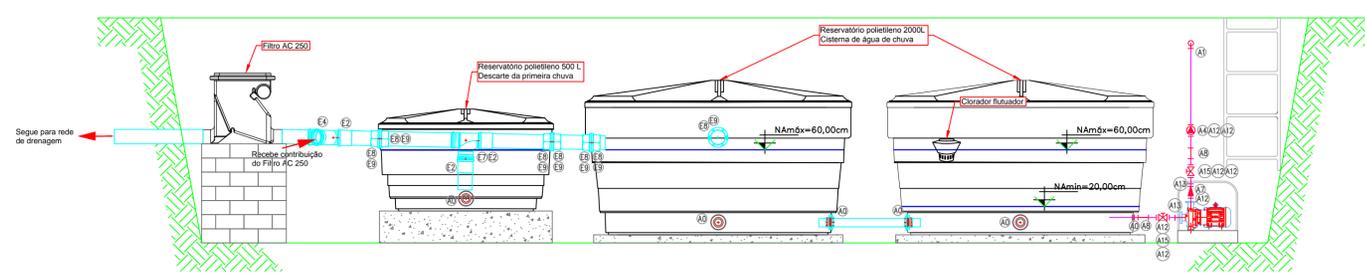
PLANTA BAIXA TÉRREO
Esc.: 1:50

Vai para rede pública coletora de águas pluviais

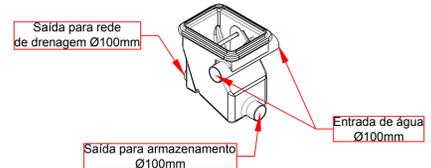
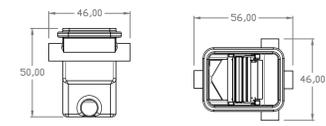
	Cota GI entrada	Cota GI saída
CP 1	-0,34	-0,37
CP 2	-0,39	-0,42
CP 3	-0,45	-0,48
CP 4	-0,51	-0,54
CP 5	-0,30	-0,33
CP 6	-0,36	-0,39
CP 7	-0,42	-0,45
CP 8	-0,53	-0,56

GI: Geratriz inferior da tubulação, considerando o terreno na cota 0 m
CP: Caixa Pluvial

Obs.: as cotas são dadas em centímetros, salvo indicações contrárias



CORTE AA - UNIDADE DE TRATAMENTO
Esc.: 1:25



DETALHE DO FILTRO AC 250
Esc.: 1:20

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Trabalho de Conclusão de Curso

Projeto: Sistema de aproveitamento de água da chuva
Título: Planta térreo e detalhes do aproveitamento pluvial

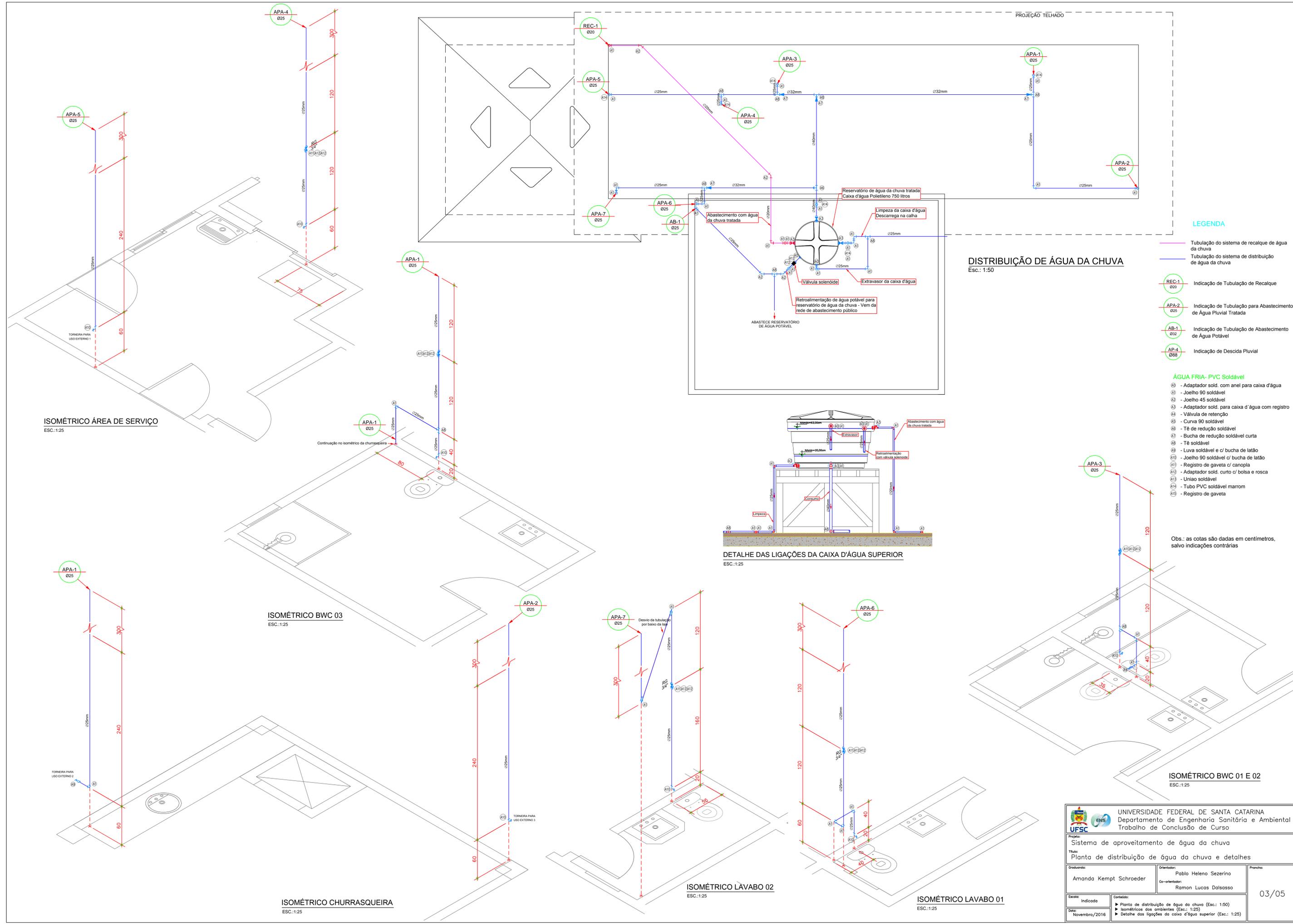
Graduando: Amanda Kempt Schroeder
Orientador: Pablo Heleno Sezerino
Co-orientador: Ramon Lucas Dalsasso

Escola: Indicado
Data: Novembro/2016

Conteúdo:
 ▶ Planta baixa térreo (Esc.: 1:50)
 ▶ Corte AA - Unidade de tratamento (Esc.: 1:25)
 ▶ Detalhe do Filtro AC 250 (Esc.: 1:20)

02/05

APÊNDICE L – Planta de distribuição de água da chuva e detalhes



LEGENDA

- Tubulação do sistema de recalque de água da chuva
- Tubulação do sistema de distribuição de água da chuva
- REC-1 Ø20 Indicação de Tubulação de Recalque
- APA-2 Ø25 Indicação de Tubulação para Abastecimento de Água Pluvial Tratada
- AB-1 Ø32 Indicação de Tubulação de Abastecimento de Água Potável
- APA-4 Ø88 Indicação de Descida Pluvial

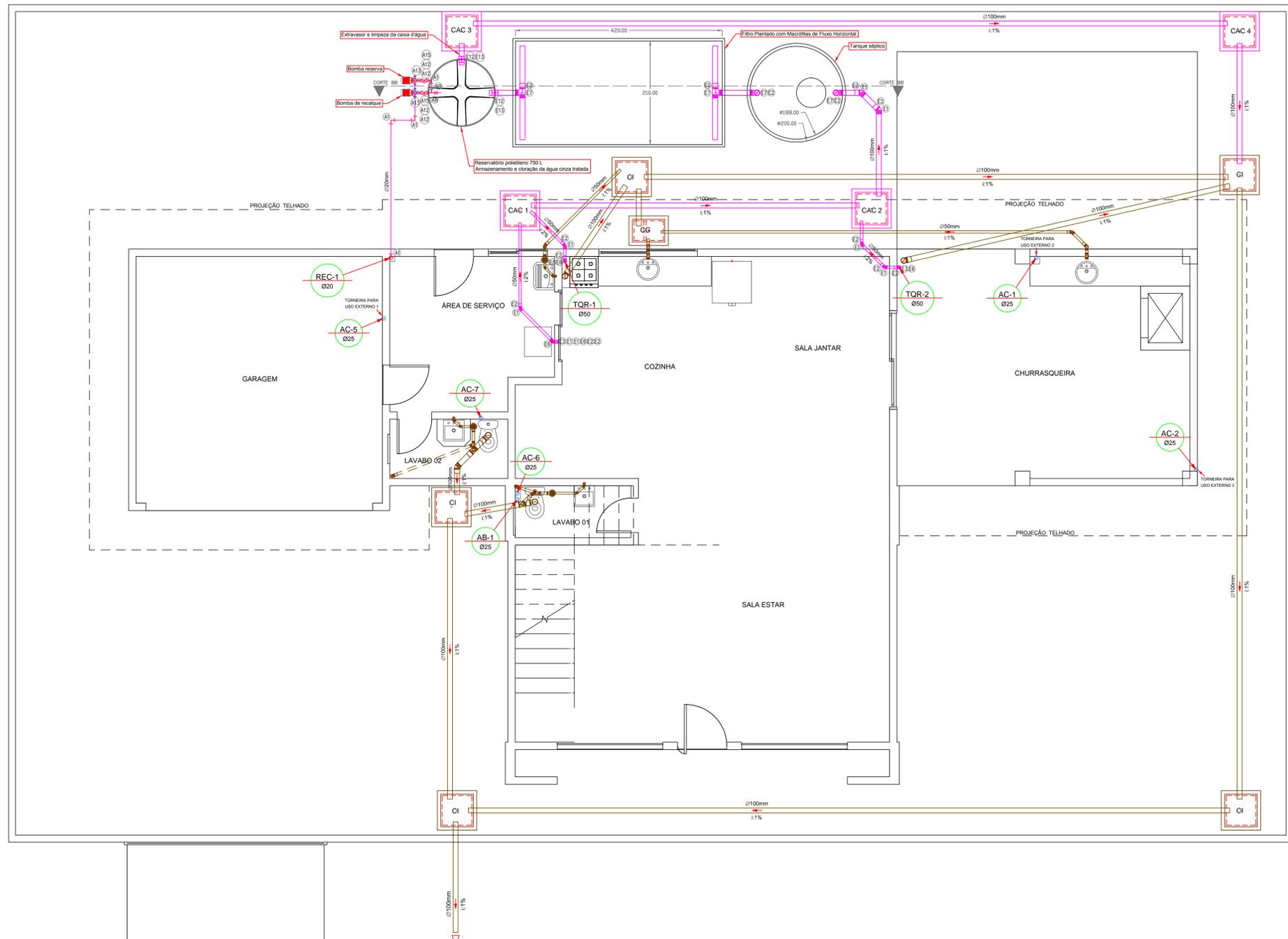
ÁGUA FRIA- PVC Soldável

- Ø6 - Adaptador sold. com anel para caixa d'água
- Ø1 - Joelho 90 soldável
- Ø2 - Joelho 45 soldável
- Ø3 - Adaptador sold. para caixa d'água com registro
- Ø4 - Válvula de retenção
- Ø5 - Curva 90 soldável
- Ø6 - Tê de redução soldável
- Ø7 - Tê soldável
- Ø8 - Bucha de redução soldável curta
- Ø9 - Luva soldável e c/ bucha de latão
- Ø10 - Joelho 90 soldável c/ bucha de latão
- Ø11 - Registro de gaveta c/ canopia
- Ø12 - Adaptador sold. curto c/ bolsa e rosca
- Ø13 - União soldável
- Ø14 - Tubo PVC soldável marrom
- Ø15 - Registro de gaveta

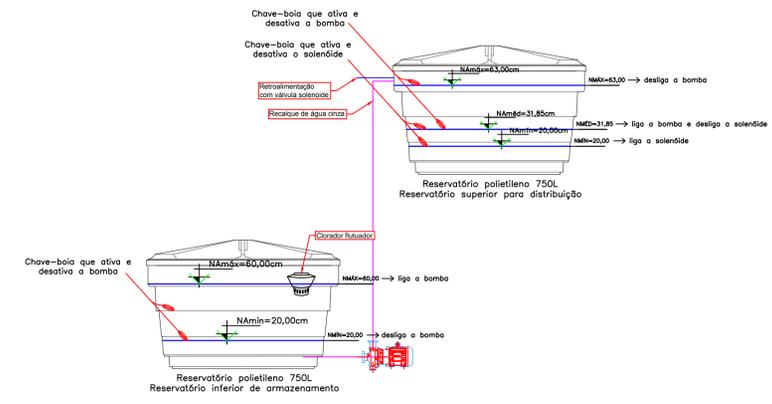
Obs.: as cotas são dadas em centímetros, salvo indicações contrárias

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental Trabalho de Conclusão de Curso		
Projeto: Sistema de aproveitamento de água da chuva Título: Planta de distribuição de água da chuva e detalhes		
Elaborado: Amanda Kempt Schroeder	Orientador: Pablo Heleno Sezerino	Proenho: Ramon Lucas Dalsasso
Escola: Indicado	Conteúdo: ▶ Planta de distribuição de água da chuva (Esc.: 1:50) ▶ Isométricos dos ambientes (Esc.: 1:25) ▶ Detalhe das ligações da caixa d'água superior (Esc.: 1:25)	03/05
Data: Novembro/2016		

**APÊNDICE M – Planta pavimento térreo e detalhes do reúso de
água cinza**



PLANTA BAIXA TÉRREO
Esc.: 1:50



DETALHE DOS NÍVEIS DE ACIONAMENTO DA BOMBA E VÁLVULA SOLENÓIDE
ESC.: 1:25

LEGENDA

- Tubulação do sistema de coleta de esgoto
 - Tubulação do sistema de coleta e tratamento da água cinza
 - Tubulação do sistema de recalque de água cinza
 - Tubulação do sistema de distribuição de água cinza
- REC-1 Ø20 Indicação de Tubulação de Recalque
 - TQR-1 Ø50 Indicação de Tubulação de Queda para Água Cinza de Reúso
 - AB-1 Ø32 Indicação de Tubulação de Abastecimento de Água Potável
 - AC-5 Ø25 Indicação de Tubulação de Distribuição de Água Cinza

ÁGUA FRIA- PVC Soldável

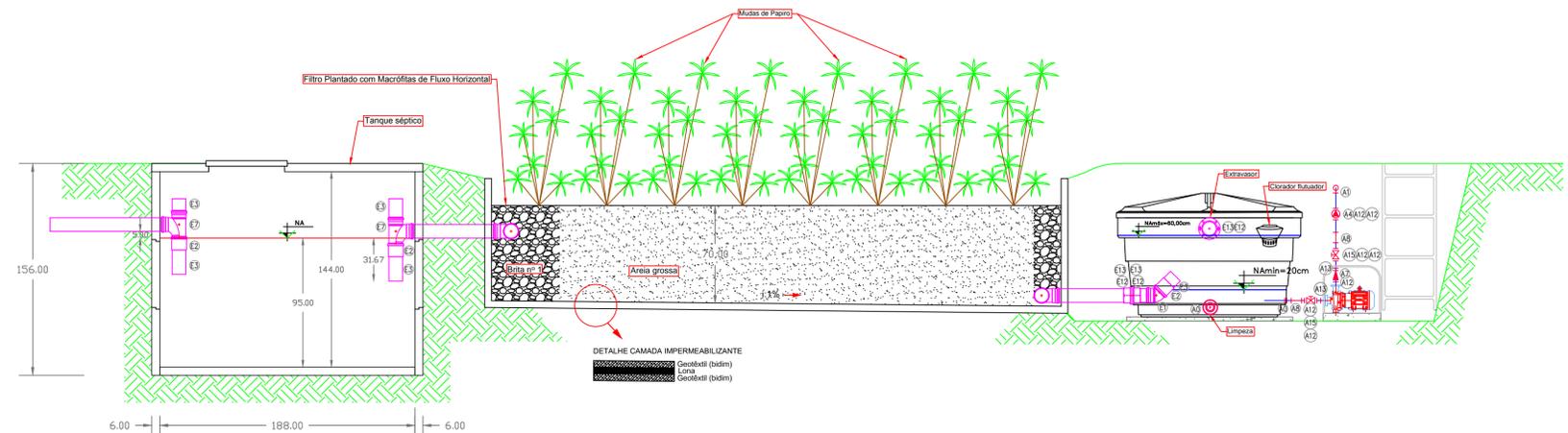
- Ø0 - Adaptador sold. com anel para caixa d'água
- Ø1 - Joelho 90 soldável
- Ø2 - Joelho 45 soldável
- Ø3 - Adaptador sold. para caixa d'água com registro
- Ø4 - Válvula de retenção
- Ø5 - Curva 90 soldável
- Ø6 - Tê de redução soldável
- Ø7 - Bucha de redução soldável curta
- Ø8 - Tê soldável
- Ø9 - Luva soldável e c/ bucha de latão
- Ø10 - Joelho 90 soldável c/ bucha de latão
- Ø11 - Registro de gaveta c/ canopia
- Ø12 - Adaptador sold. curto c/ bolsa e rosca
- Ø13 - Uniaio soldável
- Ø14 - Tubo PVC soldável marrom
- Ø15 - Registro de gaveta

ESGOTO - PVC

- Ø1 - Joelho 45
- Ø2 - Luva simples
- Ø3 - Tubo PVC rígido Série Normal - SN
- Ø4 - Junção simples
- Ø5 - Redução excêntrica
- Ø6 - Joelho 90
- Ø7 - Tê 90
- Ø8 - Caixa sifonada
- Ø9 - Porta grelha
- Ø10 - Ralo sifonado cônico
- Ø11 - Ralo sifonado cônico
- Ø12 - Flange livre sem furos
- Ø13 - Anel de borracha

CI: Caixa de Inspeção de Esgoto
CAC: Caixa de Inspeção de Água Cinza

Obs.: as cotas são dadas em centímetros, salvo indicações contrárias



CORTE BB - UNIDADE DE TRATAMENTO
Esc.: 1:25

	Cota GI entrada	Cota GI saída
CAC 1	-0,35	-0,38
CAC 2	-0,44	-0,47
TS	-0,50	-0,55
FPMH	-0,55	-102,30

GI: Geratório inferior da tubulação, considerando o terreno na cota 0 m
TS: Tanque Séptico
FPMH: Filtro Plantado com Macrofitas de Fluxo Horizontal

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Trabalho de Conclusão de Curso

Projeto: Sistema de reúso de água cinza
Título: Planta térreo e detalhes do reúso de água cinza

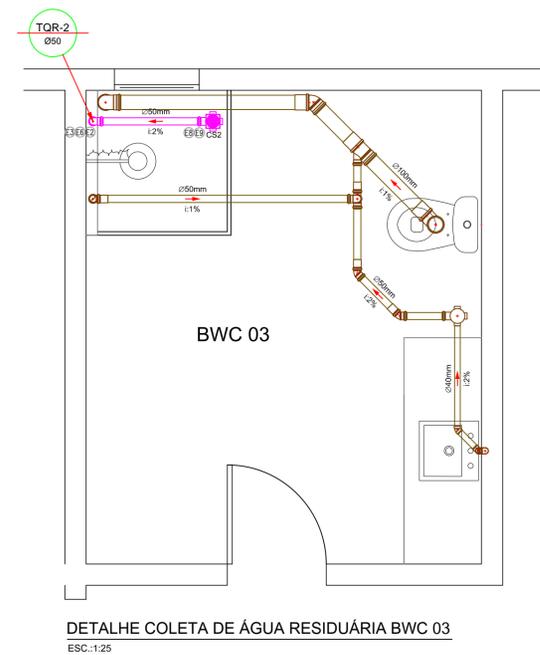
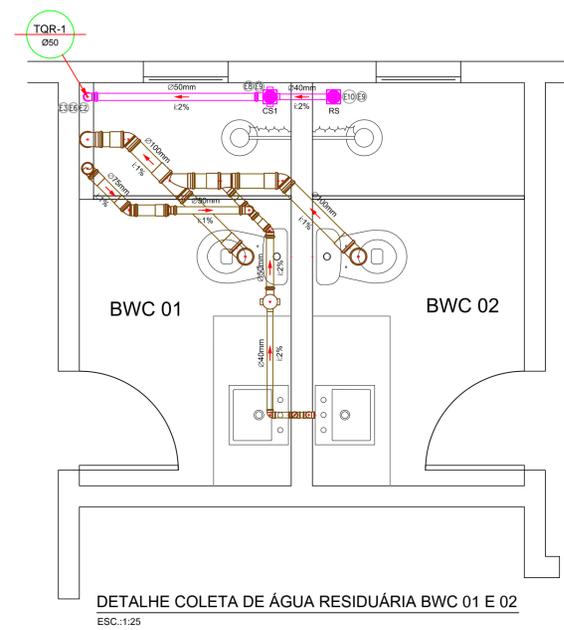
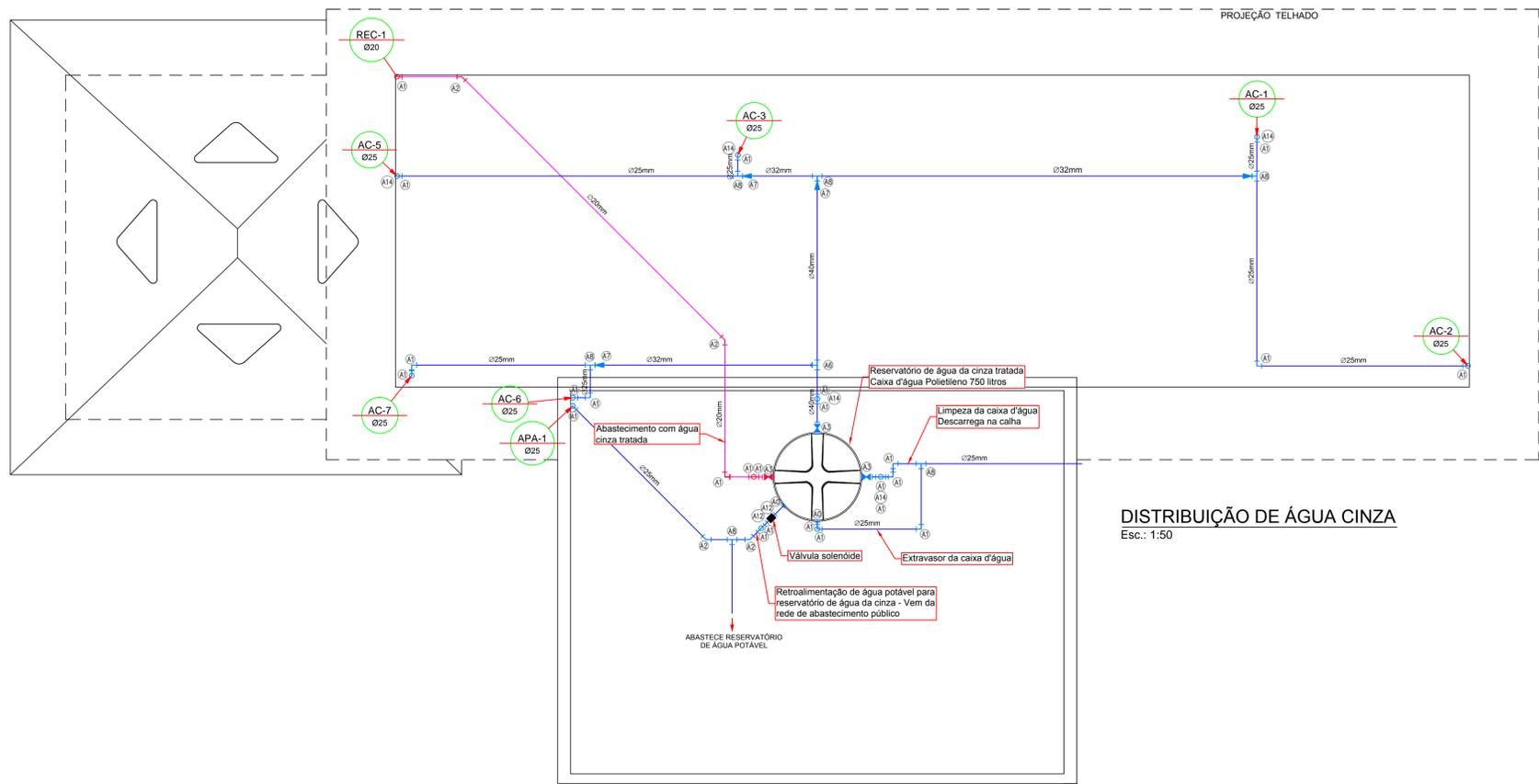
Gravadora: Amanda Kempt Schroeder
Orientador: Pablo Heleno Sezerino
Co-orientador: Ramon Lucas Dalsasso

Escala: Indicado
Data: Novembro/2016

Conteúdo:
▶ Planta baixa térreo (Esc.: 1:50)
▶ Corte BB - Unidade de tratamento (Esc.: 1:25)
▶ Detalhe dos níveis de acionamento da bomba e da válvula solenóide (Esc.: 1:25)

04/05

**APÊNDICE N – Planta segundo pavimento, distribuição de água
cinza e detalhes**



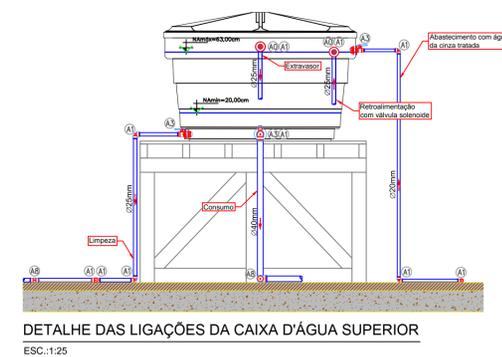
- LEGENDA**
- Tubulação do sistema de coleta de esgoto
 - Tubulação do sistema de coleta e tratamento da água cinza
 - Tubulação do sistema de recalque de água cinza
 - Tubulação do sistema de distribuição de água cinza
- REC-1 Ø20 Indicação de Tubulação de Recalque
 - TQR-1 Ø50 Indicação de Tubulação de Queda para Água Cinza de Reúso
 - AB-1 Ø32 Indicação de Tubulação de Abastecimento de Água Potável
 - AC-5 Ø25 Indicação de Tubulação de Distribuição de Água Cinza

- ÁGUA FRIA- PVC Soldável**
- Ⓐ - Adaptador sold. com anel para caixa d'água
 - Ⓐ - Joelho 90 soldável
 - Ⓐ - Joelho 45 soldável
 - Ⓐ - Adaptador sold. para caixa d'água com registro
 - Ⓐ - Válvula de retenção
 - Ⓐ - Curva 90 soldável
 - Ⓐ - Tê de redução soldável
 - Ⓐ - Bucha de redução soldável curta
 - Ⓐ - Tê soldável
 - Ⓐ - Luva soldável e c/ bucha de latão
 - Ⓐ - Joelho 90 soldável c/ bucha de latão
 - Ⓐ - Registro de gaveta c/ canopia
 - Ⓐ - Adaptador sold. curto c/ bolsa e rosca
 - Ⓐ - Uniao soldável
 - Ⓐ - Tubo PVC soldável marrom
 - Ⓐ - Registro de gaveta

- ESGOTO - PVC**
- Ⓐ - Joelho 45
 - Ⓐ - Luva simples
 - Ⓐ - Tubo PVC rígido Série Normal - SN
 - Ⓐ - Junção simples
 - Ⓐ - Redução excêntrica
 - Ⓐ - Joelho 90
 - Ⓐ - Tê 90
 - Ⓐ - Caixa sifonada
 - Ⓐ - Porta grelha
 - Ⓐ - Ralo sifonado cônico
 - Ⓐ - Ralo sifonado cônico
 - Ⓐ - Flange livre sem furos
 - Ⓐ - Anel de borracha

CS: Caixa Sifonada
RS: Ralo Sifonada

Obs.: as cotas são dadas em centímetros, salvo indicações contrárias



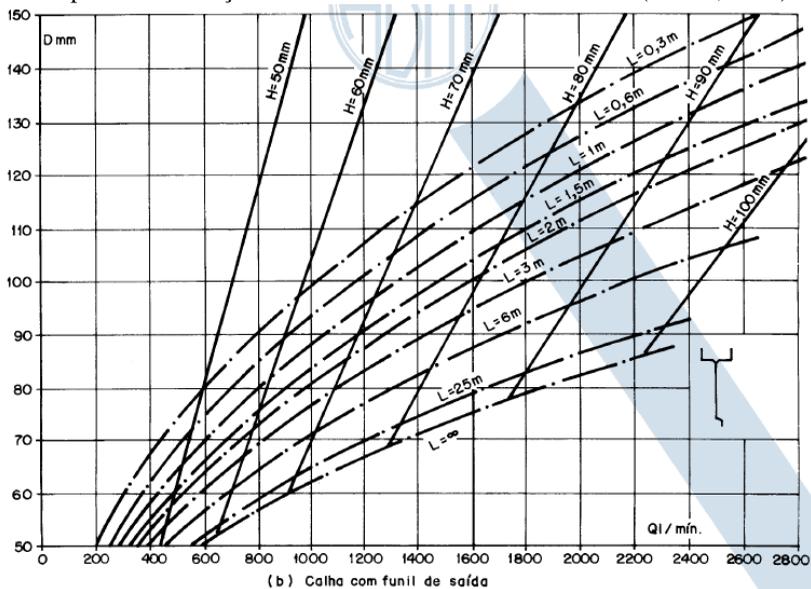
<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental Trabalho de Conclusão de Curso</p>		
<p>Projeto: Sistema de reúso de água cinza Título: Planta segundo pavimento, distribuição e detalhes do reúso de água cinza</p>		
<p>Orçunador: Amanda Kempt Schroeder</p>	<p>Orientador: Pablo Heleno Sezerino Co-orientador: Ramon Lucas Dalsasso</p>	<p>Prancha: 05/05</p>
<p>Escala: Indicado</p>	<p>Conteúdo: ▶ Planta de distribuição de água cinza (Esc.: 1:50) ▶ Planta baixa segundo pavimento (Esc.: 1:50) ▶ Detalhe coleta de água residual bwc 01 e 02 (Esc.: 1:25) ▶ Detalhe coleta de água residual bwc 03 (Esc.: 1:25) ▶ Detalhe das ligações da caixa d'água superior (Esc.: 1:25)</p>	<p>Data: Novembro/2016</p>

ANEXO A – Tabelas e figuras utilizadas na elaboração do projeto

Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$
(Vazão em L/min) (ABNT, 1989).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais (ABNT, 1989).



Capacidade de condutores horizontais de seção circular (ABNT, 1989).

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso (ABNT, 1998).

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Vazão de projeto, pesos relativos e pressão dinâmica mínima nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização (ABNT, 1998).

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo	Pressão dinâmica mínima (kPa)
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3	5
	Válvula de descarga	1,7	32	15
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3	0,1	10
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4	10

*Além desses pontos a NBR 5626/98 (ABNT, 1998) preconiza que em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão da água em condições dinâmicas não deve ser inferior a 5 kPa.

Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga (ABNT, 1999).

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Dimensionamento de ramais de esgoto (ABNT, 1999).

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Dimensionamento de tubos de queda (ABNT, 1999).

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

Dimensionamento de subcoletores e coletor predial (ABNT, 1999).

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

ANEXO B – Tarifas de água, esgoto e energia

Tarifa de energia elétrica (Celesc, 2016).

Tarifa Convencional - Grupo B (sem tributos)		
Subgrupo	Classificação	Energia R\$/kWh
B1	Residencial Normal	0,4314200
	Residencial Baixa Renda até 30 kWh	0,1473255
	Residencial Baixa Renda de 31 a 100 kWh	0,2525580
	Residencial Baixa Renda de 101 a 220 kWh	0,3788370
	Residencial Baixa Renda acima de 220 kWh	0,4209300

Tarifa de água (CASAN, 2016).

Categoria	Faixa	Consumo (m³)	Água (R\$)
Residencial "B"	1	até 10	39,77/mês
	2	11 a 25	7,2883/m³
	3	26 a 50	10,2253/m³
	4	maior 50	12,2532/m³
	5	tarifa sazonal	15,3163/m³