

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO  
APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E CINZAS PARA  
CONSUMO NÃO POTÁVEL NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Pedro Henrique Bürger Pozzebon**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO  
APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E CINZAS PARA  
CONSUMO NÃO POTÁVEL NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS**

**por**

**Pedro Henrique Bürger Pozzebon**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

Pozzebon, Pedro Henrique Bürger  
Viabilidade técnica, econômica e social do  
aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo  
não potável na cidade de Santa Maria/RS / Pedro  
Henrique Bürger Pozzebon.-2013.  
193 p.; 30cm

Orientadora: Maria do Carmo Cauduro Gastaldini  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, RS, 2013

1. Viabilidade técnica, econômica e social do  
aproveitamento das águas de chuva e cinzas I.  
Gastaldini, Maria do Carmo Cauduro II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por  
Nome do (a) bibliotecário (a) e número do CRB.  
Biblioteca Central da UFSM (acrescentar quando for bibliotecário da instituição)

---

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Pedro Henrique Bürger Pozzebon. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Avenida Roraima, nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900  
Fone (0xx)55 3220 8000.

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO  
APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E CINZAS PARA  
CONSUMO NÃO POTÁVEL NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS**

elaborada por  
**Pedro Henrique Bürger Pozzebon**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil e Ambiental**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini**  
(Presidente/Orientadora)

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva (UFSC)**

---

**Prof. Dr. Masato Kobiyama (UFSC)**

Santa Maria, 01 de abril de 2013.

*“água de boa qualidade  
é como a saúde e ou a liberdade  
só tem valor quando acaba.”*

*(Guimarães Rosa)*

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, que sempre me apoiou incondicionalmente, principalmente nos momentos em que estive ausente.

A professora Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, pela oportunidade e incentivo.

Aos bolsistas de iniciação científica Taiane Menezes Conteratto e Gláucio Gonçalves de Souza, pelo auxílio na aplicação dos questionários de entrevista.

A Universidade Federal de Santa Maria, que possibilitou meu desenvolvimento em uma Universidade pública de qualidade.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E CINZAS PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS**

AUTOR: PEDRO HENRIQUE BÜRGER POZZEBON  
ORIENTADOR: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MARIA DO CARMO CAUDURO GASTALDINI  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 01 de abril de 2013.

Este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria/RS. O volume do reservatório de água da chuva ficou dimensionado em 15 m<sup>3</sup>, garantindo o abastecimento de 33,55%. O reservatório de água da chuva misturado às águas cinzas foi dimensionado em 2,12 m<sup>3</sup>, atendendo a 100% da demanda. O sistema de aproveitamento de água da chuva proporciona uma economia de R\$ 937,19/ano e seu valor de investimento foi estimado em R\$ 8.078,34, com custo de operação e manutenção em R\$ 150,00/ano. Seu valor presente líquido variou entre R\$ 7.665,49 e R\$ 5.629,61, o *payback* ou tempo de retorno de capital entre 10 anos e 3 meses e 11 anos e 4 meses, a taxa interna de retorno entre 7,41% e 5,97% e a relação benefício/custo entre 1,69 e 1,49. O sistema de mistura da água da chuva com as águas cinzas economiza R\$ 2.793,42/ano e seu valor de investimento foi estimado em R\$ 25.384,33, com custo de operação e manutenção em R\$ 301,74/ano. Seu valor presente líquido variou entre R\$ 24.449,23 e R\$ 18.679,38, o *payback* ou tempo de retorno de capital entre 10 anos e 2 meses e 10 anos e 11 meses, a taxa interna de retorno entre 7,51% e 6,22% e a relação benefício/custo entre 1,78 e 1,58. Quanto à viabilidade social, foi realizada uma pesquisa com pessoas de 200 domicílios para verificar o conhecimento e aceitabilidade por parte da população dos sistemas. Tanto o estudo do aproveitamento das águas de chuva e cinzas demonstraram ser viáveis técnica, econômica e socialmente.

Palavras-chave: água da chuva, águas cinzas, viabilidade.

## **ABSTRACT**

Master Dissertation  
Post-Graduation Program in Civil and Environmental Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **TECHNICAL, SOCIAL AND ECONOMICAL VIABILITY OF RAIN AND GREY WATERS OPTIMIZATION FOR NON DRINKING WATER CONSUMPTION IN SANTA MARIA,RS**

AUTHOR: PEDRO HENRIQUE BÜRGER POZZEBON  
ADVISOR: PROF. DR. MARIA DO CARMO CAUDURO GASTALDINI  
Local and Date: Santa Maria, April 1<sup>st</sup>, 2013.

The objective of this work was to study a technical, social and economical viability of the optimization for grey and rain waters for non drinkable consumption in the city of Santa Maria, RS. The volume of the rain water tank was dimensioned in 15 m<sup>3</sup>, and so, guaranteeing the water supply in 33,55%. The rain water tank mixed with grey waters was dimensioned in 2.12m<sup>3</sup>, providing 100% of demand. Rain water optimization system provides an economy of R\$ 937,19/a year, and the value of its investment was estimated in R\$ 8.078,34, with maintenance and operation cost of R\$ 150,00/a year. Its present net value ranged from R\$ 5.629,61 to R\$ 7.665,49; the payback was from ten years and three months to eleven years and four months; the internal rate of return was between 7,41% and 5,97%, and the relation cost/benefit was from 1,49 to 1,66. The mixture system of rain and grey waters saves R\$ 2.793,42/a year, and the investment value was estimated in R\$ 25.384,33, with operation and maintenance cost of R\$ 301,74/a year. Its present net value ranged from R\$ 18.679,38 to R\$ 24.449,23. Payback was from ten years and two months to ten years and eleven months; the internal rate of return (IRR) was between 7,51 and 6,22; and the relation cost/benefit was between 1,58 and 1,78. In relation to social viability, a survey with people from 200 homes was accomplished to verify knowledge and acceptance of those systems population. Both, rain and grey waters optimization studies have demonstrated to be technically, economically, and socially viable.

Keywords: rain water, grey waters, viability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ciclo hidrológico.....	22
Figura 2.2 – Distribuição do suprimento de água no planeta.....	23
Figura 2.3 – Diferença entre as quantidades de água extraída e consumida.....	24
Figura 2.4 – Ginásio de Sumo em Nagoya, Japão.....	30
Figura 2.5 – Cisterna do programa P1MC.....	31
Figura 2.6 – Esquema das instalações destinadas ao aproveitamento de água pluvial.....	39
Figura 2.7 – Dispositivo de descarte das primeiras águas escoadas da cobertura.....	41
Figura 2.8 – Reservatório de água de chuva.....	42
Figura 2.9 – Filtro VF6 para até 1.500 m <sup>2</sup> de telhado e instalado em caixa metálica.....	43
Figura 2.10 – Formas potenciais de reúso de água.....	70
Figura 2.11 – Esquema de um sistema alternativo de gerenciamento de águas em uma edificação.....	72
Figura 2.12 – Fluxograma de um sistema local de tratamento de esgoto.....	77
Figura 2.13 – Disposição esquemática do sistema experimental de reutilização de águas cinzas.....	81
Figura 3.1 – Imagem aérea da área de estudo.....	85
Figura 3.2 – Totais anuais da série.....	87
Figura 3.3 – Esquema da ETAC proposta.....	93
Figura 3.4 – Amostras coletadas em cada etapa do tratamento e no vaso sanitário.....	93
Figura 3.5 – Plano de amostragem simples - normal.....	103
Figura 3.6 – Setorização do bairro de Camobi.....	104
Figura 4.1 – Relação entre o volume do reservatório versus garantia de abastecimento.....	107
Figura 4.2 – Esquema de coleta e reservação de água da chuva por gravidade.....	111
Figura 4.3 – Filtro VF1, corte representativo e instalação.....	113
Figura 4.4 – Freio d'água.....	113
Figura 4.5 – Sifão ladrão.....	113
Figura 4.6 – Sistema automático de realimentação.....	114
Figura 4.7 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva sem considerar taxas.....	119
Figura 4.8 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva considerando taxas.....	119
Figura 4.9 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar taxas.....	132
Figura 4.10 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas considerando taxas.....	132
Figura 4.11 – Organograma do conhecimento acerca da água de chuva e seus desdobramentos.....	139
Figura 4.12 – Conhecimento sobre a utilização de água da chuva x idade.....	142
Figura 4.13 – Conhecimento sobre a utilização de água da chuva x escolaridade.....	143
Figura 4.14 – Utilização da água da chuva x tipo de imóvel.....	143

Figura 4.15 – Utilização da água da chuva x idade.....	144
Figura 4.16 – Utilização da água da chuva x escolaridade.....	144
Figura 4.17 – Tipo de uso da água da chuva x tipo de imóvel.....	145
Figura 4.18 – Forma de captação da água da chuva x tipo de imóvel.....	146
Figura 4.19 – Motivo do não tratamento da água da chuva x tipo de imóvel.....	146
Figura 4.20 – Motivo da não utilização da água da chuva x tipo de imóvel.....	147
Figura 4.21 – Uso se tivesse maior conhecimento sobre água da chuva x tipo de imóvel.....	148
Figura 4.22 – Uso da água de chuva se tivesse incentivo financeiro x tipo de imóvel.....	148
Figura 4.23 – Conhecimento sobre o valor do investimento para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva x escolaridade.....	149
Figura 4.24 – Noção do tempo de retorno do investimento de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva x escolaridade.....	150
Figura 4.25 – Consideração do que é mais importante no aproveitamento da água da chuva x escolaridade.....	150
Figura 4.26 – Limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva como um empecilho ao uso x tipo de imóvel.....	151
Figura 4.27 – Organograma do conhecimento acerca das águas cinzas e seus desdobramentos.....	152
Figura 4.28 – Conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas x idade.....	154
Figura 4.29 – Conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas x escolaridade.....	154
Figura 4.30 – Reutilização das águas cinzas x tipo de imóvel.....	155
Figura 4.31 – Reutilização das águas cinzas x idade.....	155
Figura 4.32 – Reutilização das águas cinzas x escolaridade.....	156
Figura 4.33 – Tipo de reuso das águas cinzas x tipo de imóvel.....	157
Figura 4.34 – Forma de captação das águas cinzas x tipo de imóvel.....	157
Figura 4.35 – Motivo do não tratamento das águas cinzas x tipo de imóvel.....	158
Figura 4.36 – Motivo da não reutilização das águas cinzas x tipo de imóvel.....	158
Figura 4.37 – Reuso se tivesse mais conhecimento das águas cinzas x imóvel.....	159
Figura 4.38 – Reuso das águas cinzas se tivesse incentivo financeiro x imóvel.....	159
Figura 4.39 – Conhecimento sobre o valor do investimento para a implantação do sistema de reuso das águas cinzas x escolaridade.....	160
Figura 4.40 – Noção do tempo de retorno do investimento de implantação do sistema de reuso de águas cinzas x escolaridade.....	161
Figura 4.41 – Consideração do que é mais importante no reuso das águas cinzas x escolaridade.....	161
Figura 4.42 – Limpeza e manutenção do sistema de reuso de águas cinzas como um empecilho ao reuso x tipo de imóvel.....	162
Figura 7.1 – Reator anaeróbio compartimentado.....	185
Figura 7.2 – Filtro biológico aerado submerso e decantador secundário.....	186
Figura 7.3 – Filtro terciário.....	188

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Parâmetros de consumo residencial de água nos EUA – usos internos.....	45
Tabela 2.2 – Parâmetros de consumo residencial de água nos EUA – usos externos.....	46
Tabela 2.3 – Consumo de água para usos residenciais no Brasil.....	46
Tabela 2.4 – Faixa do coeficiente Runoff para cada tipo de material por diferentes autores.....	49
Tabela 2.5 – Valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.....	49
Tabela 2.6 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (referência Março 2003).....	52
Tabela 2.7 – Simulação da distribuição de consumo de uma família brasileira de 4 pessoas.....	74
Tabela 2.8 – Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias encontrados na literatura.....	75
Tabela 2.9 – Vazão por unidade hidráulico – sanitária.....	76
Tabela 3.1 - Médias mensais de precipitação para a estação analisada.....	87
Tabela 3.2 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água para uso interno.....	88
Tabela 3.3 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água para uso externo.....	89
Tabela 3.4 – Atual estrutura tarifária de água e esgoto para o Rio Grande do Sul.....	94
Tabela 3.5 – Variação das taxas de energia elétrica, água e juros na década 2000/2010.....	98
Tabela 4.1 – Dimensionamento do volume do reservatório de água da chuva para o prédio estudado.....	106
Tabela 4.2 - Relação entre volume do reservatório e garantia de abastecimento.....	108
Tabela 4.3 – Geração de água cinza para o prédio em estudo através dos parâmetros propostos por Melo e Netto (1988).....	109
Tabela 4.4 - Geração de água cinza para o prédio em estudo através dos parâmetros propostos por Gonçalves e Bazzarella (2005).....	109
Tabela 4.5 – Dimensionamento do volume do reservatório da mistura de água da chuva mais água cinza para o prédio estudado.....	110
Tabela 4.6 – Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o caso proposto.....	115
Tabela 4.7 – Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o caso proposto.....	116
Tabela 4.8 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva sem considerar taxas.....	117
Tabela 4.9 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva considerando taxas.....	118
Tabela 4.10 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno sem considerar juros.....	120
Tabela 4.11 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno considerando juros.....	121

Tabela 4.12 – Benefícios e custos do sistema sem considerar juros.....	122
Tabela 4.13 – Benefícios e custos do sistema considerando juros.....	123
Tabela 4.14 – Custos de implantação do sistema de reúso das águas cinzas para o prédio proposto.....	126
Tabela 4.15 – Custos de manutenção e operação anuais do sistema de reúso das águas cinzas para o prédio proposto.....	129
Tabela 4.16 – Valor presente líquido do aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar taxas.....	130
Tabela 4.17 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas considerando taxas.....	131
Tabela 4.18 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno sem considerar juros.....	133
Tabela 4.19 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno considerando juros.....	134
Tabela 4.20 – Benefícios e custos do sistema sem considerar juros.....	135
Tabela 4.21 – Benefícios e custos do sistema considerando juros.....	136
Tabela 4.22 – Resumo dos indicadores de viabilidade econômica.....	136
Tabela 4.23 – Estratificação da população.....	138
Tabela 4.24 – Conhecimento da população acerca do aproveitamento de água da chuva.....	141
Tabela 4.25 – Conhecimento da população acerca do reúso das águas cinzas.	153

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Freqüência de manutenção dos itens do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	44
Quadro 2.2 – Exigências mínimas para uso da água não-potável conforme uso.....	69
Quadro 2.3 – Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.....	78
Quadro 3.1 – Codificação de amostragem.....	101

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Área
a.a.	ao ano
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C.	Antes de Cristo
Ac	Número máximo admissível de defeitos
AGERGS	Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul
<i>APHA</i>	<i>American Public Health Association</i>
Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AQRM	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico
<i>AWWA</i>	<i>American Water Works Association</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BR	Brasil
C*	Consumo de água não potável
C	Coeficiente de escoamento superficial ou <i>Runoff</i>
C	Custos dos sistemas de água da chuva e cinzas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
cv	Cavalo-motor
<i>DALY</i>	<i>Disability Adjusted Life Years</i>
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
DISME	Distrito de Meteorologia
DQO	Demanda química de oxigênio
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>EPA</i>	<i>US Environmental Protection Agency</i>
EPI	Equipamento de proteção individual
ETAC	Estação de tratamento de água cinza
ETE	Estação de tratamento de esgoto
EUA	Estados Unidos da América
<i>FAO</i>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
Fe	Ferro
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
hab	Habitantes
Hg	Mercúrio
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnologia de Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
m.c.a.	Metros de coluna de água
MLR	Máquina de lavar roupas
Mn	Manganês
MS	Ministério da Saúde
N	Nitrogênio

NBR	Norma Brasileira
NH <sub>3</sub>	Amônia
NMP	Número mais provável
NQA	Nível de qualidade aceitável
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
P1MC	Programa um milhão de cisternas
Pb	Chumbo
pH	Potencial de hidrogênio
PROCURAE	Programa de conservação, utilização de uso racional da água nas edificações
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PT/L	Platina por litro
PURAE	Programa de conservação e uso racional da água nas edificações
PVC	Policloreto de vinila
RS	Rio Grande do Sul
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SINDUSCON/SM	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Santa Maria
SINDUSCON/SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo
t	Tempo
TIR	Taxa interna de retorno
TJLP	Taxa de juros de longo prazo
TRC	Tempo de retorno de capital
<i>UASB</i>	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
uH	Unidade Hazen
<i>UNCHS</i>	<i>United Nations Centre for Human Settlements</i>
<i>UNEP</i>	<i>United Nations Environment Programme</i>
<i>uT</i>	<i>Unidade de turbidez</i>
UV	Ultravioleta
v	Volume da água de chuva aproveitável
V	Volume do reservatório
VPL	Valor Presente Líquido
<i>WHO</i>	<i>World Health Organization</i>
<i>WPCF</i>	<i>Water Pollution Control Facility</i>

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. Justificativa.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. Objetivos.....</b>	<b>20</b>
1.2.1. Objetivo geral.....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
<b>2. REVISÃO DA LITERTURA.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. A água na natureza.....</b>	<b>22</b>
2.1.1. Disponibilidade dos recursos hídricos.....	22
2.1.2. Usos da água.....	23
2.1.3. A escassez dos recursos hídricos.....	25
<b>2.2. Aproveitamento da água da chuva.....</b>	<b>26</b>
2.2.1. Histórico do aproveitamento de água da chuva.....	28
2.2.2. Normas e legislações que regem o aproveitamento de água da chuva.....	31
2.2.3. Qualidade da água da chuva.....	35
2.2.4. Sistemas de aproveitamento de água da chuva.....	38
2.2.5. Demanda de água não potável.....	44
2.2.6. Dimensionamento do reservatório de água da chuva.....	47
2.2.7. Coeficiente de escoamento superficial.....	48
2.2.8. Viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva.....	50
2.2.9. Viabilidade social do aproveitamento de água da chuva.....	55
<b>2.3. Reúso das águas cinzas.....</b>	<b>59</b>
2.3.1. Histórico do reúso das águas cinzas.....	61
2.3.2. Riscos não potáveis para as águas cinzas.....	62
2.3.3. Normas e legislações que regem o reúso das águas cinzas.....	64
2.3.4. Qualidade das águas cinzas.....	66
2.3.5. Formas de reúso das águas cinzas.....	69
2.3.6. Tipos de reúso.....	71
2.3.7. Sistemas de reúso das águas cinzas.....	71
2.3.8. Quantificação das águas cinzas.....	73
2.3.9. Tratamento das águas cinzas.....	76
2.3.10. Viabilidade técnica do reúso das águas cinzas.....	81
2.3.11. Viabilidade econômica do reúso das águas cinzas.....	82
2.3.12. Viabilidade social do reúso das águas cinzas.....	83
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>85</b>
<b>3.1. Área de estudo.....</b>	<b>85</b>
<b>3.2. Viabilidade técnica .....</b>	<b>86</b>
3.2.1. Análise da oferta pluviométrica em Santa Maria.....	86
3.2.2. Quantificação da demanda de água não potável.....	87
3.2.3. Dimensionamento do reservatório de água da chuva.....	90
3.2.4. Dimensionamento do reservatório de águas cinzas.....	91
3.2.5. Dimensionamento da estação de tratamento de águas cinzas.....	92
<b>3.3. Viabilidade econômica.....</b>	<b>93</b>
3.3.1. Valor presente líquido (VPL).....	95
3.3.2. <i>Payback</i> ou tempo de retorno de capital (TRC).....	96
3.3.3. Taxa interna de retorno (TIR).....	96
3.3.4. Relação benefício/custo (b/c).....	96
<b>3.4. Viabilidade social.....</b>	<b>99</b>



3.4.1. Elaboração do questionário.....	99
3.4.2. Determinação do tamanho da amostra.....	99
3.4.3. Aplicação dos questionários.....	103
3.4.4. Análise e tabulação dos dados.....	104
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>105</b>
<b>4.1. Viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva .....</b>	<b>105</b>
4.1.1. Dimensionamento do reservatório de água da chuva.....	105
<b>4.2. Viabilidade técnica do reúso das águas cinzas.....</b>	<b>108</b>
4.2.1. Dimensionamento do reservatório de água da chuva misturada às águas cinzas.....	108
<b>4.3. Viabilidade econômica do aproveitamento da água de chuva.....</b>	<b>110</b>
4.3.1. Economia gerada pelo sistema de aproveitamento da água de chuva.....	110
4.3.2. Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	111
4.3.3. Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	116
4.3.4. Valor presente líquido (VPL) do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	116
4.3.5. <i>Payback</i> ou tempo de retorno de capital (TRC) do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	118
4.3.6. Taxa interna de retorno (TIR) do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	120
4.3.7. Relação benefício custo (b/c) do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	121
<b>4.4. Viabilidade econômica do aproveitamento da água de chuva misturada às águas cinzas.....</b>	<b>123</b>
4.4.1. Economia gerada pelo sistema de aproveitamento da água de chuva misturada às águas cinzas.....	123
4.4.2. Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	125
4.4.3. Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	128
4.4.4. Valor presente líquido (VPL) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	129
4.4.5. <i>Payback</i> ou tempo de retorno de capital (TRC) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	131
4.4.6. Taxa interna de retorno (TIR) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	133
4.4.7. Relação benefício custo (b/c) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas.....	134
<b>4.5. Viabilidade social.....</b>	<b>137</b>
4.5.1. Viabilidade social do aproveitamento da água da chuva.....	138
4.5.2. Viabilidade social do reúso das águas cinzas.....	151
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>163</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>167</b>
<b>7. APÊNDICES.....</b>	<b>182</b>
<b>7.1. Apêndice A – Dimensionamento da ETAC (estação de tratamento de águas cinzas).....</b>	<b>183</b>
<b>7.2. Apêndice B – Questionário de entrevista.....</b>	<b>190</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Direito de todos, sendo um bem universal, a água é um dos elementos mais preciosos e importantes da natureza, sem a qual não existiria vida sobre a Terra. Ela constitui boa parte dos organismos, além de ter a função de regular a temperatura e diluir substâncias e poluentes, dentre outras tantas.

Diferentemente de muitos países, principalmente do Oriente Médio e Continente Africano, nos quais ocorrem guerras em função da água, a maior parte do Brasil, com exceção da região nordeste, possui abundância de reservas hídricas. Este fato, durante muitos anos, levou a crer que a água nunca faltaria. Porém, devido principalmente à má gestão dos recursos hídricos e conseqüente poluição dos mesmos, nos dias atuais se discutem alternativas para os diversos tipos de consumo da água.

Dentre estas alternativas, tendo em vista a sustentabilidade ambiental, se encontram o reúso das águas cinzas e o aproveitamento de água da chuva, importante elemento do ciclo hidrológico. O que reforçam estas alternativas são os custos cada vez maiores de exploração e tratamento da água, uma vez que a maior parte da mesma é salgada ou de difícil acesso e inviabilidade técnica e econômica de extração, tais como geleiras ou águas muito profundas.

Outro fato que vem de encontro ao aproveitamento de fontes alternativas de água são os diversos fins com que a água é consumida. O abastecimento humano requer atendimento aos padrões de potabilidade, o uso agrícola demanda grande volume de água, o uso na refrigeração industrial requer água que não traga prejuízo para as tubulações, podendo se dar um tratamento preliminar para a água da chuva. Porém, a água cujos usos são de contato secundário, isto é, atividades em que a possibilidade de ingestão de volume apreciável de água é baixa, como recreação, lazer, rega de jardins, lavagem de veículos e calçadas e para uso em bacias sanitárias não requerem qualidade superior, podendo ser oriunda da chuva ou do reúso das águas cinzas.

Considerando o exposto acima, muitos países africanos vêm aproveitando a água da chuva há muitos anos, bem como alguns países desenvolvidos, como é o caso da Alemanha ou Japão, por exemplo.

A região nordeste do Brasil, principalmente o semi-árido nordestino, também faz uso desta prática. As demais regiões do país, apesar da aparente abundância, porém devido aos altos índices de poluição e visando a promoção do meio ambiente, também estão voltando atenções para o aproveitamento de água da chuva. Para tanto, várias cidades brasileiras, como é o caso de Santo André, São Paulo, Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Santa Maria, dentre outras, possuem legislações que incentivam ou obrigam o aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis.

Tão importante quanto à quantidade, é a qualidade da água aproveitada a ser analisada. Para isso, existem legislações no país que permitem comparar as amostras com os padrões contidos nelas, sugeridos para cada uso. Como exemplo pode-se citar a Portaria nº2.914 do Ministério da Saúde e as Resoluções 274 e 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

A viabilidade técnica de qualquer sistema passa pelo dimensionamento dos itens que o compõe, a saber, área de captação, caixas de inspeção, calhas e condutores horizontais e verticais, dispositivos para o descarte da água de escoamento inicial, reservatórios, sistemas de bombeamento, instalações prediais, dispositivos de descarte de detritos e dispositivos de desinfecção, além da manutenção destes itens. Outro quesito a ser analisado quanto à viabilidade técnica do sistema concerne na quantificação da demanda de água não potável, que deve ser feita considerando os usos que se pretende dar para a mesma. Não menos relevante está o levantamento da oferta do volume de água da chuva aproveitável, que depende, dentre outros, da área de captação e do regime pluviométrico.

Um fator determinante para a estimativa do efetivo volume de chuva disponível para ser aproveitado é o coeficiente de escoamento superficial. De posse de todas as informações em tela, pode-se dimensionar os reservatórios de aproveitamento de água da chuva e de águas cinzas, que são os elementos mais onerosos e importantes do sistema, pois o dimensionamento incorreto do seu volume pode inviabilizar todo o sistema.

Porém, de nada adianta um bom dimensionamento, sem que os usuários finais conheçam e aceitem os sistemas e que estes se paguem ao longo de um período pré-definido, sendo indispensável além da viabilidade técnica, também a econômica e social dos sistemas de aproveitamento das fontes alternativas de água.

## **1.1. Justificativa**

Santa Maria é uma cidade universitária, possuindo sete instituições entre Universidades e Centros Universitários, tanto particulares como pública. Camobi é um bairro típico da cidade, abrigando a Universidade Federal de Santa Maria.

A disponibilidade de chuva não é um problema em Santa Maria. O município dispõe de uma pluviometria com média anual de 1812,65 mm bem distribuídos ao longo do ano, o que será discutido no item 3.2.1. No entanto, tem-se debatido a questão da sustentabilidade, urgindo a necessidade de um consumo responsável da água.

Diante do cenário exposto, torna-se imprescindível a busca por fontes alternativas de água, sendo as principais o aproveitamento da água da chuva e o reúso das águas cinzas.

Para tanto, o tema carece de maior aprofundamento no que tange às questões de viabilidade técnica, econômica e social do sistema como um todo. É com este propósito que se justifica esta pesquisa.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho versa sobre o estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água da chuva e reúso das águas cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria/RS.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Como objetivos específicos desta pesquisa, podem-se citar:

- Estudo da viabilidade técnica do reúso das águas cinzas e aproveitamento de água da chuva, através do dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação, levantamento da oferta de chuva aproveitável, considerando a pluviometria de Santa Maria e quantificação da demanda de uso não potável;

- Estudo da viabilidade econômica, por meio da estimativa dos custos de instalação, operação e manutenção dos itens que compõe o sistema de aproveitamento de água da chuva e de reúso das águas cinzas, em contraponto à economia gerada e o tempo de retorno do investimento;
- Estudo da viabilidade social, no que tange à aceitabilidade por parte da população, valendo-se de entrevistas com a aplicação de um questionário.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

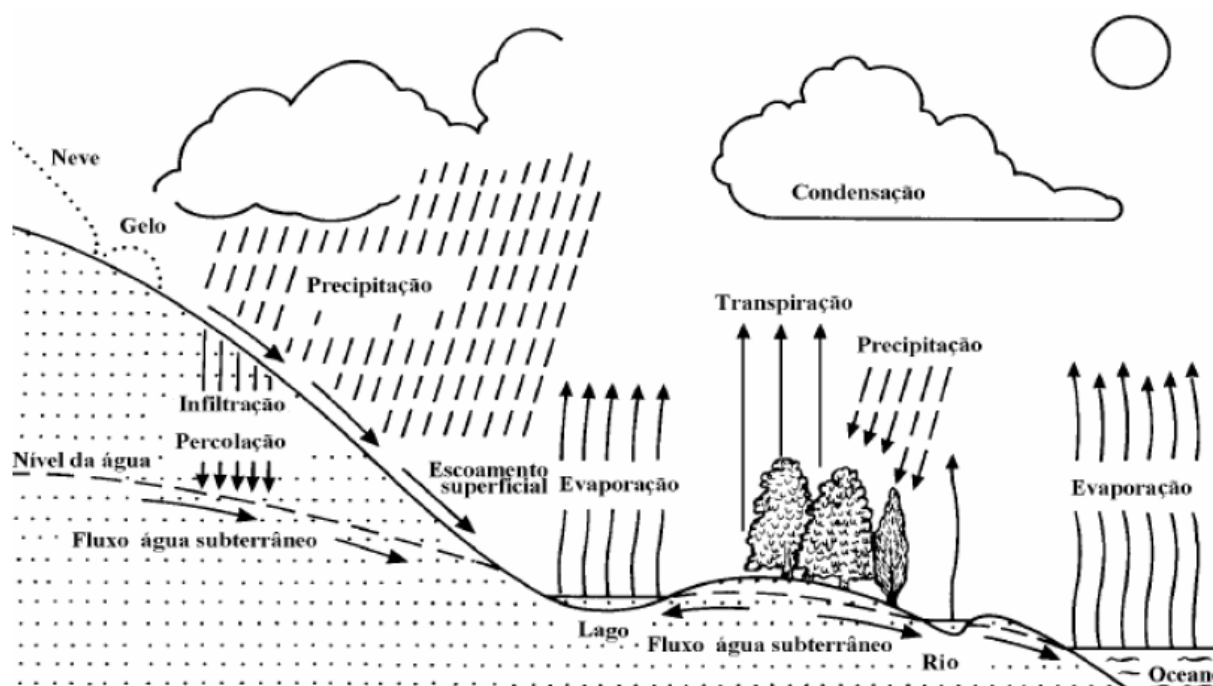
### 2.1. A água na natureza

#### 2.1.1. Disponibilidade dos recursos hídricos

São vários os estados em que se pode encontrar água, desde sólido, na forma de gelo, nas geleiras, passando por vapor, na atmosfera e chegando a água no estado líquido, quer seja doce ou salgada, subterrânea ou na superfície, encontrada principalmente nos lagos, rios, oceanos e aquíferos.

De acordo com Domingos et al. (2005), a nível mundial, 65% da água doce é consumida pela agricultura, 25% pelo setor industrial e 10% para fins urbanos.

O ciclo hidrológico, representado na Figura 2.1, representa a transformação da água nos seus vários estados físicos e a continuação e conservação da mesma, através principalmente da evapotranspiração e precipitação.



**Figura 2.1 – Ciclo hidrológico**

Fonte: Tucci (2001)

Segundo a Declaração Universal dos Direitos da Água, redigida pela ONU (ONU, 1992), o equilíbrio e o futuro do planeta Terra dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando

normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

Estima-se que o volume aproximado de água na Terra é de 1.360.000.000 km<sup>3</sup>. Três quartos da superfície da Terra são recobertos por água. Ela representa 70% da superfície da Terra, mas a maior parte se encontra nos oceanos. Da água do planeta, 97,2% é salgada, só 2,8% é água doce, vide Figura 2.2, mas parte dela se encontra inacessível, em forma de calotas de gelo e glaciares situados em zonas polares distantes das populações. Em suma, somente pode-se contar com 1% da água do planeta, considerando que parte se encontra em forma de vapor d'água ou no subsolo, com difícil acesso ou é parte integrante dos organismos vivos.



**Figura 2.2 – Distribuição do suprimento de água no planeta**

Fonte: Fetter (1994).

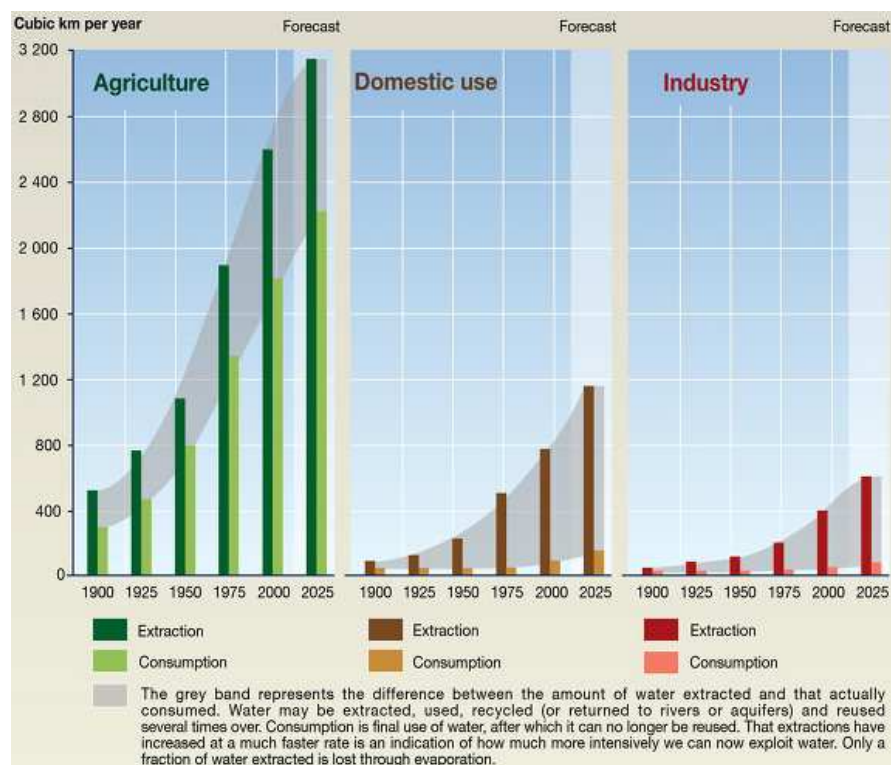
A maior reserva de água doce do mundo encontra-se no Brasil, sendo que a maior parte desta água é encontrada em regiões pouco densas, caso da Amazônia. Em outras regiões, observa-se uma menor quantidade de água disponível para uma maior população. Na Bacia Amazônica encontra-se 73% da água do Brasil para uma população de 5% de brasileiros, enquanto que em muitas regiões do Nordeste a água encanada é escassa, de acordo com DIAS et al. (2006).

### 2.1.2. Usos da água

A água na natureza é consumida de diversas maneiras. De acordo com Von Sperling (2005), dentre seus usos mais freqüentes estão os consumos:

- Abastecimento doméstico;
- Abastecimento industrial;
- Irrigação;
- Dessedentação de animais;
- Geração de energia elétrica;
- Recreação e lazer;
- Outros.

A Figura 2.3 demonstra a diferença entre as quantidades de água extraída e consumida no mundo, nos diversos usos.



**Figura 2.3 – Diferença entre as quantidades de água extraída e consumida.**

Fonte: Shiklomanov (1999).

A Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, de 17 de março de 2005 (alterada pela Resolução nº 397, de 03 de abril de 2008), que regulamenta as classes de uso e de qualidade de água dos rios e outros corpos de água, define classes de acordo com os usos da mesma e a qualidade mínima da água para cada uso. Segundo ela, as águas doces são classificadas em cinco grupos.

A classe especial contempla as águas destinadas ao abastecimento para o consumo humano, com desinfecção simples, se prestando também para o equilíbrio



das comunidades aquáticas e para a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

A classe 1 são as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

Já a classe 2 engloba águas que podem servir ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aqüicultura e atividade de pesca.

A classe 3 abrange as águas que podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento convencional ou avançado, servir à irrigação de culturas arbóreas ou cereais e à dessedentação de animais.

Por fim, na classe 4 estão as águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

### 2.1.3. A escassez dos recursos hídricos

“A água não é uma doação gratuita da natureza, ela tem um valor econômico. Precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.” (ONU, 1992).

A escassez da água é em grande parte devida ao manejo dado aos recursos hídricos pela maioria dos países. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2008), o consumo de água tem crescido mais que duas vezes a taxa de crescimento da população no último século e a previsão para o ano de 2025 é que cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água e dois terços da população mundial enfrentará dificuldades relacionadas à disponibilidade de água.

De acordo com Hagemann (2009), a escassez de água também é consequência do aumento populacional, do desperdício e das atividades poluidoras.

O problema da diminuição das reservas hídricas tem gerado preocupação e incentivado o racionamento e a busca de soluções alternativas para a falta de água. Entre as fontes alternativas mais estudadas estão o aproveitamento da água da chuva e o reúso das águas servidas.

Um levantamento da ONU aponta duas sugestões básicas para diminuir a escassez de água: aumentar a sua disponibilidade e utilizá-la mais eficazmente. Para aumentar a disponibilidade, uma das alternativas seria o aproveitamento das geleiras; a outra seria a dessalinização da água do mar.

Muitas atividades desenvolvidas pelos homens corroboram para o cenário de escassez da água. Além da contaminação do ambiente aquático, não se pode esquecer dos ambientes atmosférico e terrestre. Quando a água evapora, entrando em contato com uma atmosfera poluída, seu retorno sob a forma de chuva pode vir contaminada. Ao precipitar sobre um solo eventualmente poluído, infiltrando neste ou escoando, o mesmo poderá ocorrer. Apesar de a quantidade de água não variar, sua qualidade varia e muito. Desta maneira, além de consumir água com responsabilidade, deve-se preservar todo o ciclo hidrológico.

Conforme Jaques (2005), o crescimento populacional, os grandes aglomerados urbanos, a industrialização e a falta de consciência ambiental, através da poluição de potenciais mananciais de captação superficial, fazem com que a água torne-se a cada dia um bem mais escasso e conseqüentemente mais precioso.

A água potável que sai das torneiras das residências é utilizada, muitas vezes, para a lavagem de calçadas e carros. Além da água em si desperdiçada, pode-se ainda citar os custos para a captação da mesma, adução, tratamento, desinfecção, reservação e distribuição, além da infra-estrutura e recursos humanos envolvidos e o consumo de energia despendidos em todas estas etapas. Esta água possui qualidade superior ao uso ao qual está sendo destinada, sendo as águas da chuva e cinzas alternativas para estes usos não potáveis.

## **2.2. Aproveitamento da água da chuva**

Seeger (2008) estudou a eficiência do sistema de aproveitamento das águas pluviais na região central do Rio Grande do Sul e seu potencial para fins não potáveis. Os usos e demandas foram escolhidos determinando-se a eficiência do

sistema, com a utilização de diferentes áreas de captação e volumes de reservatórios.

A metodologia proposta possibilitou a visualização gráfica da eficiência a ser obtida nos sistemas de aproveitamento para determinada área de captação, volume de reservatório e demanda e permitiu verificar as dimensões a serem projetadas em termos de área de captação e volume de armazenamento, conhecida a demanda, para se conseguir determinada eficiência. Os critérios apresentados mostraram-se adequados resultando em eficiências satisfatórias ao atendimento parcial das demandas para fins não potáveis.

Segundo a autora, a distribuição das precipitações no Estado tem um perfil uniforme que se mantém durante todo o ano e o número de dias consecutivos sem chuva na região é bastante inferior a outros locais do Brasil, garantindo que o aproveitamento de água pluvial abastecerá o reservatório praticamente durante todo o ano, o que viabiliza a implantação de sistemas de aproveitamento.

Também foram identificados os volumes de armazenamento baseado no dimensionamento através da análise estatística dos períodos de seca (KOBİYAMA e HANSEN, 2002), selecionando postos pluviométricos com pelo menos 40 anos de registros históricos e avaliando a série de forma a identificar o número máximo de dias consecutivos sem chuvas em cada ano.

De acordo com Kobiyama e Hansen (2002), os dias com menos de 1,0 mm de precipitação foram considerados sem chuva. Posteriormente, foi ajustada a distribuição estatística de Gumbel aos dados e selecionados o número máximo de dias secos para os tempos de retorno de 3 anos (utilizado por Kobiyama e Hansen, 2002). O dimensionamento do volume do reservatório equivale ao produto do número de dias sem chuva para o tempo de retorno selecionado pela demanda diária necessária.

Kobiyama et al. (2005 e 2007) apresentaram as vantagens e desvantagens do aproveitamento da água da chuva em relação aos aspectos econômicos, sociais e ambientais:

- Vantagens ambientais: Preservação dos recursos hídricos, principalmente dos mananciais superficiais e contribuição na contenção de enxurradas que provocam alagamentos e enchentes;
- Desvantagens ambientais: Nenhuma;

- Vantagens econômicas: Redução do gasto mensal com água e esgoto, aumento da renda familiar mensal, após retorno do investimento inicial e garantia da qualidade de vida pela certeza da não falta de água e seus inconvenientes;
- Desvantagens econômicas: Dependendo da tecnologia empregada, pode ter alto custo inicial e pode aumentar o gasto com energia elétrica;
- Vantagens sociais: Melhora da imagem perante a sociedade, órgãos ambientais, etc.;
- Desvantagens sociais: Nenhuma.

Sari et al. (2010) estudaram a eficiência de sistemas de aproveitamento pluvial para 30 estações pluviométricas de 16 municípios do Rio Grande do Sul, considerando volume do reservatório, área de captação e demanda.

Foram admitidos usos não potáveis em indústrias de bebidas, bacias sanitárias de residências uni e multifamiliares e lavagem de veículos em postos de combustíveis. As autoras verificaram que existe um crescimento das eficiências em função do aumento do volume de armazenamento (considerando-se a área constante) e em função do aumento da área de captação (considerando-se o volume constante). Porém, a variação da eficiência diminuiu com o aumento da área para um volume constante.

Ainda segundo as autoras, se for optado pela utilização de um volume de captação pequeno, de nada adianta prever uma área de captação grande, se momento de ocorrência da precipitação a água coletada facilmente preenche esse volume e o restante será descartado, sem aproveitamento ou se para dada área de coleta, utilizar-se volumes bastante elevados, onde é provável que muito raramente eles atingirão sua máxima capacidade e haverá desperdício de espaço físico e recursos financeiros.

### 2.2.1. Histórico do aproveitamento de água da chuva

Não é de hoje que a água da chuva vem sendo captada e aproveitada. O homem faz uso da mesma desde os primórdios, com as finalidades de irrigação e consumo animal e humano.

Atualmente, com a concentração da população em centros urbanos e o conseqüente aumento da poluição, são necessários estudos mais precisos, com a finalidade de conhecer sua real viabilidade técnica, econômica e a aceitação por parte da população.

Existem relatos de inúmeros reservatórios escavados em rochas, para armazenamento de água da chuva para consumo humano. Alguns exemplos podem ser encontrados em Monturque, na Itália, na Península de Iucatã, no México e na fortaleza de Masada, em Israel.

Reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C, com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano, são encontrados na ilha de Creta (Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2011). O mesmo autor cita ainda o Palácio de Knossos, nesta ilha, onde em aproximadamente 2000 a.C. a água da chuva era aproveitada para descarga em bacias sanitárias e a Mesopotâmia, onde há 2.750 a.C também se utilizavam águas de chuva.

Na Europa, as vilas romanas eram cidades projetadas prevendo a utilização da água de chuva para consumo humano e uso doméstico, anterior a 2000 a.C. (Rainwater Harvesting and Utilision, 2002). Além disso, eram famosas as casas de banho na Roma Antiga.

César Justinian (527-565 a.C.) construiu um dos maiores reservatórios de aproveitamento de água da chuva do mundo durante seu governo, em Istambul, na Turquia, chamado de Yerebatan Sarayi, com 140 por 70m, comportando um volume de 80.000 m<sup>3</sup> (Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2003).

De acordo com TOMAZ (2003), se tem notícias do aproveitamento de água de chuva há mais de 2.000 anos, a qual tinha utilidade na irrigação, dessedentação de animais e abastecimento doméstico.

De acordo com Silva et al. (1988), nas regiões semi-áridas como Ásia ou norte da África, são encontrados muitos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Muitos países incentivam a construção de cisternas, como é o caso da Alemanha, Estados Unidos e Japão (Figura 2.4). “No Estado da Califórnia são oferecidos financiamentos para os interessados em colocar sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva nas suas residências. Em Hamburgo tal incentivo é oferecido gratuitamente também com o objetivo de conter picos de enchente, irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias entre outros fins não potáveis” (JAQUES, 2005).



**Figura 2.4 – Ginásio de Sumo em Nagoya, Japão.**

Fonte: Murase (2003).

Rowe (2011) cita que em Bermudas a coleta de água da chuva é obrigatória, sendo a principal fonte para o abastecimento doméstico. O regime pluviométrico é bem distribuído ao longo do ano, com média anual de 1458 mm, sem estações secas e úmidas, contribuindo para a redução do volume dos tanques de armazenamento de água da chuva. O aproveitamento desta água foi pensado para fins potáveis, sendo legal o uso da água de chuva para a pia da cozinha sem qualquer tratamento. Um modelo de planilha foi desenvolvido para simular os níveis de armazenamento das cisternas para várias combinações de áreas de captação, capacidade da cisterna e demanda, com entrada de dados diários de precipitação para um período de estudo de cerca de três anos, considerando um grande período de seca. Concluiu-se que muitos tanques de armazenamento de água de chuva são maiores do que o necessário, demonstrando desequilíbrio entre oferta e demanda.

Em grande parte do Brasil, o aproveitamento de água da chuva não é tão difundido devido à abundância de água. No entanto, no nordeste brasileiro, devido ao problema da escassez, está em andamento o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que é uma das ações do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido. O objetivo do P1MC é beneficiar aproximadamente cinco milhões de pessoas em toda região semiárida com água potável para beber e cozinhar, através de cisternas. Juntas, elas formam uma infraestrutura descentralizada de abastecimento, com capacidade para 16 bilhões de litros de água. Desde que surgiu, em 2003, até os dias de hoje, o P1MC construiu mais de 300 mil cisternas, que pode ser vista na Figura 2.5, beneficiando mais de 1,5 milhões de pessoas.



**Figura 2.5 – Cisterna do Programa P1MC**

Fonte: Asabrazil (2011).

Na cidade de Santa Maria, o Royal Plaza Shopping, desde o início de sua operação, possui em sua estrutura uma cisterna com capacidade de 80.000 litros, que se localiza no subsolo do mesmo. A água recolhida do terraço passa por um processo de sedimentação e depois é bombeada para os sanitários, nos três pavimentos de lojas.

Além disso, os vasos sanitários contam com 2 botões de descarga, um para resíduos líquidos, que utiliza 3 litros de água a cada descarga e o outro para sólidos, utilizando 6 litros, o que representa uma economia de até 30% no consumo de água em relação ao modelo tradicional, que utilizaria 12 litros de água a cada descarga.

#### 2.2.2. Normas e legislações que regem o aproveitamento de água da chuva

Embora muitos usuários já se utilizem dos benefícios da água da chuva, quer seja para economizar na fatura de água da concessionária pública, quer seja para promover a sustentabilidade ambiental, ou mesmo apenas visando o marketing, recentemente, no Brasil, algumas cidades estão pondo em prática legislações que incentivam ou tornam obrigatória a captação de água da chuva.

Em algumas cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba o armazenamento de água da chuva é previsto em lei e tem sido usado com o objetivo de retardar o escoamento superficial. A retenção das águas pluviais contribui para o

controle de inundações, que ocorrem quando há precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas (HAGEMANN, 2009).

Este é o caso da cidade de São Paulo, que com a Lei 13.276, de 2002, tornou obrigatória a construção de reservatórios para armazenar as águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos, em lotes edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Após uma hora de chuva, a água interceptada pelo reservatório pode infiltrar no solo, ser lançada na rede pública ou conduzida para outro reservatório para ser utilizada em fins não potáveis. A lei ainda traz uma equação para cálculo do volume do reservatório e estabelece a área permeável mínima a ser mantida em cada lote.

No município de Curitiba, a Lei 10.785, de 18 de setembro de 2003, criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA), que tem como algumas de suas metas instituir medidas de conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Essa lei cita a captação, armazenamento e utilização da água da chuva como uma fonte alternativa de água, para usos em atividades que não requeiram água tratada. Entre as ações de conservação e uso racional estão o projeto sustentável de novas edificações, o uso de aparelhos economizadores e de hidrômetros individuais. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção para novas edificações.

Porto Alegre está servida da Lei 10.506, de 05 de agosto de 2008, que instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas no município. A Lei cita que a água da chuva deve ser captada nas coberturas das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, com a finalidade de ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável. As águas dos lagos artificiais e chafarizes de parques, praças e jardins deverão ser oriundas de ações de reaproveitamento de água da chuva.

O Município de Santa Maria prevê no seu Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, como ocupação do solo, o índice verde de 18% *non aedificandi* obrigatório para todos os lotes. Não suficiente, ainda assim, em 13 de novembro de 2007, foi criada a Lei Municipal Nº 5064, que cria no Município de Santa Maria, o Programa de Conservação, Utilização de Uso Racional da Água nas Edificações (PROCURAE) e dá outras providências. A referida Lei tem como objetivo instituir



medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água, por meio de conjunto de ações que propiciam a economia da mesma e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações. Ela cita como utilização de fontes alternativas um conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o sistema público de abastecimento, sendo que as disposições da mesma serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de construção de novas edificações.

O Programa prevê bacias sanitárias de volume reduzido de descarga e instalação de hidrômetros para medição individualizada do volume de água gasto por unidade nas edificações em condomínio. Segundo o mesmo, as ações de utilização de fontes alternativas compreendem:

- I. a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas;
- II. a captação e armazenamento e utilização de águas servidas.

Segundo o Programa, a água das chuvas deverá ser captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Por fim, as águas servidas deverão ser direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos.

Para que o PROCURAE em Santa Maria possa ser implantado de fato, entrou em vigência a Lei Complementar nº. 081, de 15 de junho de 2011, que altera o parágrafo 2º do artigo 250 da Lei Complementar nº 003, de 22 de janeiro de 2002 – Código de Posturas, que passa a ter a seguinte redação:

Art. 250. Nenhum prédio situado em via pública dotada de rede de água e esgoto poderá ser habitado sem que disponha destes serviços e que, também, seja provido de instalações sanitárias.

§ 2º Serão dotados de captação de água das chuvas nas coberturas e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada.

Em audiência no plenário da Câmara, o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Santa Maria (SINDUSCON-SM), embora não se declarando frontalmente contrário à modificação proposta, teme pelo impacto da medida nos custos da indústria da construção civil do município.

Durante a reunião, um dos participantes afirmou que, no caso específico de Santa Maria, a média mensal histórica de chuvas no município permitiria o abastecimento de uma cisterna de pouco menos de 10 metros cúbicos, suficiente para o consumo de uma família de cinco pessoas, durante 38 dias, deixando claro que o uso desta água coletada não incluiria o consumo humano.

São necessários, no entanto, estudos mais aprofundados acerca das viabilidades técnica, econômica e social do sistema. Percebe-se que os programas implementados por meio de Leis nas cidades brasileiras têm a redação dos textos semelhantes.

A Portaria n.º 2.914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

No capítulo IV, ela trata das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, que devem contar com responsável técnico e passar por processo de desinfecção ou cloração e serem submetidas a processo de filtração quando as águas forem provenientes de mananciais superficiais. Além disso, a rede de distribuição deve ser operada sempre com pressão positiva em toda sua extensão, competindo ao responsável pela operação do sistema notificar à autoridade de saúde pública e informar à população as situações que possam oferecer risco à saúde.

Em nível nacional, a NBR 15527/07 veio normalizar o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, se aplicando a usos em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado, tais como descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, ruas e pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Ela trata principalmente da concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva, calhas e condutores horizontais e verticais, reservatórios, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema de

aproveitamento de água da chuva, além de propor seis métodos de cálculos para dimensionamento de reservatórios.

### 2.2.3. Qualidade da água da chuva

A qualidade da água no geral e da água de chuva é relativa com o uso que se pretende dar para a mesma. Seus parâmetros de qualidade devem atender a diferentes requisitos para o uso em processos industriais, isenta de partículas em suspensão; para navegação, não sendo agressiva às estruturas ou para abastecimento humano, se enquadrando dentro dos padrões de potabilidade, por exemplo.

Em se tratando de qualidade da água, a Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000, a Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011 e a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, trazem subsídios para a avaliação da mesma. Somam-se a estas a NBR 15527 (ABNT, 2007), primeira norma específica para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A Resolução CONAMA n° 274 avalia nas categorias própria e imprópria as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário). Segundo a Resolução, as águas consideradas próprias são subdivididas em três categorias:

- Excelente: Para 80% ou mais de um conjunto de amostras de cada uma das cinco semanas anteriores, obtidas no mesmo local, conterem até 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococcus por 100 mililitros;
- Muito Boa: Para 80% ou mais de um conjunto de amostras de cada uma das cinco semanas anteriores, obtidas no mesmo local, conterem até 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococcus por 100 mililitros;
- Satisfatória: Para 80% ou mais de um conjunto de amostras de cada uma das cinco semanas anteriores, obtidas no mesmo local, conterem até 1000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococcus por 100 mililitros;

Quando mais de um indicador for utilizado, deve-se avaliar levando-se em conta o fator segurança, utilizando-se o critério mais restritivo. Os valores limitantes de enterococcus se aplicam para águas marinhas. Ainda de acordo com a Resolução CONAMA nº 274, as águas são consideradas impróprias quando, dentre outros, não atender ao que segue:

- Não atender aos critérios das águas próprias;
- Valor da última amostragem ser superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococcus por 100 mililitros;
- pH < 6,0 ou > 9,0 para águas doces, exceto se for condição natural.

Cabe salientar que a Resolução nº 274 recomenda que os métodos de amostragem e análise das águas devem estar de acordo com as normas do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO) ou do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCF)*.

De acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, água potável é aquela que atende ao padrão de potabilidade estabelecido e que não ofereça riscos à saúde e o padrão de potabilidade é o conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme tal Portaria.

Já segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), água não potável é a que não atende a Portaria nº 518 (atual 2.914) do Ministério da Saúde. Quando trata da qualidade da água, a Norma remete ao projetista a responsabilidade da definição dos padrões de qualidade, sempre se levando em conta a utilização prevista. A Norma recomenda que quando forem utilizados produtos nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado do reservatório de água da chuva e somente reconectado quando forem eliminados os riscos de contaminação, por meio de lavagem adequada da superfície.

A Resolução Conama nº 357 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. A partir dela, têm-se padrões de qualidade da água.

Com uma análise de amostras de água de chuva em São Paulo, May (2004) obteve a confirmação, através dos resultados das mesmas, que a água pluvial pode ser utilizada após desinfecção para o consumo não potável e que seu uso deve ser estimulado.

Annecchini (2005) relata que a água de chuva da atmosfera de Vitória é de boa qualidade. Porém, a ela tem sua qualidade piorada ao passar pela superfície de captação. Entretanto, quando a autora removeu os primeiros milímetros de chuva, a água apresentou qualidade compatível com usos não potáveis.

Jaques (2005) avaliou a qualidade físico-química e bacteriológica da água de chuva em Florianópolis, obtendo resultados que demonstram que os valores de cor, turbidez e coliformes fecais encontravam-se acima dos estabelecidos pela Portaria nº 518 (atual 2.914) do Ministério da Saúde, concluindo que a água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano, necessitando de tratamento adequado a fim de garantir o estabelecido na Portaria, podendo ser utilizada para irrigação de jardins, lavagem de calçadas e principalmente em descargas de vasos sanitários.

De acordo com Mierzwa et al. (2007), em geral, as águas pluviais apresentam qualidade elevada, sendo esta muito influenciada pelas condições locais, como proximidade às rodovias, presença de vegetação arbórea e atividades industriais, entre outras.

A cidade de João Pessoa também teve a água de chuva analisada. “As amostras coletadas para verificar a qualidade da água de chuva foram analisadas nos laboratórios da UFPB, constatando sua qualidade em finalidades não potáveis”. (BRAGA, 2008).

Em Santa Maria, Hagemann (2009) observou que a qualidade da água da chuva é alterada após sua passagem pela área de captação. Ela chega à conclusão que no estado bruto as águas pluviais podem ser utilizadas para fins não-potáveis, como recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, de plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, após o descarte de 2 mm iniciais.

Em Belo Horizonte, a água captada na região do Centro apresentou qualidade inferior àquela coletada na região da Pampulha para vários parâmetros, conclui Cardoso (2009). Segundo ele, uma das possíveis explicações para essa situação poderia ser a maior poluição, advinda de automóveis e ônibus, a qual a região central está submetida.

Nakada et al. (2012), em Rio Claro (SP), Guedes et al. (2012) em Florianópolis (SC) e Silva et al. (2012) em Itabira (MG) também estudaram a qualidade da água da chuva, apontando sua viabilidade.

Portanto, por meio das experiências supracitadas, nota-se que várias cidades brasileiras já tiveram a água da chuva analisada qualitativamente.

#### 2.2.4. Sistemas de aproveitamento de água da chuva

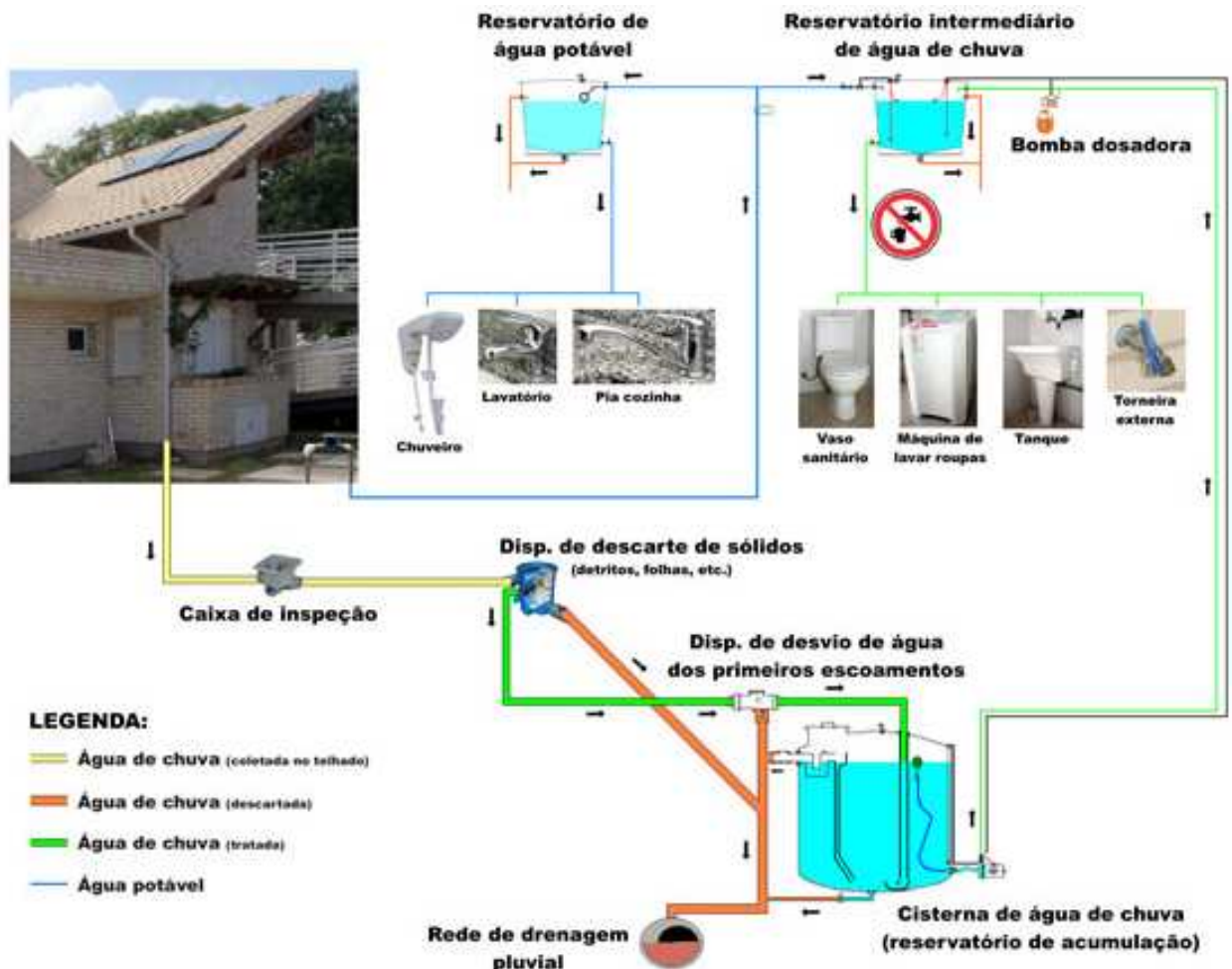
O aproveitamento de água da chuva é bem visto aos olhos da sustentabilidade ambiental. Seu sistema é composto por vários itens, desde a coleta até o armazenamento e distribuição.

Cabe destacar que o sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser mais ou menos complexo, levando-se em conta os usos mais ou menos nobres que se pretende dar para a água aproveitada, dependendo, portanto, da qualidade e conseqüentemente do tipo de tratamento despendido e da quantidade que se quer aproveitar.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) trata especificamente do aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas e para fins não potáveis. Para tanto, ela faz referência a outras normas, não menos importantes, a saber:

- Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 (atual 2.9 14, de 12 de dezembro de 2011), do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade;
- ABNT NBR 5626: 1998, Instalação predial de água fria;
- ABNT NBR 10844: 1989, Instalações prediais de águas pluviais;
- ABNT NBR 12213: 1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- ABNT NBR 12214: 1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12217: 1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

A concepção do projeto do sistema de aproveitamento de água da chuva, além de atender as normas vigentes, deve prever, dentre outros, área de captação, caixas de inspeção, calhas e condutores horizontais e verticais, dispositivos para o descarte da água de escoamento inicial, reservatórios, sistemas de bombeamento, instalações prediais, dispositivos de descarte de detritos e dispositivos de desinfecção, além da manutenção destes itens, como pode ser visto na Figura 2.6.



**Figura 2.6 – Esquema das instalações destinadas ao aproveitamento de água pluvial.**

Fonte: Eletrosul (2011).

### Área de captação

A NBR 15527 (ABNT, 2007) considera como área de captação aquela projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. A área de captação pode ser coberturas, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais, ou ainda passeios públicos.

## Caixas de inspeção

As caixas de inspeção devem estar posicionadas a cada troca de direção da tubulação ou distantes entre si da metragem dimensionada pelo projetista do sistema, com a finalidade de limpeza e inspeção, principalmente nas curvas, que é onde se depositam os objetos estranhos que entram no sistema, tais como sacolas plásticas, folhas e galhos, obstruindo a passagem da água.

## Calhas e condutores horizontais e verticais

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a Norma Brasileira de instalações prediais de águas pluviais, observando o período de retorno adotado e a vazão de projeto, que dependerá da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial e do regime pluviométrico local.

Devem ser previstos dispositivos para a remoção de detritos, tais como gradeamento e telamento, para reter materiais grosseiros, com a finalidade de os mesmos não adentrarem no sistema, comprometendo a qualidade da água e também de não obstruir a passagem da água, com a diminuição da seção da tubulação.

## Dispositivos para o descarte da água de escoamento inicial

A primeira chuva que precipita em cada evento é aquela que lava a cobertura ou área de captação, carreando consigo a maior parte das impurezas contidas nesta, como a fuligem oriunda dos canos de descarga dos automóveis e fezes de animais, por exemplo.

Para que esta água de qualidade inferior seja eliminada, é recomendado que se utilize no sistema de aproveitamento de água da chuva dispositivo para o descarte da água do escoamento inicial. Existem vários tipos de dispositivos industrializados, bem como maneiras artesanais de fabricá-lo. Os mecanismos automáticos são os mais indicados.

Vários autores já pesquisaram quantos milímetros de chuva inicial não devem ser captados, existindo um consenso na comunidade científica que este valor deve

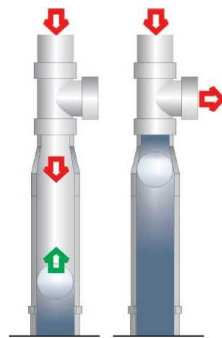


variar geralmente entre 1 e 2 milímetros, apesar de alguns autores, considerando suas particularidades, recomendar desde 0,5 a 3 mm.

Porém, isto dependerá muito do local de coleta e aproveitamento, sendo que o volume inicial a ser descartado depende se o local for em zona rural, com grande densidade florestal ou em um centro urbano densamente habitado ou industrial. Hagemann (2009) propôs o descarte da chuva inicial de 2 milímetros para o Bairro de Camobi, na cidade de Santa Maria/RS. A NBR 15527 recomenda que o projetista dimensione o dispositivo de descarte de água. Porém, na falta de dados, ela recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial. O ideal, no entanto, seria para cada caso analisar a qualidade da água da chuva e o tipo e estado do material da cobertura de captação, além do uso que se pretende dar para esta água.

O dispositivo de descarte desviará a parcela da chuva que se quer reter, armazenando-a num reservatório, para posterior descarte da mesma. Os modelos de dispositivos existentes são os mais variados.

Um exemplo consiste num tubo de PVC com volume conhecido, relacionado à área de captação, que quando completamente cheio, desvia o fluxo para o reservatório de armazenamento de água da chuva. Este mesmo tubo pode conter uma esfera, que sobe conforme o mesmo enche, bloqueando a entrada quando na parte superior do tubo, desviando assim o fluxo para o reservatório, conforme demonstra a Figura 2.7.



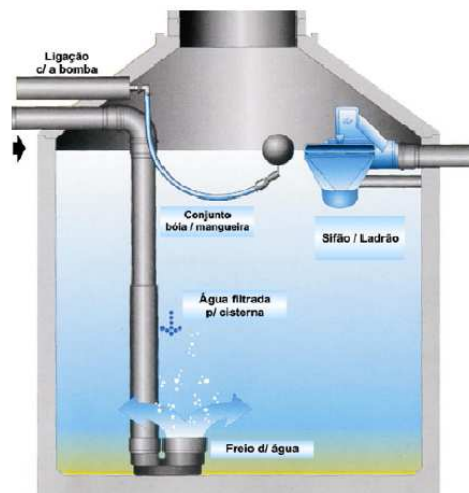
**Figura 2.7 – Dispositivo de descarte das primeiras águas escoadas da cobertura.**

Fonte: Prolife (2011).

Outro tipo de dispositivo pode ser construído com uma caixa de volume pré-determinado com uma torneira bóia, a qual, quando da caixa cheia, bloqueia a entrada desviando o fluxo.

## Reservatórios

Além de atender a NBR 12217, Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público, os reservatórios devem conter extravasor, para os períodos em que a entrada de água no sistema é maior que a demanda, a ponto de encher o reservatório, conforme é observado na Figura 2.8.



**Figura 2.8 – Reservatório de água de chuva.**

Fonte: Ecoracional (2011).

Além disso, deve ser prevista tampa de cobertura, para vedá-lo e impedir a entrada de insetos e outros poluentes e contaminantes, acesso e inspeção para limpeza e manutenção, ventilação, segurança e dispositivo de esgotamento.

A NBR 15527 orienta que, quando o reservatório for alimentado com outra fonte de suprimento de água, deverá possuir mecanismos que impeçam a conexão cruzada, que consiste em uma ligação que conecte duas ou mais tubulações, uma conduzindo água potável e a(s) outra(s) de qualidade desconhecida ou não potável.

De acordo com a referida Norma, os reservatórios ainda devem ser limpos e desinfetados pelo menos uma vez por ano com solução de hipoclorito de sódio, como recomenda a NBR 5626.

## Sistemas de bombeamento

O sistema de distribuição de água da chuva pode se dar somente por gravidade ou com auxílio de recalque por bombeamento, neste caso, atendendo a

ABNT NBR 12214 e observando as velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

### Instalações prediais

Nas instalações prediais de aproveitamento de água da chuva é de suma importância separar e identificar as tubulações de água potável e não potável, que devem ser independentes entre si e não permitir a conexão cruzada. Também devem ser identificados os pontos de consumo, como os reservatórios e torneiras, por exemplo.

“As instalações prediais devem atender à ABNT NBR 5626, quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações” (ABNT, 2007).

### Dispositivos de descarte de detritos

O gradeamento tem a função de reter as partículas maiores, antes que as mesmas adentrem no sistema de aproveitamento de água da chuva, tais como folhas, galhos e sacolas plásticas. Já os filtros removem partículas menores que as grades. Filtros e grades desempenham a importante tarefa de não permitir a entrada destes materiais no sistema, o que provocaria redução da qualidade da água, bem como o entupimento do mesmo. Um exemplo de filtro pode ser visto na Figura 2.9.



**Figura 2.9 – Filtro VF6 para até 1.500 m<sup>2</sup> de telhado e instalado em caixa metálica.**

Fonte: Ecoracional (2011).

## Dispositivos de desinfecção

A NBR 15527 faculta a instalação, junto à bomba centrífuga, de dosador automático de derivado clorado e deixa a critério do projetista a utilização de derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros para desinfecção da água de chuva.

## Manutenção dos itens do sistema de aproveitamento de água da chuva

A manutenção de todos os dos itens do sistema de aproveitamento de água da chuva é de vital importância para o correto funcionamento dos mesmos, além de preservar a qualidade desejada para a água. O Quadro 2.1 propõe uma frequência para a manutenção.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

**Quadro 2.1 – Frequência de manutenção dos itens do sistema de aproveitamento de água da chuva.**

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007).

### 2.2.5. Demanda de água não potável

A correta quantificação da demanda de água não potável, que será a entrada no sistema, é um dos fatores que determinará a garantia do abastecimento. Alguns métodos de dimensionamento de reservatório não levam em conta a entrada de água no sistema, como é o caso do Azevedo Neto, Prático Inglês e Prático Australiano, citados pela Norma NBR 15527, o que pode ocasionar um erro de dimensionamento do volume do reservatório.

Este levantamento da água a ser demandada vai depender dos usos que se pretende dar para a mesma. Pode-se usar a água de chuva sem tratamento para vasos sanitários e torneiras de jardim para a rega de gramados ou para a lavagem

de veículos, por exemplo. A água da chuva também pode ser tratada para ser utilizada para consumo que requeira água potável. A quantificação da demanda de água da chuva pode ser realizada considerando cada caso, *in loco*, considerando as perdas de cada aparelho nos pontos de consumo final e seus vazamentos, ou valendo-se de tabelas que estimam seu consumo.

As demandas também variam em relação ao tipo de consumidor de água, seja residencial, comercial, industrial ou público. Cada um destes consumidores utiliza a água não só em volumes diferentes, bem como regimes diferentes, considerando horários e dias úteis e não úteis.

Vários autores já fizeram levantamentos dos consumos de água dos aparelhos hidráulicos. Um dos autores mais citados é Tomaz (2011), que nas Tabelas 2.1 e 2.2, a seguir, estima o consumo de água residencial para usos internos e externos para os Estados Unidos, considerando a pressão nas instalações de 40 metros de coluna de água.

**Tabela 2.1 – Parâmetros de consumo residencial de água nos EUA – usos internos.**

Uso Interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais Provável
Gasto Mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3	5	4
Número de pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamentos bacias sanitárias	percentagem	0	30	9
Frequência de banho	banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz (2011).

**Tabela 2.2 – Parâmetros de consumo residencial de água nos EUA – usos externos.**

<b>Uso Externo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim 1/2 x 20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas por evaporação em piscinas	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Tomaz (2011).

Dependendo do uso que se pretende dar para a água, é mais ou menos viável o aproveitamento da água de chuva. Para usos industriais que não requerem potabilidade, na maioria dos casos a água em grandes volumes tem a função de refrigerar motores e tubulações. Outro fator que colabora neste caso são as grandes áreas de captação de chuva.

Melo e Netto (1988) apresentam na Tabela 2.3 o consumo proporcional de água para vários usos residenciais no Brasil.

**Tabela 2.3 – Consumo de água para usos residenciais no Brasil.**

<b>Usos</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>	<b>%</b>
Asseio pessoal	30 a 60	30
Bacia sanitária	30 a 60	30
Bebida	2	1 a 1,5
Cozinha	5 a 10	5 a 10
Lavagem de automóveis	2 a 4	1 a 2
Lavagem de roupas	10 a 20	5 a 10
Limpeza	10 a 20	5 a 10
Rega de jardim	1 a 3	2

Fonte: Adaptado de Melo e Netto (1988).

Levantamentos realizados em vários países, por diversos autores, revelam que os vasos sanitários são os principais vilões no quesito consumo de água, seguido das máquinas de lavar roupas. Além disso, de acordo com Anecchini (2005), o consumo de água em uma habitação tem relação direta com o clima, a

renda familiar, o número de habitantes na residência, a cultura e a gestão do sistema de abastecimento. A demanda residencial pela água difere, portanto, regionalmente e de acordo com o padrão de vida. “No estudo devem constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema”. (NBR 15527, 2007).

A NBR 15527 cita ainda que devem ser incluídos na concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto para tal.

#### 2.2.6. Dimensionamento do reservatório de água da chuva

Segundo a NBR 15527, o volume de água da chuva aproveitável pode ser calculado pela equação abaixo:

$$v = P \times A \times C \times n \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

v: volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P: precipitação média anual, mensal ou diária;

A: área de coleta;

C: coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

n: eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

A Norma ainda propõe no Anexo “A” seis métodos de cálculo para dimensionamento dos reservatórios de água da chuva, listados a seguir: Método de Rippl; Método da Simulação; Método Azevedo Neto; Método Prático Alemão; Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Existem outros métodos, além dos elencados acima pela NBR 15527, tais como o Método Monte Carlo, que gera séries sintéticas de chuva a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento à demanda, de acordo com Tomaz (2003).

Outro método, proposto para aproveitamento de água da chuva para fins industriais, é o de Mierzwa et al. (2007), baseado no balanço de vazões, e objetiva

aproveitar ao máximo a água da chuva nos períodos em que ela ocorre, visando ao dimensionamento que não resulte em reservatórios com grandes volumes e inviáveis economicamente.

O Método da Simulação se baseia na Equação 2 a seguir e suas variáveis serão detalhadas no item 3.2.3.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad \text{Equação 2}$$

Já o método prático inglês considera que o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros, é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

P: precipitação média anual, expressa em milímetros (mm);

A: área de coleta em projeção, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

#### 2.2.7. Coeficiente de escoamento superficial

A maioria dos métodos de dimensionamento de reservatório de água da chuva utilizam o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de deflúvio, ou ainda coeficiente de *runoff*. Este coeficiente é a relação do volume escoado superficialmente pelo volume total precipitado de chuva. Significa dizer que existem perdas devido às rugosidades dos diferentes tipos de materiais de cobertura por onde a água escoar.

Peters (2006) relaciona o coeficiente de escoamento, cujo símbolo é representado pela letra C, à evaporação e aos vazamentos nas tubulações que conduzem a água. A Tabela 2.4 apresenta coeficientes de escoamento superficial para diferentes materiais, pesquisada por diversos autores.



**Tabela 2.4 – Faixa do coeficiente Runoff para cada tipo de material por diferentes autores.**

Material	Faixa de C	Fonte
Telha cerâmica	0,80 - 0,90	Holkes e Fraiser apud Tomaz (2003)
	0,75 - 0,90	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
	0,56	Khan apud May (2004)
Teha metálica	0,70 - 0,90	Holkes e Fraiser apud Tomaz (2003)
	0,85	Khan apud May (2004)
Telha esmaltada	0,80 - 0,90	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Cobertura de PVC	0,94	Khan apud May (2004)
Betume	0,80 - 0,95	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan apud May (2004)
Pavimentos	0,40 - 0,90	Wilken apud Tomaz (2003)
	0,68	Khan apud May (2004)

Fonte: Peters (2006).

Hagemann (2009) também propõe na tabela 2.5 coeficientes de escoamento superficial para diversos materiais de cobertura. De acordo com Vaes et al. (1999 apud MAY, 2004), “a área da coleta é muito importante para o aproveitamento de água da chuva, porém, o coeficiente de *runoff* da água de chuva é influenciado por muitos parâmetros locais, que são difíceis de avaliar. Primeiramente tem-se que avaliar a projeção horizontal da superfície de contribuição. Os telhados que são projetados no sentido dominante do vento podem coletar maior quantidade de chuva do que aqueles projetados no sentido oposto”.

**Tabela 2.5 – Valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.**

Material da cobertura	Coeficiente de escoamento
Cerâmico	0,80 - 0,90
Cimento	0,62 - 0,69
Metálico	0,80 - 0,85
Corrugado de Metal	0,70 - 0,90
Aço Galvanizado	> 0,90
Vidro	0,60 - 0,90
Plástico	0,94
Asbesto	0,80 - 0,90
Telhados Verdes	0,27

Fonte: Adaptado de Hagemann (2009).

O coeficiente de escoamento superficial tem que ser preferencialmente inferido a partir da cobertura que se pretende utilizar. Porém, na falta de parâmetros,

utilizam-se tabelas, que associam os materiais a valores de C. Vários autores citam valores de C utilizados em diversos países, porém, é importante considerar os fatores vento e grau de inclinação do telhado, dentre outros.

#### 2.2.8. Viabilidade Econômica do aproveitamento de água da chuva

Para que um projeto tenha viabilidade integral, é importante que outras quatro viabilidades, citadas por Lemos et al. (2006), sejam atendidas plena e satisfatoriamente. São elas:

- Viabilidade Técnica: Uma técnica pode ser viável no que se refere a sua funcionalidade e possibilidade de ser construída;
- Viabilidade Financeira: Equivale a ser viável devido a seu baixo custo ou a possibilidade de retorno do investimento em um determinado prazo;
- Viabilidade Política: As leis, normas e fiscalização dos órgãos responsáveis pela implementação de um projeto devem permitir ou incentivar seu desenvolvimento;
- Viabilidade Social: A sociedade que irá usufruir da técnica deve aceitar e entender a mesma.

Atualmente, existem poucos relatos de captação da água da chuva para fins de reaproveitamento no Brasil, em vista da disponibilidade relativamente grande de outras fontes de abastecimento. (HAGEMANN, 2009).

Segundo Jaques (2005), as áreas urbanas sofrem com a falta de água para abastecimento em função da concentração populacional e impermeabilização do solo, favorecendo a formação de enchentes.

O sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser aplicado na lavagem de vasos sanitários, sistemas de ar-condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, a água de chuva pode ser utilizada para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial, entre outros. (JAQUES, 2005).

Segundo a NBR 15527, o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia. Também deve ser considerada a aceitação social do aproveitamento de água da chuva.

A questão custo benefício da implantação de um sistema de coleta e distribuição de água da chuva é retratada por Dias (2007). A autora expõe o que segue:

“Em projetos de engenharia, a identificação dos benefícios e custos começa pela definição da vida útil ou alcance de projeto... Os benefícios de um projeto abrangem todos os aumentos ou ganhos identificáveis, sejam em satisfação subjetiva, direta ou indireta, expressos em valores econômicos ou não... Os benefícios diretos estão constituídos pelos resultados imediatos do projeto, tal como as economias obtidas pelas empresas de saneamento com as reduções nos consumos de água. Os benefícios indiretos são proporcionados, de maneira não intencional, pelos resultados do projeto. Os benefícios tangíveis são aqueles que podem ser expressos em valores econômicos (e.g, a economia no consumo de água), enquanto os intangíveis são os que não admitem uma avaliação econômica direta (e.g, o interesse social, político e ambiental)... Diferentemente dos custos de investimento, que são fixos e incidem, normalmente, no início do projeto, os custos de exploração são variáveis e ocorrem em parcelas mensais, ou anuais, dependendo da escala de tempo utilizada na análise (mensal ou anual).”

Na cidade de Santa Maria, a construtora Icosaedro Construções fez a comparação entre dois empreendimentos de portes semelhantes construídos por ela, o Edifício Residencial Vesúvio, que não aproveita a água da chuva e o Edifício Residencial Chillan, que faz uso do aproveitamento da água da chuva. O início da implantação do sistema foi em setembro de 2004 e o custo para a implantação do mesmo, segundo a construtora, representou 0,48% do custo total da obra, tendo sido utilizados adicionalmente duas caixas d'água de fibra de vidro (reservatórios inferior e superior), tubulação independente para o recalque e distribuição da água da chuva, chaves-bóia automáticas, registros, um conjunto motor-bomba e dois pontos de consumo na garagem e no jardim para a limpeza. A comparação foi realizada de acordo com a análise das contas de água dos dois condomínios de janeiro a maio de 2007, período com baixos índices pluviométricos na cidade e a economia obtida no prédio que usa água da chuva em relação ao prédio que não utiliza foi de 12% no consumo de água potável da concessionária.

Muitos autores já estudaram a viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva em diferentes locais e períodos e considerando vários portes de empreendimentos, como é o caso de Giacchini e Andrade Filho (2006) e Silva (2007a), concluindo serem viáveis os empreendimentos.

Em uma residência de Ribeirão Preto, Siqueira Campos et al. (2003) levantaram o custo para os itens do sistema de aproveitamento de água da chuva, que são apresentados na Tabela 2.6. A demanda mensal total da residência foi estimada em 250L/dia.hab x 6 pessoas x 30 dias = 45.000 L ou 45 m<sup>3</sup>, cujo custo foi de R\$ 83,80 (preços fornecidos pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto). Com o abatimento de 10 m<sup>3</sup> proporcionado pelo aproveitamento da água pluvial, o valor mensal pago foi reduzido para R\$ 47,95, gerando uma economia mensal de R\$ 35,85, representando cerca de 43% do valor total pago anteriormente, o que resultará em um período de retorno igual a seis anos e nove meses, com juros de 1,0% ao mês. Neste valor já está inclusa a tarifa de esgoto, que é de 80% do valor da água consumida.

**Tabela 2.6 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (referência Março 2003).**

Elementos	Custo (R\$)
<b>Reservação e captação</b>	<b>3741,86</b>
Reservatório superior (1.000 litros)	251,00
Reservatório inferior (10.000 litros)	2.500,00
Bomba com 0,5 cv	200,00
Filtro volumétrico/freio d'água/conjunto de aspiração para a cisterna	682,00
Tubos, conexões e demais acessórios	108,86
<b>Sistema de descarga</b>	<b>477,00</b>
Reservatório Superior de 250 litros	107,00
Válvula solenóide de 25 mm	250,00
Tubos, conexões e demais acessórios	120,00
<b>Irrigação</b>	<b>300,00</b>
Tubos, conexões e demais acessórios	300,00
<b>Custo total do sistema</b>	<b>4518,86</b>

Fonte: Siqueira Campos et al. (2003).

Campos (2004) levantou a viabilidade econômica da construção de um sistema de aproveitamento de água da chuva em um edifício residencial na cidade

de São Carlos. “De acordo com levantamento da construtora, o custo total dos sistemas prediais hidráulicos sanitários é de R\$ 119.488, responsável por cerca de 4,1 % do custo total da obra. Deste valor, R\$ 18.960,96 refere-se ao custo da instalação do sistema predial de água pluvial. Com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, ter-se-á um acréscimo de R\$ 9.486,42 que corresponde a um aumento de aproximadamente 50,03% no total do sistema predial de água pluvial e 8,36% em todos os sistemas prediais hidráulicos sanitários. Do total do investimento necessário para a implantação de todo o empreendimento o aumento será de apenas 0,33%” (CAMPOS,2004).

O autor ainda pondera que o resultado obtido não pode ser considerado vantajoso do ponto de vista econômico, mas deve ser levada em conta a questão ambiental e o valor agregado com o sistema na hora da venda dos apartamentos.

Ferreira e Carvalho (2010) estudaram o aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis no Centro de Integração Lar Paraná, chegando ao custo total de implantação do sistema, composto de um reservatório enterrado de 310 L, um reservatório elevado de 5000 L e uma caixa de água para os banheiros de 3000 L, em R\$ 15.908,25 e período de retorno do investimento estimado em 9 anos e 8 meses.

Faresin (2006) calculou o custo aproximado do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para a Escola Paiol Grande, no Município de Erechim/RS, composto por calhas, condutores verticais, condutores horizontais, caixas de inspeção, dispositivo de retenção de partículas sólidas, dispositivo de autolimpeza, filtro de areia, cisterna de 10.000 litros, caixa d'água, sistema de bombeamento e distribuição aos pontos de consumo. “Tendo em vista que com a implantação do sistema o investimento será de aproximadamente R\$ 23.710,00, e a economia em água potável da concessionária será de aproximadamente 149,98 m<sup>3</sup> por mês x R\$ 3,12 o m<sup>3</sup>. Sendo economizado R\$ 467,94 por mês, então o retorno do investimento para a Escola se dará no prazo de 50 meses, 4 anos” (FARESIN, 2006).

Em Vitória, Anecchini (2005) chegou à conclusão de que a amortização do investimento em sistemas de aproveitamento de água da chuva ocorre de forma lenta, num período de 8 a 10 anos para o caso de residências unifamiliares, sobretudo devido ao baixo custo da água potável. Segundo a autora, a decisão de se construir um sistema de aproveitamento de água da chuva em edificações com pequena área de captação será mais em razão de garantir o futuro da

sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e reduzindo o pico das enchentes do que por questões econômicas.

Athayde Júnior et al. (2006) pesquisaram a viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais em edifícios residenciais de João Pessoa. Foram considerados os padrões de residências popular, médio e alto. Eles calcularam os indicadores econômicos valor presente líquido (VPL) e razão benefício/custo, ambos para uma vida útil do sistema de 20 anos e consideraram uma taxa de juros de 9% a.a. A conclusão foi que para o atual cenário de tarifas, o aproveitamento de águas pluviais no âmbito predial é alternativa economicamente inviável para os padrões popular e médio de residências. Para o padrão alto, em virtude do valor mais elevado de tarifa e de quantidade maiores de águas pluviais utilizadas, a alternativa é economicamente viável, com VPL variando de R\$ 9.000,00 a R\$ 10.000,00, razão benefício/custo variando de 2 a 5 e período de retorno variando de 2 a 5 anos. Por outro lado, para cenários futuros de valor de tarifa, o aproveitamento de águas pluviais em residências é alternativa economicamente viável, com VPL de até cerca de R\$ 75.000,00 para o padrão alto de residência e valor de tarifa de água equivalente ao quádruplo do atual.

“Reservatórios de acumulação com capacidade reduzida resultam em maiores razões benefício/custo, menores períodos de retorno e menores VPL, mostrando que nem sempre a alternativa mais viável é acumular o máximo possível de águas pluviais” (ATHAYDE JÚNIOR et al., 2006).

Ramos et al. (2006) avaliaram a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de águas de chuva para fins não potáveis em residências no estado do Espírito Santo e concluíram que para uma vida útil de 25 anos, a economia obtida não seria suficiente para recuperar o capital inicial investido. Seriam necessários 47,8 anos para se recuperar o investimento inicial. Apesar de ser uma alternativa positiva em termos ambientais e de apresentar economia financeira real, o sistema de aproveitamento de água de chuva analisado é economicamente inviável.

Em João Pessoa, Dias (2007) analisou a viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva em residências de padrões popular, médio e alto. Para o atual cenário de tarifas, custos de implantação, operação e manutenção do sistema, é economicamente inviável para os padrões popular e médio. Para o padrão alto, devido à demanda por água não potável e tarifa da água potável maiores, é viável.

“A literatura mostra que o período de retorno médio desses sistemas é de aproximadamente 10 anos” (CHILTON et al.,1999 apud SILVA, 2007a).

Pelos relatos supracitados, percebe-se que vários autores, em diferentes locais e considerando diferentes portes de empreendimentos, chegaram a conclusões diversas em relação à viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva, ora viável, ora inviável. Isto reforça a idéia de que, para cada caso, deve ser realizado um estudo no que concerne ao aproveitamento de águas pluviais, considerando os diferentes regimes pluviométricos, áreas de captação, demandas e eficiência do sistema como um todo, dentre outros.

#### 2.2.9. Viabilidade social do aproveitamento de água da chuva

A aceitação de algo pela sociedade pode ser aferida de diversas maneiras, tanto quantitativamente, como qualitativamente. Pesquisas quantitativas revelam números tais como quantidade ou porcentagem em relação ao universo levantado, muito embora este tipo de pesquisa limite as respostas dos pesquisados, diminuindo o seu discurso, de acordo com Lefèvre e Lefèvre (2005), que ainda citam que as questões fechadas não alcançariam todo o pensamento, mas somente uma adesão forçada a um pensamento preexistente. Pesquisas quanti e qualitativas não se anulam e são complementares.

Lemos et al. (2006) citaram um projeto para a construção do Residencial Serra Verde, com moradias para 77 famílias de baixa renda em Belo Horizonte. Dentre as medidas para os futuros moradores estavam a informatização, auxílio para aquisição de empregos através de economia solidária, construção de um galpão para coleta seletiva, reciclagem e compostagem de resíduos sólidos e a diminuição do consumo de água e dos gastos com a mesma.

Eles relatam a viabilidade social da economia de água, considerando a aceitabilidade, pelos futuros moradores, de técnicas que diminuem o consumo da mesma. Dentre estas, notou-se que as que tinham maior possibilidade de implantação e que foram, portanto, pesquisadas e definidas como propostas foram a medição individualizada, o aproveitamento da água de chuva com cisternas de placas, a instalação de equipamentos economizadores, tais como caixas de descarga e arejadores e o reúso de água após tratamento simplificado das águas

cinzas. Todas as técnicas elencadas acima foram aceitas com índices superiores a 90% dentre os moradores consultados.

Segundo UFMG (2007 apud CARDOSO, 2009), na região do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, os moradores beneficiados com a implantação de cisternas para o aproveitamento de água da chuva demonstraram grande satisfação em ter esta como fonte de abastecimento. Ela é utilizada principalmente para beber e cozinhar e, de acordo com alguns moradores, a sua qualidade de vida melhorou muito, uma vez que os casos de doenças tornaram-se menos freqüentes. Além disso, os moradores relatam que o sabor é mais agradável, já que não apresenta características salobras, como a das outras fontes. Ainda UFMG (2007 apud CARDOSO, 2009) relata que os proprietários das cisternas se sentem privilegiados, sendo que essa posse é, de certa maneira, uma demonstração de melhor condição sócio-financeira em relação às pessoas que não a possuem.

Segundo o autor, algumas razões pela resistência em utilizar a água de chuva poderiam ser o desconhecimento da sua qualidade, o não incentivo das administrações públicas, o custo de implantação de um sistema de captação e o trabalho gerado com o sistema de captação, dentre outros.

Ele ainda cita vários autores que pesquisaram qualitativamente o tema do saneamento, a exemplo do estudo sobre a percepção dos sujeitos quanto à sua condição sanitária, por Souza (2007), quanto à qualidade da água de consumo humano e suas implicações na saúde, proposto por Silva (2007b), quanto ao conhecimento sobre o saneamento, de autoria de Rubinger (2008) e sobre a percepção dos sujeitos, sobre o sistema de coleta seletiva de um município localizado no interior do estado de Minas Gerais, elaborado por Sampaio (2008).

O desenvolvimento de toda e qualquer pesquisa contempla algumas fases. São elas:

- Seleção e definição das amostras e seu tamanho

O número das amostras qualitativas, dependendo do seu grau de complexidade, limita-se às dificuldades técnicas e operacionais da realização da mesma. Cardoso (2009) cita ainda a questão da homogeneidade e heterogeneidade das amostras dentro de uma população. A primeira atinge maior população, podendo ser mais genérica. Já a segunda segrega a população em assuntos comuns, de



acordo com o objeto da pesquisa, sendo mais específica, tal como idade, gênero, grau de alfabetização, classe profissional,...;

- Coleta de dados

Os dados podem ser coletados a partir de reportagens, gravações de áudio e vídeo, da bibliografia especializada ou através de entrevistas individuais ou em grupos. Deve ser levado em conta o público atingido para a formulação do instrumento de coleta de dados, por exemplo, extrair informações voltadas ao público infantil por meio de desenhos ou figuras animadas.

O tipo e formatação do instrumento de coleta dos dados é peça fundamental para o sucesso da coleta, seja ele um questionário, algum tipo de mídia ou outro qualquer.

- Análise e tabulação dos resultados

Tão importante quanto às etapas anteriores, a análise e tabulação dos resultados têm peso fundamental para a pesquisa. Os resultados devem expressar a representatividade das amostras, sendo que qualquer descuido na manipulação e tratamento dos dados podem distorcer o resultado esperado ou a realidade.

Cabe ao pesquisador, considerando a complexidade e a representatividade que se deseja, a definição da seleção de amostras, o método de coleta de dados e o método da análise dos resultados.

As pesquisas podem conter questões estruturadas, mistas e não estruturadas. As primeiras têm uma seqüência lógica e induzem a resposta a uma das alternativas dadas, similar a uma caixa preta, ou *black box*. As segundas partem de um ponto definido, permitindo, porém, ao longo do desenvolvimento do assunto, que a população manifeste suas opiniões a respeito do tema, o que se costuma chamar de caixa cinza, ou *grey box*. Por fim, as últimas não seguem um roteiro determinado, possuindo um alto grau de influência dos pensamentos do entrevistado, parecendo com uma caixa aberta, ou branca, ou *white box*.

Em relação às pesquisas não estruturadas, há que se ter cuidado para não perder o foco, uma vez que podem surgir mais de uma idéia central em cada resposta.

Goldenberg (1997 apud CARDOSO, 2009) alerta para o grau de veracidade dos depoimentos, considerando a ocultação de detalhes ou a promoção pessoal.

Não existia na bibliografia uma análise qualitativa da aceitação, por parte da população, do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas, até a dissertação de mestrado de Cardoso (2009), que procurou responder a questionamentos como o interesse da população em utilizar água da chuva, as razões da não utilização e a utilização de mesma mediante incentivos governamentais.

Através de entrevistas individuais semi-estruturadas, e partindo de hipóteses pré-estabelecidas, ele elaborou questões, que abrangeram desde qualidade da água de chuva, passando por usos para a mesma e chegando à questão da percepção da população em relação às viabilidades técnica e econômica do sistema. Os resultados obtidos foram que seguem abaixo:

- De maneira geral, os sujeitos possuem consciência ambiental e sabem da necessidade de utilização de água potável de maneira racional;
- A possibilidade de utilização de água de chuva, para usos gerais que não exigem água potável foi admitida e considerada como sendo possível de ser realizada;
- O desconhecimento da população sobre os sistemas de aproveitamento de água de chuva foi verificado como sendo um fator impeditivo à sua implantação;
- No geral, para os entrevistados com escolaridade superior completa o custo de implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva não seria um empecilho à sua implantação. Já para os entrevistados com ensino fundamental incompleto, essa variável foi considerada um impedimento. Porém, com o incentivo financeiro essa possibilidade poderia se tornar uma realidade.

Braga e Ribeiro (2001 apud DIAS, 2007) listaram 13 opções para o gerenciamento da água como um todo, com vistas à minimização do

desabastecimento urbano para a cidade de Campina Grande, na Paraíba, a citar a captação de água da chuva, vasos sanitários com descarga de 6 litros, reúso de água residencial e industrial, controle de vazamentos na rede pública e na residência, medição individualizada de água em edificações multifamiliares, incentivo ao uso racional mediante legislação, cobrança, outorga e educação ambiental. Foram realizadas entrevistas com o poder público, usuários da água bruta e sociedade civil. Os resultados demonstraram que o aproveitamento de água da chuva ficou na nona colocação, sem considerar o setor industrial. Para este, o aproveitamento de água da chuva ficou na segunda colocação, juntamente com outras ações.

Dias (2007) desenvolveu uma pesquisa de campo para verificar o conhecimento da população com relação à utilização e aceitação da água de chuva. Ela estruturou um questionário e aplicou aos moradores dos bairros de João Pessoa. A determinação do número de amostras foi embasada nas normas NBR 5426 (ABNT, 1985a) - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos e NBR 5427 (ABNT, 1985b) - Guia de utilização da Norma 5426. Após isso, foi realizada a análise dos dados. Foi avaliada a aceitação da população pessoense com relação ao aproveitamento de água da chuva realizando-se 800 entrevistas, concluindo que 66,1% da população têm conhecimento sobre a água da chuva, dos quais 54,37% a utilizam. Caso tivessem conhecimento, esta porcentagem aumentaria para quase dois terços da população pessoense, demonstrando um alto nível de aceitação da opção.

### **2.3. Reúso das águas cinzas**

As fontes alternativas de água são consideradas as que não estão sob concessão de órgãos públicos, que não sofrem cobrança pelo uso ou que possuem composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias. Uma fonte alternativa de água é o reúso das águas chamadas cinzas, que são oriundas dos lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanque de lavar roupas e são caracterizadas pelo seu regime regular de fornecimento. O efluente da pia de cozinha não é considerada água cinza por muitos autores devido à presença de óleos, graxas e restos de alimentos. Já as águas ditas negras provém dos vasos sanitários e não serão objeto desta pesquisa.

Para usos que não requerem potabilidade ou que a qualidade da água pode ser inferior à potável, as águas cinzas surgem como uma alternativa ao desperdício daquela e para a conservação da mesma. Tais águas podem ser utilizadas para fins não potáveis nas residências, indústrias, agricultura e na recarga de aquíferos. Porém, não existe ainda no Brasil legislação que regule seu uso.

Além da viabilidade técnica do reúso das águas cinzas, é importante que se faça um estudo da viabilidade econômica e da aceitação da mesma pela população. Como o reúso ainda é incipiente no Brasil, não existe experiência no que concerne a licenciamento, operação e manutenção dos seus sistemas. A prática envolve assuntos relacionados com saúde pública, controle da poluição ambiental e procedimentos construtivos de edificações, a mercê de regulamentação no país. A Agenda 21 (1994), quando trata da gestão dos resíduos líquidos e sólidos, objetiva tornar operacional o uso das águas residuárias.

Os locais que sofrem com a falta de água, ou mesmo os que possuem demandas elevadas, possuem conflitos internos e discutem a questão quantitativa da água que deve ser destinada à agricultura, indústria e abastecimento humano. A escassez dos recursos hídricos, aliada à falta de controle sustentável do consumo, atrasa o desenvolvimento econômico e prejudica a qualidade de vida da população. Vindo de encontro ao exposto, as fontes alternativas de água, tais como as águas salobras ou o reúso das águas residuárias, podem ser empregadas para usos menos nobres, desde que viável.

De acordo com Hespanhol (2002), o uso de esgotos se constitui num importante elemento das políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos e uma política criteriosa de reúso transforma a problemática poluidora e agressiva dos esgotos em um recurso econômico e ambientalmente seguro.

“No caso de esgoto de essência essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação de jardins lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc” (ABNT, 1997). A Norma alerta para os usos de irrigação, nos quais as plantas podem se desenvolver intensamente, sugerindo uma remoção eficiente de fósforo no tratamento.

### 2.3.1. Histórico do reúso das águas cinzas

Os países que não possuem uma oferta satisfatória de água em quantidade ou qualidade, ou ainda com inviabilidade técnica e/ou econômica de captação, tratamento, reservação e distribuição admitem o reúso das águas servidas, o que não é o caso do Brasil.

A Namíbia trata esgoto doméstico para fins potáveis, coletando o mesmo em uma rede separada dos rejeitos industriais. O esgoto passa por grades, caixas de areia, decantadores primários e sistema de lodos ativados, seguidos de lagoas de maturação. Em outra etapa ele sofre pré-ozonização, coagulação-floculação em primeiro estágio, flotação com ar dissolvido, adsorção em carvão ativado em pó, coagulação-floculação em segundo estágio, sedimentação, filtros rápidos de areia, ozonização, remoção de ar e reciclagem de ozona, adsorção com carvão ativado granular, cloração ao *breakpoint*, correção de pH com cal e armazenamento da água potável em lençol freático, por longos períodos, conforme descreve Hespanhol (2002).

Já algumas cidades no Japão utilizam o reúso para fins não potáveis, operando com uma rede dupla de distribuição de água, uma delas abastecendo vasos sanitários, irrigação de jardins e resfriamento em indústrias.

Silva (2001) avaliou a viabilidade do uso das águas cinzas e concluíram tecnicamente que é viável a níveis domésticos, manifestando a necessidade de uma avaliação rigorosa de sua qualidade para atender os usos previstos garantindo sua segurança sanitária.

No Brasil, está em andamento o Projeto Reúso, proposto pela Agência Nacional de Águas, em parceria com a Universidade Federal de Campina Grande, a Prefeitura Municipal de Campina Grande e o Governo do Estado da Paraíba, por intermédio da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba e da Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba. Seus objetivos são demonstrar a viabilidade técnica e econômica do tratamento de esgoto municipal e seu reúso como água de utilidades na indústria ou como água de irrigação na agricultura, fornecer subsídios para a regulamentação do uso de águas residuárias no país e apoiar o desenvolvimento de pesquisas em sistemas-piloto na cidade de Campina Grande. O projeto contempla equipamentos para instalação de laboratório de análises, obras de recuperação das estruturas de tratamento preliminar para

operação da lagoa de polimento, instalação de dispositivos para entrada e saída do esgoto e do lodo, assim como outros dispositivos para coleta de amostras do efluente nas unidades de Reatores UASB e a complementação dos processos de tratamento de esgoto para uso na indústria.

Segundo Carlon (2005), no Hotel Íbis Paulínia, em São Paulo, o aproveitamento da água de chuva é efetuado paralelamente ao reúso da água de chuveiros e lavatórios nas descargas dos vasos sanitários das unidades habitacionais, depois de passar por um tratamento de purificação.

De acordo com U.S. EPA (2004), em todo o mundo, usinas de geração elétrica, unidades químicas, metalúrgicas e refinarias de petróleo têm se beneficiado do reúso da água, para resfriamento e outros processos industriais.

Peters (2006) avaliou a potencialidade do reúso de água cinza misturada com água de chuva em uma residência unifamiliar com 05 habitantes em Florianópolis. Para a quantificação da água cinza, a autora instalou hidrômetros nas tubulações de alimentação de cada unidade hidro-sanitária. A seqüência de tratamento da água cinza compreendia uma caixa receptora das águas advindas das unidades hidráulico-sanitárias, um filtro de pedra, caixa de passagem para desinfecção com pastilhas de cloro e reservatório de água de reúso, que posteriormente era misturada com a água de chuva no tanque de mistura. O monitoramento quanti-qualitativo das águas deu-se, durante um período de 12 meses, através da hidrometria e de coletas pontuais seguido de análises físico-químicas e bacteriológicas. A partir da medição do consumo de água por unidade sanitária, identificou uma demanda média de 57,7 L/dia para a bacia sanitária, 91,0 L/dia para o lavatório e chuveiro, 71,8 L/dia para o tanque de lavar roupas e 51,3 L/dia para a pia de cozinha.

### 2.3.2. Riscos não potáveis para as águas cinzas

Apesar dos riscos do reúso de água cinza para fins não potáveis serem menores que os para fins potáveis, ainda assim deve-se ter especial cuidado. Hespanhol (2002) cita os principais usos não potáveis associados ao reúso desta água:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, industriais e residenciais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Controle de poeira em movimentos de terra, etc.;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos.

As indústrias também podem se beneficiar das águas de reúso urbano, quando próximas às estações de tratamento de esgoto, o que reduz os custos das redes de distribuição. Neste caso, a água de reúso pode ser utilizada em torres de resfriamento, caldeiras, na construção civil para cura e preparação de concreto e compactação de solos, por exemplo.

Efluentes tratados ainda podem recarregar os aquíferos artificialmente, com a finalidade de tratamento adicional destes efluentes, aumentando o tempo de residência do mesmo, proteção contra intrusão salina ou visando garantir água para as gerações futuras. O próprio solo funciona como um filtro para o efluente tratado, eliminando posterior tratamento avançado.

A agricultura é responsável por um consumo de elevado volume de água. Hespanhol (1994) cita que nas últimas duas décadas o uso de esgotos como irrigação de culturas tem aumentado devido, dentre outros, aos seguintes fatores:

- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- A aceitação sócio-cultural da prática do reúso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco desta prática.

O que inviabiliza em parte o uso das águas cinzas na agricultura é o fato de elas serem geradas em maiores quantidades nos núcleos urbanos ou com maior densidade populacional, o que acarretaria em custos com redes de distribuição dos efluentes. Tais águas, quando geradas nas áreas agrícolas, são em pequeno volume, uma vez que, geralmente, as áreas de plantio ocupam grande parte da área total das propriedades.

“A prática da aquicultura fertilizada com esgotos ou excreta também representa uma fonte de receita substancial em diversos países, entre os quais Bangladesh, Índia, Indonésia e Peru”. Hespanhol (2002).

A NBR 13969 (ABNT, 1997) não permite o uso do esgoto tratado, mesmo desinfetado, para a irrigação das hortaliças e frutas de ramais rastejantes, como a melancia, por exemplo. Para outras culturas, tais como milho ou café, via escoamento no solo, admite-se o reúso, interrompendo a irrigação em no mínimo 10 dias antes da colheita.

Em São Paulo, grande parte da água de reúso provém de um processo de pós-tratamento aplicado a efluentes tratados de sistemas convencionais de tratamento de esgotos, sendo produzida nas estações de tratamento de esgoto ABC, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e Jesus Neto, que iniciou em 1998 o reúso planejado para fins industriais. Atualmente, a SABESP tem 76 empresas cadastradas, sendo que 35 estão ativas na utilização da água de reúso, que é fornecida para as cidades de Barueri, São Caetano, Santo André e São Paulo, preferencialmente para indústrias, prefeituras e empresas, para fins não potáveis.

### 2.3.3. Normas e legislações que regem o reúso das águas cinzas

O reúso das águas cinzas deve ser regulado por meio de leis e normas, além da definição do órgão ou agência responsável pelo seu controle. É importante se definir o que é esgoto, seus tipos e a questão do seu licenciamento, além das tarifas a serem aplicadas. A legislação deve reger as questões intrínsecas do esgoto como fato gerador da lei, bem como a manutenção e operação dos seus sistemas.

A incorporação da filosofia de reúso nos planos nacionais de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento agrícola é de fundamental importância para regiões áridas e semi-áridas, e naquelas onde a demanda é precariamente satisfeita, através de transposição de água de bacias adjacentes. (HESPANHOL, 2002).



Parâmetros de qualidade com a finalidade de regulamentar o reúso das águas residuárias estão presentes nas legislações de países como os Estados Unidos e Israel e no continente europeu. O Regulamento Europeu sobre Tratamento de Esgoto Urbano define padrões para coleta, tratamento e disposição geral de esgotos domésticos e setores industriais.

De acordo com Hespanhol (2002), é imprescindível estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reúso no Brasil. O autor cita como alguns elementos básicos para a promoção e regulamentação do reúso de água o estabelecimento de um arcabouço legal incluindo diretrizes, padrões e códigos de prática e de um arcabouço regulatório, incluindo atribuições, responsabilidades, incentivos e penalidades.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) não aborda diretamente o tema da água para reúso, bem como as demais legislações a nível nacional.

Em Goiânia, um Projeto de Lei instituiu um programa de reaproveitamento de águas provenientes de lavatórios, banheiros e chuvas (GOIÂNIA, 2003), sugerindo que as águas de reúso sejam utilizadas em descargas de vasos sanitários e mictórios. A Prefeitura de Goiânia deve oferecer orientação técnica e conceder incentivos aos usuários que se inscreverem no programa para realizar as adaptações de seus imóveis.

Além de Goiânia, as cidades de Curitiba, Maringá e São Paulo têm legislações a respeito das águas não potáveis, onde as águas provenientes de tratamento de esgotos só podem ser utilizadas para a lavagem de ruas, praças e passeios públicos, campos esportivos e outros equipamentos, uma vez avaliado seu custo/benefício.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) define reúso local de esgoto tratado como a utilização local do esgoto tratado para diversas finalidades, exceto para o consumo humano.

Em 2012, a Agência Nacional de Águas (ANA) lançou chamamento público para a seleção de propostas de órgãos da administração pública municipal para o desenvolvimento de ações de gestão do uso da água em edificações públicas. Os municípios poderiam receber recursos para transformar prédios públicos comuns em edifícios sustentáveis em relação ao uso da água. Os projetos teriam que prever formas de eliminar vazamentos em sistemas de reservação e distribuição de água, reparo e modernização de equipamentos hidráulico-sanitários, medição setorizada

em banheiros e cozinhas, além de medição independente para as diferentes fontes de abastecimento, como a concessionária, a água de chuva e a água de reúso, além de definir cursos de capacitação dos servidores que trabalham na edificação e ações educacionais sobre a importância da conservação e uso racional da água. Apesar da oferta de recursos, não houveram propostas por parte de nenhum município.

#### 2.3.4. Qualidade das águas cinzas

Para os usos que requerem elevada qualidade da água, os custos para o tratamento podem ser bem maiores que os benefícios, considerando usos urbanos, cujo custo da água ainda é relativamente pequeno. Portanto, o reúso urbano para fins potáveis remetem a altos custos e riscos, diferentemente dos usos não potáveis.

ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005) relatam a caracterização de água cinza de chuveiros e lavatórios coletada em banheiros de edifícios residenciais e de um complexo esportivo no Brasil. Foi verificado um alto teor de matéria orgânica, representado pela DBO, o que poderia gerar sabor e odor, elevado teor de surfactantes, que poderia ocasionar a formação de espumas e odor decorrente da decomposição da matéria orgânica, além de elevada concentração de nitrato, que pela sua toxicidade, poderia causar metahemoglobinemia infantil, uma doença letal. Também foi detectada a presença um alto teor de fósforo, o que indica a presença de detergentes superfosfatados (compostos por moléculas orgânicas) e matéria fecal e turbidez elevada, o que comprova a presença de sólidos em suspensão.

A qualidade da água cinza varia com sua origem e principalmente com o usuário, se residencial, comercial ou outros, bem como com o estilo de vida deste usuário, cuja composição da água residuária pode conter derivados de fármacos e produtos químicos, dificultando ou até mesmo inviabilizando o tratamento para o reúso.

Peters (2006) concluiu que o pH da água cinza variou entre 6,72 e 7,28, muito próximos à neutralidade. Os valores obtidos para sulfetos não apresentaram riscos para a produção de odores e a presença de surfactantes na água cinza, devido aos detergentes e sabões utilizados no lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa, e apresentou concentrações baixas, não representando risco ao sistema, pois em concentrações altas, principalmente em reúso em bacia sanitária, poderia ocorrer a

formação de espuma quando acionada a descarga. Foram encontrados coliformes termotolerantes, porém em número menor que se comparado à bibliografia.

As águas cinzas provenientes da cozinha contém restos de comida, óleo e gordura e apresentam altas concentrações de coliformes termotolerantes e de detergentes, que podem torná-la alcalina. Já as concentrações de produtos químicos e de coliformes termotolerantes são os principais problemas das águas provenientes da lavagem de roupas. A concentração de produtos químicos é alta devido aos sabões empregados que contém sódio, fosfato, boro, surfactantes, amônia e nitrogênio. Os chuveiros e as pias de banheiro representam as águas cinzas ideais para serem aproveitadas, pois os produtos químicos, neste caso, se encontram mais diluídos e é relativamente baixa a concentração de coliformes. O tratamento necessário aos efluentes da pia de cozinha e máquina de lavar roupas é um pouco mais complexo, considerando os motivos expostos acima.

Fiori et al. (2006) analisaram qualitativamente os efluentes de chuveiros de nove apartamentos sorteados aleatoriamente, de um conjunto de 512 apartamentos em Passo Fundo, RS, divididos em 3 amostras padrões. Eles optaram pelos chuveiros devido aos efluentes destes conterem maior número de microorganismos patogênicos, em decorrência da higiene pessoal, incluindo coliformes termotolerantes.

Os resultados a que os autores chegaram mostraram variação na maioria dos parâmetros qualitativos, como coliformes termotolerantes, DBO, DQO, condutividade, exceto para os coliformes totais e pH. A água cinza analisada se mostrou ser um efluente doméstico de baixa qualidade, pois apresentou um alto valor de coliformes termotolerantes, em média  $2,4 \times 10^5$  (NMP/100 mL). A turbidez, que variou de 98,2 UNT a 383,3 UNT, demonstra a necessidade de um tratamento adequado para a redução dos parâmetros aos níveis aceitáveis. O índice de nitrato obteve um valor acima do valor limite de 10 mg/L, o que poderia causar a eutrofização de corpos hídricos. Porém, para a descarga das bacias sanitárias, este índice não causaria problemas sanitários.

Um tratamento adequado, como o indicado pela EPA, por exemplo, para reúso urbano, é o de se realizar um tratamento secundário, filtração e desinfecção. Outro tratamento é o indicado pela NBR 13969/97 (ABNT, 1997), como, por exemplo, para a bacia sanitária, onde se pode prever o uso da água de enxágüe das máquinas de lavar roupas apenas desinfetando, reservando e recirculando-a à bacia

sanitária, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento. Se o uso da água cinza do chuveiro for exclusivamente para a descarga das bacias sanitárias, com um tratamento simples como filtração e desinfecção, a água cinza pode ser reutilizada.

É importante destacar que a reservação da água cinza carece de especial atenção, no que tange à geração de maus odores e crescimento de microorganismos, inclusive coliformes termotolerantes, pelo crescimento biológico natural e o metabolismo da degradação química desta água. Não menos importante são a turbidez e os sólidos suspensos, que em determinados níveis, podem entupir o sistema, uma vez que os colóides combinados com os surfactantes, presentes nos detergentes, podem causar estabilização na fase sólida da matéria orgânica presente do esgoto. As exigências mínimas da água não potável para reúso variam conforme o uso. O Quadro 2.2 apresenta estas características de qualidade.

Campos et al. (2012) analisaram os riscos ambientais de uma estação de tratamento de água cinza (ETAC) em um prédio residencial de Vitória utilizando uma análise qualitativa, através da elaboração de um mapa de riscos ambientais, o qual reúne informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde no trabalho, possibilitando, durante sua elaboração, a troca e divulgação de informações entre os envolvidos, bem como estimular sua participação nas atividades de prevenção. Segundo os autores, riscos ambientais são causados por agentes físicos, químicos ou biológicos, que presentes no ambiente de trabalho, podem causar danos à saúde do trabalhador em função da natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição. Eles chegaram à conclusão que a maior intensidade do risco é atribuída aos riscos biológicos pela inalação dos aerossóis de água de reúso contendo agentes patogênicos no momento da descarga do vaso sanitário e intensidade pequena aos riscos químicos e ergonômicos.

Características \ Uso	Irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	Descarga em bacias sanitárias	Refrigeração e sistema de ar condicionado	Lavagem de veículos	Lavagem de roupa	Uso ornamental	Uso em construção civil: na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo
Não deve apresentar mau cheiro	X	X	X	X	X	X	X
Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas	X						
Não deve ser abrasiva	X	X	X	X			
Não deve manchar superfícies	X	X	X	X			
Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana	X	X		X	X	X	X
Não deve deteriorar metais e equipamentos		X			X	X	
Não deve deteriorar máquinas			X				
Não deve formar incrustações			X				
Não deve conter substâncias remanescentes				X			
Deve ser incolor					X	X	
Não deve ser turva					X	X	
Deve ser livre de algas					X		
Deve ser livre de partículas sólidas					X		
Deve ser livre de metais					X		
Não deve alterar a resistência dos materiais							X
Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais							X

**Quadro 2.2 – Exigências mínimas para uso da água não-potável conforme uso.**

Fonte: Adaptado de ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005).

### 2.3.5. Formas de reúso das águas cinzas

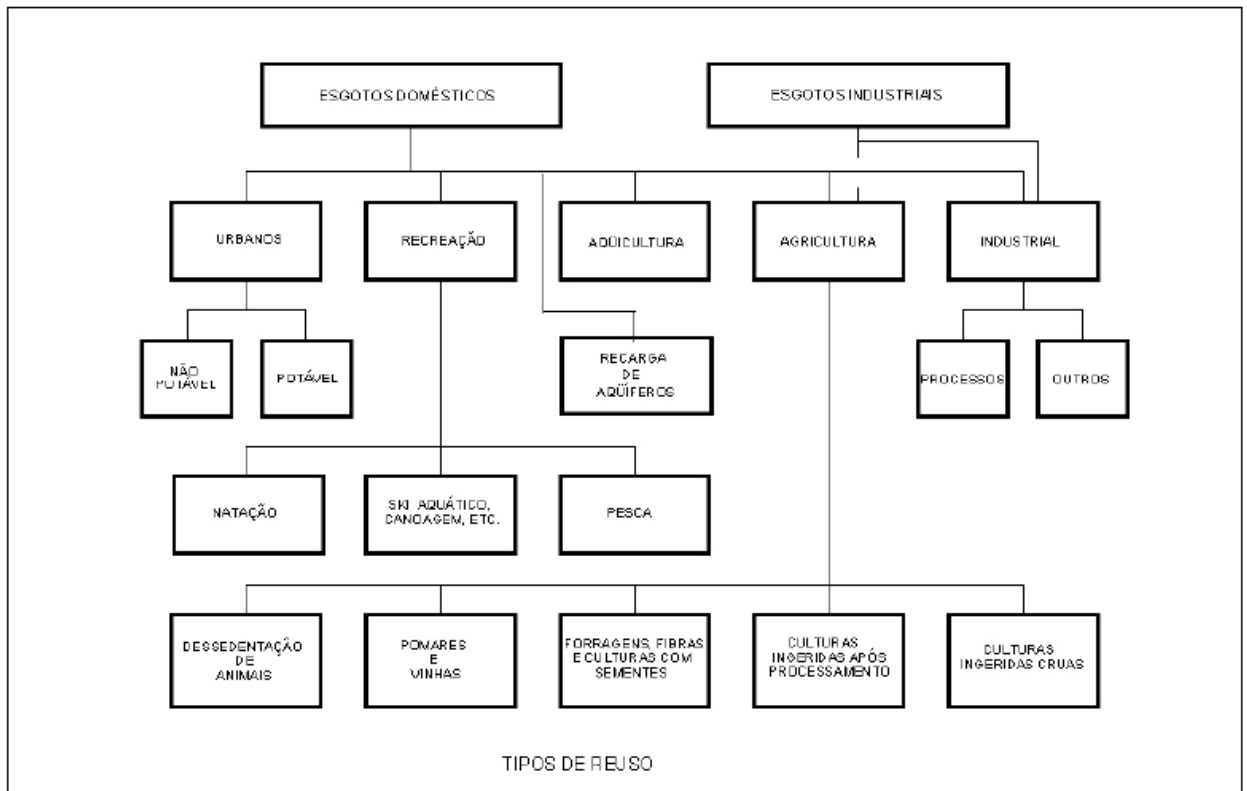
A água poluída pode ser reciclada ou recuperada. “As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e

fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais” (HESPANHOL, 2002).

De acordo com ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), os principais critérios que direcionam um programa de reúso de água cinza são:

- Preservação da saúde dos usuários;
- Preservação do meio ambiente;
- Atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- Quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

As formas de esgotos tratados que podem ser implementadas em áreas urbanas e rurais estão representados na Figura 2.10.



**Figura 2.10 – Formas potenciais de reúso de água.**

Fonte: Hespagnol (1997 apud HESPANHOL, 2002).

### 2.3.6. Tipos de Reúso

Existem basicamente dois tipos de reúso de águas:

- O reúso direto ocorre quando há interligação direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma de tratamento de água e depois ao sistema de distribuição e não é recomendado pela Organização Mundial da Saúde;
- Já o reúso indireto ocorre quando o esgoto é tratado, diluído num corpo hídrico, captado, tratado e distribuído. O reúso indireto ainda pode ser planejado, quando o despejo dos efluentes se dá de maneira controlada, ou não planejado, quando o despejo se dá de maneira não controlada.

A Organização Mundial da Saúde ainda considera a reciclagem como sendo o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

### 2.3.7. Sistemas de reúso das águas cinzas

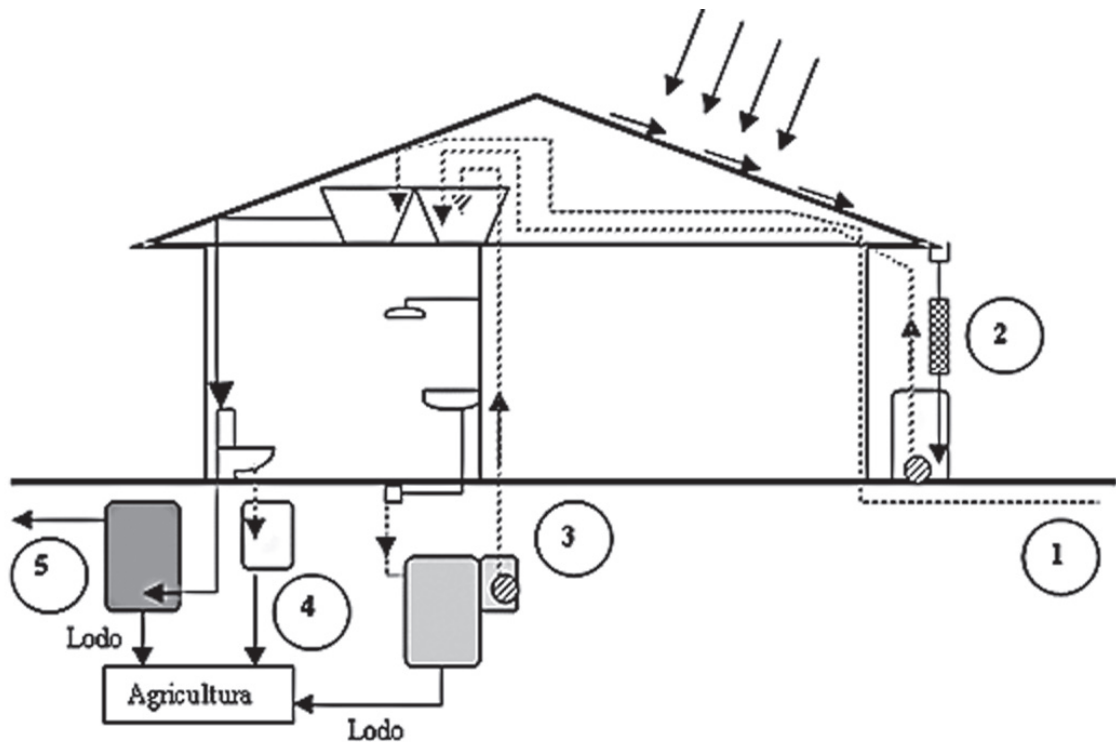
De maneira a utilizar segura e racionalmente o reúso local de esgoto, ele deve ser planejado com vistas a minimizar os custos de implantação e operação, conforme propõe a NBR 13969 (ABNT, 1997), se definindo:

- Os usos previstos para o esgoto tratado;
- O volume de esgoto a ser reutilizado;
- O grau de tratamento necessário;
- O sistema de reservação e distribuição;
- Um manual de operação e treinamento dos responsáveis.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) ainda recomenda que sejam observados, dentre outros, os seguintes aspectos nos sistemas de reúso de esgoto:

- Quando houver usos múltiplos de reúso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;
- No caso de reúso direto das águas da máquina de lavar para uso na descarga dos vasos sanitários, deve se prever a reservação do volume total da água de enxágüe;

Da mesma forma que o aproveitamento de água da chuva, o sistema de reúso de esgoto deve ser identificado, diferenciando-o da rede de água potável. Além disso, deve haver um responsável pela manutenção e operação do sistema, incluindo a infra-estrutura. A figura 2.11 representa cinco tipos de sistemas de reúso de água.



- ① Suprimento de água convencional, a partir da rede pública.
- ② Coleta e aproveitamento de água de chuva a partir do telhado da edificação;
- ③ Coleta, tratamento e reúso das águas cinzas na descarga de vasos sanitários;
- ④ Coleta, tratamento e reúso de águas amarelas (urina) na agricultura;
- ⑤ Coleta, tratamento e reúso das águas negras na agricultura;

**Figura 2.11 – Esquema de um sistema alternativo de gerenciamento de águas em uma edificação.**

Fonte: Gonçalves (2004).



Campos et al. (2012) analisaram quantitativamente o risco microbiológico do efluente gerado, envolvido nas diferentes etapas de tratamento de uma estação de tratamento de água cinza (ETAC) em um prédio residencial de Vitória. A ETAC era composta por um reator anaeróbio compartimentado, de três câmaras, filtro biológico aerado submerso, decantador, tanque de equalização de vazão, filtro terciário e um reservatório inferior de água de reúso com cloração. A água cinza entrava pela parte superior do primeiro compartimento do reator e era encaminhada por meio de tubulação vertical até 10 cm do fundo, em fluxo ascendente, até a parte superior da segunda câmara. O efluente seguia para as demais câmaras da mesma forma. Os autores concluíram que a operação correta da ETAC influencia na existência ou não do fator risco microbiológico e que quando mal operada, a etapa de desinfecção do sistema de tratamento torna-se ponto de inserção de risco à água de reúso.

#### 2.3.8. Quantificação das águas cinzas

De acordo com Braga (2009), uma pesquisa da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo, divulgada no dia 22 de março de 2009, na Folha de São Paulo, revela iminência de colapso de abastecimento na Grande São Paulo. A disponibilidade hídrica, que inclui água para abastecimento público, industrial e irrigação, caiu de 72,9 mil para 67,8 mil litros por segundo. Esta diferença de 5.100 litros por segundo poderia abastecer 2,5 milhões de pessoas por dia. Estes dados refletem conseqüentemente na diminuição da geração de água cinza.

O consumo doméstico de água varia entre as regiões, sendo influenciado pelo estilo de vida, sazonalidade, cultura e economia da população. Em suma, quanto mais desenvolvido o país, geralmente maior o consumo per capita de água. A produção de águas cinzas é proporcional ao consumo de água nas residências. Geralmente não há risco de falta de água de reúso para usos não potáveis nas edificações. Eventuais defasagens temporais entre demanda e oferta podem ser resolvidas com a utilização de um reservatório.

A partir da bibliografia, infere-se que aproximadamente 27% do consumo médio de água per capita no Brasil são para cozinhar e beber água, 25% para higiene pessoal, como tomar banho e escovar os dentes, 12% para a lavagem de roupa, 3% para outros usos, tal como lavagem de carro e 33% são consumidos nos vasos sanitários. Um terço do consumo diário equivale à água cinza.

Gonçalves e Bazzarella (2005) estimaram na Tabela 2.7 o consumo de água para uma família brasileira de quatro pessoas.

**Tabela 2.7 - Simulação da distribuição de consumo de uma família brasileira de 4 pessoas.**

Vaso Sanitário	Lavatório	Chuveiro	Pia de cozinha	Tanque	Máquina de lavar roupa
4 pessoas	4 pessoas	4 pessoas	4 pessoas	4 pessoas	4 pessoas
3 descargas/dia	3 min/dia	10 min/dia	15 min/dia	5 min/dia	3 ciclos/semana
12L/descarga	10L/min	12L/min	10L/min	10L/min	210L/ciclo
14%	12%	47%	14%	5%	8%

Fonte: Adaptado de Gonçalves e Bazzarella (2005).

Estudos realizados pelo Ministério das Cidades, através do Programa de Modernização do Setor de Saneamento, mostraram no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2003 que o consumo per capita médio no Brasil é de 141 L/hab.dia, sendo que na região sul a média de consumo é de 124,6 L/hab.dia e na região sudeste é de 174 L/hab.dia, sendo 29% consumido pela bacia sanitária, 28% pelo chuveiro, 17% pela pia de cozinha, 9% pela máquina de lavar roupa, 6% pelo lavatório, 6% pelo tanque e 5% pela máquina de lavar louça. Nota-se uma semelhança nos consumos da bacia sanitária com o chuveiro.

De acordo com ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), os chuveiros são responsáveis em média por 41% do volume de água em apartamentos. A publicação ainda traz alguns dados médios de consumo de aparelhos sanitários, tais como chuveiro (entre 0,2 a 0,8 L/s), lavatório (entre 0,1 a 0,3 L/s), mictório (entre 0,1 a 0,25 L/s), bacia (12 litros para válvula e 6 litros para caixa acoplada) e pia de cozinha (entre 0,13 a 0,4 L/s). Já em uma unidade residencial unifamiliar, 55% do consumo é devido ao chuveiro, 18% da pia, 11% da lavadora de roupas, 8% do lavatório, 5% da bacia sanitária e 3% do tanque, bem diferente das edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, cujo uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total.

Todos os usos do esgoto a ser reutilizado devem ser definidos para a estimativa do volume total. De acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997), este

levantamento deve considerar as condições locais como clima, freqüência de lavagem e irrigação, volume de água para as descargas dos vasos sanitários, sazonalidade de reúso etc.

É relevante destacar que em edifícios comerciais as águas cinzas constituem volumes relativamente pequenos, pois são formadas, quase exclusivamente, de águas provenientes dos lavatórios. Já nos edifícios residenciais, a oferta de água cinza é mais abundante, considerando-se a maior parcela de consumo de água dedicada às atividades de higiene pessoal.

Peters et al. (2006) quantificaram a água cinza de uma residência com 3 pessoas através da instalação de hidrômetros com capacidade de atender a uma vazão máxima de 1,5 m<sup>3</sup>/hora nas tubulações de alimentação destas unidades. A produção de água cinza na residência (lavatório + chuveiro + tanque de lavar roupa) foi cerca de 60% do total das águas residuárias geradas (270,7 L/dia), enquanto que a demanda para a descarga da bacia sanitária foi de 22% deste total. Estes valores reforçam a potencialidade da utilização da água cinza para o reúso na descarga de bacia sanitária, suprimindo 100% da demanda. A média de consumo em litros por dia foi de 89,7 para lavatório e chuveiro, 57,8 para bacia sanitária, 76,3 para tanque de lavar roupa e 48,7 para a pia de cozinha, totalizando os 270 litros por dia. Os autores ainda buscaram dados da literatura e concluíram que o chuveiro e o lavatório são as unidades que mais consomem água na residência na maioria dos estudos, conforme a Tabela 2.8.

**Tabela 2.8 – Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias encontrados na literatura.**

<b>Unidade</b>	<b>Peters et al. (2006)</b>	<b>IPT</b>	<b>Deca</b>	<b>Ikedo</b>	<b>USP</b>
Bacia sanitária	22%	5%	14%	33%	29%
Chuveiro	33%	54%	47%	25%	28%
Lavatório		7%	12%		6%
Pia de cozinha	18%	17%	14%	27%	17%
Máquina de lavar roupas		4%	8%	12%	9%
Tanque	27%	10%	5%		6%

Fonte: Adaptado de Peters et al. (2006).

Na cidade baiana de Simões Filho, Cohim et al. (2007) utilizaram a captação de água da chuva e reúso de águas cinzas. Através da introdução de medidores nos

pontos de consumo (chuveiro, vaso sanitário, pia e lavanderia), eles demonstram a viabilidade do sistema. Segundo os autores, em uma residência padrão as águas cinza e da chuva podem substituir as águas tratadas e potáveis, representando em média 60% do consumo. A água da chuva pode servir para a lavagem de roupas, irrigação de jardins e limpeza de pisos sem a necessidade de filtragem. Já as águas cinzas podem ser reutilizadas na descarga de vasos sanitários após filtragem simples, concluíram os autores.

Com a finalidade de ampliar a dimensão dos dados já expostos, a Tabela 2.9 representa a vazão por unidade hidráulico – sanitária.

**Tabela 2.9 – Vazão por unidade hidráulico – sanitária.**

<b>Consumo Interno</b>	<b>Vazão por unidade hidráulico – sanitária</b>
Vaso sanitário	0,30 Qm*
Máquina de lavar roupa	0,18 Qm
Chuveiros	0,20 Qm
Lavatório	0,1 Qm
Pia de cozinha	0,19 Qm
<b>Total</b>	<b>1,00 Qm</b>

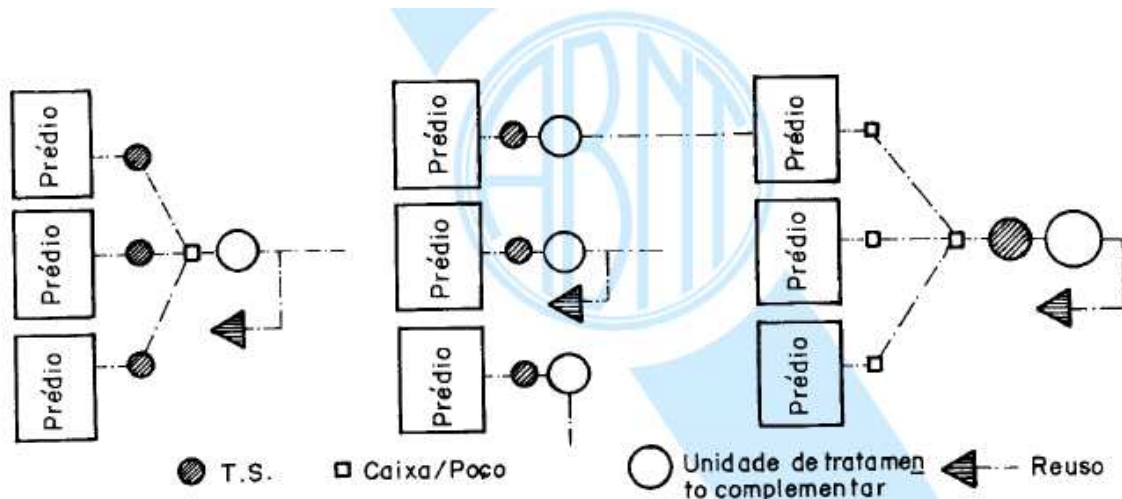
\*Qm: consumo médio

Fonte: Braga (2009).

É importante se adotar estratégias no sentido de obter maior eficiência e economia no reúso dos esgotos ao longo do ano, com a finalidade de não se ter sobras sazonais tampouco períodos com carência de oferta.

### 2.3.9. Tratamento das águas cinzas

O tratamento das águas cinzas com vistas ao reúso predial deve ser composto, pelo menos, pelas etapas de gradeamento grosseiro, aeração, (digestão / floculação natural), sedimentação e desinfecção, caso exista a possibilidade de contato direto durante o reúso. A figura 2.12 ilustra um fluxograma de um sistema local de tratamento de esgoto, com a opção de reúso dos efluentes, com detalhes de dispositivos.



**Figura 2.12 – Fluxograma de um sistema local de tratamento de esgoto.**

Fonte: NBR 13969 (ABNT, 1997).

Como o Brasil não possui legislação que regule o reúso da água, para não colocar em risco a saúde das pessoas, uma alternativa é seguir os limites impostos pela NBR 13969 (ABNT, 1997) e ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005). A Norma 13969 (ABNT, 1997) recomenda que para os riscos menos exigentes, como vasos sanitários, pode ser utilizado o efluente das máquinas de lavar, apenas desinfetando, eliminando o envio para um sistema de tratamento. O manual ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005) apresenta os tipos e processos de tratamento mais apropriados para os sistemas de esgoto recuperado e reúso de água em edifícios. O Quadro 2.3 retrata os sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.

“A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associadas” (HESPANHOL, 2002). Quando se refere ao reúso para fins potáveis, o autor diz que a presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos classifica o reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável e que os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, sem contar a não existência de garantia de proteção adequada à saúde pública dos consumidores. Ele ainda vai mais adiante, quando expõe que o sistema deve possuir unidades de tratamento suplementares. Um exemplo é a utilização adicional de carvão ativado ao emprego de ozona para a oxidação de

micropoluentes orgânicos, como um segundo tratamento, porém como o mesmo objetivo.

Usos potenciais	Fontes alternativas de água		
	Pluvial	Máquina de lavar roupas	Lavatório+chuveiro
Lavagem de roupas	A+B+F+G	(D ou E)+B+F+G	(D ou E)+B+F+G
Descargas em bacias sanitárias			
Limpeza de pisos			
Irrigação, rega de jardins			
Lavagem de veículos			
Uso ornamental			

**Quadro 2.3 – Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.**

Tratamentos Convencionais:

A = sistema físico: gradeamento.

B= sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia.

D= sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação.

E = sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados.

F = desinfecção.

G = Correção de pH.

Fonte: Adaptado de ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005).

Conforme Jefferson et al. (1999 apud PETERS, 2006), a filtração grosseira seguida de desinfecção é uma tecnologia comumente utilizada no Reino Unido para reúso doméstico, chamada de dois estágios. O processo aplica um curto tempo de detenção mantendo as características químicas da água cinza e a desinfecção pode ser executada com pastilhas de cloro ou bromo dissolvidas lentamente ou por dosagem de solução líquida. Já Christova-Boal et al. (1996) apresentaram um sistema de tratamento com três estágios, utilizando uma pré-filtração para remoção de materiais grosseiros, peneira para a retenção de cabelos, partículas de sabão, entre outros, e filtro fino para retenção dos precipitados e do material sedimentado.

De acordo com Rasmussen et al. (1996), nos últimos anos, tem-se desenvolvido muitos métodos de tratamento para água cinza. Com relação aos sistemas de tratamento, estes vão desde simples filtração para utilização na irrigação superficial a métodos mais avançados, para produção de água com qualidade para banho.

Ainda que no Brasil a grande maioria dos detergentes domésticos e industriais sejam biodegradáveis, o controle de surfactantes é importante, com a finalidade de evitar a formação de espumas em descargas de bacias sanitárias e torneiras. Ademais, independente do tipo de reúso, a água deve apresentar-se incolor e inodora e ter sido pelo menos filtrada e desinfetada.

Fiori et al. (2007) avaliaram o uso de filtros para reúso de águas cinzas em edificações multifamiliares de Passo Fundo coletando amostras dos chuveiros e lavatórios. As análises indicaram um efluente sanitário com baixa qualidade, necessitando tratamento para a redução dos parâmetros aos níveis aceitáveis, sendo que o efluente da amostra do chuveiro apresentou os piores valores em termos de qualidade. Construíram quatro filtros, constituídos de brita nº 2, carvão ativado (antracito), areia grossa e geotêxtil no fundo, visando a retenção de matérias granulares que por ventura pudessem transpor as camadas filtrantes. A maioria dos parâmetros das amostras filtradas apresentou resultados menores do que os recomendados pelos padrões ambientais utilizados para comparação. Também se comprovou a necessidade de quantificar a demanda pela água de reúso, para evitar desperdícios em relação ao tratamento, devido aos volumes tratados serem maiores que os volumes consumidos, podendo inviabilizar o sistema. Caso o uso dos efluentes sanitários pesquisados fosse exclusivamente para a descarga das bacias sanitárias nas edificações, concluíram que bastaria um tratamento simples como filtração e desinfecção, sem a necessidade de pós-tratamento.

Revitt et al. (2011), baseados em dados empíricos, investigaram as implicações de alguns micro poluentes nos sistemas de tratamento de águas cinzas individuais. De acordo com os autores, o reúso da água cinza representa uma economia de 43% de água e a via de eliminação adotada para o lodo gerado pode representar um impacto importante sobre a eficiência global e a sustentabilidade ambiental do tratamento das águas cinzas. Um dos principais fatores que reduzem as cargas de micro poluentes afluentes para as ETEs é dispor o lodo gerado para o condicionamento do solo nas terras agrícolas, sempre respeitando os limites de concentração para os metais.

A estação de tratamento de Nordhavnsgrunden era localizada no porão de um bloco de apartamentos em Copenhague, Dinamarca, e consistia em um tanque de sedimentação primária, um reator biológico de três estágios, um tanque de decantação secundária, um filtro de areia, uma unidade de desinfecção ultravioleta e

um tanque de armazenamento de água. Oitenta e quatro apartamentos de um quarto (+117 habitantes) estavam ligados a este sistema que tratava as águas servidas dos banheiros. Simularam vários cenários e a combinação ótima foi alcançada quando o volume de água reciclada era suficiente para atender a descarga em vasos sanitários, lavagem de roupa e irrigação.

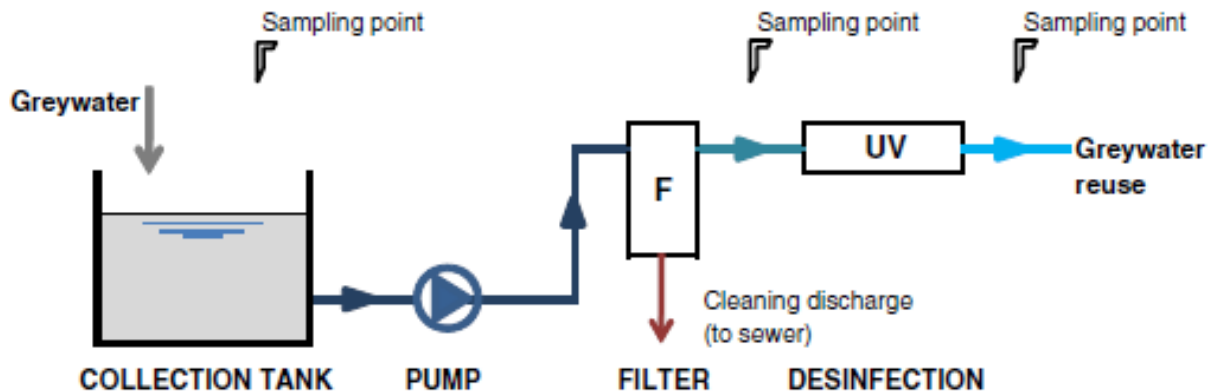
Cohim (2012) avaliou o impacto na saúde humana do tratamento local de água cinza para reúso, que de acordo com o autor, quando tratado junto à fonte geradora para uso no próprio local, apresenta vantagens do ponto de vista energético ao evitar longos transportes. Avaliaram o impacto na saúde decorrente do uso da água cinza na descarga de vasos sanitários. Observaram que o impacto resultante do uso da água cinza para descarga de vaso sanitário, mesmo sem tratamento, é algumas ordens de grandeza menor que outros fatores de risco, tais como acidente em transporte ( $6,6 \times 10^{-02}$ ), acidente de trabalho ( $1,2 \times 10^{-02}$ ), homicídio ( $1,0 \times 10^{-01}$ ) e câncer ( $8,5 \times 10^{-02}$ ).

Dell'Uomo et al. (2012) estudaram a viabilidade técnico financeira para a implantação de estação de tratamento de águas cinzas em edifício residencial comparando sistema biológico, físico-químico convencional e eletro-floculação, realizando experimentos de bancada, considerando o dimensionamento para um edifício residencial já adaptado para a reutilização de água. As três estações de tratamento de águas cinza obtiveram remoção de turbidez dentro do esperado para a utilização como reúso em descargas sanitárias, sendo a do efluente do processo biológico inferior à do processo físico-químico. Em termos econômicos, chegaram a conclusão que a estação de tratamento que utilizou o método biológico, por ser um projeto que não visava a expansão de suas instalações, apresentou os custos de implantação e operação menores e um ganho financeiro maior, quando comparado ao uso da água da concessionária.

Santos et al. (2012) propuseram um sistema experimental para reúso de águas cinzas de baixo custo e fácil manutenção, com um tanque de coleta e sistema de tratamento composto de uma bomba, um filtro e desinfecção ultravioleta (UV), sendo construído para proporcionar curto tempo de residência para a água cinza e desinfetá-la imediatamente antes da sua reutilização, minimizando a possibilidade de crescimento de microorganismos, conforme Figura 2.13. Tendo em vista o baixo custo inicial, justificaram uma maior investigação e desenvolvimento, a fim de que se enquadrem na legislação os valores de sólidos suspensos totais e DBO, sugerindo a



aplicação de um coagulante no tanque de coleta para promover a aglomeração da matéria orgânica e melhorar a eficiência da filtração.



**Figura 2.13 – Disposição esquemática do sistema experimental de reutilização de águas cinzas.**

Fonte: Santos et al. (2012).

### 2.3.10. Viabilidade técnica do reúso das águas cinzas

O desenvolvimento do projeto de implantação de gerenciamento de águas e efluentes envolve normas de controle ambiental e conceitos básicos do desenvolvimento sustentável, resguardando-se a saúde pública e observando-se os cuidados necessários para a preservação do patrimônio, equipamentos e segurança dos produtos e serviços oferecidos aos usuários.

Conforme Oliveira (1999), o gerenciamento do recurso “água” deve ser realizado nos seguintes níveis:

- Nível macro: as ações de gerenciamento atingem a escala das bacias hidrográficas;
- Nível meso: refere-se aos sistemas urbanos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;
- Nível micro: relativo às edificações de uma maneira geral.

“A escolha de fontes alternativas de abastecimento de água deve considerar não somente custos envolvidos na aquisição, mas também custos relativos à descontinuidade do fornecimento e à necessidade de se ter garantida a qualidade

necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos.” (ANA/FIESP & SindusCon/SP, 2005).

Segundo com Braga (2009), para se analisar a viabilidade de um sistema de reúso de água, há de ser realizado um levantamento dos níveis de tratamento de água e esgoto, critérios de reúso recomendados e sistemas de segurança a ser adotados, além dos custos de capital, operação e manutenção. O reúso adotado também depende das características locais, como decisão política, esquemas institucionais e técnicos e fatores econômicos, sociais e culturais. Ela menciona que é necessário apresentar as limitações do reúso da água, assim como suas vantagens e desvantagens econômicas, demonstrando sua viabilidade ou não.

Uma vez partindo de dados errôneos, hipóteses infundadas ou estudos incompletos, o resultado a que pode se chegar é a um projeto e conseqüente execução de sistemas tecnicamente e/ou economicamente inviáveis.

#### 2.3.11. Viabilidade econômica do reúso das águas cinzas

A viabilidade econômica de um sistema de reúso começa muito antes do sistema propriamente dito, vem desde a outorga e passa pela cobrança pelo uso da água, uma vez que o lançamento de efluentes, urbanos e industriais, para os fins de diluição e afastamento, sendo um dos usos múltiplos da água, também deve ser objeto desta cobrança, estimulando a adoção de tecnologias limpas. Segundo Braga (2009), por isso se costuma afirmar que a cobrança pelo uso da água é capaz de produzir, juntamente com outros resultados, a melhoria dos efluentes descartados nos corpos d'água.

Com o aumento populacional, a geração de esgotos é cada vez maior. Uma vantagem do seu reaproveitamento é justamente o fato de o reúso se dar dentro da própria unidade geradora do esgoto, eliminando as etapas e custos de coleta e distribuição.

A água cinza pode ser tratada para qualquer tipo de reúso, inclusive o potável direto, como no caso da estação espacial internacional. No entanto, devido à viabilidade técnico-econômica, a grande maioria dos reaproveitamentos são não potáveis.

Em geral, não se pode reutilizar uma água residuária completa ou indefinidamente. O reúso de um efluente tratado deve complementar outras fontes

disponíveis, considerando a disponibilidade e viabilidade técnica, econômica e social.

“Uma metodologia adotada em vários projetos é a de ajustar os custos marginais e os benefícios ao valor presente, a uma taxa de valor real e projetar o sistema de maneira que a relação benefício custo seja superior a unidade. Outra possibilidade é a de determinar a taxa interna de retorno do projeto e de verificar se esta é competitiva”. FORERO (1993 apud HESPANHOL, 2002).

Outra grande vantagem econômica do reúso das águas cinzas é o fato de a geração das mesmas ser constante, isto é, de variar conforme o consumo de água potável. Isto acarreta uma maior certeza no dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento de tais águas, não tendo a necessidade de dimensionar grandes volumes, uma vez que a garantia de abastecimento é maior.

Segundo Gonçalves (2006 apud FRANCI et al., 2012), o potencial de conservação de água potável pode situar-se na faixa de 15 a 35% na grande maioria dos casos referentes a edifícios residenciais multifamiliares e no caso de edificações corporativas, esta faixa de valores varia de 25 a 45%, dependendo das características física e funcionais de cada edificação.

Franci et al. (2012) avaliaram as condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão em Vitória. Eles monitoraram os consumos de água e energia, bem como a produção das águas residuárias e verificaram um fluxo de caixa negativo nas condições atuais de funcionamento na edificação. Porém, no cenário ideal, os autores chegaram a conclusão que em aproximadamente 2 anos o sistema de reúso seria capaz de gerar um lucro suficiente para amortizar o investimento, e, após um período de 10 anos, teria gerado um lucro de R\$ 90.623,34 reais.

#### 2.3.12. Viabilidade social do reúso das águas cinzas

A aceitação social do reúso das águas cinzas pode ser negativa perante a população devido à resistência natural das pessoas com o contato direto ou indireto com águas residuárias, utilizando resíduos oriundos de outras pessoas.

“A implantação de um sistema de reúso e conservação de água exigem um comprometimento dos condôminos com as questões relacionadas ao uso racional e dos recursos naturais e com a proteção do meio ambiente” (BRAGA, 2009). De

acordo com a autora, a aplicação e a verificação da eficiência de estratégias associadas com a otimização do uso, da conservação e do reúso de água devem ser aplicadas a condomínios que realmente demonstre estes interesses.

Em relação à aceitação pública do uso de esgotos, no que concerne a agricultura, segundo Hespanhol (2002), ela sofre grande influência de fatores religiosos e sócio-culturais. O autor cita que nas Américas, África e Europa existe rejeição, quando que na Ásia, especialmente China, Japão e Indonésia, a prática é considerada econômica e ambientalmente recomendável.

O uso das águas cinzas é bem aceito principalmente nos locais onde há escassez da água, nos quais a viabilidade econômica prevalece. Nestes locais, que já passaram pela fase da conscientização da população com relação à conservação da água, ainda emana, por parte da mesma, uma promoção pela educação, saúde e conservação ambiental.

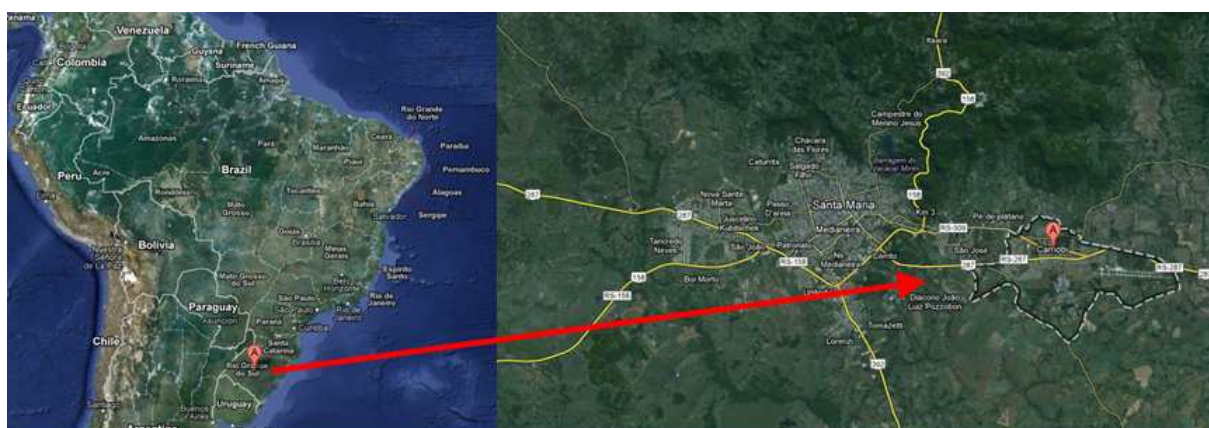
Peters (2006), em sua dissertação de mestrado, analisou a potencialidade do uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial e cita que as percepções dos usuários em relação ao aspecto da água utilizada na descarga, como a cor e o odor, foram positivas, não se mostrando fator inconveniente ao uso.

De nada adianta todo o planejamento e investimento em uma tecnologia que não seja aceita pelos usuários. É importante que sejam realizadas audiências públicas, envolvendo poder público, sociedade civil organizada e investidores, com a finalidade de esclarecer a população e receber da mesma críticas e sugestões, para dar transparência ao processo e garantir a aceitabilidade.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudo

Os estudos foram desenvolvidos em Camobi, bairro representativo de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, vide Figura 3.1. Para este local, Hagemann (2009) analisou a qualidade da água da chuva, observando que ela é alterada após sua passagem pela área de captação, concluindo que no estado bruto a mesma pode ser utilizada para fins não-potáveis, como recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, de plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, após o descarte de 2 mm iniciais.



**Figura 3.1 – Imagem aérea da área de estudo.**

Fonte: Adaptado de Google Maps (2011).

O bairro é cortado pela BR – 287, principal rodovia entre Santa Maria e a capital do Estado, Porto Alegre. Ele é caracterizado pelo predomínio de residências uni e multifamiliares, presença de vegetação de pequeno e médio porte e baixa atividade industrial. Além disso, o referido bairro não possui rede de coleta e estação de tratamento de esgoto sanitário.

Para o dimensionamento dos reservatórios, considerou-se um edifício residencial multifamiliar com 4 pavimentos, contendo quatro apartamentos de dois dormitórios por andar.

As razões de se ter escolhido esta tipologia de edificação advém do fato de a UFMS pertencer ao bairro, com a maioria dos apartamentos ali situados sendo compostos por dois dormitórios, voltados aos estudantes. Por isso o predomínio deste tipo de habitação no bairro supracitado.

A altura limitada em 4 pavimentos decorre de o local pertencer à Zona de Proteção do Aeródromo de Santa Maria, com a altitude das edificações limitada ao ângulo do cone de aproximação com a cabeceira da pista da Base Aérea de Santa Maria. Além disso, o código de obras municipal exime as edificações de até quatro lajes de possuir elevador, o que barateia as unidades e viabiliza a aquisição das mesmas pelos estudantes, os principais clientes que ali residem.

### **3.2. Viabilidade técnica**

Foram realizadas simulações do atendimento à demanda somente dos vasos sanitários ou destes somados à outros usos não potáveis (rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros). As simulações para a viabilidade técnica do sistema foram desenvolvidas da seguinte maneira:

- Utilizando água da chuva para os usos não potáveis;
- Utilizando a mistura de água da chuva mais águas cinzas para os usos não potáveis;

A partir do estudo de viabilidade técnica para cada um dos cenários elencados acima, foram também realizados para os mesmos estudos de viabilidade econômica e social.

#### **3.2.1. Análise da oferta pluviométrica em Santa Maria**

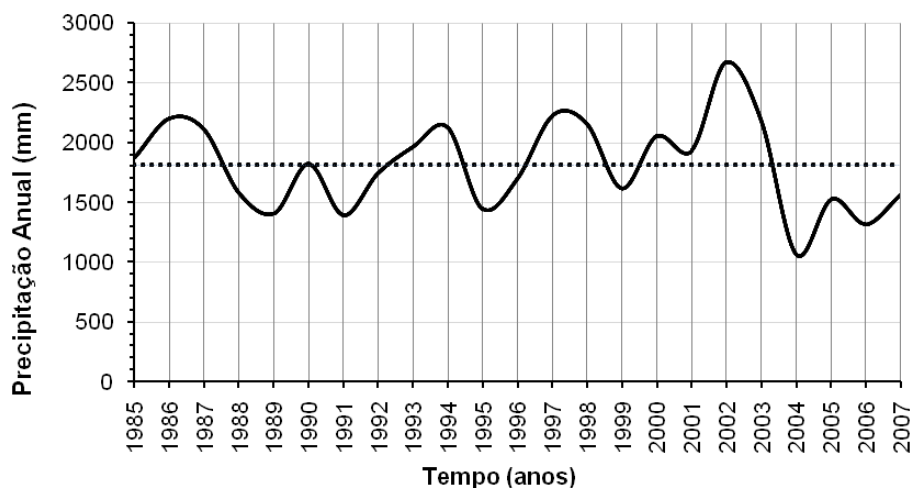
Os postos pluviométricos pesquisados para a cidade de Santa Maria no sítio da Agencia Nacional de Águas (ANA, 2001) foram o 2953027, 2953034 e 2954002. Nenhum destes postos continham dados de chuva disponíveis. Sendo assim, optou-se por trabalhar com os dados de precipitação da estação meteorológica, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISM E) do Ministério da Agricultura (INMET), localizada na UFSM. Foram utilizados dados diários de precipitação do período de 1º de janeiro de 1985 a 31 de dezembro de 2007, totalizando 23 anos ininterruptos sem falhas.

A Tabela 3.1 representa as médias mensais de precipitação da estação supracitada, considerando o período citado acima e a Figura 3.2 representa os totais

anuais da série, compreendendo 8400 dias. Como pode ser observado na Tabela 3.1 e Figura 3.2, Santa Maria possui um potencial de precipitação média anual entre 1.500 e 2.000 mm, faixa classificada como de muito bom potencial pluviométrico, por Azevedo Neto (1991).

**Tabela 3.1 - Médias mensais de precipitação para a estação analisada.**

Mês	Média Mensal da Precipitação (mm)
Janeiro	163,63
Fevereiro	137,49
Março	156,40
Abril	176,90
Maio	131,87
Junho	149,73
Julho	150,11
Agosto	117,37
Setembro	172,29
Outubro	172,38
Novembro	138,32
Dezembro	146,17
Média anual	1812,65



**Figura 3.2 – Totais anuais da série.**

### 3.2.2. Quantificação da demanda de água não potável

Para o correto dimensionamento dos reservatórios, foi estimado o volume de água consumida a partir de parâmetros propostos por Tomaz (2011), nas Tabelas 3.2 e 3.3, considerando a pressão nas instalações de 40 m.c.a.

**Tabela 3.2 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água para uso interno.**

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto Mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3	5	4
Número de pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	percentagem	0	30	9
Frequência de banho	banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litro/ciclo	108	189	108
Torneira de cozinha	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banho	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz (2011).



**Tabela 3.3 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água para uso externo.**

Uso externo	Unidades	Parâmetros
Casas com piscina	porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	lavagem/mês	4
Mangueira de jardim ½" x 20m	litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas por evaporação em piscinas	litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Tomaz (2011).

Em relação ao prédio em estudo, foi considerado o que segue:

- 16 apartamentos de dois dormitórios, com quatro pessoas por apartamento, totalizando 64 pessoas;
- Cada pessoa aciona a descarga (caixa acoplada) de 6 litros\* cinco vezes ao dia;
- Não foram consideradas perdas nas bacias sanitárias\*\*;
- O jardim possui 108 m<sup>2</sup>, onde se utilizam 2 L/m<sup>2</sup>/dia, quatro dias por mês;
- A limpeza geral do condomínio é feita duas vezes por semana;
- Para cada apartamento existe um veículo, que é lavado uma vez a cada quinze dias.

\* Fonte: NBR 15.097/04 – Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio.

\*\* Os edifícios novos em Santa Maria devem ser dotados de hidrômetros individuais, incentivando a redução do consumo e dos vazamentos.

### 3.2.3. Dimensionamento do reservatório de água da chuva

A partir da demanda estimada, o dimensionamento do reservatório foi realizado pelo Método da Simulação, que foi escolhido em razão de ser um método que leva em consideração a situação atual do reservatório, as entradas e demandas e o coeficiente de escoamento superficial, podendo ser simulado diariamente.

#### Método da Simulação

A evaporação da água não é levada em conta. A equação da continuidade é aplicada para um reservatório finito para um determinado mês.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo  $0 \leq S(t) \leq V$  e  $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ ;

Sendo:

- S(t) o volume de água no reservatório no tempo t;
- S(t-1) o volume de água no reservatório no tempo t-1;
- Q(t) o volume de chuva no tempo t;
- D(t) o consumo ou demanda no tempo t;
- V o volume do reservatório fixado;
- C o coeficiente de escoamento superficial.

O método da simulação considera que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

O coeficiente de escoamento superficial C é apresentado na Tabela 2.5. No item 4.1 será discutido qual o C adotado.

Nas simulações, foram descontados da precipitação de cada evento 2 mm iniciais, de acordo com Hagemann (2009), correspondentes ao volume de chuva que lava o telhado. Foram adotados volumes comerciais para o reservatório. Apesar do método da simulação considerar que o reservatório está cheio no início da contagem

do tempo, o volume do reservatório foi simulado considerando-o inicialmente cheio e vazio. Foram obtidos o número de dias em que o reservatório encontra-se extravasando, o número de dias que ele não atende à demanda diária e a garantia de abastecimento, considerada como a relação do número de dias de atendimento à demanda pelo total de dias da série.

O volume final do reservatório depende da demanda a ser considerada, se seu volume inicial está zerado ou cheio no início da simulação e do risco de desabastecimento que se deseja assumir. Quanto mais pavimentos contiver o prédio, maior será a demanda para uma mesma área de captação, aumentando o risco de falhas no abastecimento, considerado como a unidade subtraído da garantia de abastecimento.

Embora a NBR 15527 (ABNT,2007) traga nos seus anexos seis maneiras de se calcular reservatório para aproveitamento de água da chuva, alguns deles fornecem resultados genéricos, por dependerem somente da área de captação, do coeficiente de escoamento e da precipitação média.

#### 3.2.4. Dimensionamento do reservatório de águas cinzas

O dimensionamento do reservatório de águas cinzas foi realizado considerando como entrada os efluentes dos lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanque de lavar roupas e como saída a demanda necessária para o atendimento dos pontos de consumo que requerem água não potável, vasos sanitários, rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros.

A estimativa de geração de água cinza para o prédio em estudo levou em conta três critérios:

- Parâmetros propostos por Melo e Netto (1988), apresentados na Tabela 2.3, considerando o consumo proporcional de água para vários usos residenciais no Brasil;
- Dados apresentados por Gonçalves e Bazzarella (2005) na Tabela 2.7;
- Estudos realizados pelo Ministério das Cidades, através do Programa de Modernização do Setor de Saneamento.

O valor adotado como volume diário de geração de água cinza foi considerado o menor dentre os três acima elencados, em favor da segurança.

### 3.2.5. Dimensionamento da estação de tratamento de águas cinzas

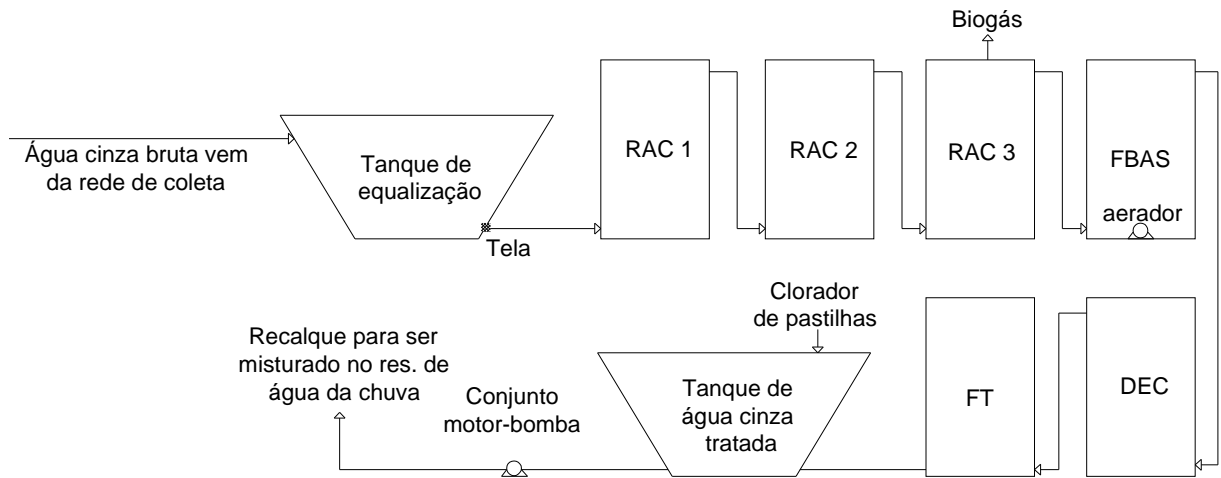
Primeiramente procurou-se por ETACs pré-fabricadas, produto que está em crescimento no mercado e são compactas, ocupando menos espaço físico, haja vista o custo do metro quadrado praticado na construção civil. Percebeu-se que a maioria dos empreendimentos que vem reutilizando as águas cinzas são residenciais de padrão alto ou industriais e comerciais, principalmente shoppings centers, com grande volume de consumo de água não potável. As empresas especializadas consultadas apresentaram orçamentos que foram considerados muito altos como custo de implantação, com ETACs que operam na faixa de vazão de 1.000 litros por hora.

Optou-se, portanto, por dimensionar a própria ETAC, executada no local, conforme Apêndice A. Para isto, foi utilizado o dimensionamento proposto em Uso Racional da Água em Edificações (GONÇALVES, 2006), através do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB). Este mesmo tipo de tratamento já tinha sido descrito por Gonçalves e Bazzarella (2005) como predominante em edifícios no Brasil em comparação a outros países, sendo concebido com três níveis de tratamento:

- Tratamento primário: Constituído por peneiramento com tela;
- Tratamento secundário: Constituído por reator anaeróbio compartimentado (RAC), seguido de filtro biológico (FBAS) e por filtro de areia;
- Tratamento terciário: Constituído por cloração com pastilhas de hipoclorito de sódio.

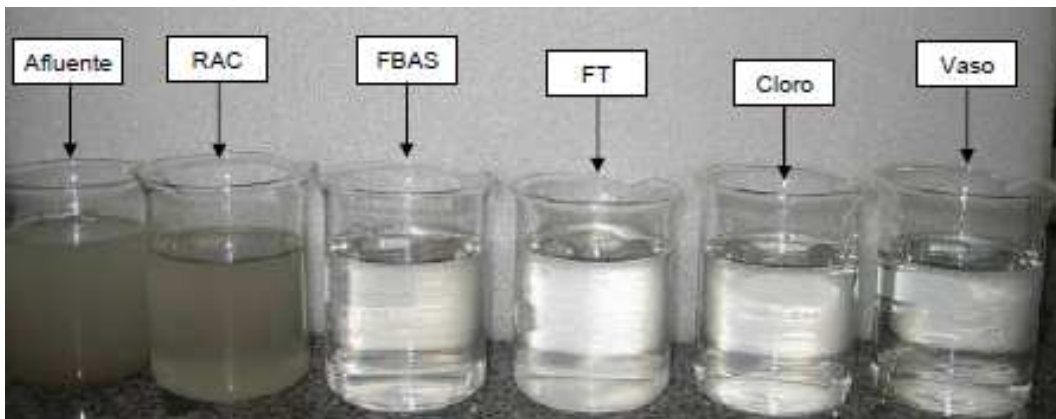
Foi adotada a associação em série dos processos biológicos reator anaeróbio compartimentado (RAC), filtro biológico aerado submerso (FBAS), decantador secundário, filtro terciário e desinfecção por cloração. As principais características destes processos anaeróbios e aeróbios de alta taxa são compacidade, alta concentração de biomassa ativa, idades de lodo elevadas, resultando em pequena produção de lodo, resistência a choques hidráulicos e de carga orgânica e

possibilidade de cobertura, evitando problemas com odores e impacto visual. Um croqui da ETAC pode ser visto na Figura 3.3.



**Figura 3.3 – Esquema da ETAC proposta.**

A fim de elucidar os níveis de tratamento e a respectiva aparência da água cinza, vide a Figura 3.4, retirada de Bazzarella (2005), que caracterizou o aproveitamento da água cinza para uso não potável em edificações na cidade de Vitória, empregando o mesmo tipo de tratamento proposto nesta pesquisa.



**Figura 3.4 – Amostras coletadas em cada etapa do tratamento e no vaso sanitário.**

Fonte: Bazzarella (2005).

### 3.3. Viabilidade econômica

O estudo de viabilidade econômica foi realizado para o sistema de aproveitamento de água da chuva e para este somado ao reúso das águas cinzas,

por meio dos indicadores econômicos a seguir. Primeiramente foi levantado o benefício econômico associado aos sistemas a partir da redução do volume de consumo de água potável economizado, calculado relacionando à estrutura tarifária atual de água e esgoto para o Rio Grande do Sul, fornecido pela concessionária local, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), em R\$/m<sup>3</sup>, a partir de 1º de julho de 2012, conforme Tabela 3.4. A economia do sistema foi calculada conforme a fórmula a seguir:

$$E = C * \times T \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

E: economia decorrente da redução do volume de água potável, em R\$/ano;

C\*: consumo de água não potável, em m<sup>3</sup>/ano;

T: tarifa de água, em R\$/m<sup>3</sup>.

**Tabela 3.4 – Atual estrutura tarifária de água e esgoto para o Rio Grande do Sul.**

Tarifa	Categoria	Água			Esgoto	
		Preço base	Serviço básico	Tarifa mínima sem hydr.	Coletado preço (m <sup>3</sup> )	Tratado preço (m <sup>3</sup> )
Social	Bica pública	1,73	6,85	24,15	0,87	1,21
	Resid. A e A1	1,46	6,85	21,45	0,73	1,02
	m <sup>3</sup> excedente	3,61			1,81	2,53
Básica	Residencial B	3,61	17,07	53,17	1,81	2,53
Empresarial	Comercial C1	3,61	17,07	53,17	1,81	2,53
	m <sup>3</sup> excedente	4,10			2,05	2,87
	Comercial	4,10	30,46	112,46	2,05	2,87
	Pública	4,10	60,84	142,84	2,05	2,87
	Industrial	4,66	60,84	215,65	2,34	3,28

Fonte: Adaptado de <http://www.corsan.com.br/sites/default/files/conteudo/Estrutura%20Tarif%C3%A1ria.pdf>.

Também foram estimados os custos de implantação e de operação e manutenção dos sistemas, incluindo custo com energia elétrica, materiais e mão-de-obra. A seguir, foram consideradas hipóteses de aumento da tarifa de água e do custo de operação (considerando a energia elétrica) dos sistemas e da taxa de juros.

Além disso, foi elaborado o fluxo de caixa anual, onde são diminuídos os custos e somada a economia dos sistemas, de modo a construir o fluxo de caixa acumulado ao longo dos anos e realizou-se a avaliação da viabilidade econômica dos sistemas a partir dos indicadores de avaliação econômica que seguem.

### 3.3.1. Valor presente líquido (VPL)

Indicador capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros, descontado do custo do investimento inicial. Basicamente, é o cálculo de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estariam valendo atualmente, considerando o conceito de valor do dinheiro no tempo. Sendo o VPL superior a zero, o projeto cobrirá o investimento inicial, gerando ainda um excedente financeiro, sendo economicamente viável. No caso de escolha entre dois projetos, deve-se escolher o que possua o maior VPL. Para seu cálculo, foi utilizada a Equação 5, proposta por Agostini (2009).

$$VPL = \left[ \sum_{j=1}^n \frac{E \times (1 + i_A)^j - C \times (1 + i_E)^j}{(1 + i)^j} \right] - INV \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

VPL: valor presente líquido, em reais;

j: período temporal de avaliação (considerado anual);

n: número de períodos considerados (considerado a vida útil dos sistemas);

E: economia gerada pelos sistemas, considerando a redução do volume de consumo de água potável, em reais;

C: custos dispendidos com os sistemas, como operação e manutenção, em reais;

INV: custo do investimento inicial dos sistemas, em reais;

i: taxa de juros considerada;

$i_A$ : taxa de aumento da tarifa de água potável da concessionária (anual);

$i_E$ : taxa de aumento da tarifa de energia elétrica da concessionária (anual).

### 3.3.2. *Payback* ou tempo de retorno de capital (TRC)

Pode ser não descontado e descontado. O primeiro é o período de tempo que retorna o investimento inicial, isto é, tempo na qual a economia gerada pelos sistemas se iguale aos custos de manutenção, operação e investimento inicial, ou seja, tempo cujo VPL seja zerado, não considerando taxas de juros. O segundo considera as taxas de juros. Ambos foram considerados nesta pesquisa.

### 3.3.3. Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é um dos principais métodos de análise de investimentos, seja para avaliar a viabilidade de projetos ou acompanhar e comparar a rentabilidade dos investimentos. É utilizada também para se conhecer a taxa de juros de empréstimos e financiamentos que, quando aplicada, anula o valor presente líquido do investimento. São considerados atrativos, quanto à análise da TIR, os projetos em que a taxa interna de retorno é superior à taxa de juros do mercado. A TIR pode ser calculada através da equação 6, proposta por Sampaio Filho (2008).

$$\sum_{j=1}^n \left[ \frac{E}{(1+i)^j} - \frac{C}{(1+i)^j} \right] - INV = 0 = VPL \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

i: taxa de juros a ser avaliada, que neste caso, zerando o VPL, é a taxa interna de retorno;

### 3.3.4. Relação benefício/custo (b/c)

Nos projetos de engenharia, a identificação dos benefícios e custos começam pela definição da vida útil do projeto. Os benefícios econômicos serão considerados como o valor da quantidade de água aproveitada num ciclo anual, levando-se em conta o valor do m<sup>3</sup> de água fornecida pela concessionária local. Foi simulado um cenário futuro, com variação do valor da tarifa de água. Os benefícios podem ser diretos e indiretos, tangíveis e intangíveis. Os diretos são os resultados imediatos,



como a redução do volume de água potável, enquanto que os indiretos ou não intencionais são, por exemplo, as vazões economizadas nos mananciais, podendo abastecer outros usos mais nobres. Os tangíveis podem ser expressos em valores econômicos e os intangíveis não, como por exemplo, interesses sociais, políticos e ambientais.

Os custos se dividem em custos de investimento (fixos no início do projeto), podendo ser diretos (obras e equipamentos) e indiretos (custos de engenharia e juros) e custos de exploração (manutenção e operação, que são variáveis ao longo da vida útil do projeto). Dentre os custos de investimento direto serão considerados:

- Os reservatórios, que foram considerados de fibra de vidro;
- O sistema de distribuição e conjunto motor-bomba;
- O dispositivo de descarte da primeira chuva;
- O dispositivos de filtragem/tratamento da água.

Dentre os custos de investimento indireto foram considerados:

- Taxa de juros;
- Custos de exploração, tais como manutenção do sistema e custos com energia de bombeamento.

A relação benefício/custo é, pois, a razão entre os benefícios e os custos envolvidos no projeto, contabilizados numa mesma referência de tempo, sendo estes atrativos quando tal relação é superior a unidade. Quanto maior a relação, mais viável é o projeto. Este índice é calculado pela equação 7, proposta por Agostini (2009).

$$b/c = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1+i_A)^j}{(1+i)^j}}{INV + \sum_{j=1}^n \frac{C \times (1+i_E)^j}{(1+i)^j}} \quad \text{Equação 7}$$

Para cada indicador de viabilidade econômica, foi calculado seu valor desconsiderando e considerando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção (tarifas de energia elétrica e água).

Devido à grande alteração destas tarifas e dificuldade de estabelecimento de uma linha de tendência de modo a prever seu comportamento futuro, foram consideradas as médias da década 2000/2010, como segue:

- Energia elétrica: Foi retirado do sítio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default\\_aplicacao\\_reajuste\\_tarifario.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default_aplicacao_reajuste_tarifario.cfm);
- Água: Retirado do sítio da Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS), em <http://www.agergs.rs.gov.br/site/imagens/editor/imagens/Regulacao%20Economica%20dos%20Servicos%20de%20Saneamento%20-%20AGERGS.pdf>;
- Taxa de juros: Foi definida a taxa de juros de longo prazo (TJLP), sendo definida como o custo básico dos financiamentos concedidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Custos\\_Financeiros/Taxa\\_de\\_Juros\\_de\\_Longo\\_Prazo\\_TJLP/index.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/index.html).

Um resumo das taxas consideradas pode ser visto na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5 – Variação das taxas de energia elétrica, água e juros na década 2000/2010.**

	Energia elétrica	Água	Taxa de juros
2000	10,67	-2,93	10,75
2001	20,94	16,78	9,50
2002	11,84	0,00	9,88
2003	16,14	29,06	11,50
2004	13,27	6,96	9,81
2005	9,42	10,68	9,75
2006	6,23	1,86	7,88
2007	3,83	4,36	6,38
2008	-0,20	8,25	6,25
2009	14,50	4,78	6,13
2010	-1,76	2,88	6,00
Média	9,53	7,52	8,53

Fonte: Modificado de ANEEL, AGERGS e BNDES.

### **3.4. Viabilidade social**

Este item é dedicado ao desenvolvimento de uma pesquisa de campo para verificar o conhecimento e aceitabilidade por parte da população do aproveitamento de água da chuva e reúso de águas cinzas. O roteiro baseia-se basicamente na metodologia proposta por Dias (2007). Ele terá as seguintes etapas:

- Elaboração do questionário;
- Determinação do tamanho da amostra;
- Aplicação dos questionários;
- Análise e tabulação dos dados.

#### **3.4.1. Elaboração do questionário**

O questionário utilizado é do tipo estruturado, cujo autor o elabora e entrevista os interlocutores, transcrevendo suas respostas no mesmo, objetivando a aquisição dos dados. Ele é objetivo, com respostas alternativas para as questões.

Este instrumento de coleta de dados está disposto no Apêndice B e fora aplicado à população residente no bairro de Camobi, com a finalidade de verificar o conhecimento e aceitabilidade do aproveitamento de água da chuva e reúso de águas cinzas.

#### **3.4.2. Determinação do tamanho da amostra**

Santa Maria está localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul e sua população residente, segundo o censo demográfico de 2010 do IBGE, é de 261.031 habitantes, residindo em 101.062 domicílios. Para a determinação do tamanho da amostra, foram considerados os domicílios do bairro de Camobi, que é o mais populoso do município, concentrando uma população de 21.822 habitantes, representando 8,36% da população total. Até a presente data, o último censo não havia divulgado o número de domicílio por bairro de Santa Maria, número que foi inferido considerando a população do referido bairro em comparação com a população total do município, chegando-se ao número de 8448 domicílios.

Em virtude deste alto número, optou-se por realizar as entrevistas em uma amostra do mesmo. Para tanto, foi elaborado um plano de amostragem representativo do bairro, o qual está baseado na NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos (ABNT, 1985a) e NBR 5427 - Guia para utilização da norma NBR 5426 (ABNT, 1985b).

Este plano de amostragem, previsto nas normas supracitadas, foi utilizado para a inspeção dos dados. A amostra consiste em uma ou mais unidades de produto, retiradas do lote a ser inspecionado, de forma aleatória e independente. A seguir é apresentada uma sequência de operações baseado na NBR 5427 (ABNT, 1985a) para a determinação do tamanho da amostra.

- Determinação do tamanho do lote

O tamanho da amostra versa em uma ou mais unidades extraídas do lote a ser inspecionado, aleatoriamente e independente de sua qualidade. O número de unidades de produto da amostra constitui o tamanho da mesma e o tamanho do lote examinado correspondeu ao total de domicílios do bairro de Camobi.

- Escolha do nível de inspeção

No plano de amostragem deve ser indicado o nível de inspeção, que fixa a relação entre o tamanho do lote e da amostra. O nível de inspeção a ser usado para qualquer requisito particular deve ser prescrito pelo responsável pela inspeção.

Há três níveis de inspeção para uso geral: I, II e III. A inspeção de nível I deve ser adotada quando for necessária menor discriminação e a de nível III, quando for necessária maior discriminação. Salvo indicação em contrário, deve ser adotada a inspeção de nível II, conforme indica a NBR 5426 (ABNT, 1985a).

Existem ainda quatro níveis especiais, S1, S2, S3 e S4, que podem ser utilizados quando forem necessários pequenos tamanhos de amostra, ou onde podem ser tolerados grandes riscos na amostragem.

- Determinação do código literal do tamanho da amostra

Com a finalidade de se obter o tamanho da amostra, deve-se escolher o nível de inspeção e conhecer o tamanho do lote. Através destes, obtém-se a letra do código literal do tamanho da amostra. Como o tamanho do lote é de 8448 domicílios e o nível geral de inspeção é o II, advém que a letra do código literal da amostra é L, como pode ser visto no Quadro 3.1.

Tamanho do lote	Níveis especiais de inspeção				Níveis gerais de inspeção		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 a 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 a 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 a 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 a 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 a 500000	D	E	G	J	M	P	Q
Acima de 500001	D	E	H	K	N	Q	R

**Quadro 3.1 – Codificação de amostragem.**

Fonte: NBR 5426 (ABNT, 1985a).

- Escolha do plano de amostragem

A escolha entre os planos de amostragem do tipo simples, duplo ou múltiplo depende do tamanho do lote, da severidade da inspeção (normal, severo e atenuada) e do seu custo. Os planos são os elencados abaixo:

- Plano de amostragem simples: Inspecciona a amostra de uma só vez. Seu critério de aceitação respeita o número máximo admissível de defeitos ( $A_c$ );

- Plano de amostragem dupla: Pode ser aplicado em duas amostragens. Na primeira, caso o número de defeitos seja menor ou igual a  $A_c$ , o lote será aceito, caso não seja, realizar-se-á uma segunda amostragem. Se a quantidade de falhas acumuladas na segunda amostragem for menor que o  $A_c$  da segunda amostragem, aceitar-se-á o lote. Caso o número de falhas extrapolar o número de rejeição ( $R_e$ ) na primeira amostragem ou a quantidade de falhas acumuladas na primeira e segunda amostragens, o lote deverá ser rejeitado;
- Plano de amostragem múltipla: Utiliza os procedimentos de amostragem dupla, no entanto o número de amostragens sucessivas é maior que duas.

- Estabelecimento da severidade da inspeção

Quando se inicia um procedimento de inspeção, deve-se empregar o regime normal salvo determinação em contrário. Aqui foi selecionado o plano de amostragem simples e a inspeção normal, por se tratar de uma pesquisa que sem a exigência de uma inspeção severa, não tendo necessidade de repetição.

- Determinação do tamanho da amostra e do número de aceitação

Determinado o plano de amostragem simples - normal, foi consultada a Figura 3.5, com a finalidade de se determinar o tamanho da amostra. Para tanto, é necessário elucidar o conceito de nível de qualidade aceitável (NQA), que representa o número máximo de defeitos por cem unidades, que para fins de inspeção por amostragem, pode ser considerada satisfatória como média de um processo.

De acordo com a NBR 5426 (ABNT, 1985a), o NQA utilizado deve ser determinado no contrato de fornecimento ou pelo responsável pela inspeção. Neste caso foi adotado o NQA preferencial de 2,5.

O código literal L, somado ao NQA de 2,5, resulta no tamanho da amostra de 200 unidades, sendo o número de aceitação de dez entrevistas cujas respostas não apresentem sentido às perguntas formuladas, podendo ser refeitas. O número de rejeição é de onze resultados duvidosos, ou seja, se onze entrevistas são duvidosas, rejeitam-se todas. Resumindo, de acordo com o plano de amostragem supracitado, devem ser entrevistadas pessoas de 200 domicílios.

Código de amostras	Tamanho da amostra	NQA																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

↓ - Usar o primeiro plano abaixo da seta. Se a nova amostragem requerida for igual ou maior do que o número de peças constituintes do lote, inspecionar 100%.  
 ↑ - Usar o primeiro plano acima da seta.  
 Ac - Número de peças defeituosas (ou falhas) que ainda permite aceitar o lote.  
 Re - Número de peças defeituosas (ou falhas) que implica a rejeição do lote.

**Figura 3.5 – Plano de amostragem simples - normal.**

Fonte: NBR 5426 (ABNT, 1985a).

3.4.3. Aplicação dos questionários

As informações foram adquiridas entre os dias 16 de janeiro e 25 de abril de 2012, procurando a divisão do bairro de Camobi em setores, conforme demonstrado na Figura 3.6, a fim de não concentrar a aplicação dos questionários em poucas ruas ou quadras. Os quatro setores são:

- 1 – Universidade Federal de Santa Maria, especialmente a Casa do Estudante Universitário e o Centro de Tecnologia;
- 2 – Arredores da Avenida Roraima, principal acesso à UFSM;
- 3 – Arredores da RS – 509 (Faixa Velha);
- 4 – Arredores da BR – 287 (Faixa Nova).

Os setores foram escolhidos desta maneira de modo a facilitar a aplicação das entrevistas, uma vez que os mesmos possuem fácil acesso e grande densidade demográfica.

O formulário de entrevista consiste no tipo de imóvel, se casa ou apartamento, na idade, sexo e escolaridade do entrevistado. A partir desta primeira fase de estratificação da população, vêm as partes específicas, as quais versam sobre questões técnicas, econômicas e sociais relacionadas à água da chuva e água cinza.



**Figura 3.6 – Setorização do bairro de Camobi.**

Fonte: Adaptado de Google Maps (2011).

#### 3.4.4. Análise e tabulação dos dados.

Após a coleta dos dados, realizou-se uma análise dos mesmos. Para esta etapa, utilizou-se o recurso autofiltro do aplicativo Excel. Os resultados serão apresentados e discutidos no próximo capítulo.



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva**

A série de dados utilizada compreende 8400 dias sem falhas, como citado anteriormente. Foi simulada diariamente uma área de captação em projeção horizontal de 300 m<sup>2</sup>, coberta com telhas de fibrocimento sem amianto, conduzindo a água da chuva através das calhas e tubos de queda para o sistema de reservação e distribuição. O lote possui 600 m<sup>2</sup>, onde o índice verde adotado é o mínimo exigido pela Prefeitura Municipal de Santa Maria, ou seja, 18%, o que representam 108 m<sup>2</sup>.

O coeficiente de escoamento superficial adotado é de 0,9, devido à cobertura ser considerada nova e estar em bom estado de conservação e limpeza. Tordo (2004) relata que telhados de fibrocimento têm maior capacidade de neutralizar os ácidos presentes nas chuvas a outros tipos de coberturas, cerâmicas e metálicas.

A quantidade de água necessária para suprir a demanda do abastecimento dos vasos sanitários, considerando os 16 apartamentos com um banheiro cada um, sendo quatro pessoas por apartamento, utilizando a bacia sanitária de 6 litros cinco vezes ao dia equivale a 1,92 m<sup>3</sup>/dia.

Considerando não só o abastecimento dos vasos sanitários, mas também outros usos não potáveis, rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros, levando em conta que o jardim de 108 m<sup>2</sup> será regado uma vez por semana, utilizando-se dois litros por metro quadrado, que a limpeza geral do condomínio será feita duas vezes por semana, utilizando-se 50 litros por lavagem por dia e que para cada apartamento existe um veículo, que é lavado uma vez a cada quinze dias, consumindo-se 150 litros por carro por lavagem, esta demanda gira em torno de 2,12 m<sup>3</sup>/dia.

#### **4.1.1. Dimensionamento do reservatório de água da chuva**

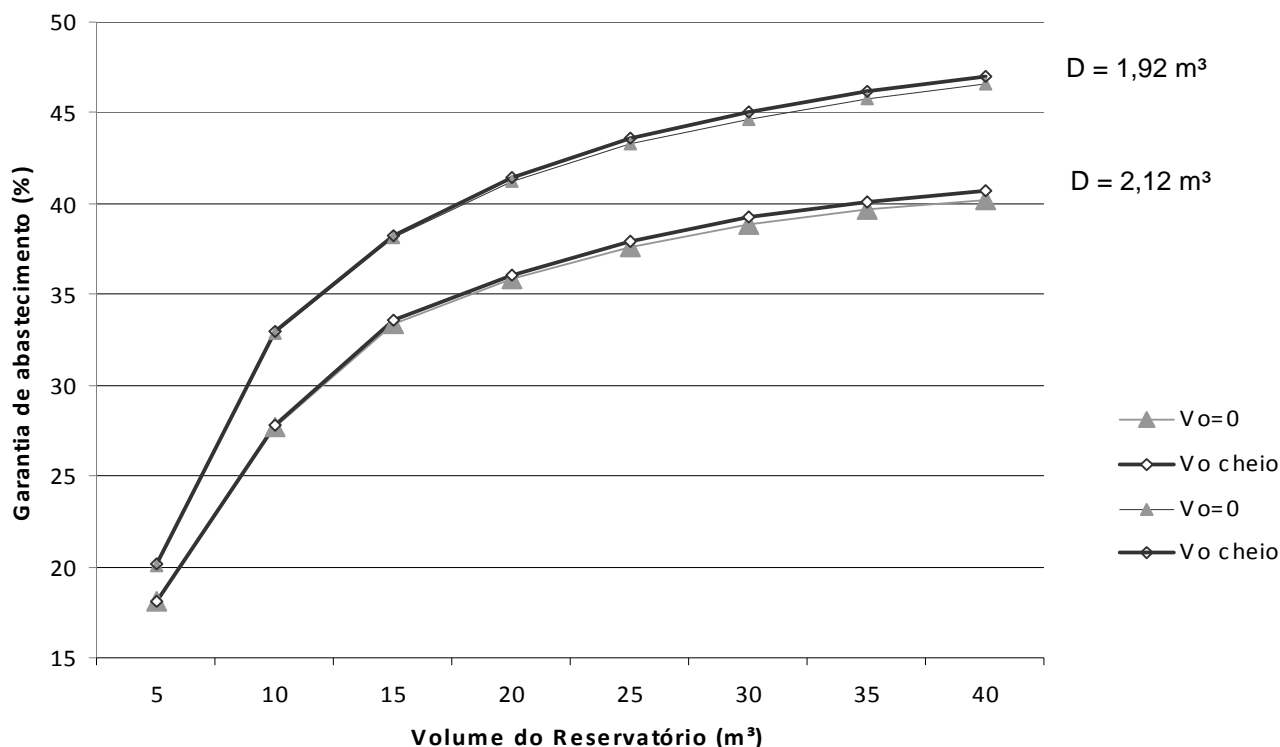
Para o dimensionamento do reservatório de água da chuva, foi adotado o Método da Simulação, onde foram descontados da precipitação de cada evento 2 mm iniciais, correspondentes ao volume de chuva que lava o telhado, contendo uma carga maior de poluentes.

Os volumes adotados para o reservatório são comerciais e foram considerados inicialmente cheios e vazios. Da série de dados de 8400 dias, foram obtidos o número de dias em que o reservatório encontra-se extravasando, o número de dias que ele não atende à demanda diária e a garantia de abastecimento.

Os reservatórios de fibra de vidro foram simulados nos volumes de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 m<sup>3</sup>, volumes comerciais facilmente encontrados no mercado. Os resultados são mostrados na Tabela 4.1 e na Figura 4.1.

**Tabela 4.1 – Dimensionamento do volume do reservatório de água da chuva para o prédio estudado.**

Demanda diária (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume inicial no reservatório (m <sup>3</sup> )	Nº dias extravasando	Nº dias de não atendimento à demanda	Garantia de abastecimento (%)	
2,12	5	0	601	6882	18,07	
		5	601	6880	18,10	
	10	0	338	6071	27,73	
		10	338	6065	27,80	
	15	0	211	5594	33,40	
		15	211	5582	33,55	
	20	0	136	5385	35,89	
		20	137	5368	36,10	
	25	0	99	5238	37,64	
		25	100	5217	37,89	
	30	0	68	5135	38,87	
		30	69	5105	39,23	
	35	0	49	5067	39,68	
		35	50	5030	40,12	
	40	0	35	5020	40,24	
		40	36	4979	40,73	
	1,92	5	0	635	6712	20,10
			5	635	6710	20,12
10		0	366	5642	32,83	
		10	366	5634	32,93	
15		0	244	5197	38,13	
		15	244	5185	38,27	
20		0	156	4933	41,27	
		20	158	4916	41,48	
25		0	125	4763	43,30	
		25	127	4737	43,61	
30		0	94	4647	44,68	
		30	96	4616	45,05	
35		0	72	4554	45,79	
		35	76	4520	46,19	
40		0	50	4485	46,61	
		40	57	4449	47,04	



**Figura 4.1 – Relação entre o volume do reservatório versus garantia de abastecimento.**

O dimensionamento do volume do reservatório depende da demanda a ser considerada, se seu volume inicial está zerado ou cheio no início da simulação e do risco de desabastecimento que se deseja assumir.

A partir da Tabela 4.1 e da Figura 4.1, pode-se inferir que a garantia de abastecimento não tem ganhos significativos quando inicia-se a simulação com o reservatório cheio ou vazio.

Observa-se que para a demanda de 2,12 m³/dia, que compreende além dos vasos sanitários, a rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros, a máxima garantia de abastecimento é de 40,73%, adotando-se como volume do reservatório 40 m³ e simulando inicialmente o mesmo cheio.

Já para a demanda que abarca somente os vasos sanitários, de 1,92 m³/dia, para o volume do reservatório simulado de 40 m³, a garantia máxima sobe para 47,04%.

Com a finalidade de se aproveitar a água da chuva ao máximo, será utilizada a demanda considerando os vasos sanitários, rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros. Para o dimensionamento do volume do

reservatório, o mesmo foi considerado cheio no início da simulação. Este dimensionamento pode depender de uma garantia de abastecimento pré-determinada, da viabilidade econômica, do espaço físico disponível e de outros tantos fatores, dependendo do caso estudado.

A partir da Tabela 4.2, nota-se que quando o menor volume simulado para o reservatório tem sua capacidade dobrada (de 5 para 10 m<sup>3</sup>), o incremento da garantia de abastecimento cai para aproximadamente a metade da imediatamente superior (de 18,10 para 9,70%), ao triplicar-se o volume do reservatório (de 5 para 15 m<sup>3</sup>), o incremento da garantia de abastecimento cai para aproximadamente um terço (de 18,10 para 5,75%). Porém, ao quadruplicar-se o volume do reservatório (de 5 para 20 m<sup>3</sup>), o incremento da garantia de abastecimento cai para aproximadamente um oitavo da garantia de abastecimento original (de 18,10 para 2,55), não mantendo a relação inicial. Portanto, para o caso em tela, adotou-se o volume do reservatório de água da chuva de 15 m<sup>3</sup>, garantindo o abastecimento de 33,55% e assumindo o risco de falhas de 66,45%, necessitando assim de um sistema de apoio para abastecimento com água potável da rede pública ou de outras fontes.

**Tabela 4.2 - Relação entre volume do reservatório e garantia de abastecimento.**

Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )	Incremento do volume do reservatório (%)	Garantia de abastecimento (%)	Incremento da garantia de abastecimento (%)
5	-	18,10	-
10	100,00	27,80	9,70
15	50,00	33,55	5,75
20	33,33	36,10	2,55
25	25,00	37,89	1,80
30	20,00	39,23	1,33
35	16,67	40,12	0,89
40	14,29	40,73	0,61

## 4.2. Viabilidade técnica do reúso das águas cinzas

### 4.2.1. Dimensionamento do reservatório de água da chuva misturada às águas cinzas

Ao estimar a geração de água cinza para o prédio em estudo através dos parâmetros propostos por Melo e Netto (1988), apresentados na Tabela 2.3, considerando o consumo proporcional de água para vários usos residenciais no Brasil, se chega aos valores representados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 – Geração de água cinza para o prédio em estudo através dos parâmetros propostos por Melo e Netto (1988).**

Usos	Consumo (litros/dia)	Consumo adotado (litros/dia)	Nº de pessoas no prédio	Geração de água cinza diário (m³)
Asseio pessoal	30 a 60	45	64	2,88
Bebida	2	2		0,13
Lavagem de roupas	10 a 20	15		0,96
Total				3,97

Levando-se em conta os dados apresentados por Gonçalves e Bazzarella (2005), na Tabela 2.7, a estimativa de volume de água cinza gerado fica representada na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4 - Geração de água cinza para o prédio em estudo através dos parâmetros propostos por Gonçalves e Bazzarella (2005).**

Aparelho	Nº de pessoas no prédio	Quantidade de consumo	Consumo por aparelho	Geração de água cinza diário (m³)
Lavatório	64	3 min/dia	10L/min	1,92
Chuveiro		10 min/dia	12L/min	7,68
Tanque		5 min/dia	10L/min	3,20
Máquina de lavar roupa		3 ciclos/semana	210L/ciclo	0,09
Total				12,89

Ao estimar o volume de água cinza gerado no prédio em questão através dos estudos realizados pelo Ministério das Cidades, através do Programa de Modernização do Setor de Saneamento, considerando que na região sul a média de consumo é de 124,6 L/hab.dia e descontando 29% consumido pela bacia sanitária e 17% pela pia de cozinha, chega-se a uma geração de água cinza de 4,30 m³/dia para os 64 habitantes.

Face ao exposto, para o dimensionamento do reservatório das águas cinzas, serão considerados os dados propostos por Melo e Netto (1988) para a estimativa do volume gerado, que resulta em 3,97 m³/dia, em favor da segurança.

Para as duas demandas simuladas, a garantia de abastecimento só é zero quando se adota um volume de reservação menor que a demanda diária. Ao se

adotar o volume do reservatório igual à demanda diária, a garantia de abastecimento é de quase 100%, devido ao volume de água cinza produzido ser sempre maior que a demanda consumida e não sazonal, como pode ser visto na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5 – Dimensionamento do volume do reservatório da mistura de água da chuva mais água cinza para o prédio estudado.**

Demanda diária (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume inicial no reservatório (m <sup>3</sup> )	Nº dias extravasando	Nº dias de não atendimento à demanda	Garantia de abastecimento (%)
2,12	1,92	0	8398	8400	0,00
		1,92	8400	8400	0,00
	2,12	0	8398	2	99,98
		2,12	8400	0	100,00
1,92	1,92	0	8400	0	100,00
		1,92	8400	0	100,00
	2,12	0	8398	0	100,00
		2,12	8400	0	100,00

Neste caso, o reservatório de água da chuva misturado às águas cinzas, considerando uma demanda de 2,12 m<sup>3</sup> por dia para o atendimento da demanda de água para os consumos não potáveis, foi dimensionado em 2,12 m<sup>3</sup>, atendendo a 100% da demanda.

### 4.3. Viabilidade econômica do aproveitamento da água de chuva

#### 4.3.1. Economia gerada pelo sistema de aproveitamento da água de chuva

Com base no item anterior, verificou-se que a garantia de abastecimento do sistema de aproveitamento de água da chuva é de 33,55%. Portanto, dos 2,12 m<sup>3</sup>/dia de água não potável consumidos, a água de chuva é capaz de suprir 0,71 m<sup>3</sup>. Em um ano são economizados 259,61 m<sup>3</sup> de água potável da concessionária.

O prédio objeto do estudo de caso em questão se enquadra na categoria básica residencial B, que conforme a Tabela 3.4, não possui tarifa diferenciada para consumos de até 10 m<sup>3</sup>, como na categoria social. O valor de água então é calculado pela multiplicação do preço base vezes o consumo, acrescido do serviço básico. O valor do serviço básico não varia com ou sem aproveitamento de água da chuva,

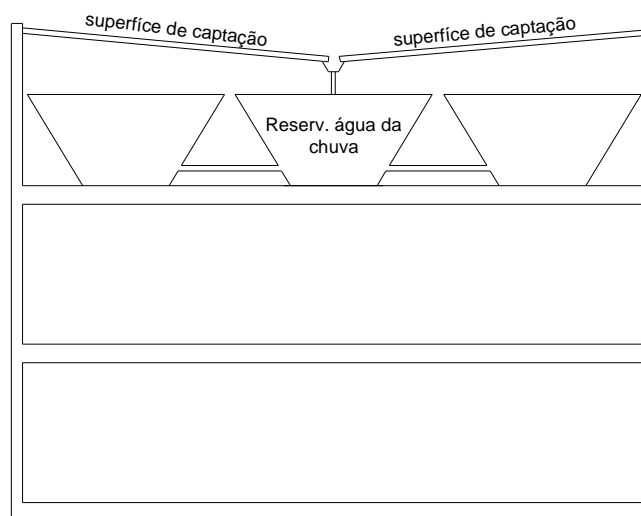
pois é a taxa fixa de R\$ 17,07, multiplicada pelos 16 apartamentos, não sendo contabilizada nesta pesquisa. O Bairro Camobi não possui rede de coleta nem tratamento de esgoto, não incidindo, portanto, esta tarifa.

Aplicando-se os valores da atual estrutura tarifária de água e esgoto para o Rio Grande do Sul na Equação 4, se obtém a economia de R\$ 937,19/ano com a conta de água potável.

$$E = C * \times T = 259,61m^3 / ano \times R\$3,61 / m^3 = R\$937,19 / ano$$

#### 4.3.2. Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva

A fim de estimar o valor do investimento inicial para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, foi proposto um sistema apenas com reservatório superior, eliminando o inferior e consequentemente a necessidade da utilização de bombas para recalque. Para isto, o volume total foi dividido em vários reservatórios interligados, de capacidade total conforme dimensionamento realizado no item 4.1. O projeto executivo da edificação contempla o erguimento da platibanda, com o caimento da calha para o centro, de maneira que os reservatórios se localizem sob a cobertura, conforme Figura 4.2. Quando o volume coletado exceder a capacidade dos reservatórios, a água será direcionada à rede de coleta pluvial, já existente independentemente do sistema de aproveitamento de água da chuva.



**Figura 4.2 – Esquema de coleta e reservação de água da chuva por gravidade.**

A relação de materiais e mão de obra e os custos a serem praticados no sistema de aproveitamento de águas pluviais seguem na Tabela 4.6. Os valores foram obtidos por meio de pesquisa de mercado junto aos fornecedores dos itens e por consulta ao SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), mantido pela Caixa Econômica Federal (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012).

Neste sistema, a relação de materiais descrita complementa as instalações hidrossanitárias de distribuição de água fria, de coleta de esgoto cloacal e pluvial já existentes. A cisterna com os elementos citados abaixo pode ser vista na Figura 2.8.

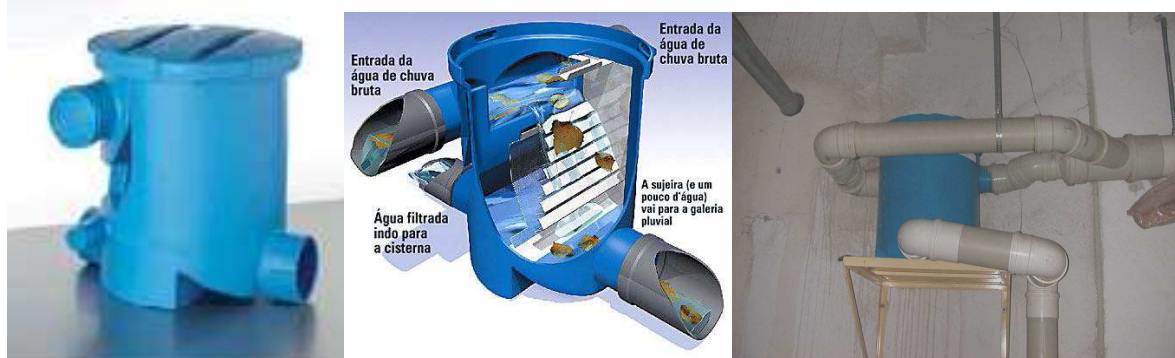
1) Tubo PVC esgoto predial DN 100mm, inclusive conexões: É importante destacar que não estão sendo consideradas as instalações pluviais, como calhas e tubos de queda, que são considerados custos já incidentes no projeto sem o aproveitamento da água da chuva. Aqui entram as ligações das calhas até os filtros e destes até o freio d'água e tubos de queda, com o excedente de água e os rejeitos dos filtros.

2) Dispositivo de descarte da primeira chuva: Este dispositivo consiste em eliminar os primeiros 2 milímetros de chuva, que considerando 300 m<sup>2</sup> de área de cobertura e coeficiente de escoamento superficial de 0,9, equivalem a  $2\text{mm} \times 300\text{m}^2 \times 0,9 = 540$  L, onde foi adotado o desvio para um reservatório de 500 L. Ao encher o reservatório, fecha-se a torneira bóia de entrada do mesmo e o fluxo é redirecionado para o filtro a jusante. Ao findar do escoamento pluvial, um sistema automático libera o volume acumulado e abre-se novamente a torneira bóia para receber novo escoamento inicial.

3) Filtro VF1 - Filtro residencial para 200 m<sup>2</sup> de cobertura: Foram considerados 2 filtros em paralelo. As entradas e saídas do filtro tem diâmetro de 100 mm, conforme Figura 4.3. Os tubos que vem das calhas são conectados nas entradas da água bruta do filtro. A saída para a cisterna é a água filtrada, localizada abaixo das entradas de água de chuva bruta. O descarte das folhas e parte da água é através da saída oposta à entrada de água filtrada é direcionado para a rede pluvial já existente. As conexões são com luvas de 100 mm de PVC com anel de borracha, que facilitam a instalação. O filtro poderia ter sido instalado enterrado, mas neste caso será apoiado sobre suporte metálico. A manutenção é muito simples, o elemento filtrante deve ser inspecionado e limpo regularmente de dois em dois meses, abrindo a tampa e puxando o elemento filtrante de inox para fora do filtro, em



seguida limpando a tela com um jato d'água na parte de trás e remontando o elemento filtrante fechando a tampa.



**Figura 4.3 – Filtro VF1, corte representativo e instalação.**

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br> (2012).

4) Freio d'água: Possui entrada com diâmetro em 100 mm. É instalado no fundo da cisterna, conectado ao filtro através de um tubo de 100 mm de PVC e possui a função de reduzir a velocidade de entrada da água filtrada, evitando o revolvimento de partículas finas decantadas no reservatório. Está representado na Figura 4.4.



**Figura 4.4 – Freio d'água.**

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br> (2012).

5) Sifão ladrão: Tem saída com diâmetro de 100 mm e impede a entrada de insetos e roedores no reservatório, vide Figura 4.5. O sifão é instalado dentro da cisterna e faz o controle do nível para que não haja transbordamento.

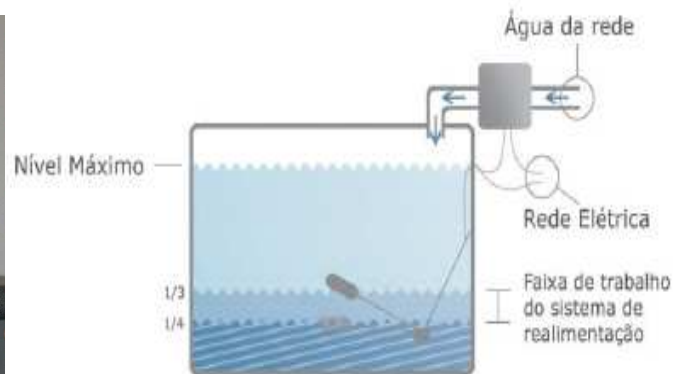


**Figura 4.5 – Sifão ladrão.**

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br> (2012).

6) Sistema realimentador automático: Possui alimentação com diâmetro de 3/4" roscável e saída com diâmetro de 25 mm soldável, conforme Figura 4.6. Este sistema controla a entrada de água da rede pública no reservatório de água de chuva nos períodos de estiagem. Apenas uma quantidade mínima para garantir o abastecimento entra nos reservatórios de água de chuva. Com isso, a maior parte do reservatório fica vazio para receber a água da próxima chuva. O sistema realimentador aciona a entrada de água potável da rede pública quando a bóia atinge o nível mínimo, que neste caso foi estabelecido em 1/5 da altura do reservatório. O sistema realimentador desliga a entrada de água potável da rede pública quando a bóia atinge o nível máximo, o qual foi estabelecido em 1/3 da altura do reservatório.

Deve ser observada a Norma Brasileira de Água Fria (NBR 5626), que exige uma separação atmosférica (gap) de no mínimo 5 cm entre o tubo de alimentação de água potável e o reservatório de águas pluviais.



**Figura 4.6 – Sistema automático de realimentação.**

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br> (2012).

7) Material elétrico: Este material são os cabos, eletrocalhas e fixadores. A maior parte da instalação elétrica já está presente no sistema convencional de água potável. Para o sistema de aproveitamento de água da chuva, estes materiais são mínimos, apenas um ponto de energia elétrica para o realimentador automático.

8) Cisterna: Como visto no item 4.1.1, o volume do reservatório de água da chuva para o atendimento da demanda de água não potável ficou dimensionado em 15.000 L. Optou-se por dividir este volume em 3 reservatórios de 5.000 L interligados, em função de limitar a altura acima da edificação, uma vez que o sistema não requer muita pressão disponível, pois os pontos de consumo consistem nos vasos

sanitários, que possuem caixa de descarga acoplada, e os demais pontos de consumo localizam-se no térreo.

9) Tubo PVC soldável água fria DN 25mm, inclusive conexões: Neste item foram consideradas duas colunas de distribuição de água da chuva desde o barrilete, na cobertura, que atendem às baterias de vasos sanitários dos apartamentos, que são considerados rebatidos em planta. Além disso, foi considerado adicionalmente um metro por vaso sanitário e 10 metros para os pontos de consumo para limpeza no térreo.

10) Tubo PVC soldável água fria DN 40mm, inclusive conexões: Neste item foram considerados 5 metros para a interligação entre os reservatórios de água da chuva, 10 metros para a ligação com o reservatório de água potável e 15 metros para o barrilete.

11) Registro de gaveta 1.1/2" bruto de latão: Consiste no registro entre o reservatório e o barrilete, que necessita ser fechado para eventual manutenção do sistema, e o da limpeza, que é aberto para o esgotamento dos reservatórios para sua desinfecção anual.

Não foi considerado nenhum sistema de desinfecção, devido ao fato de estar presente no sistema dispositivo de descarte da primeira chuva, filtros e principalmente o freio d'água, além de a água não permanecer parada, entrando e saindo das cisternas em constante movimento. A Tabela 4.6 traz os custos para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

**Tabela 4.6 – Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o caso proposto.**

Item	Descrição	Qtde	Un	Mat (R\$)	MO (R\$)	Total (R\$)
1	Tubo PVC esgoto predial DN 100mm, inclusive conexões	6	m	25,74	6,44	193,08
2	Dispositivo de descarte da primeira chuva (reservat. 500 L)	1	un	127,20	31,80	159,00
3	Filtro VF1	2	un	947,20	236,80	2.368,00
4	Freio d'água 100 mm	1	un	75,20	18,80	94,00
5	Sifão ladrão 100 mm	1	un	162,40	40,60	203,00
6	Sistema realimentador automático 3/4"	1	un	312,24	78,06	390,30
7	Material elétrico (cabos, eletrocalhas, fixadores)	1	vb	80,00	20,00	100,00
8	Cisterna 5.000 L	3	un	876,80	219,20	3.288,00
9	Tubo PVC soldável água fria DN 25mm, inclusive conexões	48	m	9,71	2,42	582,24
10	Tubo PVC soldável água fria DN 40mm, inclusive conexões	30	m	16,92	4,23	634,50
11	Registro gaveta 1.1/2" bruto latão - fornecimento e instalação	2	un	26,49	6,62	66,22
<b>Total</b>						<b>8.078,34</b>

#### 4.3.3. Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água da chuva de acordo com o Quadro 2.1. Como se trata de inspeções e limpezas do dispositivo de descarte de detritos, do descarte do escoamento inicial, calhas e condutores, o próprio zelador do condomínio o faz rotineiramente, sem custos adicionais em relação à prestação dos seus serviços sem considerar o sistema de aproveitamento da água da chuva.

Já de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), os reservatórios devem ser limpos e desinfetados no mínimo uma vez por ano. Neste caso, foi realizada pesquisa de preços em empresas especializadas de Santa Maria e os custos estão descritos na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7 – Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o caso proposto.**

Item	Descrição	Qtde	Un	MAT (R\$)	MO (R\$)	Total (R\$)
1	Limpeza e desinfecção anual de res. de 5.000 L	3	un	10	40	150,00

#### 4.3.4. Valor presente líquido (VPL) do sistema de aproveitamento de água da chuva

De posse dos valores de economia anual, custos de operação e manutenção anuais e do investimento inicial, e considerando a vida útil do sistema de aproveitamento de água da chuva de 20 anos, mesma vida útil geralmente considerada para as instalações hidrossanitárias e pela bibliografia, calculou-se o VPL do sistema inicialmente sem considerar taxas de juros, conforme a Equação 5, na Tabela 4.8, resultando em R\$ 7.665,49.

Não considerando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção (tarifas de energia elétrica e água), o investimento inicial poderia ser de até R\$ 15.743,83, valor no qual o sistema não geraria lucro, mas não traria prejuízo, ou seja, toda a economia gerada pelo sistema seria descontada dos custos durante sua vida útil, equivalendo a R\$ 18.743,83 – R\$ 3.000,00, valores retirados da Tabela 4.12.

A título de conhecimento, foi consultada uma empresa especializada em aproveitamento de água da chuva, a qual propôs um orçamento de R\$ 78.500,00 como investimento inicial, valor que inviabilizaria o sistema.

**Tabela 4.8 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva sem considerar taxas.**

n (anos)	E (R\$/ano)	iA (%)	C (R\$/ano)	iE (%)	i (%)	INV (R\$)	VPL	VPL acum.
1	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	-8.078,34	-7.291,15	-7.291,15
2	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-6.503,96
3	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-5.716,76
4	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-4.929,57
5	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-4.142,38
6	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-3.355,19
7	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-2.568,00
8	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-1.780,81
9	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-993,61
10	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	-206,42
11	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	580,77
12	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	1.367,96
13	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	2.155,15
14	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	2.942,34
15	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	3.729,54
16	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	4.516,73
17	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	5.303,92
18	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	6.091,11
19	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	6.878,30
20	937,19	0,00%	-150,00	0,00%	0,00%	0,00	787,19	7.665,49
<b>TOTAL</b>	<b>18.743,83</b>	<b>0,00%</b>	<b>-3.000,00</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>-8.078,34</b>	<b>7.665,49</b>	<b>7.665,49</b>

Quando se consideram as taxas supracitadas, o novo VPL calculado para 20 anos resulta em R\$ 5.629,61, conforme Tabela 4.9.

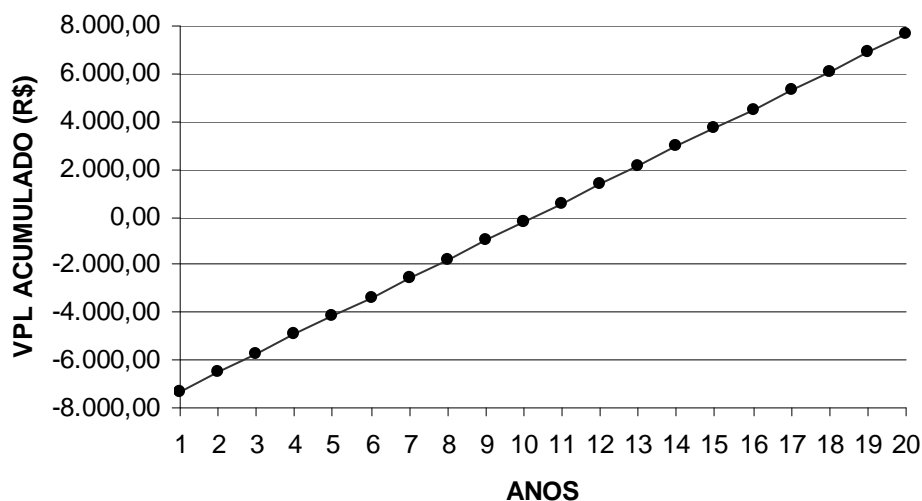
Considerando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção, para o sistema ser viável economicamente, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 13.707,95, ou seja, R\$ 17.015,85 – R\$ 3.307,90, valores retirados da Tabela 4.13.

**Tabela 4.9 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva considerando taxas.**

n (anos)	E (R\$/ano)	iA (%)	C (R\$/ano)	iE (%)	i (%)	INV (R\$)	VPL	VPL acum.
1	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	-8.078,34	-7.301,25	-7.301,25
2	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	767,05	-6.534,20
3	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	757,08	-5.777,11
4	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	747,18	-5.029,93
5	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	737,35	-4.292,58
6	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	727,58	-3.565,00
7	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	717,87	-2.847,13
8	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	708,23	-2.138,90
9	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	698,65	-1.440,25
10	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	689,13	-751,12
11	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	679,67	-71,45
12	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	670,27	598,82
13	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	660,93	1.259,76
14	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	651,65	1.911,41
15	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	642,43	2.553,84
16	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	633,26	3.187,11
17	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	624,15	3.811,26
18	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	615,10	4.426,36
19	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	606,10	5.032,46
20	937,19	7,52%	-150,00	9,53%	8,53%	0,00	597,15	5.629,61
<b>TOTAL</b>	<b>18.743,83</b>	<b>150,40%</b>	<b>-3.000,00</b>	<b>190,60%</b>	<b>170,60%</b>	<b>-8.078,34</b>	<b>5.629,61</b>	<b>5.629,61</b>

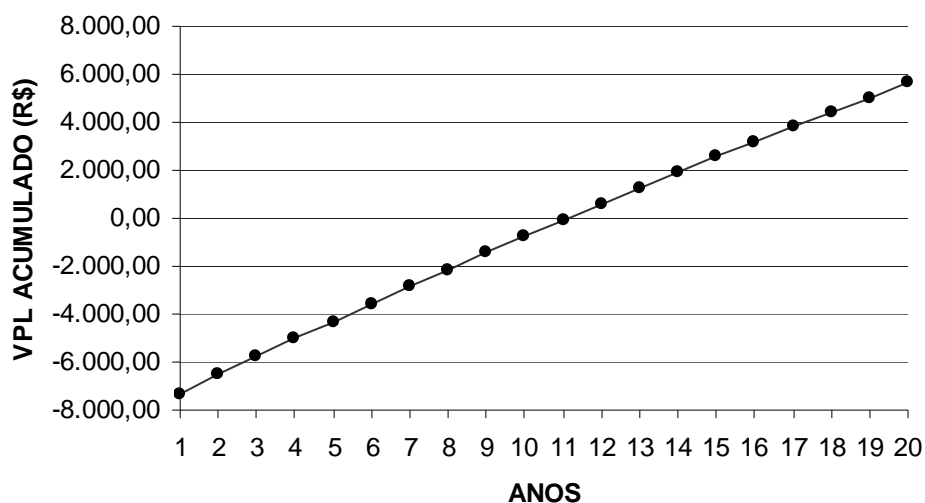
#### 4.3.5. *Payback* ou tempo de retorno de capital (TRC) do sistema de aproveitamento de água da chuva

Observa-se na Figura 4.7 que o fluxo de caixa do empreendimento torna-se viável entre o décimo e décimo primeiro ano do início da operação do sistema, período no qual o investimento inicial é recuperado ao longo de sua vida útil. Portanto, o *payback* ou tempo de retorno de capital não descontado é de 10 anos e 3 meses.



**Figura 4.7 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva sem considerar taxas.**

Considerando taxa de juros e variação das tarifas de água e energia elétrica, o sistema garante o retorno financeiro entre o décimo primeiro e o décimo segundo ano de operação, de acordo com a Figura 4.8. O *payback* ou tempo de retorno de capital descontado é, neste caso, de 11 anos e 4 meses.



**Figura 4.8 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva considerando taxas.**

#### 4.3.6. Taxa interna de retorno (TIR) do sistema de aproveitamento de água da chuva

Sem considerar as variações nos custos de água, energia elétrica e taxa de juros, e utilizando a Equação 6, a taxa que ao longo da vida útil se iguala ao custo do investimento ou zera o VPL do sistema, ou seja, a taxa interna de retorno (TIR), ficou em 7,41%. O fluxo de caixa para a TIR pode ser visto na Tabela 4.10. Esta é a taxa mínima em que o sistema não terá prejuízo, acima dela o sistema já começa a operar com lucro.

**Tabela 4.10 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno sem considerar juros.**

n (anos)	$\frac{E}{(1+i)^n} - \frac{C}{(1+i)^n}$ (R\$)
1	732,86
2	682,29
3	635,20
4	591,36
5	550,55
6	512,55
7	477,18
8	444,25
9	413,59
10	385,04
11	358,47
12	333,73
13	310,70
14	289,25
15	269,29
16	250,71
17	233,40
18	217,30
19	202,30
20	188,34
TOTAL	8.078,34

Quando se consideram as variações nos custos de água, energia elétrica e taxa de juros, e utilizando a Equação 6, a TIR diminui para 5,97%, ficando, neste caso, menor que a taxa média de juros do mercado, de 8,53%, sendo o investimento considerado inviável com relação à TIR. O novo fluxo de caixa para a TIR pode ser visto na Tabela 4.11.



**Tabela 4.11 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno considerando juros.**

n (anos)	$\frac{E}{(1+i)^n} - \frac{C}{(1+i)^n}$ (R\$)
1	662,87
2	625,54
3	590,32
4	557,08
5	525,71
6	496,10
7	468,17
8	441,81
9	416,93
10	393,45
11	371,30
12	350,39
13	330,66
14	312,04
15	294,47
16	277,89
17	262,24
18	247,47
19	233,54
20	220,39
<b>TOTAL</b>	<b>8.078,34</b>

#### 4.3.7. Relação benefício custo (b/c) do sistema de aproveitamento de água da chuva

O somatório dos benefícios econômicos do sistema sem considerar os juros e variação das taxas durante sua vida útil, bem como seus custos e investimento inicial, podem ser vistos na Tabela 4.12. Sua relação, dada pela Equação 7, é de 1,69, sendo o sistema atrativo pelo fato de tal relação ser superior a unidade.

**Tabela 4.12 – Benefícios e custos do sistema sem considerar juros.**

n (anos)	b (R\$)	c (R\$)	INV (R\$)
1	937,19	150,00	8.078,34
2	937,19	150,00	0,00
3	937,19	150,00	0,00
4	937,19	150,00	0,00
5	937,19	150,00	0,00
6	937,19	150,00	0,00
7	937,19	150,00	0,00
8	937,19	150,00	0,00
9	937,19	150,00	0,00
10	937,19	150,00	0,00
11	937,19	150,00	0,00
12	937,19	150,00	0,00
13	937,19	150,00	0,00
14	937,19	150,00	0,00
15	937,19	150,00	0,00
16	937,19	150,00	0,00
17	937,19	150,00	0,00
18	937,19	150,00	0,00
19	937,19	150,00	0,00
20	937,19	150,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>18.743,83</b>	<b>3.000,00</b>	<b>8.078,34</b>

$$b/c = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1+i_A)^j}{(1+i)^j}}{INV + \sum_{j=1}^n \frac{C \times (1+i_E)^j}{(1+i)^j}} = \frac{18.743,83}{8.078,34 + 3.000,00} = 1,69$$

Considerando os juros e variação das taxas durante sua vida útil, o somatório dos benefícios econômicos do sistema, bem como seus custos e investimento inicial, podem ser vistos na Tabela 4.13 e sua relação, dada pela Equação 7, cai para 1,49, ainda assim sendo considerado o sistema como atrativo.

**Tabela 4.13 – Benefícios e custos do sistema considerando juros.**

n (anos)	b (R\$)	c (R\$)	INV (R\$)
1	928,47	151,38	8.078,34
2	919,83	152,78	0,00
3	911,27	154,18	0,00
4	902,79	155,61	0,00
5	894,39	157,04	0,00
6	886,06	158,49	0,00
7	877,82	159,95	0,00
8	869,65	161,42	0,00
9	861,56	162,91	0,00
10	853,54	164,41	0,00
11	845,60	165,92	0,00
12	837,73	167,45	0,00
13	829,93	169,00	0,00
14	822,21	170,55	0,00
15	814,55	172,12	0,00
16	806,97	173,71	0,00
17	799,46	175,31	0,00
18	792,02	176,93	0,00
19	784,65	178,56	0,00
20	777,35	180,20	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>17.015,85</b>	<b>3.307,90</b>	<b>8.078,34</b>

$$b/c = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1+i_A)^j}{(1+i)^j}}{INV + \sum_{j=1}^n \frac{C \times (1+i_E)^j}{(1+i)^j}} = \frac{17.015,85}{8.078,34 + 3.307,90} = 1,49$$

#### 4.4. Viabilidade econômica do aproveitamento da água de chuva misturada às águas cinzas

4.4.1. Economia gerada pelo sistema de aproveitamento da água de chuva misturada às águas cinzas

Como foi visto no item anterior, a água de chuva é capaz de suprir 0,71 m<sup>3</sup>/dia da demanda por água não potável. As águas cinzas responderão então pelo abastecimento de 1,41 m<sup>3</sup>/dia para completar os 2,12 m<sup>3</sup>/dia necessários. Considerando a mistura da água da chuva com as águas cinzas, em um ano são

economizados 773,80 m<sup>3</sup> de água potável comprada da concessionária. De acordo com o item anterior, também não incide a tarifa de esgotamento sanitário.

Aplicando-se os valores da atual estrutura tarifária de água e esgoto para o Rio Grande do Sul na Equação 4, se obtém a economia de R\$ 2.793,42/ano com a conta de água potável.

$$E = C * \times T = 773,80m^3 / ano \times R\$3,61 / m^3 = R\$2.793,42 / ano$$

Foi proposto o sistema de aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas com duas finalidades:

- Ter duas redes na edificação (rede de água potável e rede da mistura de águas da chuva e cinzas) e não três (rede potável, rede de água da chuva e rede de águas cinzas), visando a redução dos custos das instalações hidrossanitárias);
- Utilizar sempre que possível a água da chuva, por ser mais nobre que a cinza. Nos períodos de estiagem, usar-se-á a mistura das águas de chuva e cinzas tratadas, objetivando melhor qualidade que somente as águas cinzas tratadas.

A água de reúso produzida a partir de água cinza deve possuir baixa turbidez, cor reduzida e ausência de odor desagradável. Para que isto seja atendido, somente será recalcada água cinza para ser misturada nos reservatórios superiores de água de chuva quando o nível da água nos reservatórios pluviais baixar a determinado nível, o qual acione a bóia automática. Em não havendo estoque de água cinza (devido a uma eventual paralisação de operação da ETAC para manutenção ou outro motivo), o reservatório de água da chuva passará então a ser abastecido a partir do reservatório superior de água potável.

Para o aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas, fica mantido o sistema de aproveitamento de água da chuva proposto no tópico anterior, somente com os reservatórios superiores, operando por gravidade, e soma-se a estes o reúso das águas cinzas, cuja captação se dará nos pontos de produção das mesmas (lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanques), sendo direcionadas por gravidade a um tanque de equalização, que se localizará no térreo,

passando pelo tratamento proposto na ETAC, sendo então as águas cinzas tratadas reservadas em um tanque de águas cinzas tratadas, para posterior recalque até os reservatórios de água da chuva sob a cobertura, para a mistura.

Como a produção de água cinza é praticamente constante no tempo, ela vai sendo tratada, armazenada e recalçada quando necessário, sendo o excedente direcionado à rede cloacal ou pluvial.

#### 4.4.2. Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

Este tópico aborda os custos da rede de coleta de águas cinzas (em separado da rede de coleta cloacal e da pia de cozinha), da estação de tratamento das águas cinzas e do conjunto motor-bomba para o recalque da água cinza tratada a ser misturada com a água de chuva na cobertura. A relação de materiais e serviços utilizados é a seguinte:

- 1) Rede de coleta: Neste item foi considerada a rede de coleta das águas cinzas, considerando quatro tubos de queda de 75 mm de diâmetro recolhendo as águas servidas dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupas. Além disso, considerou-se neste item quantitativo de tubo de 100 mm de diâmetro para as conexões entre os módulos da ETAC. Foram considerados apenas os tubos de queda, devido às demais tubulações já se fazerem presente no sistema convencional sem segregação das águas cinzas.
- 2) Tanque de equalização: Consiste em uma cisterna de fibra de vidro com volume de 2.000 L.
- 3) Reator anaeróbio compartimentado: Foi considerado sobre micro-estacas para não haver recalques diferenciais, evitando o comprometimento de sua integridade física. Sua estrutura é em concreto armado e o fechamento em alvenaria. Ele é rebocado, sendo pintado por fora e impermeabilizado com manta asfáltica no seu interior.
- 4) Filtro biológico aerado submerso: Considerado de mesma técnica construtiva que o RAC, porém possui meio granular de brita e conjunto de bombas aeradoras (uma de reserva) com a finalidade de promover a taxa de aeração requerida conforme dimensionamento.

- 5) Decantador secundário: Possui técnica construtiva idem ao RAC e FBAS.
- 6) Filtro terciário: Possui técnica construtiva idem ao RAC, FBAS e DEC, com a particularidade de possuir também leito filtrante de areia.
- 7) Tanque de água cinza tratada: Consiste em uma cisterna de fibra de vidro com volume de 2.000 L, além da desinfecção por cloração, por meio de um clorador flutuante.
- 8) Recalque: Este item abarca um conjunto motor-bomba (sendo uma bomba reserva) de  $\frac{3}{4}$  CV, tubulação de recalque de 32 mm de diâmetro, sistema realimentador automático 3/4", material elétrico (cabos, eletrocalhas, fixadores), registros de gaveta (para manutenção das bombas) e válvulas de retenção.

A Tabela 4.14 traz os custos para a implantação do sistema de reúso das águas cinzas.

**Tabela 4.14 – Custos de implantação do sistema de reúso das águas cinzas para o prédio proposto.**

Item	Descrição	Qtde	Un	Mat (R\$)	MO (R\$)	Total (R\$)
1	Rede de coleta					Subtotal 2.592,22
1.1	Tubo PVC esgoto predial DN 75mm, inclusive conexões	73,00	m	24,18	6,04	2206,06
1.2	Tubo PVC esgoto predial DN 100mm, inclusive conexões	12,00	m	25,74	6,44	386,16
2	Tanque de equalização					Subtotal 657,60
2.1	Cisterna 2.000 L	1	un	526,08	131,52	657,60
3	Reator anaeróbio compartimentado					Subtotal 3.785,36
3.1	Estaca a trado (broca) D = 30cm em concreto armado 20 MPa	6,00	m	47,20	11,80	354,00
3.2	Viga em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,25	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	314,27
3.3	Impermeabilização tinta betuminosa em baldrames duas demãos	1,96	m <sup>2</sup>	4,56	1,14	11,17
3.4	Laje base em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,15	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	183,32
3.5	Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez	14,70	m <sup>2</sup>	49,32	12,33	906,26
3.6	Cinta em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,25	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	314,27
3.7	Laje forro em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,15	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	183,32
3.8	Chapisco traço 1:4 (cimento e areia), espessura 0,5cm	36,47	m <sup>2</sup>	2,60	0,65	118,53
3.9	Emboço traço 1:7 (cimento e areia), espessura 1,5cm	36,47	m <sup>2</sup>	10,62	2,66	484,32
3.10	Impermeabilização com manta asfáltica 4mm	23,94	m <sup>2</sup>	23,06	5,77	690,19
3.11	Fundo selador PVA uma demão	15,47	m <sup>2</sup>	1,99	0,50	38,52
3.12	Pintura látex acrílica, duas demãos	15,47	m <sup>2</sup>	9,68	2,42	187,19
4	Filtro biológico aerado submerso					Subtotal 2.783,93
4.1	Estaca a trado (broca) D = 30cm em concreto armado 20 MPa	6,00	m	47,20	11,80	354,00
4.2	Viga em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,14	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	173,97
4.3	Impermeabilização tinta betuminosa em baldrames duas demãos	0,78	m <sup>2</sup>	4,56	1,14	4,42
4.4	Laje base em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,05	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	57,37
4.5	Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez	6,51	m <sup>2</sup>	49,32	12,33	401,34

4.6	Cinta em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,14	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	173,97
4.7	Laje forro em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,05	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	57,37
4.8	Chapisco traço 1:4 (cimento e areia), espessura 0,5cm	15,50	m <sup>2</sup>	2,60	0,65	50,38
4.9	Emboço traço 1:7 (cimento e areia), espessura 1,5cm	15,50	m <sup>2</sup>	10,62	2,66	205,84
4.10	Impermeabilização com manta asfáltica 4mm	11,66	m <sup>2</sup>	23,06	5,77	336,16
4.11	Fundo selador PVA uma demão	11,50	m <sup>2</sup>	1,99	0,50	28,64
4.12	Pintura látex acrílica, duas demãos	11,50	m <sup>2</sup>	9,68	2,42	139,15
4.13	Fornecimento e assentamento de brita 2 - leito granular	11,50	m <sup>3</sup>	44,39	11,10	638,14
4.14	Bomba aeradora	2	un	65,28	16,32	163,20
5	Decantador secundário	Subtotal				1.840,62
5.1	Estaca a trado (broca) D = 30cm em concreto armado 20 MPa	6,00	m	47,20	11,80	354,00
5.2	Viga em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,13	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	157,13
5.3	Impermeabilização tinta betuminosa em baldrames duas demãos	0,98	m <sup>2</sup>	4,56	1,14	5,59
5.4	Laje base em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,03	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	35,85
5.5	Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez	5,88	m <sup>2</sup>	49,32	12,33	362,50
5.6	Cinta em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,13	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	157,13
5.7	Laje forro em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,03	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	35,85
5.8	Chapisco traço 1:4 (cimento e areia), espessura 0,5cm	14,00	m <sup>2</sup>	2,60	0,65	45,50
5.9	Emboço traço 1:7 (cimento e areia), espessura 1,5cm	14,00	m <sup>2</sup>	10,62	2,66	185,92
5.10	Impermeabilização com manta asfáltica 4mm	11,56	m <sup>2</sup>	23,06	5,77	333,35
5.11	Fundo selador PVA uma demão	11,50	m <sup>2</sup>	1,99	0,50	28,64
5.12	Pintura látex acrílica, duas demãos	11,50	m <sup>2</sup>	9,68	2,42	139,15
6	Filtro terciário	Subtotal				2.249,86
6.1	Estaca a trado (broca) D = 30cm em concreto armado 20 MPa	6,00	m	47,20	11,80	354,00
6.2	Viga em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,16	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	196,42
6.3	Impermeabilização tinta betuminosa em baldrames duas demãos	1,23	m <sup>2</sup>	4,56	1,14	6,98
6.4	Laje base em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,07	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	86,05
6.5	Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez	7,35	m <sup>2</sup>	49,32	12,33	453,13
6.6	Cinta em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,16	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	196,42
6.7	Laje forro em concreto armado fck = 15 MPa, preparo c/ betoneira	0,07	m <sup>3</sup>	997,68	249,42	86,05
6.8	Chapisco traço 1:4 (cimento e areia), espessura 0,5cm	17,50	m <sup>2</sup>	2,60	0,65	56,88
6.9	Emboço traço 1:7 (cimento e areia), espessura 1,5cm	17,50	m <sup>2</sup>	10,62	2,66	232,40
6.10	Impermeabilização com manta asfáltica 4mm	11,86	m <sup>2</sup>	23,06	5,77	341,92
6.11	Fundo selador PVA uma demão	11,50	m <sup>2</sup>	1,99	0,50	28,64
6.12	Pintura látex acrílica, duas demãos	11,50	m <sup>2</sup>	9,68	2,42	139,15
6.13	Leito filtrante - colocação de areia no filtro	1,73	m <sup>3</sup>	33,31	8,33	71,83
7	Tanque de água cinza tratada	Subtotal				712,60
7.1	Cisterna 2.000 L	1	un	526,08	131,52	657,60
7.2	Desinfecção por cloração - clorador flutuante	1	un	44,00	11,00	55,00
8	Recalque	Subtotal				2.904,03
8.1	Bomba centrifuga c/ motor elétrico 3/4cv Schneider BC-91	2	un	463,91	115,98	1159,78
8.2	Tubo PVC soldável água fria DN 32mm, inclusive conexões	31,00	m	13,84	3,46	536,30
8.3	Sistema realimentador automático 3/4"	1	un	312,24	78,06	390,30
8.4	Material elétrico (cabos, eletrocalhas, fixadores)	1	vb	140,00	40,00	180,00
8.5	Registro gaveta 1.1/4" bruto latão - fornecimento e instalação	3	un	49,64	12,41	186,15
8.6	Válvula de retenção vertical ø 32mm (1.1/4") - fornec. e inst.	2	un	92,51	23,13	231,28
					Total	17.305,99

Ao valor de R\$ 17.305,99, devem ser somados aos R\$ 8.078,34 referentes ao sistema de aproveitamento da água da chuva, totalizando R\$ 25.384,33 como o valor do investimento inicial para o sistema de aproveitamento da água de chuva misturada às águas cinzas.

#### 4.4.3. Custos de manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

Para a desinfecção, pastilhas de cloro de 200 gramas devem ser repostas todo mês, além de ser recomendado que seja realizada uma inspeção semanal no clorador.

Para a energia elétrica consumida pelo conjunto motor bomba, que recalca a água cinza tratada até os reservatórios de água da chuva para a mistura, foi considerado que a água da chuva atende as demandas não potáveis em 33,55% do tempo, conforme já dimensionado. Assume-se, portanto, o risco de falhas de 66,45%, que serão supridos com águas cinzas. Em um período de um ano, são  $365 \times 2,12 \text{ m}^3/\text{dia} = 773,80 \text{ m}^3$ . O volume de água cinza utilizada será 66,45% deste valor, ou seja,  $514,19 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

Em consulta ao catálogo da bomba selecionada (bomba centrífuga com motor elétrico 3/4cv Schneider BC-91), para recalcar água do térreo até os reservatórios superiores, com uma vazão de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ , seriam necessárias 102,84 horas de funcionamento em um ano, que relacionando com potência da bomba (0,37KW) e com o valor do kWh, que em novembro de 2012 era de R\$ 0,355162, de acordo com a concessionária local, chega-se a um custo de energia elétrica de R\$ 13,51/ano. O consumo de energia da bomba aeradora é desprezível e não foi considerado.

Da mesma forma que nos reservatórios de água da chuva, nos custos de manutenção e operação também foi considerada uma limpeza e desinfecção anual para cada reservatório de águas cinzas. No que tange à manutenção do filtro de areia, foi considerada uma reposição anual do meio filtrante. A destinação final do lodo gerado no processo de tratamento será o lançamento na rede cloacal, junto com as águas negras, sem custos operacionais.

A Tabela 4.15 apresenta os custos para a manutenção e operação anuais do sistema de reúso das águas cinzas.



**Tabela 4.15 – Custos de manutenção e operação anuais do sistema de reúso das águas cinzas para o prédio proposto.**

Item	Descrição	Qtde	Un	Mat (R\$)	MO (R\$)	Total (R\$)
1	Cloração (ao ano)	2,40	Kg	11,00	0,00	26,40
2	Consumo de energia elétrica anual (recalque)	38,05	KWh	0,3551620		13,51
3	Limpeza e desinfecção anual de reservatório de 2.000 L	2,00	un	4,00	16,00	40,00
4	Leito filtrante - reposição de areia no filtro (ao ano)	1,73	m <sup>3</sup>	33,31	8,33	71,83
					Total	151,74

Ao valor de R\$ 151,74, devem ser somados aos R\$ 150,00 referentes aos custos de manutenção e operação anuais do sistema de aproveitamento da água da chuva, totalizando R\$ 301,74 como valor dos custos de manutenção e operação anuais do sistema de reúso da água de chuva misturada às águas cinzas.

#### 4.4.4. Valor presente líquido (VPL) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

De posse dos valores de economia anual, custos de operação e manutenção anuais e do investimento inicial, e considerando a vida útil do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas de 20 anos, conforme item anterior, calculou-se o VPL do sistema inicialmente sem considerar taxas de juros, conforme a Equação 5, na Tabela 4.16, resultando em R\$ 24.449,23.

Não considerando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção (tarifas de energia elétrica e água), o investimento inicial poderia ser de até R\$ 49.833,56, valor no qual o sistema não geraria lucro, mas não traria prejuízo, ou seja, toda a economia gerada pelo sistema seria descontada dos custos durante sua vida útil, equivalendo a R\$ 55.868,36 – R\$ 6.034,80, valores retirados da Tabela 4.20.

A título de conhecimento, foi consultada uma empresa especializada em reúso de águas cinzas, a qual propôs um orçamento de R\$ 72.000,00 como investimento inicial, valor que inviabilizaria o sistema.

**Tabela 4.16 – Valor presente líquido do aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar taxas.**

n (anos)	E (R\$/ano)	iA (%)	C (R\$/ano)	iE (%)	i (%)	INV (R\$)	VPL	VPL. acum.
1	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	-25.384,33	-22.892,65	-22.892,65
2	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-20.400,97
3	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-17.909,30
4	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-15.417,62
5	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-12.925,94
6	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-10.434,26
7	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-7.942,58
8	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-5.450,91
9	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-2.959,23
10	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	-467,55
11	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	2.024,13
12	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	4.515,81
13	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	7.007,48
14	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	9.499,16
15	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	11.990,84
16	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	14.482,52
17	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	16.974,20
18	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	19.465,87
19	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	21.957,55
20	2793,42	0,00%	-301,74	0,00%	0,00%	0,00	2.491,68	24.449,23
<b>TOTAL</b>	<b>55.868,36</b>	<b>0,00%</b>	<b>-6.034,80</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>-25.384,33</b>	<b>24.449,23</b>	<b>24.449,23</b>

Quando se consideram as taxas supracitadas, o novo VPL calculado para 20 anos resulta em R\$ 18.679,38, conforme Tabela 4.17.

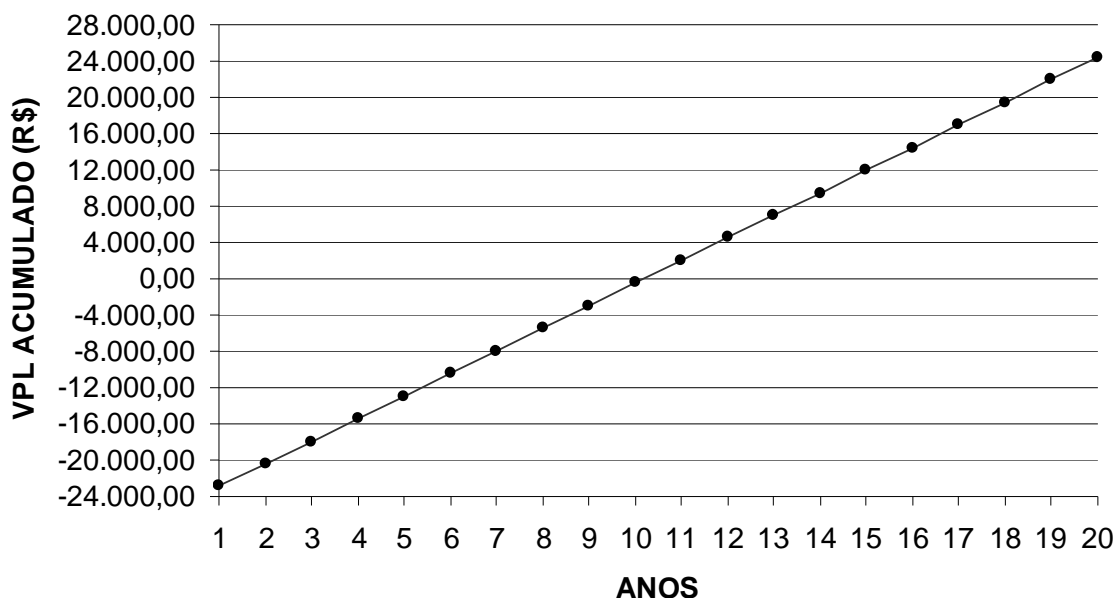
Considerando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção, para ser considerado viável economicamente, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 44.063,71, ou seja, R\$ 50.717,89 – R\$ 6.654,18, valores retirados da Tabela 4.21.

**Tabela 4.17 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas considerando taxas.**

n (anos)	E (R\$/ano)	iA (%)	C (R\$/ano)	iE (%)	i (%)	INV (R\$)	VPL	VPL acum.
1	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	-25.384,33	-22.921,43	-22.921,43
2	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.434,34	-20.487,09
3	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.406,00	-18.081,09
4	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.377,86	-15.703,23
5	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.349,93	-13.353,30
6	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.322,22	-11.031,08
7	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.294,70	-8.736,38
8	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.267,39	-6.468,99
9	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.240,27	-4.228,72
10	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.213,35	-2.015,37
11	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.186,63	171,26
12	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.160,10	2.331,36
13	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.133,76	4.465,12
14	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.107,61	6.572,73
15	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.081,64	8.654,37
16	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.055,85	10.710,22
17	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.030,25	12.740,47
18	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	2.004,83	14.745,30
19	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	1.979,58	16.724,88
20	2793,42	7,52%	-301,74	9,53%	8,53%	0,00	1.954,50	18.679,38
<b>TOTAL</b>	<b>55.868,36</b>	<b>150,40%</b>	<b>-6.034,80</b>	<b>190,60%</b>	<b>170,60%</b>	<b>-25.384,33</b>	<b>18.679,38</b>	<b>18.679,38</b>

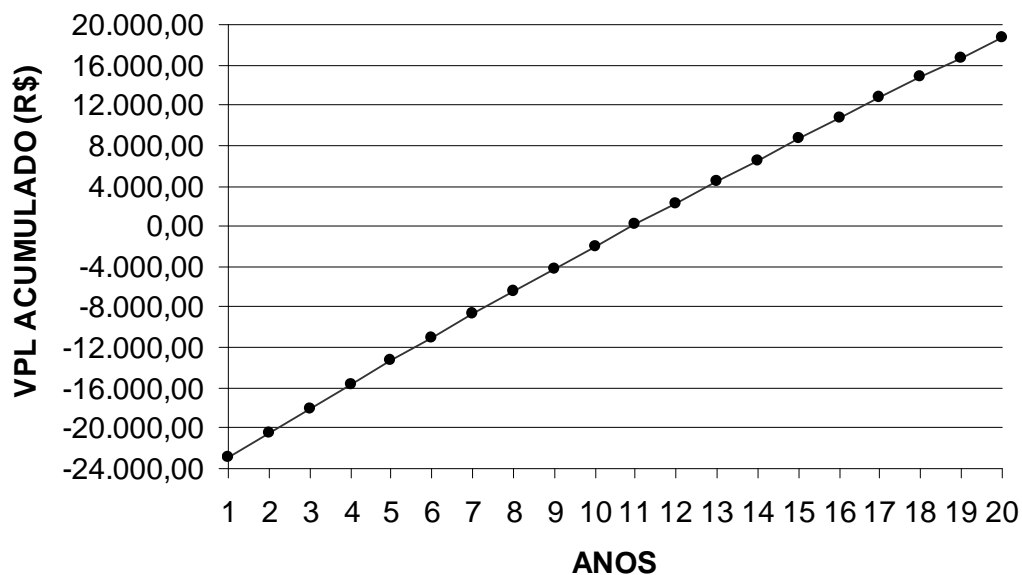
#### 4.4.5. *Payback* ou tempo de retorno de capital (TRC) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

Observa-se na Figura 4.9 que o fluxo de caixa do empreendimento torna-se viável entre o décimo e décimo primeiro ano do início da operação do sistema, período no qual o investimento inicial é recuperado ao longo de sua vida útil. Portanto, o *payback* ou tempo de retorno de capital não descontado é de 10 anos e 2 meses.



**Figura 4.9 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar taxas.**

Considerando taxa de juros e variação das tarifas de água e energia elétrica, o sistema garante o retorno financeiro também entre o décimo e o décimo primeiro ano de operação, de acordo com a Figura 4.10. O *payback* ou tempo de retorno de capital descontado é, neste caso, de 10 anos e 11 meses.



**Figura 4.10 – Valor presente líquido do aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas considerando taxas.**

#### 4.4.6. Taxa interna de retorno (TIR) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

Sem considerar as variações nos custos de água, energia elétrica e taxa de juros, e utilizando a Equação 6, a taxa que ao longo da vida útil se iguala ao custo do investimento ou zera o VPL do sistema, ou seja, a taxa interna de retorno (TIR), ficou em 7,51%, sendo considerado o mesmo como atrativo. O fluxo de caixa para a TIR pode ser visto na Tabela 4.18. Esta é a taxa mínima em que o sistema não terá prejuízo, acima dela o sistema já começa a operar com lucro.

**Tabela 4.18 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno sem considerar juros.**

n (anos)	$\frac{E}{(1+i)^n} - \frac{C}{(1+i)^n}$ (R\$)
1	2.317,65
2	2.155,78
3	2.005,21
4	1.865,16
5	1.734,89
6	1.613,72
7	1.501,01
8	1.396,17
9	1.298,66
10	1.207,95
11	1.123,59
12	1.045,11
13	972,12
14	904,22
15	841,06
16	782,32
17	727,68
18	676,86
19	629,58
20	585,61
<b>TOTAL</b>	<b>25.384,33</b>

Quando se consideram as variações nos custos de água, energia elétrica e taxa de juros, a TIR diminui para 6,22%, ficando, neste caso, menor que a taxa média de juros do mercado, de 8,53%, sendo o investimento considerado inviável com relação à TIR. O novo fluxo de caixa para a TIR pode ser visto na Tabela 4.19.

**Tabela 4.19 – Fluxo de caixa para a taxa interna de retorno considerando juros.**

n (anos)	$\frac{E}{(1+i)^n} - \frac{C}{(1+i)^n}$ (R\$)
1	2.120,93
2	1.996,73
3	1.879,80
4	1.769,72
5	1.666,08
6	1.568,52
7	1.476,67
8	1.390,19
9	1.308,78
10	1.232,14
11	1.159,99
12	1.092,06
13	1.028,11
14	967,90
15	911,22
16	857,86
17	807,62
18	760,33
19	715,80
20	673,89
<b>TOTAL</b>	<b>25.384,33</b>

#### 4.4.7. Relação benefício custo (b/c) do sistema de aproveitamento de água da chuva misturada às águas cinzas

O somatório dos benefícios econômicos do sistema sem considerar os juros e variação das taxas durante sua vida útil, bem como seus custos e investimento inicial, podem ser vistos na Tabela 4.20. Sua relação, dada pela Equação 7, é de 1,78, sendo o sistema atrativo pelo fato de tal relação ser superior a unidade.

**Tabela 4.20 – Benefícios e custos do sistema sem considerar juros.**

n (anos)	b (R\$)	c (R\$)	INV (R\$)
1	2.793,42	301,74	25.384,33
2	2.793,42	301,74	0,00
3	2.793,42	301,74	0,00
4	2.793,42	301,74	0,00
5	2.793,42	301,74	0,00
6	2.793,42	301,74	0,00
7	2.793,42	301,74	0,00
8	2.793,42	301,74	0,00
9	2.793,42	301,74	0,00
10	2.793,42	301,74	0,00
11	2.793,42	301,74	0,00
12	2.793,42	301,74	0,00
13	2.793,42	301,74	0,00
14	2.793,42	301,74	0,00
15	2.793,42	301,74	0,00
16	2.793,42	301,74	0,00
17	2.793,42	301,74	0,00
18	2.793,42	301,74	0,00
19	2.793,42	301,74	0,00
20	2.793,42	301,74	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>55.868,36</b>	<b>6.034,80</b>	<b>25.384,33</b>

$$b/c = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1+i_A)^j}{(1+i)^j}}{INV + \sum_{j=1}^n \frac{C \times (1+i_E)^j}{(1+i)^j}} = \frac{55.868,36}{25.384,33 + 6.034,80} = 1,78$$

Considerando os juros e variação das taxas durante sua vida útil, o somatório dos benefícios econômicos do sistema, bem como seus custos e investimento inicial, podem ser vistos na Tabela 4.21 e sua relação, dada pela Equação 7, cai para 1,58, ainda assim sendo considerado o sistema como atrativo.

**Tabela 4.21 – Benefícios e custos do sistema considerando juros.**

n (anos)	b (R\$)	c (R\$)	INV (R\$)
1	2.767,42	304,52	25.384,33
2	2.741,67	307,33	0,00
3	2.716,15	310,16	0,00
4	2.690,88	313,02	0,00
5	2.665,83	315,90	0,00
6	2.641,03	318,81	0,00
7	2.616,45	321,75	0,00
8	2.592,10	324,71	0,00
9	2.567,98	327,70	0,00
10	2.544,08	330,72	0,00
11	2.520,40	333,77	0,00
12	2.496,95	336,85	0,00
13	2.473,71	339,95	0,00
14	2.450,69	343,08	0,00
15	2.427,88	346,24	0,00
16	2.405,29	349,43	0,00
17	2.382,90	352,65	0,00
18	2.360,73	355,90	0,00
19	2.338,76	359,18	0,00
20	2.316,99	362,49	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>50.717,89</b>	<b>6.654,18</b>	<b>25.384,33</b>

$$b/c = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1+i_A)^j}{(1+i)^j}}{INV + \sum_{j=1}^n \frac{C \times (1+i_E)^j}{(1+i)^j}} = \frac{50.717,89}{25.384,33 + 6.654,18} = 1,58$$

Em um breve resumo, os indicadores de viabilidade econômica estudados nesta pesquisa estão descritos na Tabela 4.22. O *payback* calculado para todos os casos se aproximou muito da literatura, que mostra que o período de retorno médio desses sistemas é de aproximadamente 10 anos, de acordo com Chilton et al. (1999 apud SILVA, 2007a).

**Tabela 4.22 – Resumo dos indicadores de viabilidade econômica.**

Sistema	Tipo	VPL (R\$)	<i>Payback</i> ou TRC	TIR (%)	Relação b/c
Água da chuva	Sem taxas	7.665,49	10 anos e 3 meses	7,41	1,69
	Com taxas	5.629,61	11 anos e 4 meses	5,97	1,49
Água da chuva+cinzas	Sem taxas	24.449,23	10 anos e 2 meses	7,51	1,78
	Com taxas	18.679,38	10 anos e 11 meses	6,22	1,58



Nota-se que todos os casos foram considerados viáveis economicamente, sob o ponto de vista de todos os indicadores econômicos. Porém, o sistema mais viável foi a água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar as taxas de juros e variação nos custos de manutenção e operação, o qual se paga (*payback*) em 10 anos e 2 meses, aproximadamente a metade de sua vida útil, gerando um lucro (VPL) de R\$ 24.449,23, praticamente o mesmo montante do investimento inicial, possuindo uma taxa interna de retorno de 7,51% e uma relação benefício/custo de 1,78.

#### **4.5. Viabilidade social**

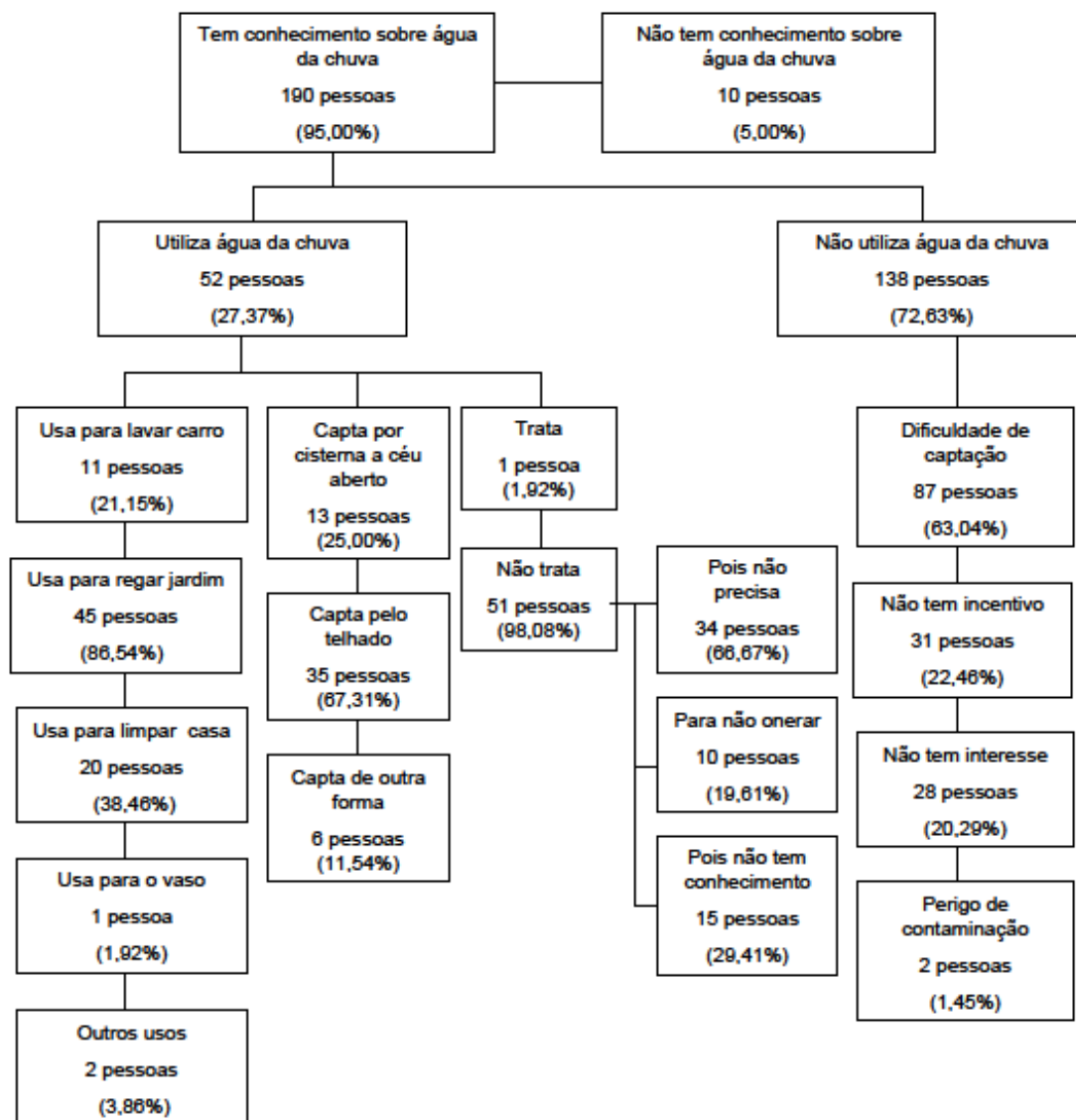
Realizadas as entrevistas, o resultado da análise social no que se refere à estratificação da população está representado a seguir na Tabela 4.23. Pode-se notar que com relação ao tipo de imóvel e sexo, procurou-se entrevistar paritariamente as pessoas. Com relação à idade, a classe predominante se encontra entre os 18 e 27 anos (38,50% dos entrevistados), provavelmente devido às entrevistas terem sido realizadas em um bairro com grande concentração de estudantes universitários e pós-universitários. No que tange à escolaridade, predominaram as pessoas com grau superior incompleto (22,50% dos entrevistados), vindo de encontro com o comentário supracitado.

**Tabela 4.23 – Estratificação da população.**

Dado	Tipo	Qte pessoas	%	Total	
				Pessoas	%
Imóvel	Casa	105	52,50	200	100,00
	Apartamento	95	47,50		
Idade	<18	7	3,50	200	100,00
	18-27	77	38,50		
	28-37	28	14,00		
	38-47	30	15,00		
	48-57	31	15,50		
	58-67	15	7,50		
	>68	12	6,00		
Sexo	Masculino	108	54,00	200	100,00
	Feminino	92	46,00		
Escolaridade	Sem instrução	1	0,50	200	100,00
	Fundamental incompleto	8	4,00		
	Fundamental completo	17	8,50		
	Médio incompleto	18	9,00		
	Médio completo	38	19,00		
	Superior incompleto	45	22,50		
	Superior completo	40	20,00		
	Especialização	11	5,50		
	Mestrado incompleto	5	2,50		
	Mestrado completo	6	3,00		
	Doutorado incompleto	3	1,50		
	Doutorado completo	8	4,00		

#### 4.5.1 Viabilidade social do aproveitamento da água da chuva

A Figura 4.11 traz o resultado da pergunta 5 do questionário em forma de organograma. A pergunta trata do conhecimento sobre água da chuva, sua utilização ou o porquê da sua não utilização, possíveis usos para a mesma, a maneira de captação e se é dado tratamento ou o porquê de não tratar esta água.



**Figura 4.11 – Organograma do conhecimento acerca da água de chuva e seus desdobramentos.**

Do universo de 200 entrevistados, 190 deles (95,00%) afirmaram ter conhecimento sobre água da chuva, e destas, 52 pessoas (27,37%) a utilizam. Dentre os usos, o mais citado é a rega de jardim (86,54%), seguido da limpeza da

casa (38,46%), lavagem do carro (21,15%), outros usos (3,86%) e apenas uma pessoa a utiliza no vaso sanitário (1,92%).

A captação desta água pelas pessoas que a utiliza se dá principalmente através do telhado (67,31%), vindo logo após a cisterna a céu aberto (25,00%) e 6 pessoas (11,54%) a captam de outras maneiras.

O tratamento da água de chuva é realizado por apenas uma pessoa (1,92% das 52 pessoas que a utilizam). Os 98,08% da população que utiliza água da chuva não a trata principalmente devido a achar não ser preciso (66,67%), a não ter conhecimento (29,41%) e para não onerar o custo da captação (19,61%).

Os 72,63% restantes da população que conhecem água da chuva, não a utiliza alegando principalmente dificuldade na captação (63,04%), não ter incentivo (22,46%), não ter interesse (20,29%) e apenas 2 pessoas (1,45%) alegaram perigo de contaminação.

A Tabela 4.24 traz o resultado das perguntas de 6 a 11 do questionário. Quando questionados se utilizariam água da chuva em sua residência se tivessem conhecimento, 85,50% dos entrevistados disseram que sim, indicando a necessidade de maior divulgação sobre o assunto. Esta porcentagem aumenta para 94,50% caso recebessem algum tipo de incentivo financeiro para tal, dado que poderia estimular a formulação de políticas públicas por parte dos governos que incentivassem o aproveitamento de água da chuva, diminuindo o desperdício de água potável para usos menos nobres e incentivando o consumo responsável.

Já com relação sobre o conhecimento do valor do investimento para implantar um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água da chuva, apenas 13,00% dos entrevistados disseram saber e 12% tem noção do tempo de retorno deste investimento, considerando a economia na conta de água.

A sustentabilidade aparece em primeiro lugar quando a indagação consiste na importância do aproveitamento da água da chuva, com 65,00% das respostas, seguido da economia financeira, com 35,00%, demonstrando a consciência ambiental da população em geral.

Para 75,00% das pessoas, a limpeza e a manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva não se constituem um empecilho ao seu uso. Já os 25,00% restantes os consideram um empecilho para o aproveitamento da mesma.

**Tabela 4.24 – Conhecimento da população acerca do aproveitamento de água da chuva.**

	Você utilizaria água da chuva em sua residência se tivesse conhecimento?		Você utilizaria água da chuva em sua residência se tivesse incentivo financeiro?		Você sabe o valor do investimento para implantar o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água da chuva?		Você tem noção do tempo de retorno do investimento, considerando a economia na conta de água?		O que você considera mais importante no aproveitamento de água da chuva?		A limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva seriam um empecilho ao seu uso?	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Sim	171	85,50	189	94,50	26	13,00	24	12,00			50	25,00
Não	25	12,50	11	5,50	174	87,00	176	88,00			150	75,00
Talvez	4	2,00										
Economia financeira									70	35,00		
Sustentabilidade ambiental									130	65,00		
Total	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00

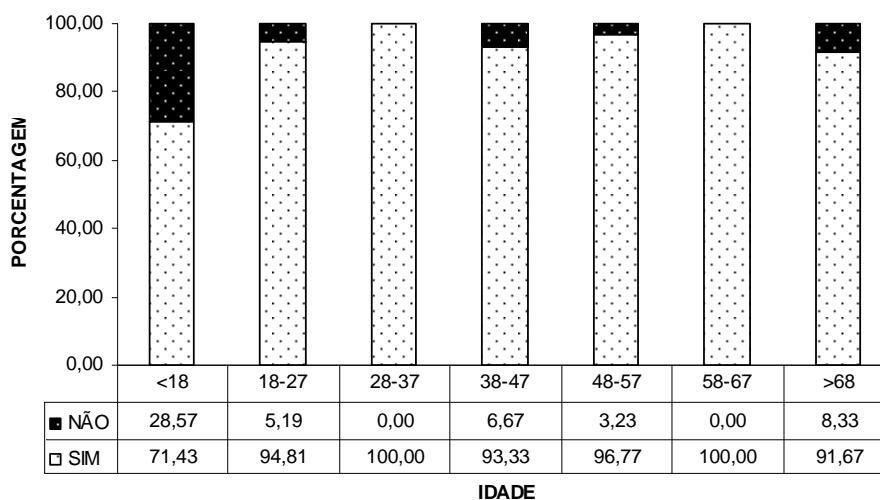
É importante destacar algumas observações feitas acerca do aproveitamento da água da chuva pelos entrevistados. Três deles se manifestaram alegando que não fazem o aproveitamento, pois o imóvel é alugado e o proprietário não permite a possibilidade de reforma. Outro entrevistado relatou que utiliza a água da chuva para colocar na máquina de lavar roupas. Três pessoas utilizam água da chuva para encher a piscina. Também ocorreu a justificativa para o não uso da água da chuva devido ao não planejamento durante a construção. Dois deles tem intenção de adaptar as instalações hidrossanitárias para tal.

Uma pessoa sugeriu que o sistema de aproveitamento fosse automatizado, que recebesse auxílio financeiro e que fosse mais divulgado o custo/benefício do aproveitamento de água da chuva, um dos objetivos deste trabalho. A dificuldade de conscientização e a falta de interesse dos demais condôminos também apareceram como motivo para a não utilização da água da chuva. Um entrevistado não faz uso da água da chuva, pois acredita que é necessário um alto investimento inicial. Outro

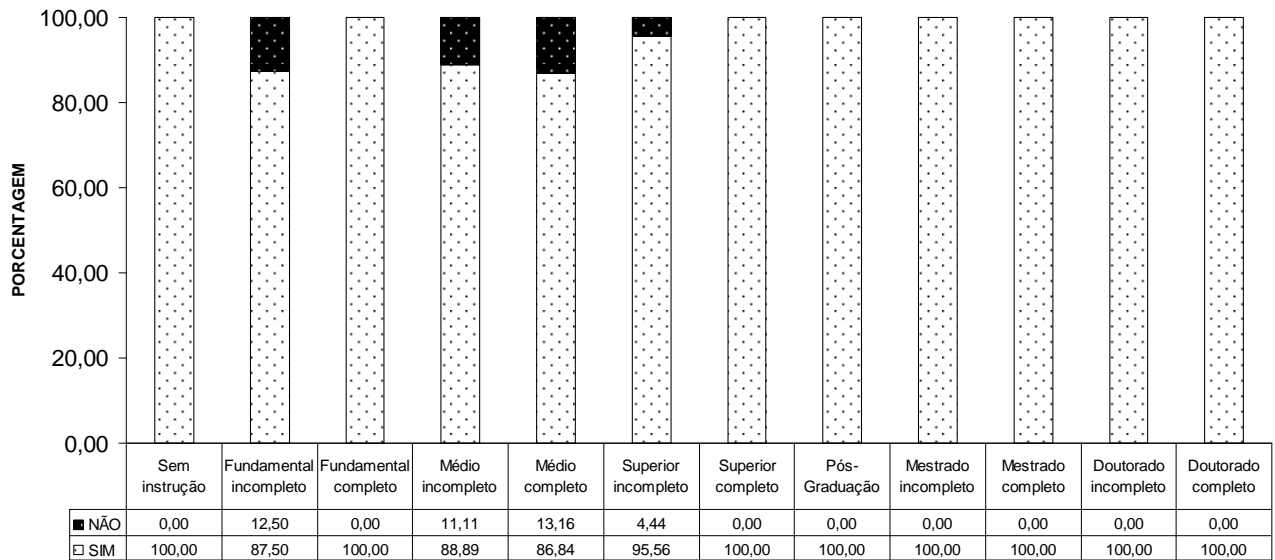
não sabe como fazer o aproveitamento da água da chuva e dois não a utilizam alegando falta de tempo.

Um entrevistado, que possui doutorado, sugeriu usar água da chuva para a refrigeração de sistemas industriais. Já um empresário da construção civil não a utiliza por falta de espaço físico para colocar o reservatório, devido aos índices urbanísticos de construção de Santa Maria e ao máximo aproveitamento da área construída, mas pretende usar nos próximos empreendimentos. Além destes, um construtor utiliza água da chuva na construção civil para a limpeza dos equipamentos e utensílios de trabalho.

Nas Figuras 4.12 e 4.13, que demonstram o conhecimento sobre a utilização da água da chuva relacionada respectivamente à idade e ao grau de escolaridade, não se percebeu nenhuma correlação direta. Com relação à idade, o conhecimento da população de todas as faixas etárias demonstrou ser elevado. O que chamou a atenção é que 28,57% dos entrevistados menores de 18 anos disseram não conhecer, justamente a parcela da população que aprende já na escola as questões de proteção ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável. No segundo lugar dos que desconhecem a utilização de água da chuva, com 8,33%, aparecem as pessoas com maior de 68 anos de idade. Com relação à escolaridade, todos os entrevistados a partir do terceiro grau completo tem conhecimento sobre o assunto. Apenas desconhecem o assunto pessoas que possuem até o grau superior incompleto, sendo que a porcentagem dos que mais desconhecem equivale a 13,16% das pessoas que possuem grau médio completo.

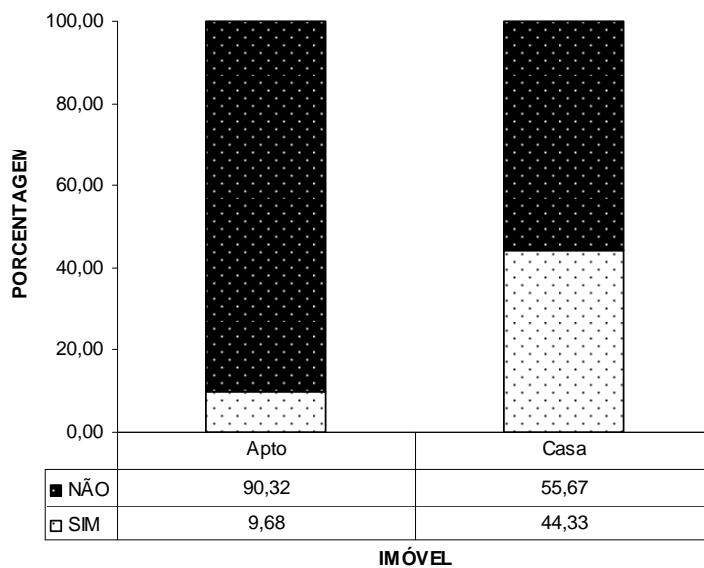


**Figura 4.12 – Conhecimento sobre a utilização de água da chuva x idade.**

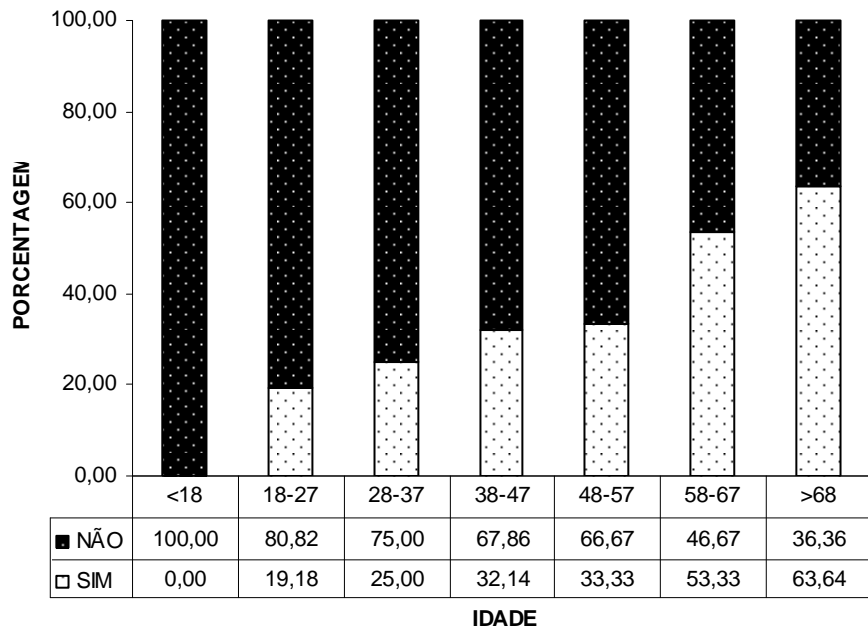


**Figura 4.13 – Conhecimento sobre a utilização de água da chuva x escolaridade.**

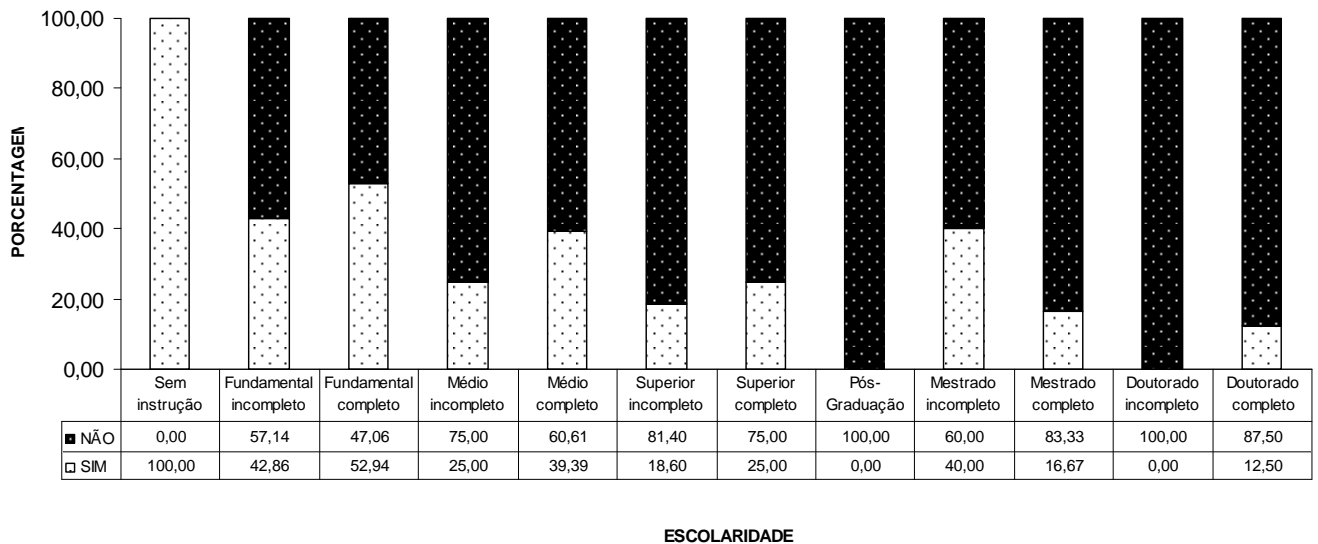
As Figuras 4.14, 4.15 e 4.16 representam a utilização da água da chuva em relação ao tipo de imóvel, à idade e à escolaridade respectivamente. Percebe-se a diferença na percentagem das pessoas que utilizam água da chuva em casas (44,33%) e apartamentos (9,68%), justificada mais a frente pela dificuldade na captação. Também nota-se que quanto maior a idade do entrevistado, maior a percentagem de utilização da água da chuva. Com relação à escolaridade, em linhas gerais, as maiores percentagens de utilização de água da chuva ocorrem nas escolaridades mais baixas.



**Figura 4.14 – Utilização da água da chuva x tipo de imóvel.**



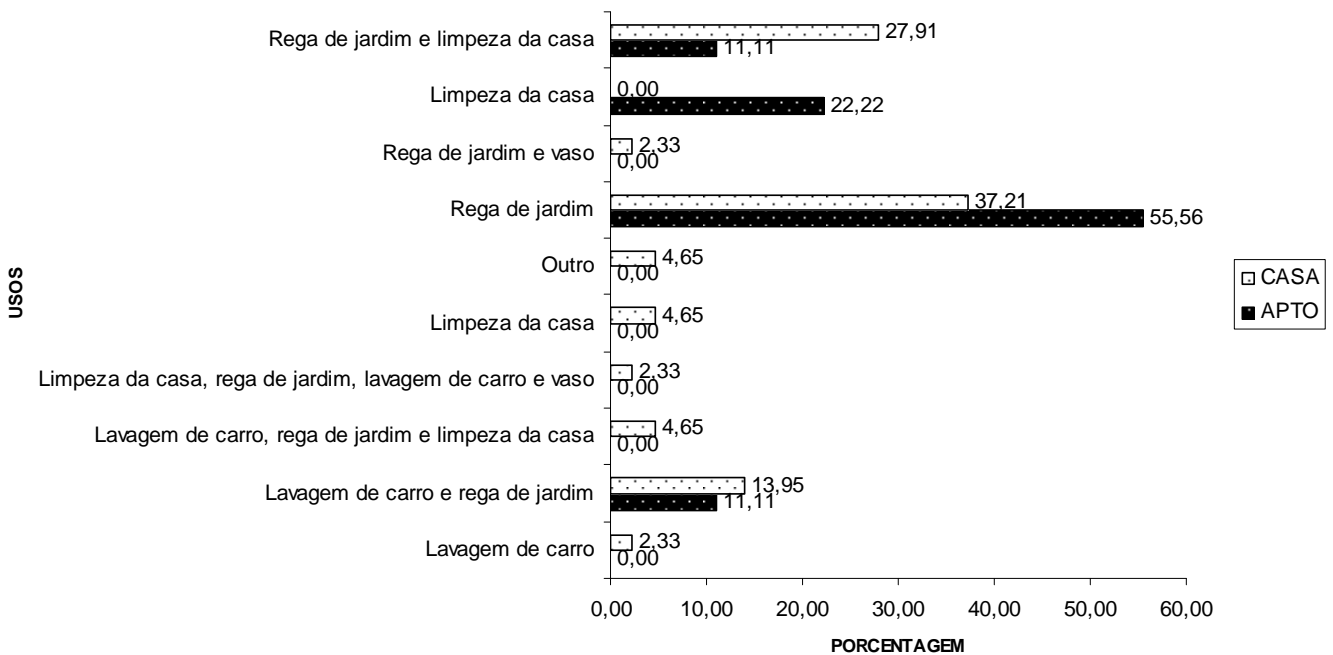
**Figura 4.15 – Utilização da água da chuva x idade.**



**Figura 4.16 – Utilização da água da chuva x escolaridade.**

Ao associar os usos da água da chuva com o tipo de imóvel, se percebe que a maioria dos entrevistados, tanto os que habitam em casa ou apartamento, a utiliza preferencialmente para regar o jardim, sendo este uso citado por 55,56% das pessoas que moram em apartamento e por 37,21% das pessoas que moram em casa, como pode ser visto na Figura 4.17.

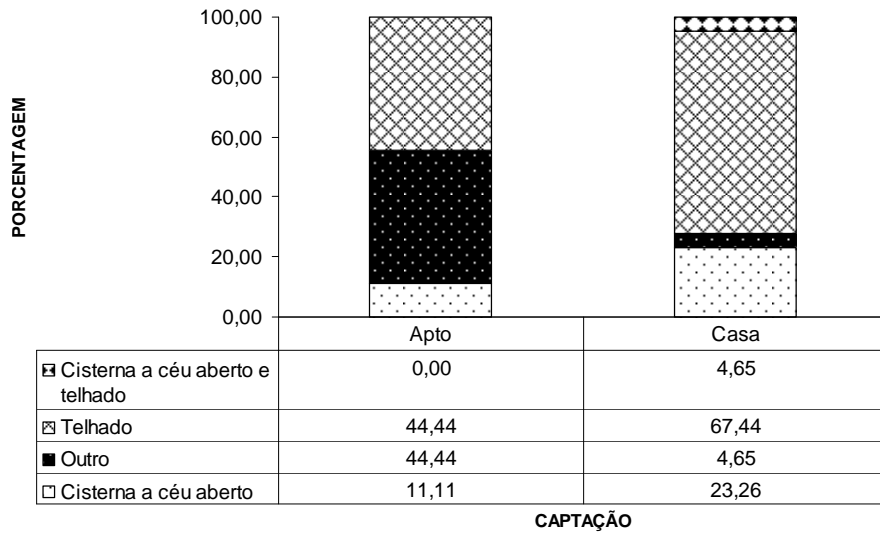




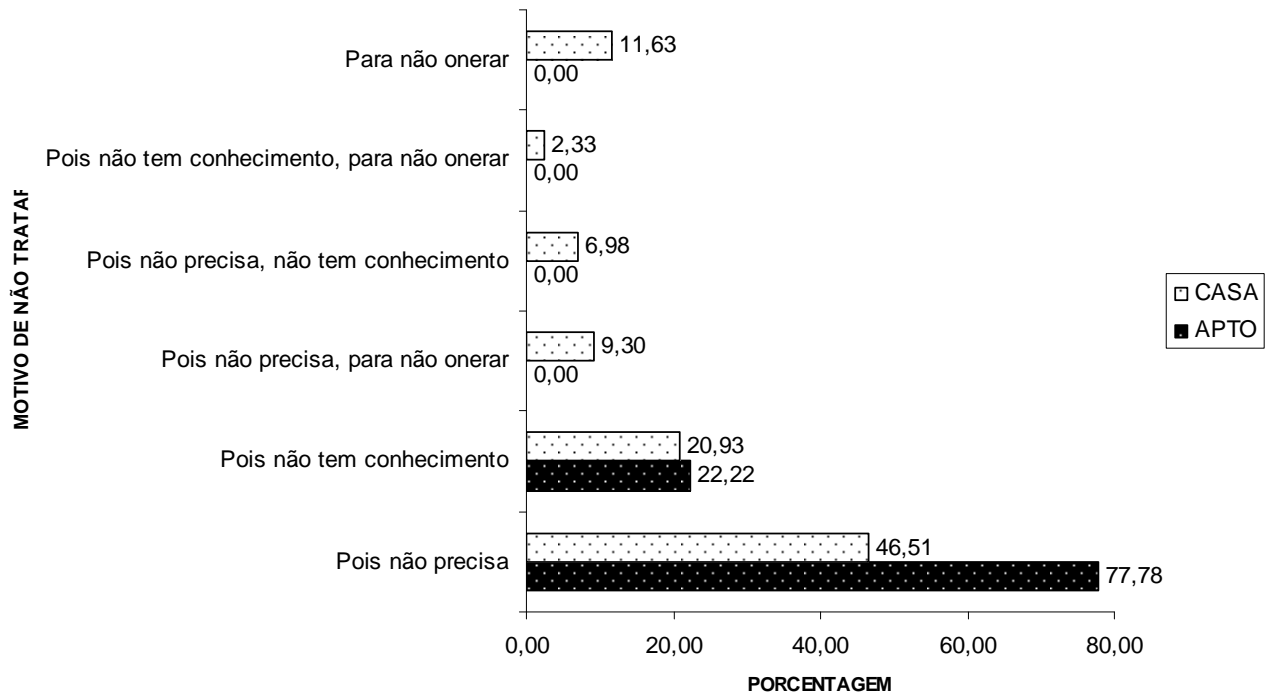
**Figura 4.17 – Tipo de uso da água da chuva x tipo de imóvel.**

A forma de captação da água da chuva nos apartamentos se dá da seguinte maneira: 11,11% dos entrevistados coletam a água através de cisterna a céu aberto. O telhado e outras formas de captação empatam com 44,44% das respostas. Nas casas, 67,44% dos entrevistados coletam a água por meio do telhado, 23,26% através de cisterna a céu aberto, 4,65% a coletam por meio de cisterna a céu aberto e telhado e 4,65% a captam de outras maneiras, conforme a Figura 4.18. Estes números retratam a maior facilidade nas casas de se usar e adaptar o telhado com acessórios para coletar a água. Já os entrevistados que coletam a água por meio de outras maneiras nos apartamentos o fazem com recipientes colocados nas sacadas.

Do total da amostra, apenas uma pessoa disse tratar a água da chuva. Das demais pessoas que a utilizam, o principal motivo de não dar tratamento, tanto nas casas quanto nos apartamentos, é o fato de acharem que não é preciso, seguido da falta de conhecimento sobre tratamento de água da chuva e logo a seguir a justificativa para não onerar o custo da captação, de acordo com a Figura 4.19. O motivo do não tratamento por não ser preciso se deve ao fato de as pessoas entenderem que a água da chuva é limpa, desconsiderando o fator ambiente onde se está inserido e o fato da passagem pela área de captação.



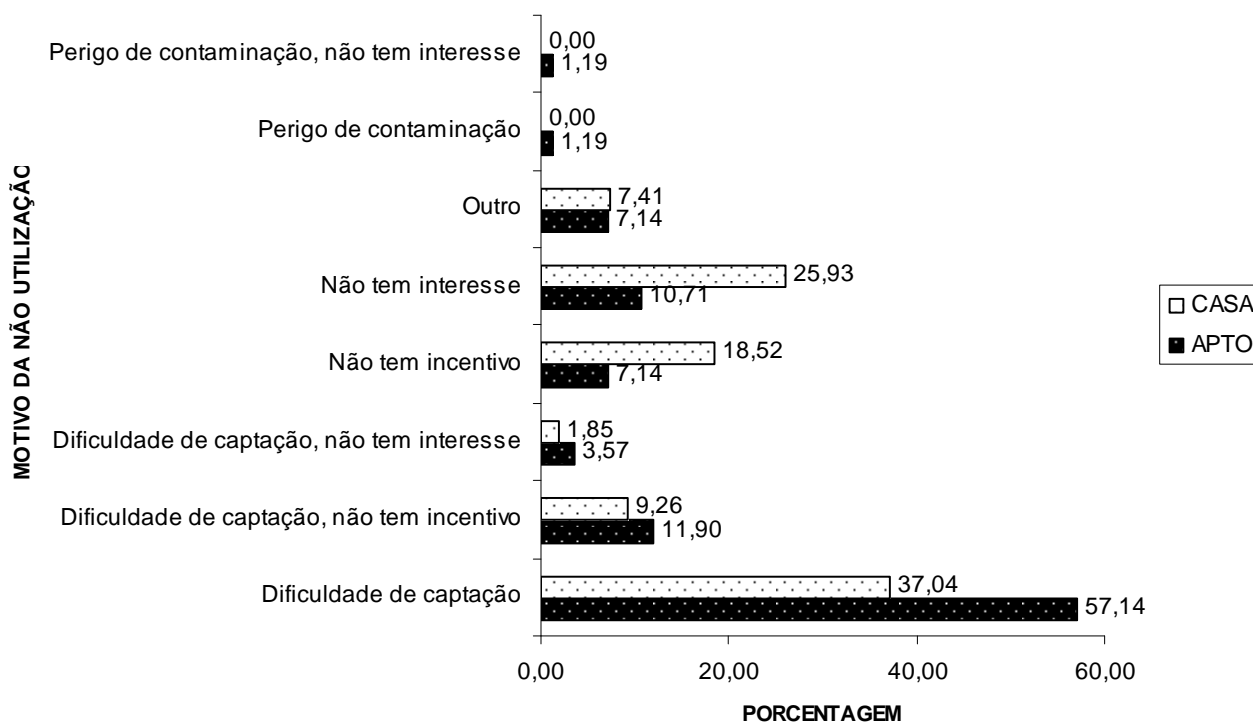
**Figura 4.18 – Forma de captação da água da chuva x tipo de imóvel.**



**Figura 4.19 – Motivo do não tratamento da água da chuva x tipo de imóvel.**

Como pode ser visto na Figura 4.20, fica nítida a diferença entre casas e apartamentos no que concerne ao principal motivo pela não utilização da água da chuva pelos entrevistados, a dificuldade de captação, sendo esta a resposta de 57,14% dos moradores de apartamentos e 37,04% dos moradores de casas. O segundo motivo apontado pelos habitantes de casas é a falta de interesse, com 25,93% das citações, e pelos habitantes de apartamentos é a dificuldade de captação aliada à falta de incentivo, com 11,90 % das citações. Uma pequena

porcentagem das pessoas não utiliza a água da chuva por ter receio de perigo de contaminação.



**Figura 4.20 – Motivo da não utilização da água da chuva x tipo de imóvel.**

Como pode ser visto nas Figuras 4.21 e 4.22, moradores de casas e apartamentos se manifestaram muito parecidamente quando questionados se utilizariam água da chuva se tivessem maior conhecimento sobre o assunto ou algum tipo de incentivo para tal. Para a primeira questão, 86,32% dos habitantes dos apartamentos disseram que sim, 11,58% disseram que não e 2,11% disseram talvez. Dos entrevistados que moram em casas, 84,76% disseram sim, 13,33% disseram não e 1,90% disseram talvez. Caso tivessem incentivo financeiro, 97,89% dos que habitam apartamento disseram que utilizariam água da chuva e 2,11% não. Nas casas, 91,43% utilizariam e 8,57% disseram que não a utilizaria, o que demonstra que a intenção em usar água da chuva caso tivessem maior conhecimento ou incentivo financeiro independe do tipo de imóvel habitado.

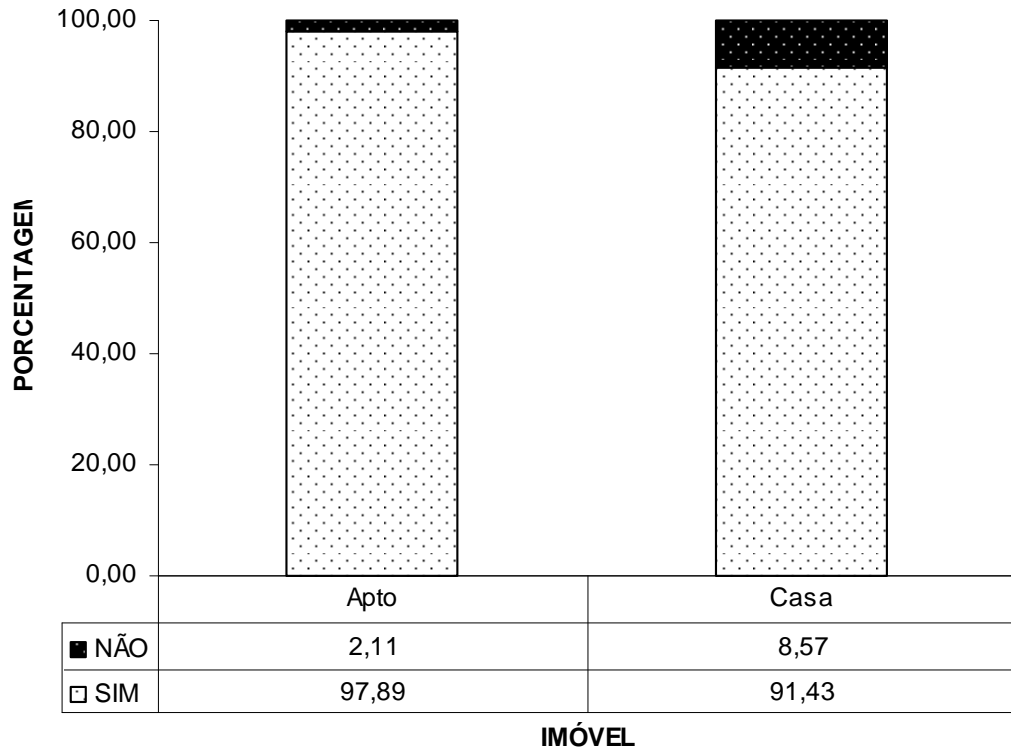


Figura 4.21 – Uso se tivesse maior conhecimento sobre água da chuva x tipo de imóvel.

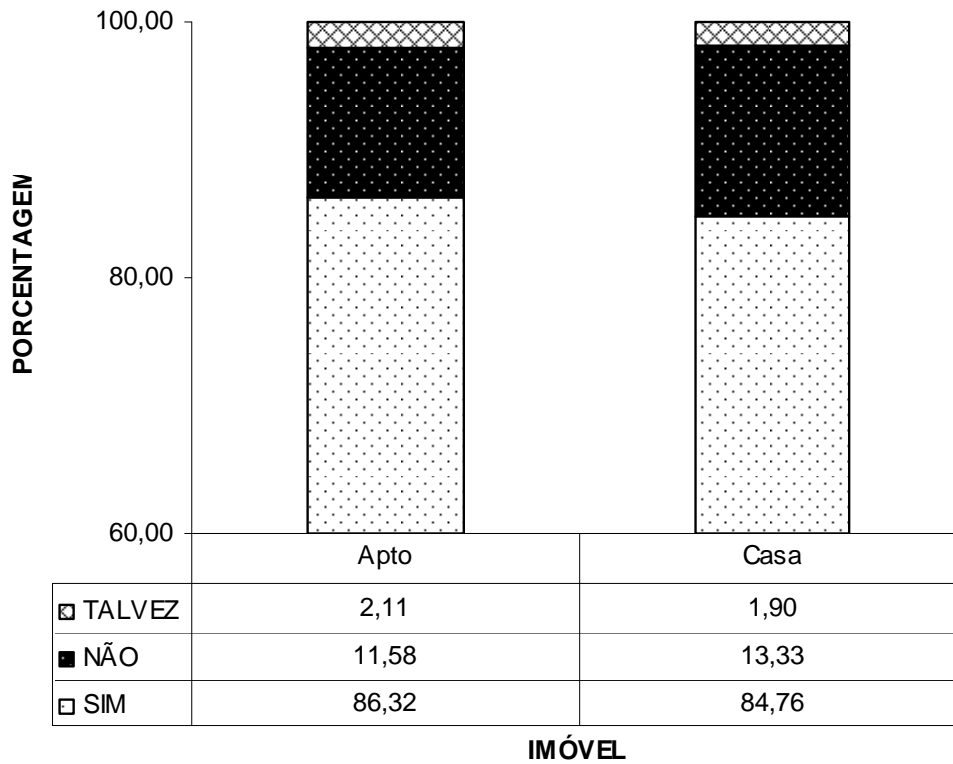
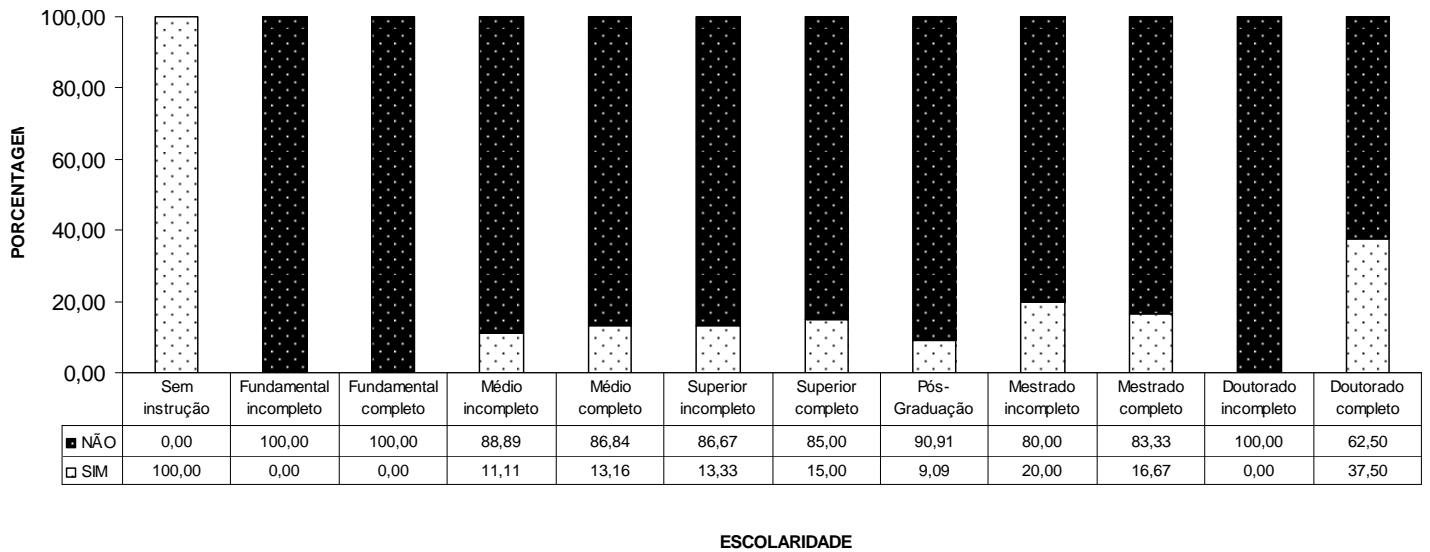


Figura 4.22 – Uso da água de chuva se tivesse incentivo financeiro x tipo de imóvel.

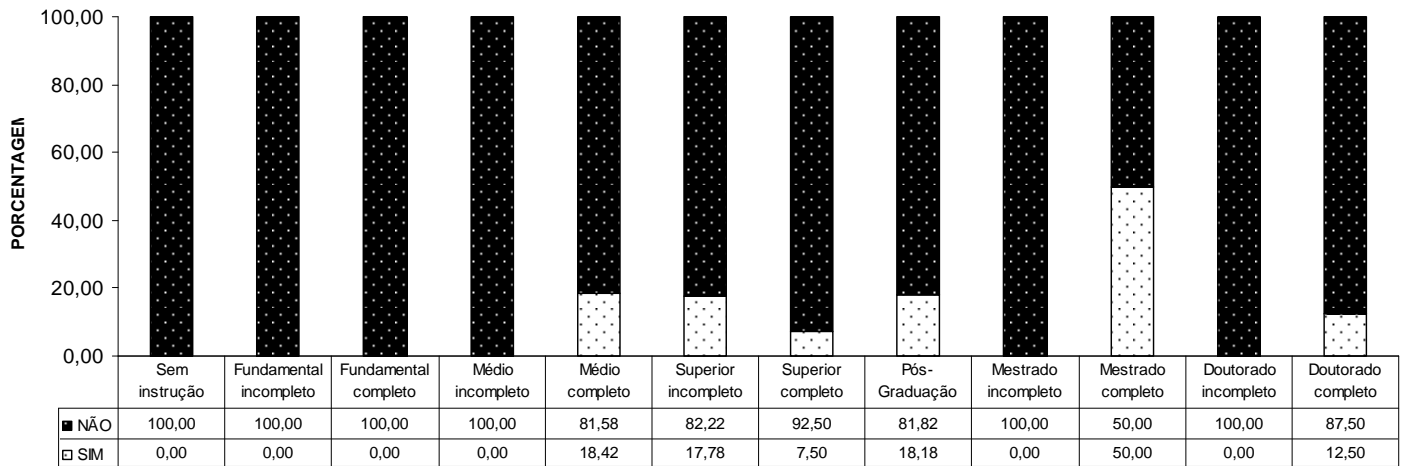
A maioria dos entrevistados desconhece o valor do investimento para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Apenas uma pessoa entrevistada não possui instrução e diz conhecer o valor. Entrevistados que possuem nível fundamental e doutorado incompleto desconhecem completamente e nas demais escolaridades o desconhecimento prevalece entre aproximadamente 80 a 90% das pessoas, com exceção dos que possuem doutorado, onde 37,50% dos doutores dizem conhecer o valor, vide Figura 4.23.



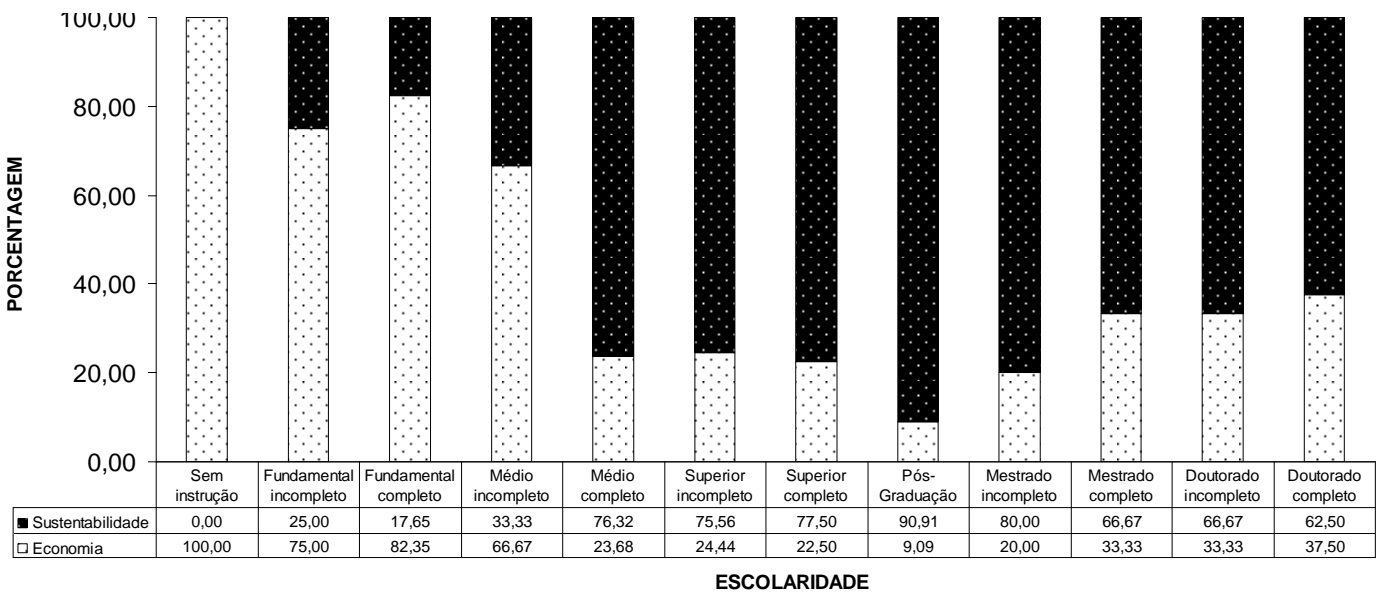
**Figura 4.23 – Conhecimento sobre o valor do investimento para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva x escolaridade.**

Quando a pergunta tange sobre a noção do tempo de retorno do investimento da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, a porcentagem dos entrevistados que a desconhece aumenta ainda mais. Apenas entrevistados que possuem a partir do ensino médio dizem conhecer, sendo que os que possuem mestrado completo são os que mais conhecem, com 50,00% das respostas afirmativas, representado na Figura 4.24.

A Figura 4.25 expõe que os entrevistados que possuem escolaridades maiores consideram a sustentabilidade mais importante que a economia no aproveitamento da água da chuva e as pessoas com menos escolaridade responderam a economia como sendo a questão mais importante. Isto demonstra que quanto mais anos de estudo tem os entrevistados, maior é a relevância que é dada à questão da proteção ao meio ambiente e preocupação com a água para as gerações futuras.

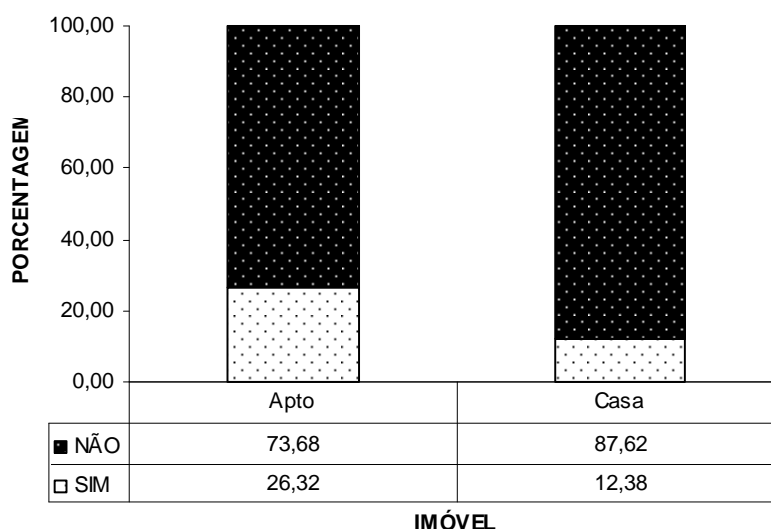


**Figura 4.24 – Noção do tempo de retorno do investimento de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva x escolaridade.**



**Figura 4.25 – Consideração do que é mais importante no aproveitamento da água da chuva x escolaridade.**

Na Figura 4.26, dos entrevistados que residem em apartamento, 26,32% consideram que a limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva seriam um empecilho ao seu uso e para 73,68% não. Nas casas, estas porcentagens mudam respectivamente para 12,38% e 87,62%. Estes números demonstram que nas casas, pelo sistema ser de menor porte e estar mais próximo ao morador, este fato motiva sua manutenção e limpeza, ao contrário dos prédios.



**Figura 4.26 – Limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva como um empecilho ao uso x tipo de imóvel.**

#### 4.5.2. Viabilidade social do reúso das águas cinzas

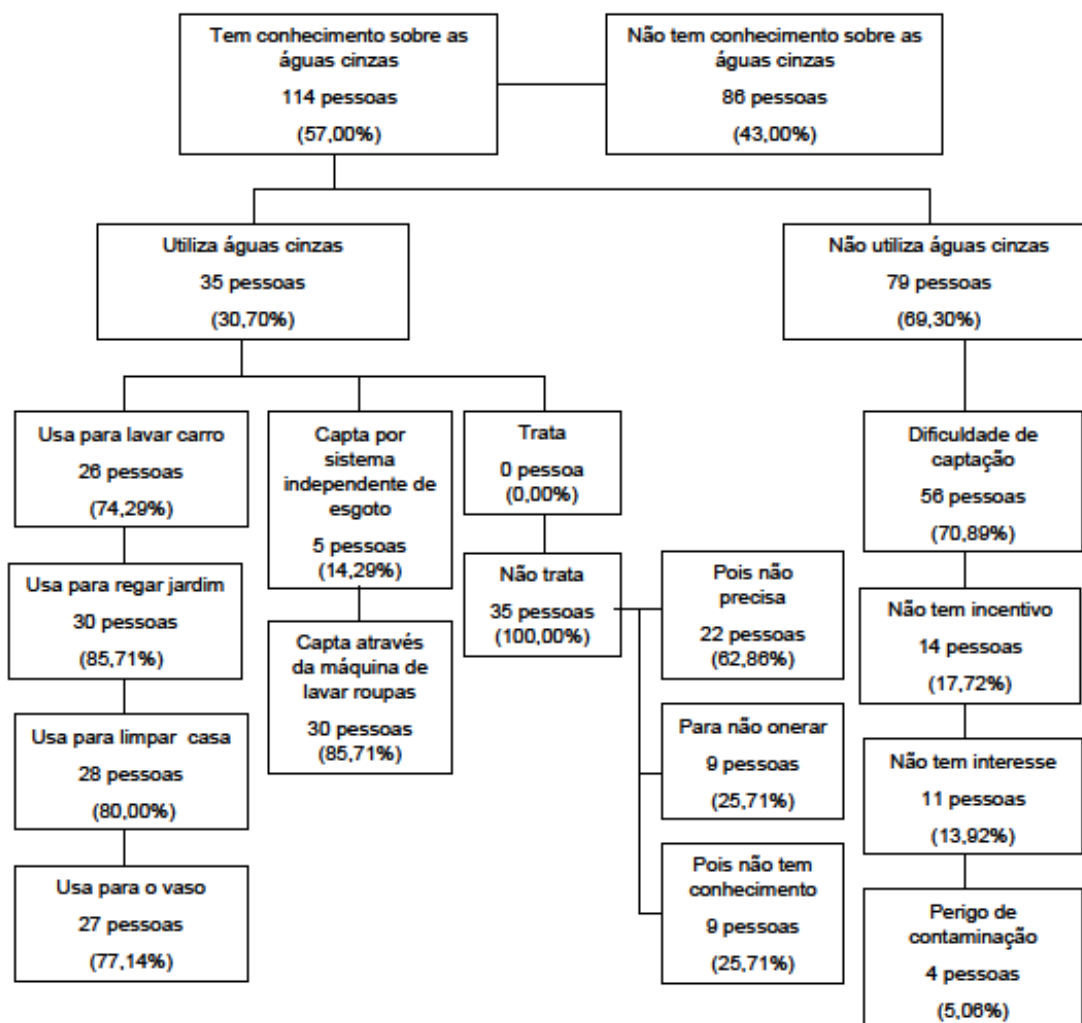
A Figura 4.27 traz o resultado da pergunta 12 do questionário em forma de organograma. A pergunta trata do conhecimento sobre águas cinzas, sua reutilização ou o porquê da sua não reutilização, possíveis usos para as mesmas, a maneira de captação e se é dado tratamento ou o porquê de não tratar esta água.

Do universo de 200 entrevistados, 114 deles (57,00%) afirmaram ter conhecimento sobre águas cinzas, e destas, 35 pessoas (30,70%) as reutilizam. Dentre os usos, o mais citado é a rega de jardim (85,71%), seguido da limpeza da casa (80,00%), reúso no vaso sanitário (77,14%) e para lavagem do carro (74,29%).

A captação destas águas pelas pessoas que as reutilizam se dá principalmente por meio da captação da água de enxágüe da máquina de lavar roupas (85,71%), seguido do sistema de captação independente de esgoto (14,29%).

Nenhum entrevistado trata esta água. O principal motivo de não dar tratamento é devido a achar não ser preciso (62,86%), a não ter conhecimento (25,71%) e para não onerar o custo da captação (25,71%).

Os 69,30% restante da população que conhece as águas cinzas, não as reutilizam alegando principalmente dificuldade na captação (70,89%), não ter incentivo (17,72%), não ter interesse (13,92%) e apenas 4 pessoas (5,06%) alegam perigo de contaminação.



**Figura 4.27 – Organograma do conhecimento acerca das águas cinzas e seus desdobramentos.**

A Tabela 4.25 traz o resultado das perguntas de 13 a 18 do questionário. As respostas foram muito semelhantes às dadas para a água da chuva. Quando questionados se reutilizariam águas cinzas em sua residência se tivessem conhecimento, 78,50% dos entrevistados disseram que sim, demonstrando a necessidade de maior divulgação sobre este assunto também, da mesma forma que com a água da chuva. Esta porcentagem aumenta para 90,00% caso recebessem algum tipo de incentivo financeiro para tal, o que poderia estimular a formulação de políticas públicas por parte dos governos que incentivassem o reúso das águas cinzas, diminuindo o desperdício de água potável para usos menos nobres e incentivando o consumo responsável.

Já com relação sobre o conhecimento do valor do investimento para implantar um sistema de captação, armazenamento e distribuição de águas cinzas e noção do



tempo de retorno deste investimento, considerando a economia na conta de água, apenas 8,00% dos entrevistados disseram saber.

A sustentabilidade aparece em primeiro lugar quando a indagação consiste na importância do reúso das águas cinzas, com 66,00% das respostas, seguido da economia financeira, com 34,00%, demonstrando a consciência ambiental da população em geral.

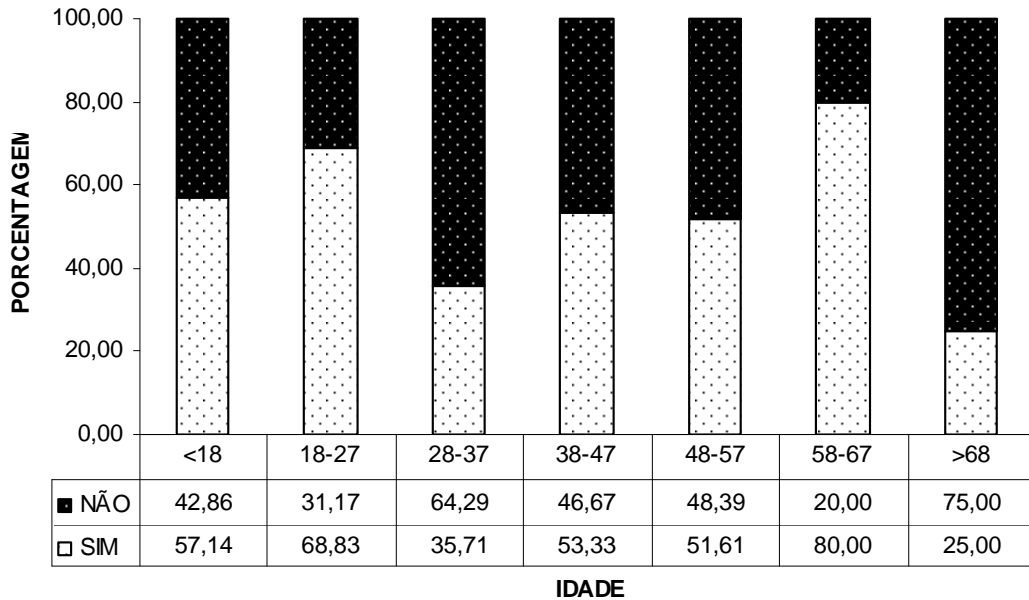
Para 67,50% das pessoas, a limpeza e a manutenção do sistema de reúso das águas cinzas não se constituem um empecilho ao seu uso. Já os 32,50% restantes os consideram um empecilho para o reúso da mesma.

**Tabela 4.25 – Conhecimento da população acerca do reúso das águas cinzas.**

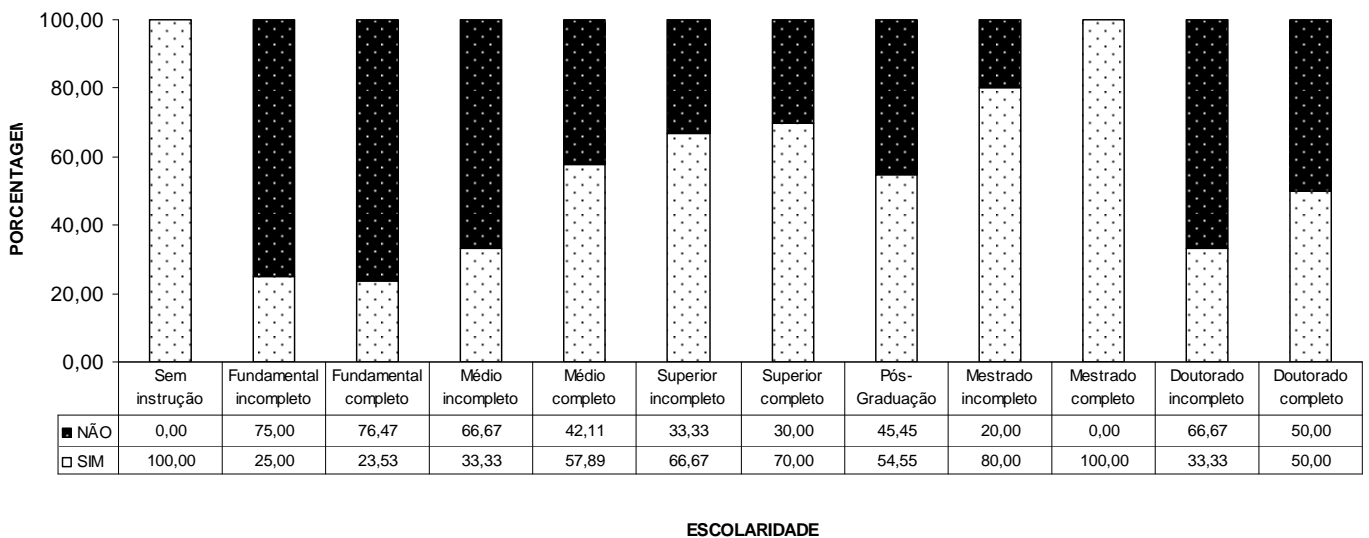
	Você utilizaria águas cinzas em sua residência se tivesse conhecimento?		Você utilizaria águas cinzas em sua residência se tivesse incentivo financeiro?		Você sabe o valor do investimento para implantar o sistema de captação, armazenamento e distribuição de águas cinzas?		Você tem noção do tempo de retorno do investimento, considerando a economia na conta de água?		O que você considera mais importante no aproveitamento das águas cinzas?		A limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de águas cinzas seriam um empecilho ao seu uso?	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Sim	157	78,50	180	90,00	16	8,00	16	8,00			65	32,50
Não	36	18,00	20	10,00	184	92,00	184	92,00			135	67,50
Talvez	7	3,50										
Economia financeira									68	34,00		
Sustentabilidade ambiental									132	66,00		
Total	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00	200	100,00

Nas Figuras 4.28 e 4.29, que demonstram o conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas relacionado respectivamente à idade e ao grau de escolaridade, também não se percebeu correlação direta. Com relação à idade, nos entrevistados entre 58 e 67 anos apareceu a maior porcentagem de conhecimento, com 80,00%. Os maiores de 68 anos são os que mais desconhecem as águas

cinzas, com 75,00%. Com relação à escolaridade, o único entrevistado que possui nível fundamental e os mestres tem 100% de conhecimento sobre a reutilização destas águas. A percentagem dos que mais desconhecem consiste em 76,47% das pessoas que possuem o nível fundamental completo.



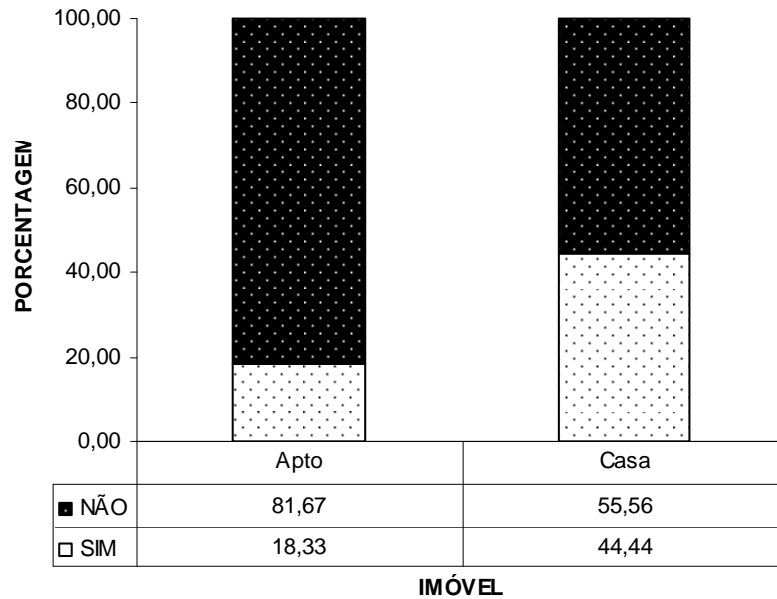
**Figura 4.28 – Conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas x idade.**



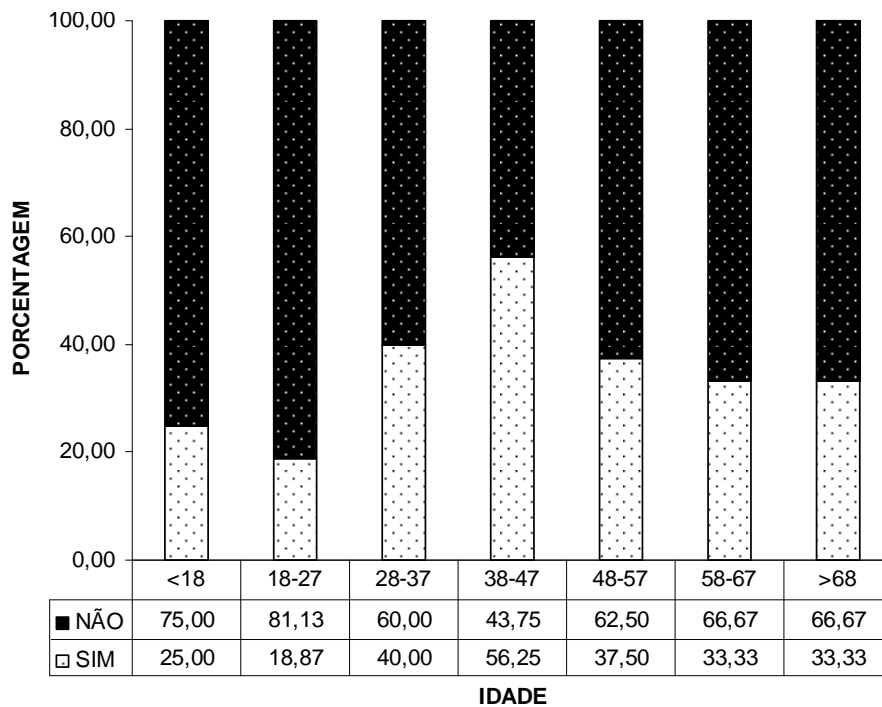
**Figura 4.29 – Conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas x escolaridade.**

As figuras 4.30, 4.31 e 4.32 representam a reutilização das águas cinzas em relação ao tipo de imóvel, à idade e à escolaridade dos entrevistados respectivamente. A percentagem das pessoas que reutilizam águas cinzas em casas (44,44%) é superior à percentagem das que a reutilizam em apartamentos (18,33%).

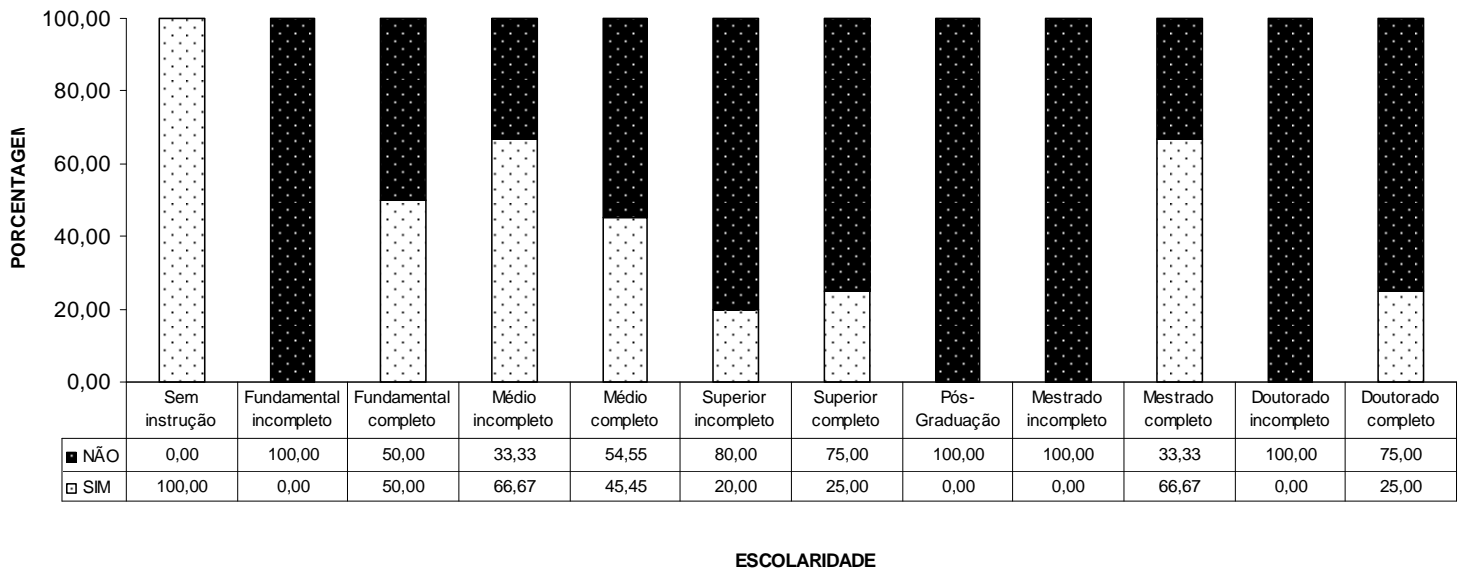
Praticamente todas as faixas etárias reutilizam águas cinzas em porcentagens que variam entre aproximadamente 18 e 40,00%, com exceção da faixa entre os 38 e 47 anos, onde mais da metade dos entrevistados a reutiliza. Não é percebida correlação entre o reúso das águas cinzas relacionado ao grau de escolaridade. O único entrevistado que não possui instrução reutiliza águas cinzas. Por outro lado, 100,00% dos entrevistados que possuem grau fundamental incompleto, pós-graduação (especialização), mestrado incompleto e doutorado incompleto não a reutilizam.



**Figura 4.30 – Reutilização das águas cinzas x tipo de imóvel.**



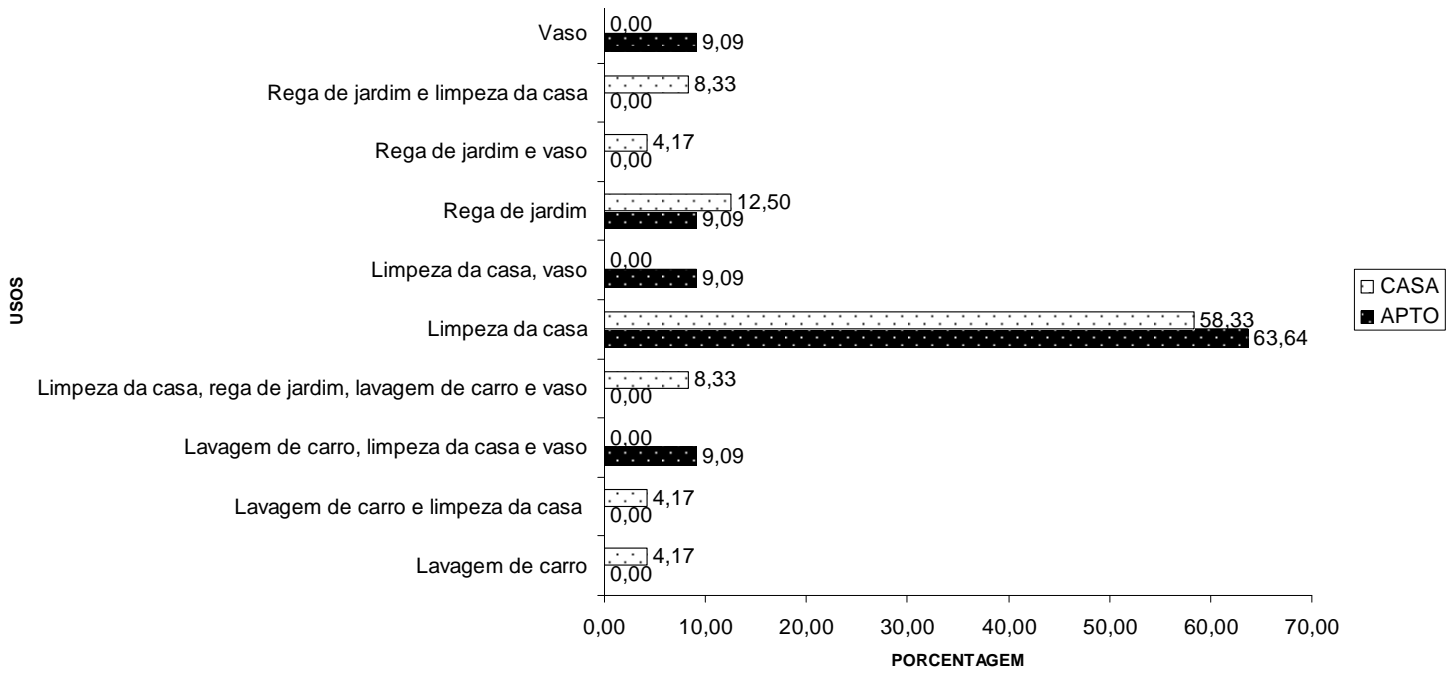
**Figura 4.31 – Reutilização das águas cinzas x idade.**



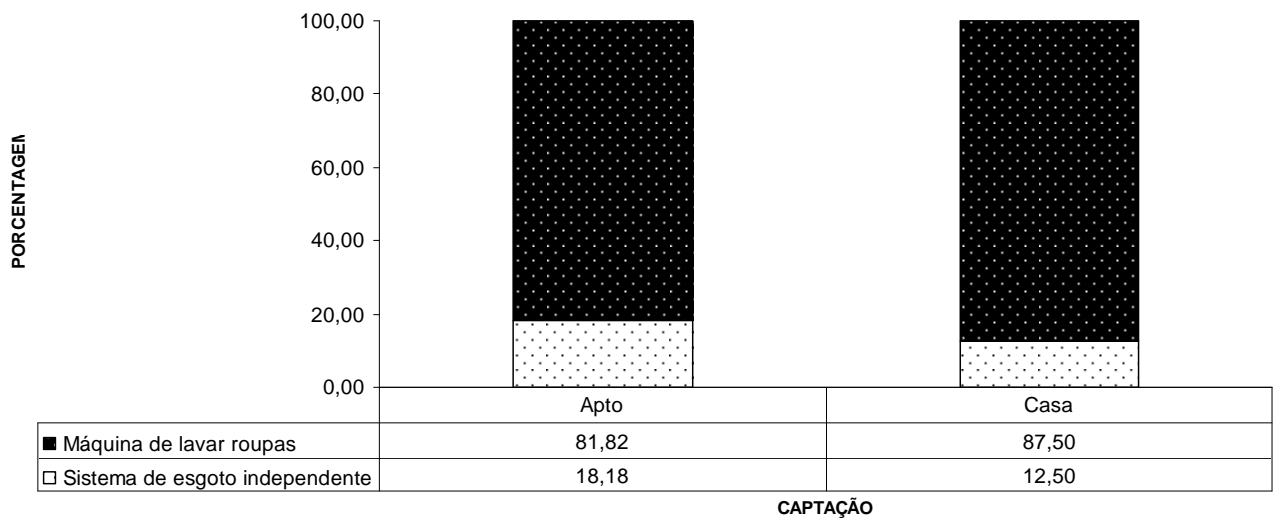
**Figura 4.32 – Reutilização das águas cinzas x escolaridade.**

Quando se associam os tipos de usos da água cinza com o tipo de imóvel fica evidente que a maioria dos entrevistados residentes em casa e apartamento a reutiliza principalmente para a limpeza, uso citado por 63,64% das pessoas que moram em apartamento e por 58,33% das pessoas que moram em casa, como pode ser visto na Figura 4.33. Este é o reúso prioritário, pois o último enxágüe das máquinas de lavar roupas é acompanhado de amaciante, sendo reutilizado nas limpezas em geral.

A forma de captação das águas cinzas em casas e nos apartamentos são muito semelhantes. Nos apartamentos, 18,18% das pessoas disseram ser provenientes de sistemas de esgoto independente e 81,82% disseram das máquinas de lavar roupas. Nas casas, 12,50% responderam que advém de sistemas de esgoto independente e 87,50% das máquinas de lavar roupas, visto na Figura 4.34. A captação por meio das máquinas de lavar roupas se dá diretamente colocando a mangueira contendo o efluente da máquina dentro de um balde ou no tanque para aplicação direta na lavagem de pisos.

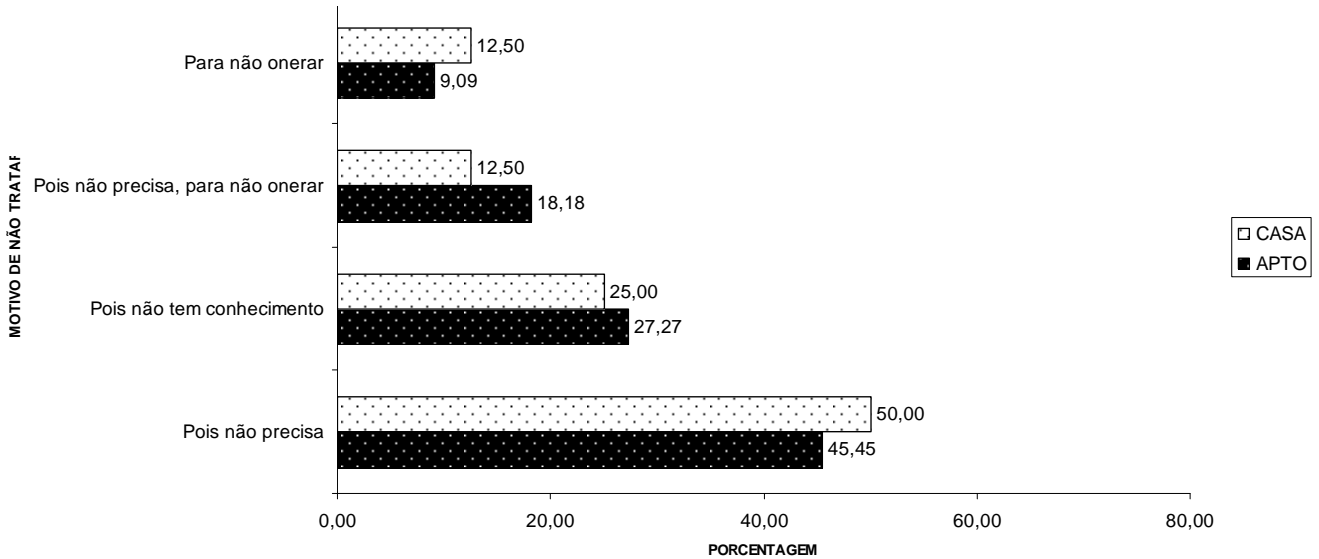


**Figura 4.33 – Tipo de réuso das águas cinzas x tipo de imóvel.**



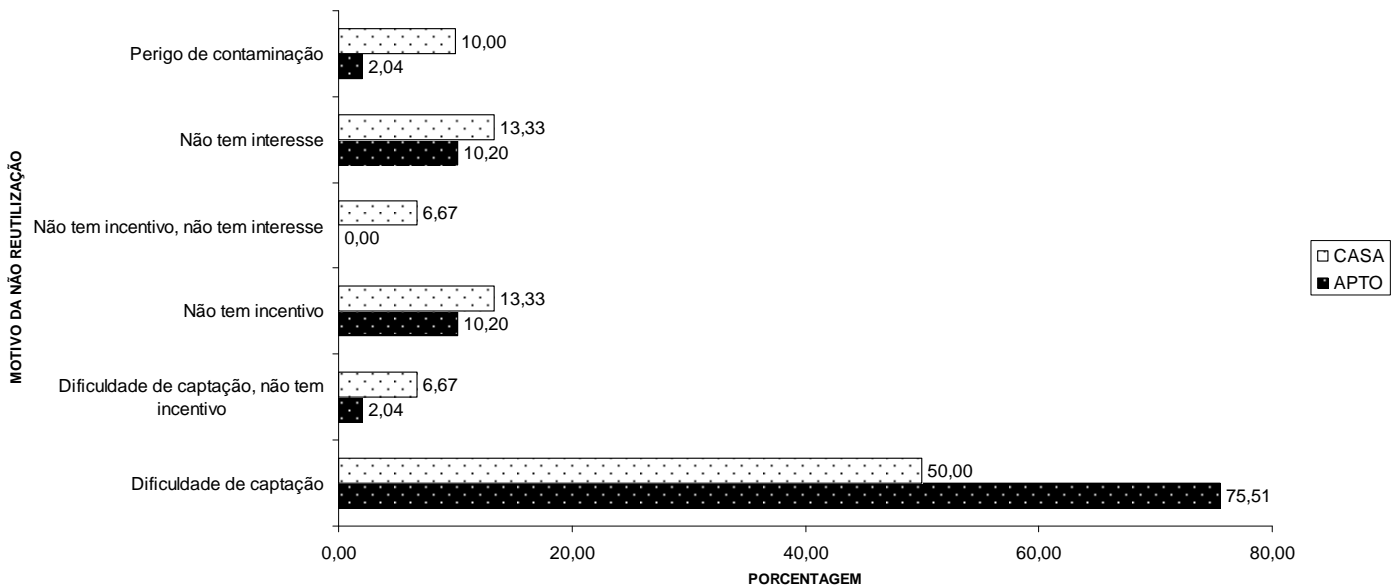
**Figura 4.34 – Forma de captação das águas cinzas x tipo de imóvel.**

Em toda a amostra, nenhuma pessoa disse tratar a água cinza. Das que a reutilizam, a principal causa de não tratar, tanto nas casas quanto nos apartamentos, é o fato de acharem que não é preciso, seguido da falta de conhecimento sobre tratamento das águas cinzas, como pode ser visto na Figura 4.35. O motivo do não tratamento por não ser preciso se deve ao fato de as águas cinzas reutilizadas provirem das máquinas de lavar roupas e os entrevistados entenderem que tal água é limpa para o réuso a que se destina.



**Figura 4.35 – Motivo do não tratamento das águas cinzas x tipo de imóvel.**

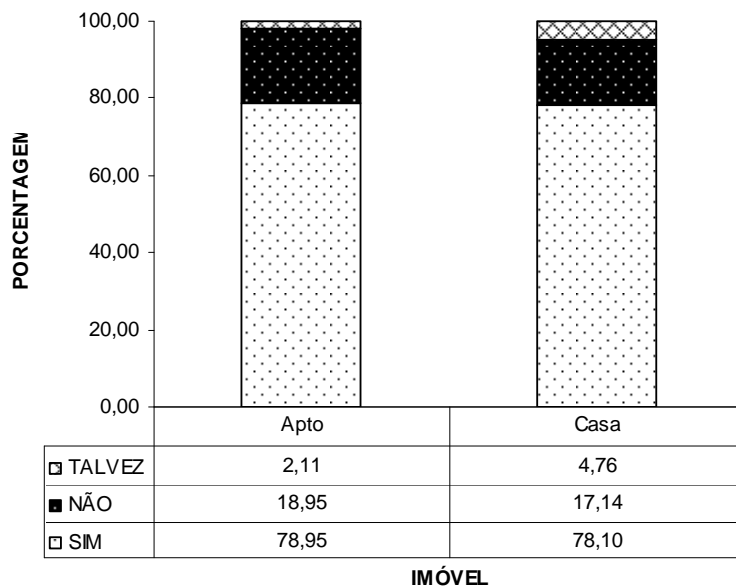
Na Figura 4.36 fica claro o principal motivo pela não reutilização das águas cinzas pelos entrevistados, a dificuldade de captação, sendo esta a resposta de 75,51% dos moradores dos apartamentos e de 50,00% dos moradores das casas. O segundo motivo apontado é a falta de interesse e de incentivo, que empatam com 10,20% das citações pelos moradores dos apartamentos e de 13,33% pelos moradores das casas.



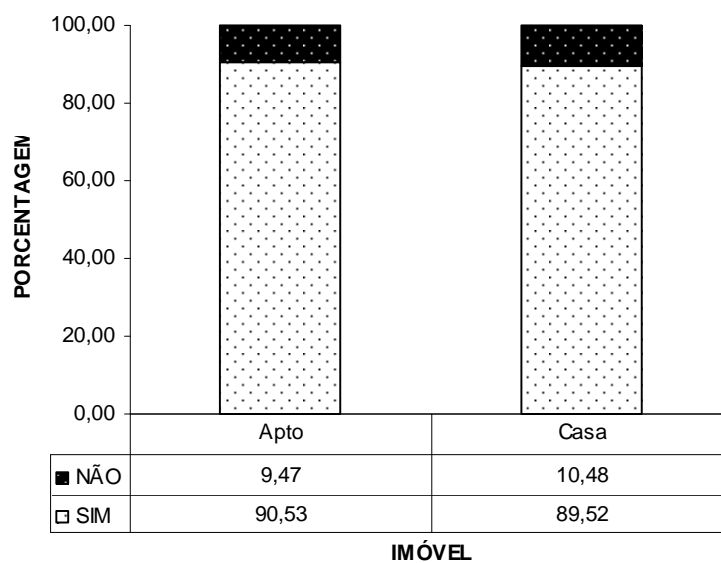
**Figura 4.36 – Motivo da não reutilização das águas cinzas x tipo de imóvel.**

Como pode ser visto nas Figuras 4.37 e 4.38, moradores de casas e apartamentos têm idéias semelhantes com relação à reutilização de águas cinzas se tivessem maior conhecimento sobre o assunto ou algum tipo de incentivo. Com

relação ao conhecimento, 78,95% dos habitantes dos apartamentos disseram que usariam, 18,95% disseram que não e 2,11% disseram talvez. Dos entrevistados que moram em casas, 78,10% disseram que usariam, 17,14% disseram não e 4,76% disseram talvez. Caso tivessem incentivo financeiro, 90,53% dos que habitam apartamento disseram que reutilizariam águas cinzas e 9,47% não. Nas casas, 89,52% reutilizariam e 10,48% disseram que não a reutilizariam, demonstrando que a intenção em reutilizar águas cinzas caso tivessem maior conhecimento ou incentivo financeiro independe do tipo de imóvel habitado, como ocorreu com a água da chuva.

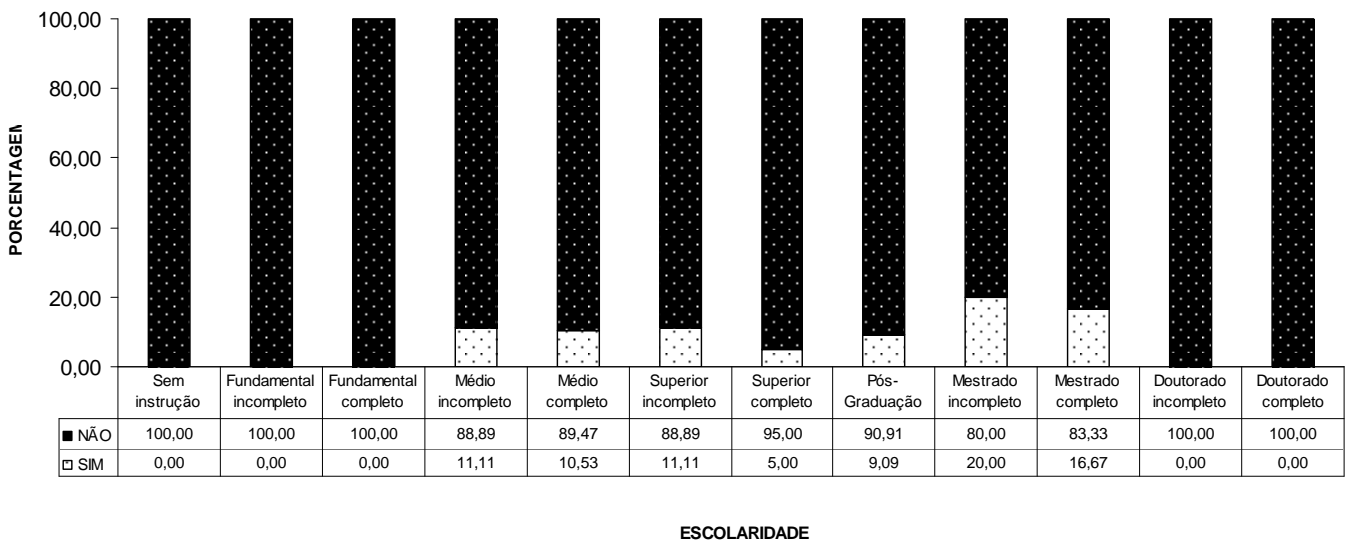


**Figura 4.37 – Reúso se tivesse mais conhecimento das águas cinzas x imóvel.**



**Figura 4.38 – Reúso das águas cinzas se tivesse incentivo financeiro x imóvel.**

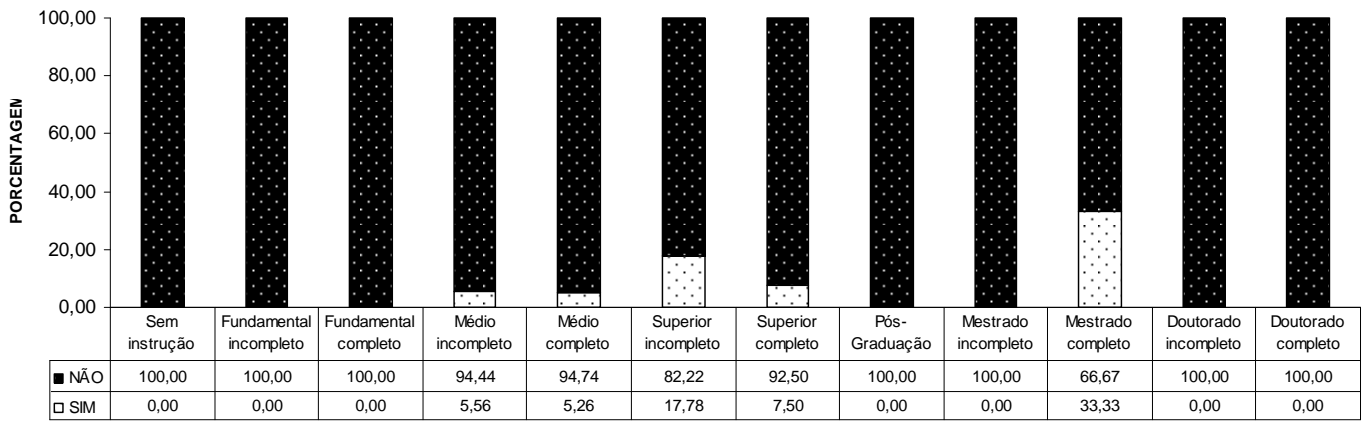
Como já tinha ocorrido para o caso da água de chuva, a grande maioria dos entrevistados também desconhece o valor do investimento para a implantação do sistema de reúso de águas cinzas. Entrevistados que não possuem instrução, que possuem nível fundamental completo e incompleto e doutorado completo e incompleto desconhecem completamente e nas demais escolaridades o desconhecimento prevalece entre 80 a 95% das pessoas, evidenciando que esta informação não está ligada à escolaridade, vide Figura 4.39.



**Figura 4.39 – Conhecimento sobre o valor do investimento para a implantação do sistema de reúso das águas cinzas x escolaridade.**

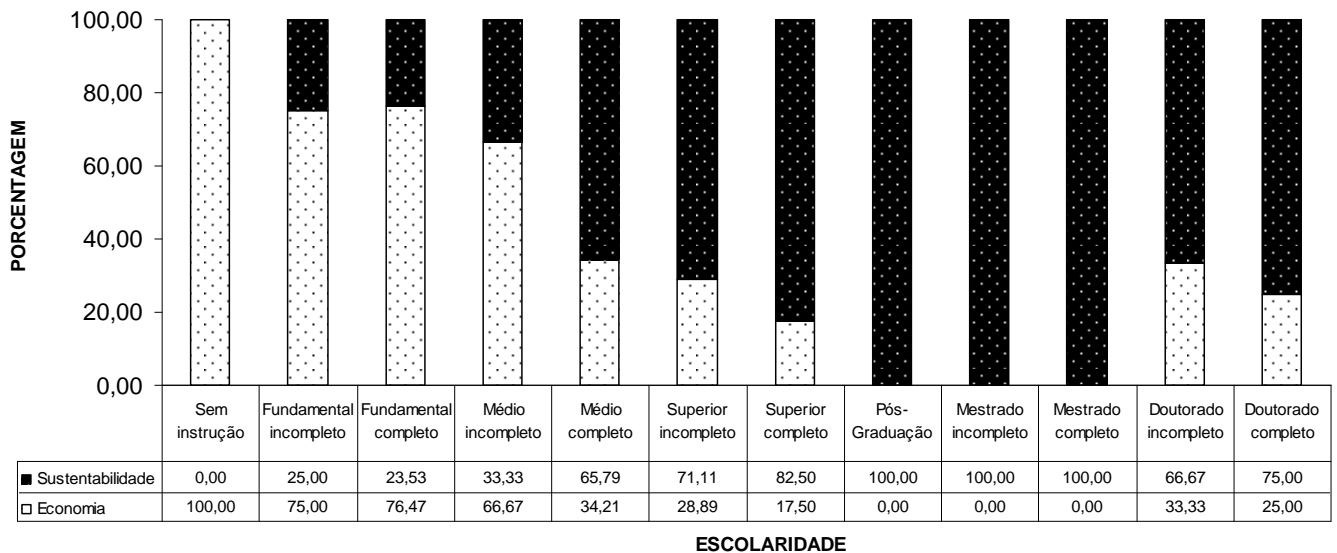
Quando a pergunta tange sobre a noção do tempo de retorno do investimento da implantação do sistema de reúso de águas cinzas, apenas entrevistados que possuem nível médio completo e incompleto, superior completo e incompleto e mestrado completo dizem conhecer, sendo que os que possuem mestrado completo são os que mais conhecem, com 33,33% das respostas afirmativas, representado na Figura 4.40.





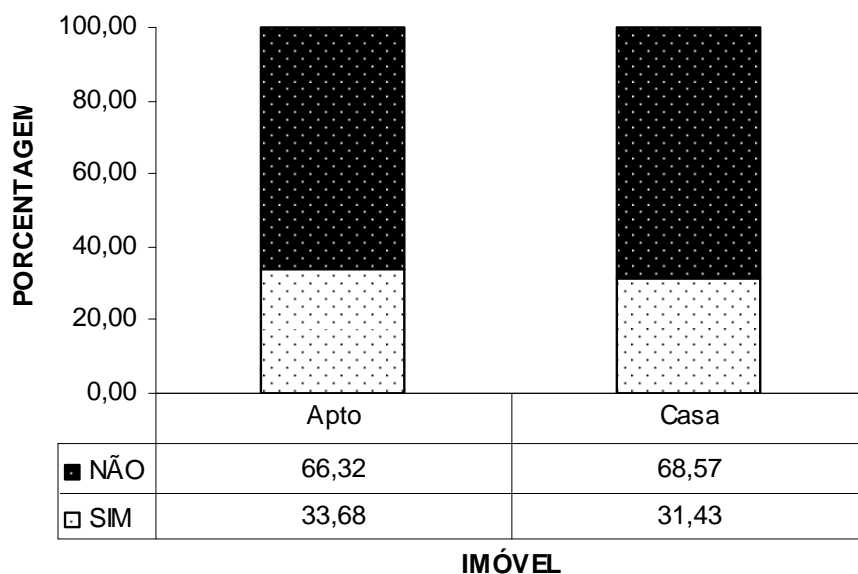
**Figura 4.40 – Noção do tempo de retorno do investimento de implantação do sistema de reúso de águas cinzas x escolaridade.**

A Figura 4.41 mostra que está entre os entrevistados com as menores escolaridades as maiores porcentagens que consideram a economia mais importante que a sustentabilidade ambiental no reúso das águas cinzas. As pessoas com escolaridades maiores tendem a achar mais importante a sustentabilidade à economia financeira. Esta constatação vem de encontro ao que já foi verificado com relação à água de chuva, apontando que o pensamento dos entrevistados não difere quando se trata do que é considerado mais importante no aproveitamento da água da chuva ou no reúso das águas cinzas.



**Figura 4.41 – Consideração do que é mais importante no reúso das águas cinzas x escolaridade.**

Fica demonstrado na Figura 4.42 que dos entrevistados que residem em apartamento, 33,68% consideram que a limpeza e manutenção do sistema de reúso das águas cinzas seriam um empecilho ao seu reúso e para 66,32% não. Nas casas, estas porcentagens mudam respectivamente para 31,43% e 68,57%. Aqui a porcentagem dos que consideram a limpeza e manutenção como fator limitante ao reúso é maior que no caso do aproveitamento da água da chuva, tanto nas casas quanto nos apartamentos, indicando certa rejeição, uma vez que a água de reúso é menos nobre que a da chuva.



**Figura 4.42 – Limpeza e manutenção do sistema de reúso de águas cinzas como um empecilho ao reúso x tipo de imóvel.**

## 5. CONCLUSÕES

Os estudos foram realizados em Camobi, bairro típico de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. Considerou-se um edifício residencial multifamiliar com 4 pavimentos, contendo quatro apartamentos de dois dormitórios por andar, com quatro pessoas por apartamento, totalizando 64 pessoas.

A série de dados utilizada compreendeu 8400 dias sem falhas. Foi simulada diariamente uma área de captação em projeção horizontal de 300 m<sup>2</sup>, coberta com telhas de fibrocimento sem amianto. O lote possui 600 m<sup>2</sup>, onde o índice verde adotado é o mínimo exigido pela Prefeitura Municipal de Santa Maria, ou seja, 18%, o que representam 108 m<sup>2</sup>. O coeficiente de escoamento superficial adotado foi de 0,9, devido à cobertura ser considerada nova e estar em bom estado de conservação e limpeza.

Quanto à viabilidade técnica, o potencial de precipitação média anual de Santa Maria é de 1812,65 mm e a quantificação da demanda de água não potável resultou em 1,92 m<sup>3</sup>/dia para o atendimento dos vasos sanitários e 2,12 m<sup>3</sup>/dia para todos os usos não potáveis. O dimensionamento do reservatório se deu diariamente, pelo Método da Simulação, sendo descontados da precipitação de cada evento 2mm iniciais, de acordo com Hagemann (2009). Para a demanda de 2,12 m<sup>3</sup>/dia, adotando-se o volume do reservatório de 40m<sup>3</sup> e simulando-o inicialmente cheio, a máxima garantia de abastecimento é de 40,73%, já para a demanda de 1,92 m<sup>3</sup>/dia, para o volume simulado de 40 m<sup>3</sup>, a garantia máxima sobe para 47,04%.

Para o atendimento à demanda máxima, o volume do reservatório de água da chuva ficou dimensionado em 15 m<sup>3</sup>, garantindo o abastecimento de 33,55%, assumindo, portanto, o risco de falhas de 66,45%, necessitando assim de um sistema de apoio para abastecimento. O reservatório de água da chuva misturado às águas cinzas, considerando a demanda máxima, ficou dimensionado em 2,12 m<sup>3</sup>, atendendo a 100% da demanda.

Nota-se que o Método da Simulação se presta para o dimensionamento de reservatórios com finalidade residencial, pois considera as variações sazonais dentro do período analisado e reflete o real comportamento diário do reservatório. Quanto mais pavimentos contiver o prédio, maior será a demanda para uma mesma área de captação, aumentando as falhas no abastecimento.

Quanto à viabilidade econômica, o sistema de aproveitamento de água da chuva é capaz de suprir 0,71 m<sup>3</sup> dos 2,12 m<sup>3</sup> de água não potável consumidos por dia, economizando 259,61 m<sup>3</sup> em um ano, proporcionando uma economia de R\$ 937,19/ano. O valor do investimento inicial para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva foi estimado em R\$ 8.078,34 e o custo de operação e manutenção anual em R\$ 150,00.

Para uma vida útil de 20 anos do sistema de aproveitamento da água da chuva, desconsiderando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção (tarifas de energia elétrica e água), o valor presente líquido foi calculado em R\$ 7.665,49, o *payback* ou tempo de retorno de capital em 10 anos e 3 meses, a taxa interna de retorno em 7,41% e a relação benefício/custo em 1,69. Para que o sistema se pagasse, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 15.743,83. Considerando as taxas e variações ao longo de uma década, o valor presente líquido foi calculado em R\$ 5.629,61, o *payback* ou tempo de retorno de capital em 11 anos e 4 meses, a taxa interna de retorno em 5,97% e a relação benefício/custo em 1,49. Neste caso, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 13.707,95, valor no qual o sistema retornaria este investimento ao longo da vida útil.

O sistema de mistura da água da chuva com as águas cinzas economiza 773,80 m<sup>3</sup> de água potável em um ano, gerando uma economia de R\$ 2.793,42/ano. A estação de tratamento de águas cinzas foi concebida pela associação em série dos processos biológicos reator anaeróbio compartimentado, filtro biológico aerado submerso, decantador secundário, filtro terciário e desinfecção por cloração. O valor do investimento inicial para a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas foi estimado em R\$ 25.384,33 e o custo de operação e manutenção anual em R\$ 301,74.

Para uma vida útil de 20 anos do sistema de aproveitamento da água da chuva misturada às águas cinzas, desconsiderando as taxas de juros e variação nos custos de operação e manutenção (tarifas de energia elétrica e água), o valor presente líquido foi calculado em R\$ 24.449,23, o *payback* ou tempo de retorno de capital em 10 anos e 2 meses, a taxa interna de retorno em 7,51% e a relação benefício/custo em 1,78. Para que o sistema se pagasse, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 49.833,56. Considerando as taxas e variações ao longo de uma década, o valor presente líquido foi calculado em R\$ 18.679,38, o *payback* ou tempo de retorno de capital em 10 anos e 11 meses, a taxa interna de retorno em

6,22% e a relação benefício/custo em 1,58. Neste caso, o investimento inicial poderia ser de até R\$ 44.063,71, valor no qual o sistema retornaria este investimento ao longo de sua vida útil.

O *payback* calculado para todos os casos se aproximou muito da literatura, que mostra que o período de retorno médio desses sistemas é de aproximadamente 10 anos, de acordo com CHILTON et al. (1999 apud SILVA, 2007a).

Todos os casos foram considerados viáveis economicamente, sob o ponto de vista da maioria dos indicadores econômicos. Porém, o sistema mais viável foi a água da chuva misturada às águas cinzas sem considerar taxas de juros e variação nos custos de manutenção e operação, o qual se paga (*payback*) em 10 anos e 2 meses, aproximadamente a metade de sua vida útil, gerando um lucro (VPL) de R\$ 24.449,23, praticamente o mesmo montante do investimento inicial, possuindo uma taxa interna de retorno de 7,51% e uma relação benefício/custo de 1,78.

Também se pôde concluir com a pesquisa que as estações compactas de aproveitamento de água da chuva e reúso de águas cinzas fornecidas por empresas especializadas no ramo inviabilizariam economicamente os sistemas.

A economia global dos sistemas poderia ser ainda maior, caso fosse considerado também a economia na tarifa de esgoto, serviço que o bairro de Camobi ainda não dispõe.

Quanto à viabilidade social, foi realizada uma pesquisa de campo com pessoas de 200 domicílios para verificar o conhecimento e aceitabilidade por parte da população do aproveitamento da água da chuva e reúso das águas cinzas. Com relação ao tipo de imóvel e sexo, entrevistou-se paritariamente as pessoas.

Com relação à água da chuva, a maioria afirma ter conhecimento e não a utiliza alegando principalmente dificuldade de captação. Dos que a utiliza, o principal uso citado foi a rega de jardim. A principal maneira de captação da água da chuva é por meio do telhado e 98,08% das pessoas que tem conhecimento e a utiliza, não a trata alegando principalmente não ser necessário.

Quando questionados se utilizariam água da chuva se tivessem conhecimento, a maioria disse sim, indicando a necessidade de maior divulgação sobre o assunto. O índice aumenta caso recebessem incentivo financeiro. A sustentabilidade aparece em primeiro lugar na importância do aproveitamento da água da chuva, com 65,00% das respostas, seguido da economia financeira. Para

75,00%, a limpeza e a manutenção do sistema não se constituem um empecilho ao seu uso.

Com relação à utilização da água da chuva relacionada ao tipo de imóvel, fica evidente a diferença na porcentagem das pessoas que a utiliza em casas e em apartamentos, justificada pela dificuldade na captação. A maioria dos entrevistados desconhece o valor do investimento do sistema e apenas entrevistados que possuem a partir do ensino médio dizem conhecer a noção do tempo de retorno do investimento. Entrevistados com maiores escolaridades consideram a sustentabilidade mais importante à economia.

Com relação às águas cinzas, a maioria afirma ter conhecimento e não a utiliza alegando principalmente dificuldade de captação. Dos que a utiliza, o principal uso citado foi a rega de jardim. A principal maneira de captação das águas cinzas é da água de enxágüe da máquina de lavar roupas. Das pessoas que tem conhecimento e a utiliza, nenhuma dá tratamento a esta água, alegando principalmente não ser necessário.

Quando questionados se reutilizariam águas cinzas se tivessem conhecimento, a maioria disse sim, índices que aumentam caso recebessem incentivo financeiro. A sustentabilidade possui 66% das respostas como mais importante no reúso das águas cinzas, seguido da economia. Para 67,50%, a limpeza e a manutenção do sistema não são um empecilho ao seu uso. Com relação ao conhecimento do valor do investimento para implantar o sistema e noção do tempo de retorno deste investimento, considerando a economia na conta de água, apenas 8,00% dos entrevistados disseram saber. Entrevistados com menores escolaridades consideram a economia mais importante à sustentabilidade.

Pôde-se notar que tanto o estudo do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria demonstraram ser viáveis técnica, econômica e socialmente. Sem falar da conservação da água, da educação e da sustentabilidade ambiental que estas ações promovem.

Para os próximos trabalhos, sugere-se realizar *in loco* um estudo do quantitativo de esgoto e águas cinzas gerados e do consumo de água potável e não potável realmente demandado na cidade de Santa Maria, tendo em vista a cultura local de consumo, bem como estudar a qualidade deste esgoto bruto, das águas cinzas e da mistura das águas cinzas com a água da chuva.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. The earth summit strategy to save our planet. Ed. Daniel Sitarz, Earthpress. 321 p. Boulder Colorado, 1994.

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL.  
<<http://www.agergs.rs.gov.br/site/imagens/editor/imagens/Regulacao%20Economica%20dos%20Servicos%20de%20Saneamento%20-%20AGERGS.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Hidroweb. Disponível em:  
<[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)>. Acesso em: 10 jul. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO e SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE SÃO PAULO. Conservação e Reúso de água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.  
<[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default\\_aplicacao\\_reajuste\\_tarifario.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default_aplicacao_reajuste_tarifario.cfm)>. Acesso em: 10 dez. 2012.

AGOSTINI, R. D. S. D. Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão. Projeto de graduação; UFES. Vitória, 70 p.,2009.

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.

ASABRASIL. Foto de arquivo digital. Disponível em:<[http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD\\_MENU=1150](http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150)>Acesso em 10/set./2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5426: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Rio de Janeiro, 1985a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5427: Guia de utilização da Norma 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Rio de Janeiro, 1985b. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 05 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15097: Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004. 37p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; FAGUNDES, G. S.; GOMES, T. A.; BORBA JÚNIOR, J.C. Viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais em edifícios residenciais de João Pessoa. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza. 08p, 2006.

AZEVEDO NETTO, J. M. Aproveitamento de águas de chuva para abastecimento. Revista Bio. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Rio de Janeiro, Ano III, no 2, pg. 44-48, abr./jun. 1991.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Custos\\_Financeiros/Taxa\\_de\\_Juros\\_de\\_Longo\\_Prazo\\_TJLP/index.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/index.html)>. Acesso em: 10 dez. 2012.

BASTOS, F. P; ERNANDES, D. V; PERTEL, M; GAZOLLI, L. C; GONÇALVES, R.F. Filtração lenta e desinfecção UV de água de chuva coletada para consumo humano. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte. 09p, 2007.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. Dissertação de mestrado; UFES. Vitória, 165 p., 2005.

BRAGA, I.Y.L.G.; Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB. Dissertação de mestrado; UFPB. João Pessoa, 104p., 2008.

BRAGA, E.D.; Estudos de reúso de água em condomínios residenciais. Dissertação de mestrado; UNIFEI. Itajubá, 145p., 2009.

BRASIL. Lei n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Custo de Composições Sintético. Porto Alegre. Disponível em : <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/sinapi/relat\\_serv\\_set\\_12/Services\\_RS\\_SET\\_2012.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/sinapi/relat_serv_set_12/Services_RS_SET_2012.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2012.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. Lei Municipal n. 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Disponível em: <<http://www.cmc.pr.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei Municipal n. 10.506, de 05 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Disponível em: <<http://www.camarapoa.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Lei Municipal n. 13.276, de 05 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/cidades.pl?cidade=São Paulo&estado=SP&camara=1>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. Lei Complementar Nº 003/02 DE 22 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o Código de Posturas do Município de Santa Maria e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.camara-sm.rs.gov.br/2010/arquivos/legislacao/LC/2002/0003.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. Lei Municipal Nº 5064, de 13 de novembro de 2007. Cria no Município de Santa Maria, o programa de conservação, utilização de uso racional da água nas edificações – PROCURAE e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.camara-sm.rs.gov.br/2010/arquivos/legislacao/LM/2007/5064.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. Lei Complementar Nº 081, de 15 de junho de 2011. Altera o parágrafo 2º do artigo 250 da Lei Complementar nº 003 de 22 de janeiro de 2002 – Código de Posturas. Disponível em: <[http://www.camarasm.rs.gov.br/2010/arquivos/legislacao/LC/2011/LC\\_081\\_11\\_\\_\\_Altera\\_Paragrafo\\_2\\_do\\_Art.pdf](http://www.camarasm.rs.gov.br/2010/arquivos/legislacao/LC/2011/LC_081_11___Altera_Paragrafo_2_do_Art.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2011.

CAMPOS, M. A.S.; Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. Dissertação de mestrado; UFSCAR. São Carlos, 131 p.,2004.

CAMPOS, R. H; VAZ, L. D. O; GONÇALVES, R. F. Análise de riscos ambientais de uma estação de tratamento de esgotos de águas cinza (ETAC) em um prédio residencial. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 09p, 2012.

CARDOSO, M. P. Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: estudo de caso no município de Belo Horizonte/MG. 192f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CARLON, M. R. Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville - SC. Dissertação de mestrado; UNIVALI. Itajaí, 203 p., 2005.

CHILTON, J.C.; MAIDMENT, G.G.; MARRIOTT, D.; FRANCIS, A.; TOBIAS, G. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with large roof. *Urban Water*, v. 1, n. 4, p. 345-354, 1999.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*. V.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

COHIM, E.; GARCIA, A. P.; SILVA, A.; KIPERSTOK, A. Dimensionamento de reservatório para captação de água de chuva para irrigação. *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*; Belo Horizonte, 2007.

COHIM, E. Tratamento local de água cinza para reúso: avaliação do impacto na saúde. In: *XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 07p, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO - CORSAN. Estrutura tarifária. <http://www.corsan.com.br/sites/default/files/conteudo/Estrutura%20Tarif%C3%A1ria.pdf>. Acesso em 01/dez./2012.

DELL'UOMO, F.J.H; SOUZA, M.E.S.M; BIELSCHOWSKY, M.D.C; FIGUEIREDO, I.C. Estudo de viabilidade técnico financeira para implantação de estação de tratamento de águas cinza em edifício residencial comparando sistema biológico, físico-químico convencional e eletro-floculação. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 15p, 2012.

DIAS, I. C. S.; COSTA, I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G.; BURITY, F. A. Viabilidade do uso da água de chuva em condomínios horizontais: estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, 1. 2006. Curitiba. Anais... Curitiba, 2006. 10p. CD-ROM.

DIAS, I. C. S.; Estudo da Viabilidade Técnica, Econômica e Social do Aproveitamento de Água de Chuva em Residências na cidade de João Pessoa. Dissertação de mestrado; UFPB. João Pessoa, 132 p.,2007.

DOMINGOS, F.; CHAVES, J.; MAZZA, M.G.G.; HALASZ, M.R.T. Projeto Água nossa de cada dia. Revista educação e tecnologia, Curitiba, ano 1, n. 1, abr/set. 2005.

ECORACIONAL. Manual de instalação kit VF6. <<http://www.ecoracional.com.br>>. Acesso em 14/out./2011.

ELETROSUL. Casa eficiente. <[http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/imagem.php?img=imagem\\_49.jpg](http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/imagem.php?img=imagem_49.jpg)>Acesso em 14/out./2011.

FARESIN, A. E. Conservação de água em escolas com ênfase em aproveitamento de água de chuva: estudo de caso nas escolas da rede municipal de Erechim – RS. Dissertação de mestrado; UPF. Passo Fundo, 185 p.,2008.

FERREIRA, R. C.;CARVALHO, K. Q. Aspectos quantitativos do aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis no Centro de Integração Lar Paraná. Programa institucional de iniciação científica – ações afirmativas para inclusão social. Relatório final de atividades. UTFPR. Campo Mourão, 32 p.,2010.

FETTER, C.W. Applied Hidrogeology. New Jersey, 1994.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H.. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; SCORTEGAGNA, V.; MELO, E.F.R.Q.; BECKER, V.E.G.; ANDRADE, L.C.D. Avaliação de filtros para reúso de águas visando a sustentabilidade dos recursos hídricos. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. São Paulo. Anais... São Paulo. 11p, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Water scarcity (2008). Disponível em <<http://www.fao.org/nr/water/issues/scarcity.html>>. Acesso em 31 mar. 2012.

FORERO, R. S. Istitutional, economic and socio-cultural considerations, in: WHO/FAO/UNCHS/UNEP. Regional workshop for the Americas on health, agriculture and environmental aspects of wastewater use, 8-12. Instituto Mexicano de Tecnologia de Águas (IMTA), Jiutepec, México, 1993.

FRANCI, T.K.; SILVA, A.B.; GONÇALVES, R.F. Avaliação das condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 07p, 2012.

GIACCHINI, M. G.; ANDRADE FILHO, A. G. Utilização da água de chuva nas edificações industriais. In: II Encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais. Ponta Grossa: CEFET/ Paraná, 2006. Disponível em: <[http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_civil/28%20UTILIZACAO%20DA%20AGUA%20CHUVA%20NAS%20EDIFICACOES%20INDUSTRIAIS.pdf](http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng_civil/28%20UTILIZACAO%20DA%20AGUA%20CHUVA%20NAS%20EDIFICACOES%20INDUSTRIAIS.pdf)>. Acesso em 25/out./2011.

GOIÂNIA. Projeto de Lei nº 2003000158, de 25 de setembro de 2003. Institui o programa de reaproveitamento de águas provenientes de lavatórios, banheiros, chuvas e dá outras providências. Câmara Municipal de Goiânia, 2003.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. 1. ed. Rio de Janeiro: Record, 1997. 107p.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em 18/nov./2011.

GONÇALVES, R. F. Plano de integração – Rede 5. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Edital 4 (PROSAB 4). 12p., 2004.

GONÇALVES, R.F.; BAZZARELLA, B.B. Reúso de águas cinzas e gerenciamento alternativo das águas amarelas (urina) em áreas urbanas. Anais eletrônicos do Workshop sobre Reúso. Campina Grande, PB, 2005.

GONÇALVES, R. F. Uso Racional da Água em Edificações, RJ, ABES, 2006.

GUEDES, T.L.; LAPOLLI, F.R.; HASSEMER, M.E.N; BERNADELLI, J.K.B; RECIO, M.A.L. Sistema de potabilização de água de chuva através de microfiltração. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 10p, 2012.

HAGEMANN, S. E. Avaliação da Qualidade da Água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso. Dissertação de mestrado; UFSM. Santa Maria, 141 p.,2009.

HESPANHOL, I. Health and technical aspects of the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Chapter 10, in: Socioeconomic and environmental issues in water projects – selected readings. Ed. Fritz Rodrigues, The Economic Developing Institute of the World Bank. The World Health Organization, 1994.

HESPANHOL, I. Esgotos como recurso hídrico – parte I: Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais. Instituto de Engenharia de São Paulo, n.523, ano 55. São Paulo, 1997.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol 7, n.4, p. 75 – 95, 2002.

JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 102 p. (Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental), 2005.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

KOBIYAMA, M., HANSEN, S. Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC. In: GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. Organizadores e Tradutores: KOBIYAMA, M., USHIWATA, C. T., AFONSO, M. Curitiba/PR. 2002. pg.169-181.

KOBIYAMA, M; CHECCHIA, T; SILVA, R.V. Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005. 110p.

KOBIYAMA, M; LINO, J.F.L; LOPES, N.H.Y; SILVA, R.V. Aproveitamento de águas pluviais no contexto de drenagem urbana. Florianópolis: UFSC, 2007. 54 p.

LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C. O discurso do sujeito coletivo: um enfoque em pesquisa qualitativa (Desdobramentos). 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2005. 256 p.

LEMOS, D.S. ; CARDOSO, M.P. ; RAMALHO, M.S. ; PÁDUA, V.L. ; OLIVEIRA, D.B. ; CHERNICHARO, C.A.L. “Viabilidade Social” da Economia de Água. XXX Congresso de AIDIS Interamericana. Punta del Este, 2006.



MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, V.O., NETTO, J.M.A., Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1988.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I.; SILVA, M.C.C. da.; RODRIGUES, L.D.B. Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 4, n. 1, p. 29-37, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, Brasil.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano – PORTARIA Nº 2.914 de 12/12/2011, Brasil.

MURASE, M. Rainwater utilization for the sustainable water strategies on City in the 21st Century. American Rainwater Catchment System Association Conference. 1, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.

NAKADA, L.Y.K.; MORUZZI, R.B.; MARTINI, M.V.P. Estudo da variação de qualidade de águas pluviais coletadas de diferentes telhados. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 06p, 2012.

OLIVEIRA, L.H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, 1999.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos da Água, 1992.

PETERS, M.R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PETERS, M.R.; SEZERINO, P.H.; MELO, K.M.S.; PHILIPPI, L.S. Potencialidade de reúso residencial utilizando fontes alternativas de água. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza. 08p, 2006.

PROLIFE. <<http://www.prolifereciclagem.com.br/index.php/sustentabilidade/praticas-sustentaveis/83-sistemas-de-aproveitamento-de-aguas-pluviais-para-usos-nao-potaveis>>. Acesso em 14/out./2011.

RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, (2002). An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-makers – UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/People for Prompting Rainwater Utilization- Japan. Disponível em:< <http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/rainwaterguide.pdf> > Acesso em setembro de 2011.

RAMOS, B. F.; QUADROS, D. A.; COUTINHO, L. C. G.; MACHADO, L. M. Avaliação da viabilidade econômica de sistema de aproveitamento de águas de chuva para fins não potáveis em residências. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza. 09p, 2006.

RASMUSSEN, G. JENSSEN, P.D. WESTLIE, L. Greywater Treatment Options. Environmental Research Forum. v. 5-6, p. 215-220, 1996.

REVITT, D.M; ERIKSSON, E; DONNER, E. The implications of household greywater treatment and reuse for municipal wastewater flows and micropollutant loads. Water Research. V.45, p. 1549-1560, 2011.

ROWE, M.P. Rain water harvesting in Bermuda. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). V.47, nº 6, p. 1219-1227, 2011.

RUBINGER, S. D. Desvendando o conceito de saneamento no Brasil: Uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo. 213 f. Dissertação - (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SAMPAIO, L. F. S. Estudo da percepção da população de Catas Altas - MG sobre o sistema de coleta seletiva do município. 182 f. Dissertação - (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SAMPAIO FILHO, A. C. D. S. Taxa interna de retorno modificada: Proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais. Dissertação de mestrado profissionalizante. IBMEC. Rio de Janeiro, 161 p.,2008.

SANTOS, C; TAVEIRA-PINTO, F; CHENG, C.Y; LEITE, D. Development of an experimental system for greywater reuse. Desalination. V.285, p. 301-305, 2012.

SARI, V; SEEGER, L. M. K; PAIVA, E. M. C. D .de; ROSA, A. L. D. da. Eficiência de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em municípios do estado do Rio Grande do Sul/Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina. Porto Alegre. Vol 7, n.2, p. 37 – 52, 2010.

SEEGER, L. M. K. Eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais na região central do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado; UFSM. Santa Maria, 212 p.,2008.

SHIKLOMANOV, I. A. State Hydrological (SHI, ST. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Paris,1999.

SILVA, A.S.; BRITO, L.T.L, ROCHA, H.M. Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II Água para Consumo Humano. Petrolina, PE, EMBRAPACPATSA/ MINTER-SUDENE, 80 p, 1988.

SILVA, M.G.; Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. Revista Engenharia e Ciência, v. 4, n. 3, mai./jun. 2001.

SILVA, G. da.; Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso. Tese de doutorado; UNICAMP. Campinas, 103 p.,2007a.

SILVA, S. R. O papel do sujeito em relação à água de consumo humano: Um estudo na cidade de Vitória – ES. 285 f. Tese – (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007b.

SILVA, L.D.C.; MOURA, D.L.; NEVES, D.B.; VIEIRA, P.D.C.; FREITAS, R.B.D. Estudo de viabilidades para o aproveitamento da água de chuva para usos não potáveis no campus da Funcesi em Itabira MG. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. Salvador. Anais... Salvador. 15p, 2012.

SIQUEIRA CAMPOS, M.A.; HERNANDES, A.T. ; AMORIM, S.V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de ribeirão preto. Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. 4. 2003, Juazeiro, Bahia, 2003. Anais eletrônicos.

SOUZA, D.M. A habitação e o saneamento no cotidiano dos moradores de um conjunto habitacional em Belo Horizonte: Um estudo das representações dos sujeitos sobre sua condição sanitária. 250 f. Dissertação - (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

TOMAZ, P. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Navegar. São Paulo, 2003, 180 p.

TOMAZ, P. Aproveitamento da Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis. Editora Navegar. São Paulo, 2011, 208 p.

TORDO, O.C. Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis. 121 f. Dissertação - (Mestrado) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. ABRH, 2001. 943 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG. Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais. Belo Horizonte: FUNASA, 2007. 162 p. Relatório.

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency. Washington DC. EUA, 2004.

VAES, G.; BERLAMONT, J. The Impact or rainwather reuse on combined sewer overflow (CSO) emissions. Wather Science and Technology, v.39, n.5, p.57-64, 1999.

VON SPERLING, M.; Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v 1, 3ª Edição, Belo Horizonte. DESA - UFMG, 452 p, 2005.

## 7. APÊNDICES

## **7.1. Apêndice A - Dimensionamento da ETAC (estação de tratamento de águas cinzas)**

Partindo da demanda por água não potável de  $2,12 \text{ m}^3/\text{dia} = 0,088 \text{ m}^3/\text{h}$ , que compreende além dos vasos sanitários, a rega de gramado ou jardins, lavagem do condomínio e lavagem de carros e arbitrando a altura da ETAC (H) em 2,50 m, tem-se:

- Dados de entrada

$$H = 2,50 \text{ m}$$

- Dimensionamento do reator anaeróbio compartimentado (RAC)

O reator anaeróbio compartimentado (Figura 7.1) foi dimensionado com geometria retangular, para uma temperatura média no esgoto de  $20^\circ\text{C}$ . Para assegurar uma eficiência mínima de 60% na remoção de DBO, tomar-se-á como parâmetro principal de dimensionamento o tempo de detenção hidráulica ( $\theta$ ) de 10 horas e uma compartimentação de 3 câmaras.

A água cinza entra pela parte superior do primeiro compartimento do RAC e é encaminhada por meio de tubulação vertical até 10 cm do fundo, fluxo ascendente, até a parte superior da segunda câmara. O efluente segue para as demais câmaras da mesma forma. Na tampa do reator existe uma saída para o biogás, que não sendo o escopo desta pesquisa, não será aproveitado e sim lançado diretamente na atmosfera.

$$V_{\text{RAC}} = K_2 \times Q_{\text{med}} \times \theta$$

Sendo:

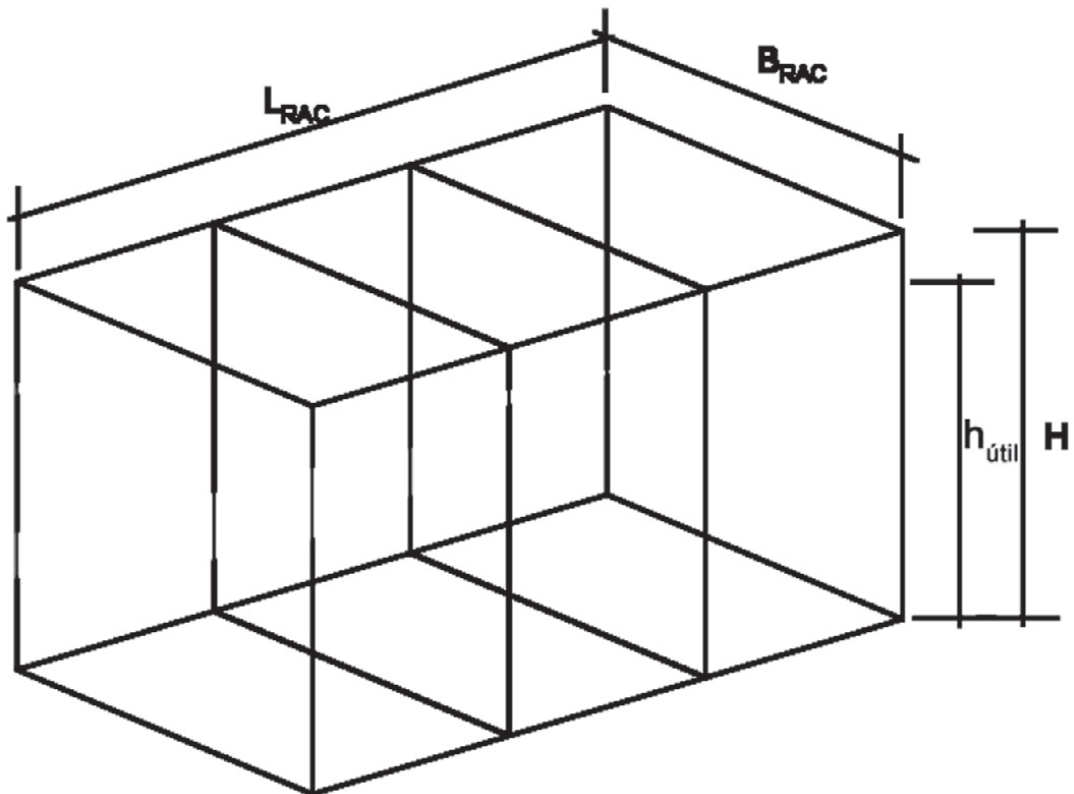
$V_{\text{RAC}}$ : volume útil do RAC ( $\text{m}^3$ )

$K_2$ : coeficiente de pico horário ( $K_2 = 3$ )

$Q_{\text{med}}$ : vazão média de água cinza ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$\theta$ : tempo de detenção hidráulica (h)





**Figura 7.1 – Reator anaeróbio compartimentado.**

Assim:

$$V_{RAC} = 3 \times 0,088 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 = 2,64 \text{ m}^3$$

Adotando uma altura útil ( $h_{RAC}$ ) de 2,00 m, calculou-se a área superficial ( $A_{RAC}$ ):

$$V_{RAC} = A_{RAC} \times h_{RAC}$$

$$A_{RAC} = 2,64 / 2,00 = 1,32 \text{ m}^2$$

A área de cada compartimento será:

$$A_{RAC} = 3 \times A$$

$$A = 1,32 / 3 = 0,44 \text{ m}^2$$

Dimensões adotadas para cada compartimento: 0,70 x 0,70 x 2,50m

- Dimensionamento do filtro biológico aerado submerso (FBAS)

O filtro biológico aerado submerso (Figura 7.2) tem a função de fazer o polimento do efluente o RAC e é onde as colônias de microorganismos responsáveis pela degradação biológica se fixam. Sua operação se dá em fluxo normal ascendente e ele é dimensionado com seção retangular, tomando-se como parâmetro principal de dimensionamento a carga orgânica volumétrica sobre o meio granular (CvDBO em kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.dia). Após esta etapa, espera-se que o efluente tratado esteja completamente desprovido de odor.

Os principais parâmetros adotados no dimensionamento são:

- Cv DBO = 0,5 kg.DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d
- DBO<sub>5</sub> = 100 mg/L (DBO<sub>5</sub> na água cinza bruta)
- h<sub>leito</sub> = 1,20 m (altura útil do meio granular)
- E<sub>rac</sub> DBO<sub>5</sub> = 60% (eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub> do RAC)
- Tar = 30 Nm<sup>3</sup>/kgDBO<sub>5</sub> aplicado (taxa de aeração no FBAS)

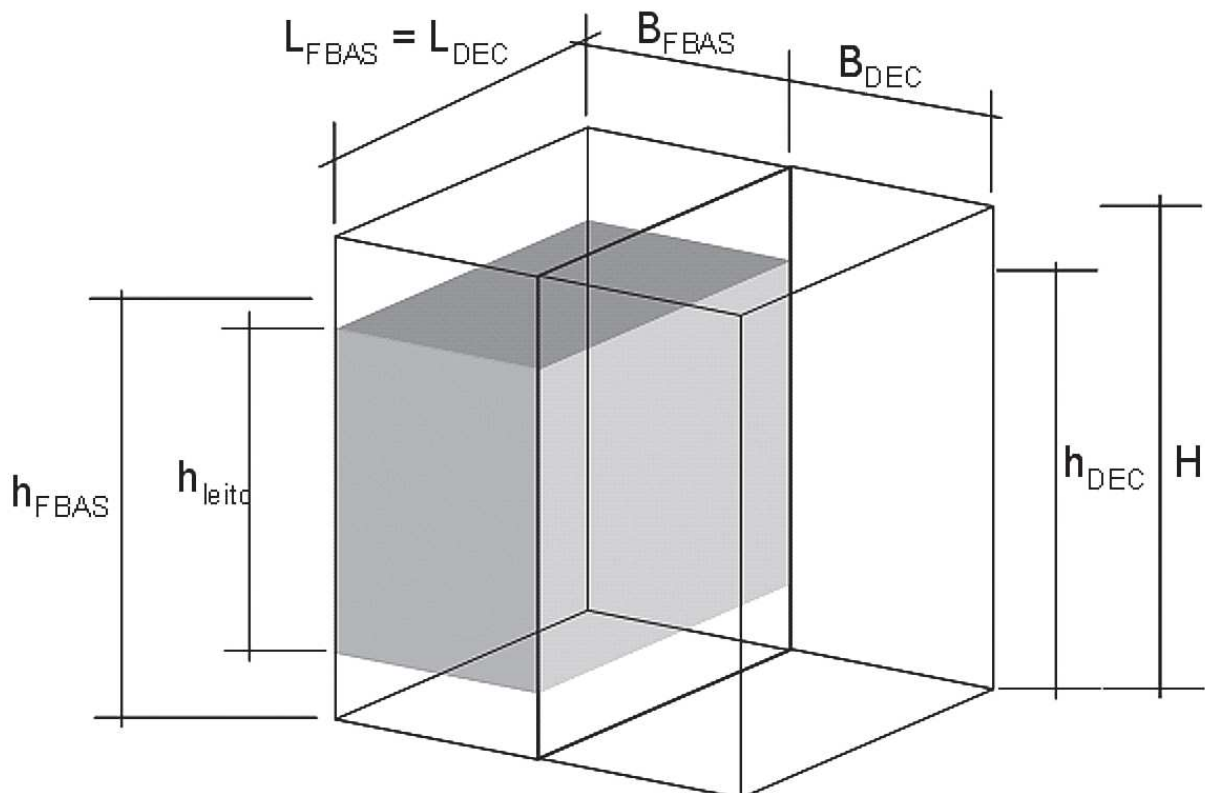


Figura 7.2 – Filtro biológico aerado submerso e decantador secundário.

Calculando a carga orgânica aplicada sobre o meio granular ( $CDBO_{FBAS}$ ):

$$CDBO_{FBAS} = (1 - E_{rac}) \times K_2 \times Q_{med} \times DBO = (1 - 0,65) = \\ (1 - 0,60) \times 3 \times (0,088 \times 24) \times (100/1000) = 0,25 \text{ kgDBO}_5/\text{d}$$

Calculando o volume de meio granular ou leito filtrante ( $V_{FBAS}$ ):

$$C \text{ DBO}_{FBAS} = C_v \text{ DBO}_{FBAS} \times V_{FBAS}$$

$$V_{FBAS} = 0,25 / 0,5 = 0,50 \text{ m}^3$$

Calculando a área superficial ( $A_{FBAS}$ ):

$$V_{FBAS} = A_{FBAS} \times h_{leito}$$

$$A_{FBAS} = 0,50 / 1,20 = 0,42 \text{ m}^2$$

Adotando  $B_{FBAS} = 1,15 \text{ m}$ , tem-se:

$$A_{FBAS} = L_{FBAS} \times B_{FBAS}$$

$$L_{FBAS} = 0,42 / 1,15 = 0,37 \text{ m}$$

Dimensões adotadas:  $1,15 \times 0,40 \times 2,50 \text{ m}$  e altura do leito ( $h_{leito}$ ) =  $1,20 \text{ m}$

Calculando a vazão de ar:

$$Q_{ar} = Tar.CDBO_{FBAS} = 30 \times 0,25 = 7,5 \text{ Nm}^3/\text{dia}$$

- Decantador secundário (DEC)

O decantador secundário (Figura 7.2) é dimensionado com seção retangular, prevendo-se uma taxa superficial ( $t_s$ ) de  $25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ .

Calculando a área superficial ( $A_{DEC}$ ):

$$A_{DEC} = K_2 \times Q_{med} (\text{m}^3/\text{d}) / t_s (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}) = 3 \times 0,088 \times 24 / 25 = 0,25 \text{ m}^2$$

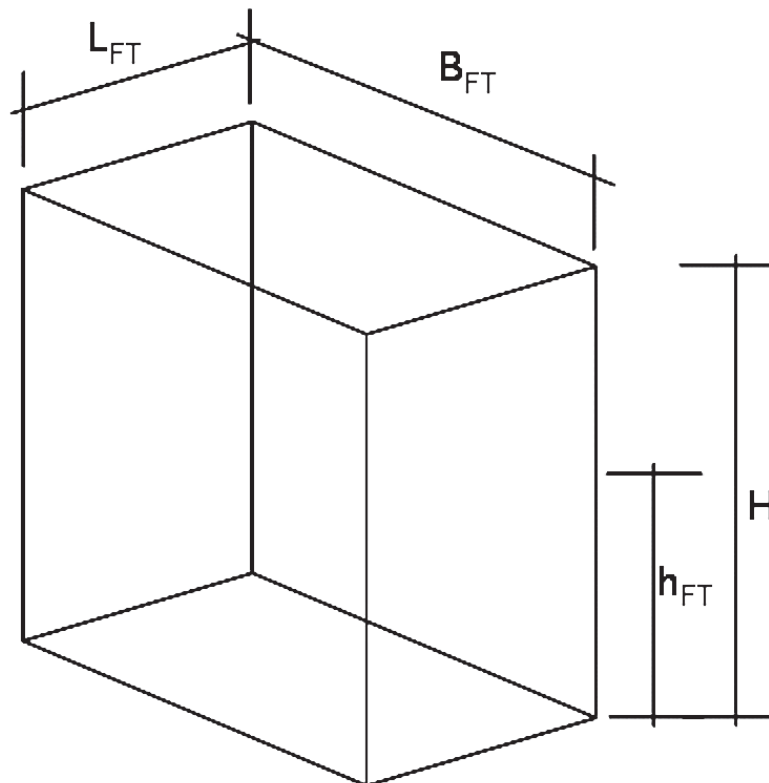
Adotando  $B_{DEC} = 1,15$  m, tem-se:

$$L_{DEC} = A_{DEC} / B_{DEC} = 0,25 / 1,15 = 0,22 \text{ m} \rightarrow \text{LDEC adotado } 0,25 \text{ m}$$

Dimensões adotadas: 1,15 x 0,25 x 2,50m

- Filtro terciário (FT):

O filtro terciário (Figura 7.3) tem como finalidade remover da água partículas sólidas em suspensão e é dimensionado com geometria retangular tomando-se como parâmetro principal de dimensionamento a velocidade ascensional ( $v$ ) de 3,5 m/h. De acordo com Bastos et al. (2007), a remoção de cor e turbidez realizada por filtração em leito arenoso, dependendo da qualidade do afluente, exerce demanda muito reduzida na operação e manutenção do sistema. Além disso, o processo também atua na inativação de microrganismos patogênicos, através de mecanismos físico-químicos e biológicos.



**Figura 7.3 – Filtro terciário.**

Calculando a área superficial ( $A_{FT}$ ):

$$A_{FT} = K_2 \times Q_{med} / v = 3 \times 0,088 / 3,5 = 0,075 \text{ m}^2$$

Adotando  $B_{FT} = 0,6 \text{ m}$

$$L_{FT} = A_{FT} / B_{FT} = 0,075 / 0,6 = 0,13 \rightarrow L_{FT} \text{ adotado } 0,15 \text{ m}$$

Dimensões adotadas: 0,6 x 0,15 x 2,50m

- Desinfecção

A cloração é feita no tanque de água cinza tratada. O cloro deve remover também a cor remanescente dos tratamentos anteriores e garantir a completa desodorização.

- Reservação inferior de água cinza

Para o dimensionamento do volume total de reservação de água cinza, foi adotado como volume útil o volume total necessário para o abastecimento de água não potável durante um dia. Este volume equivale a 2,12 m<sup>3</sup>/dia. Foram considerados dois reservatórios de 2.000 litros, um deles antes da ETAC, o qual serve de tanque de equalização, e o outro após a ETAC, que recebe o efluente do tratamento das águas cinzas, funcionando como tanque de água cinza tratada. A saída do tanque de equalização contempla uma tela, que possui a função de peneiramento de partículas pequenas, tais como fios de cabelo, com a finalidade de que estas não adentrem na estação de tratamento. Após o tanque de água cinza tratada, é utilizado um conjunto motor-bomba para o recalque destas águas aos reservatórios superiores de água da chuva para a mistura.

## 7.2. Apêndice B – Questionário de entrevista

Universidade Federal de Santa Maria  
 PPGECC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental  
 Mestrando: Pedro Henrique Bürger Pozzebon  
 Data de preenchimento do questionário: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

1. Tipo de Imóvel:  Casa  Apartamento

2. Idade:  Menor de 18 anos  18 – 27 anos  28 – 37 anos  
 38 – 47 anos  48 – 57 anos  58 – 67 anos  
 Maior de 68 anos

3. Sexo:  Masculino  Feminino

4. Escolaridade:  Sem instrução  Incompleto  
 Fundamental  Completo  
 Médio  
 Superior  
 Pós-Graduação - especialização  
 Mestrado  
 Doutorado

#### AS QUESTÕES DE 5 A 11 SÃO RELACIONADAS À ÁGUA DE CHUVA

5. Você tem conhecimento sobre a utilização da água da chuva?

Sim

Você utiliza água da chuva?

Sim

Caso sim (item 5.1):

5.1.1 Onde esta água é utilizada?

Lavagem de carro

Rega de jardim

Limpeza e arrumação geral da casa

Bacias sanitárias

Outro: \_\_\_\_\_

5.1.2 Como você capta esta água?

Através do telhado

Através de cisterna a céu aberto

Outro: \_\_\_\_\_

5.1.3 Você faz algum tratamento nesta água?

Sim

Não

Caso sim:

Qual? \_\_\_\_\_

Caso não (item 5.1.3):

5.1.3.1 Por quê?

Não tem conhecimento

Não precisa de tratamento

Para não onerar o custo da captação

Outro: \_\_\_\_\_

Não

5.1.4 por quê?

Perigo de contaminação

Dificuldade de captação

Não tem incentivo legal/fiscal/econômico

Não tem interesse

Outro: \_\_\_\_\_

Não

6. Você utilizaria água de chuva em sua residência se tivesse conhecimento?

Sim

6.1 Onde esta água pode ser utilizada?

Lavagem de carro

Rega de jardim

Limpeza e arrumação geral da casa

Bacias sanitárias

Outro: \_\_\_\_\_

Não

Talvez

6.2 Por quê?

Perigo de contaminação

Dificuldade de captação

Não tem incentivo legal/fiscal/econômico

Não tem interesse

Outro: \_\_\_\_\_

7. Você utilizaria água de chuva em sua residência se tivesse incentivo financeiro?

Sim

Não

8. Você sabe o valor do investimento para implantar o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água da chuva?

Sim

Não

9. Você tem noção do tempo de retorno do investimento, considerando a economia na conta de água?

Sim

Não

10. Enumere as alternativas abaixo, de 1 a 3, que você considera mais importante no aproveitamento de água da chuva ?

Economia financeira  Sustentabilidade ambiental  Redução nas enchentes urbanas

11. A limpeza e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva se constituem num empecilho ao seu uso?

Sim

Não

AS QUESTÕES DE 12 A 18 SÃO RELACIONADAS ÀS ÁGUAS CINZAS (ÁGUAS PROVENIENTES DOS LAVATÓRIOS, CHUVEIROS, MÁQUINAS DE LAVAR ROUPAS E TANQUE DE LAVAR ROUPAS)

12. Você tem conhecimento sobre a reutilização das águas cinzas?

Sim

Você reutiliza águas cinzas?

Sim

Caso sim (item 12.1):

12.1.1 Onde esta água é utilizada?

Lavagem de carro

Rega de jardim

Limpeza e arrumação geral da casa

Bacias sanitárias

Outro: \_\_\_\_\_

12.1.2 Como você capta esta água?

Através de sistema de esgoto independente

Outro: \_\_\_\_\_

12.1.3 Você faz algum tratamento nesta água?

Sim

Não

Caso sim (item 12.1.3):



