



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ALYSSON SANTOS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA REUSO DE ÁGUAS CINZAS E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO  
COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

São Cristóvão (SE)

2015

ALYSSON SANTOS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA REUSO DE ÁGUAS CINZAS E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO  
COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Núcleo de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Bruno Souza

São Cristóvão (SE)

2015

ALYSSON SANTOS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA REUSO DE ÁGUAS CINZAS E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO  
COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) submetido e aprovado pela banca examinadora e pelo Núcleo de Engenharia Ambiental (NEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) em 18 de Dezembro de 2015 como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. D.Sc. Bruno Souza - Orientador**

**Universidade Federal de Sergipe – CCET/NEAM**

---

**Prof. D.Sc. José Jailton Marques**

**Universidade Federal de Sergipe – CCET/NEAM**

---

**Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Denise Conceição de Gois Santos Michelan**

**Universidade Federal de Sergipe – CCET/DEC**

*À Deus por ter me protegido e guiado  
ao longo dessa jornada, me permitindo  
assim conquistar este sonho.*

*Aos meus pais que nunca mediram  
esforços para me dar a melhor  
educação e todo o suporte necessário.*

*À minha namorada por todo amor,  
apoio.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por ter sido meu grande companheiro ao longo dessa jornada, sempre me socorrendo e acalmando nos momentos em que tudo parecia perdido. Nunca me deixando sozinho ou desamparado.

Agradeço à minha família que apesar de ser pequena em tamanho é grande em amor. À minha mãe, Marli dos Santos que sempre me deu todo carinho, apoio e amor que um filho pode querer e sem os quais eu não seria a pessoa que sou hoje. Ao meu pai, Nivaldo Alves de Souza, que por toda a vida se doou e muitas vezes abdicou de seus próprios interesses para me ajudar a chegar onde cheguei. À minha irmã, Aléxia Santos de Souza, por estar ao meu lado em todos esses anos.

Agradeço a minha namorada, Brenda Raiane de Oliveira, que desde que conheci foi minha melhor amiga e companheira. Permaneceu ao meu lado mesmo com todos os desafios e mesmo com a distância conseguiu me dar todo suporte para conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do NEAM e da UFS que ao longo destes anos de graduação contribuíram para que eu formasse minha bagagem de conhecimento técnico na área que escolhi. Agradeço especialmente ao Professor Bruno Souza, meu orientador, pelas conversas e pela grande parceria que formamos ao longo desses meses de trabalho. Agradeço também a Professora Denise Michelin do DEC por sua grande simpatia e prontidão para atender minhas dúvidas.

Todos vocês foram importantes para realização deste trabalho.

*“Aquilo que fazemos em vida pode ecoar  
por toda eternidade.”*

## RESUMO

Atualmente o Brasil enfrenta uma crise de abastecimento de água potável nos centros urbanos, na tentativa de solucionar este problema muitas ações estão sendo tomadas, dentre elas o estímulo ao reuso da água como fonte alternativa de consumo. A prática do reuso de águas cinzas (águas servidas sem despejos provenientes das bacias sanitárias) e do aproveitamento de águas pluviais vem sendo defendido por muitos pesquisadores e profissionais da área, pois se devidamente tratadas podem ser utilizadas para abastecimento de edificações comerciais para fins não-potáveis. Bastante difundida no setor industrial no urbano a prática é ainda considerada retraída e enfrenta uma série de dificuldades para se estabelecer.

Neste contexto, o estudo propôs avaliar o potencial de reutilização das águas provenientes do uso das torneiras dos lavatórios dos banheiros e do aproveitamento das águas das chuvas captadas pelo telhado para uma edificação comercial e assim compor um sistema alternativo de abastecimento de água para fins não-potáveis com a aplicação em descargas sanitárias e irrigação em jardins. A avaliação empregou etapas de inspeção local e coleta de dados, e desenvolvimento de metodologia própria racional para estimar a geração e demanda de água de reuso da edificação. A proposta mais econômica foi a elaboração de um sistema de reuso de águas para abastecimento de apenas um dos banheiros e a irrigação da área verde do empreendimento, de maneira que em metade do ano a demanda de água para estes ambientes seria atendida integralmente e na outra metade com atendimento parcial. A economia média com o gasto da conta de água obtida com a implantação deste sistema proposto variou entre 16 e 33% dependendo dos meses do ano.

Palavras-chave: água cinza, água pluvial, reuso, edificação comercial

## **ABSTRACT**

Nowadays, Brazil faces a drinking water crisis in the urban centers, in an attempt to solve this problem many actions are being taken, as encouraging at the reuse of water applied as alternative source of consumption. The practice of greywater reuse and rainwater has been carried out by many researchers and professionals, because when suitably treated them can be used to supply commercial buildings for non-potable purposes. The water reuse is widespread in the industrial sector, but in urban area is still considered retracted and has difficulties to appliance.

In this context, the study aimed to evaluate the potential for reuse of water from the water taps of the toilets and the reclamation of rainwater captured from the roof for a commercial building and thus composes an alternative system of water supply for non-potable purposes with the application in the toilet flushing and irrigation in gardens. The evaluation used in this study was the local inspection and data collection. Also was developed a rational own methodology to estimate the generation and demand of reuse water from the building. The most economical proposal was the application of a water reuse system to supply only one of the toilets and irrigation of green area, under the condition of that in half of the year the demand for water for these environments would be full and partial in the other half. Considering the implementation of this proposed system, the average reduction estimated of commercial water cost ranged from 16 to 33% depending on the period of the year.

**Keywords:** gray water, rainwater, reuse, commercial building



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem da População <i>versus</i> Porcentagem de Água Doce no Mundo.....	22
Figura 2 - Porcentagem da População Brasileira <i>versus</i> Porcentagem de Água Doce do Brasil .....	23
Figura 3 - Consumo per capita de alguns países do mundo .....	24
Figura 4 - Cinco maiores (a) e cinco menores (b) valores de consumo per capita dos estados brasileiros .....	25
Figura 5 - Representação dos ambientes domésticos e aparelhos sanitários que geram as águas cinzas .....	33
Figura 6 - Esquema dos componentes de um Sistema de Reuso de águas cinzas.....	40
Figura 7 - Esquema de um sistema de reuso de águas cinzas em conjunto com um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência.....	43
Figura 8 - Porcentagem de Águas Negras e Cinzas produzidas em uma residência.....	58
Figura 9 - Porcentagem de Águas Negras e Cinzas produzidas em uma residência.....	58
Figura 10 - Esquema de uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas.....	65
Figura 11: Esquema de um sistema de Tratamento de Águas Cinzas de dois estágios.....	66
Figura 12 - Esquema dos componentes de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais .....	84
Figura 13 - Esquema de edificação com telhado de uma e de duas águas .....	85
Figura 14 - Coleta da água da chuva através de piso ou pátio externo impermeabilizado.....	86
Figura 15 - Esquema do sistema de coleta das águas pluviais .....	88
Figura 16 - Dispositivos de retenção de detritos instalados nas calhas .....	89
Figura 17 - Dispositivo de desvio das primeiras águas em reservatório de descarte .....	90
Figura 18 - Perfil de parte de um projeto de aproveitamento de águas pluviais .....	91
Figura 19 - Composição da água de reuso proposta.....	99

Figura 20 - Número médio de pessoas por mês (a) e por dia da semana (b) que transitam pelo centro comercial ..... 106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do PIB per capita nas regiões do Brasil .....	25
Tabela 2 - Classificação de estresse hídrico .....	26
Tabela 3 - Exemplos de desperdícios e medidas econômicas avaliadas para operações domésticas do dia-a-dia .....	29
Tabela 4 - Categorias de água de reuso segundo o <i>The Guidelines for water Reuse</i> de 2012 .	44
Tabela 5 - Parâmetros e Padrões referentes as categorias de reuso de água segundo o <i>The Guidelines for water Reuse</i> de 2012.....	45
Tabela 6 - Aplicação da água cinza em função da sua qualidade segundo o manual Australiano <i>Greywater Reuse in Sewered Single Domestic Premises</i> de 2008.....	47
Tabela 7 - Modalidades de reuso de água potável e usos sugeridos de acordo com a Resolução Nº 54/2005 do CNRH.....	48
Tabela 8 - Especificações das classes de água de reuso segundo a NBR 13.969.....	50
Tabela 9 - Classes de água de reuso segundo a o Manual de Conservação da água e reuso em edificações .....	53
Tabela 10 - Porcentagem de águas servidas medidas em algumas residências no Brasil .....	59
Tabela 11 - Valores de Parâmetros Físico, Químicos e Microbiológicos Medidos para as Águas Cinzas .....	61
Tabela 12 - Variação dos valores dos Parâmetros típicos de esgoto doméstico.....	63
Tabela 13 - Exigências mínimas para uso da água com finalidade não potável, em função dos usos previstos segundo o manual de Conservação e Reuso da Água .....	73
Tabela 14 - Frequência de manutenção de componentes do sistema de água de reuso pluvial	77
Tabela 15 - Valores de pH de águas pluviais de cidades com intensa atividade industrial .....	78
Tabela 16 - Média dos valores dos parâmetros utilizados na caracterização das Águas Pluviais em diversos estudos .....	80
Tabela 17 - Requisitos mínimos para usos potáveis e não-potáveis da água da chuva.....	81
Tabela 18 - Parâmetros de qualidade para usos de água da chuva em fins não-potáveis.....	83

Tabela 19 - Run offs de alguns materiais utilizados em superfícies de captação.....	87
Tabela 20 - Recomendações para o volume das primeiras águas a ser descartado em um sistema de aproveitamento de água pluvial .....	90
Tabela 21 - Segmento das atividades desenvolvidas no centro comercial .....	104
Tabela 22 - Valores médios de consumo de água do empreendimento.....	109
Tabela 23 - Consumo de água mensal das lojas por segmento .....	109
Tabela 24 - Detalhamento das Peças Sanitárias por Setores da Edificação .....	113
Tabela 25 - Número de pontos de consumo localizado nos banheiros vistoriados .....	115
Tabela 26 - Consumo de água e geração de águas cinza mensal pelas atividades de geração limpa.....	115
Tabela 27 - Cenários para geração de águas cinzas nos banheiros de uso comum .....	116
Tabela 28 - Volume total estimados de águas cinzas geradas na edificação.....	117
Tabela 29 - Precipitação dos meses do ano de 2010 até 2014.....	118
Tabela 30 - Volume de água pluvial captada próprio para uso não potável.....	119
Tabela 31 - Resumo dos volumes de água utilizados para composição da água de reuso .....	120
Tabela 32 - Estimativa do consumo de água das bacias sanitárias de todos os Banheiros Comuns.....	121
Tabela 33 - Consumo de água mensal para cada bacia sanitária e a demanda total do Banheiro Comum 1 .....	122
Tabela 34 - Balanço hídrico entre a demanda e geração de águas cinzas .....	123
Tabela 35 - Avaliação da economia com a operação do sistema de reuso .....	125
Tabela 36 – Comparação entre os valores de toda edificação antes e após instalação do sistema de reuso.....	126

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABL	Área Bruta Locavel
ABMCAC	Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agencia Nacional de Águas
ARCSA	<i>American Rainwater Catchment Systems Association</i>
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
BC1	Banheiro Comum 1
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CIRRA	Centro Internacional de Referência em Reuso de Água
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMASP	Comitê de Meio Ambiente do SINDUSCON-SP
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DMA	Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
DMAAE	Departamento Municipal Autônomo de Água e Esgoto
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPAR	Estação Produtora de Água de Reuso
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Água de Reuso
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FIESP	Federação das Indústrias de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IRCSA	<i>International Rainwater Catchment Systems Association</i>
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Máximo Provável
NSW HEALTH	<i>New South Wales Ministry of Health</i>
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
OD	Oxigênio Dissolvido

OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P1MC	Programa 1 Milhão de Cisternas
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Projeto de Lei
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
REPLAN	Refinaria de Petróleo da Petrobras de Paulínia
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
SAR	<i>Sodium Adsorption Ratio</i>
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TAE	Tratamento de Águas e Efluentes
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UNDP	<i>United Nations Development Programme</i>
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
2.1	Objetivo Geral.....	20
2.2	Objetivos Específicos .....	20
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	21
3.1	Panorama hídrico mundial .....	21
3.1.1	Distribuição da água no Planeta .....	21
3.1.2	Aumento da demanda hídrica .....	26
3.1.3	Alternativas para controle da crise .....	28
3.2	Águas Cinzas .....	31
3.2.1	Reuso de águas cinzas .....	31
3.2.2	Classificação das águas residuárias domésticas .....	32
3.2.3	Breve histórico e cenário atual do reuso de águas no mundo e no Brasil .....	34
3.2.4	Reuso de águas cinzas em edificações .....	36
3.2.5	Normas Técnicas e as principais Legislações internacionais referentes ao reuso de águas cinzas .....	43
3.2.6	Normas Técnicas e Legislações brasileiras referentes ao reuso de águas cinzas	48
3.2.7	Caracterização das águas cinzas .....	55
3.2.8	Diferenças entre as Águas Cinzas e o Esgoto Doméstico .....	60
3.2.9	Tipos de sistema de tratamento empregado em águas cinzas para fins não-potáveis	64
3.3	Águas Pluviais .....	66
3.3.1	Aproveitamento das águas pluviais .....	67
3.3.2	Breve histórico e cenário atual do aproveitamento de águas pluviais no mundo e no Brasil	68
3.3.3	Captação de águas pluviais para fins não-potáveis em edificações.....	71
3.3.4	Qualidade das águas pluviais.....	77
3.3.5	Normas Técnicas e Legislações brasileiras e internacionais referentes ao aproveitamento de águas pluviais .....	81
3.3.6	Componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais .....	84
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	94
4.1	Etapas do estudo .....	95
4.1.1	Etapa 1 - Visita técnica.....	95
4.1.2	Etapa 2 - Caracterização da edificação e das atividades .....	95

4.1.3	Etapa 3 - Análise dos dados.....	96
4.1.4	Etapa 4 - Proposta do sistema de reuso .....	99
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>103</b>
5.1	Caracterização da edificação e das atividades .....	103
5.1.1	Estrutura física.....	103
5.1.2	Fluxo de pessoas.....	104
5.1.3	Instalação de águas pluviais .....	106
5.1.4	Abastecimento .....	107
5.1.5	Tratamento Interno da Água Potável.....	108
5.1.6	Consumo.....	108
5.2	Análise dos dados .....	115
5.2.1	Geração de águas cinzas .....	115
5.2.2	Captação das águas pluviais .....	117
5.2.3	Geração de Água de reuso .....	119
5.3	Proposta de Sistema de Reuso .....	121
5.3.1	Avaliação da demanda pela água de reuso .....	121
5.3.2	Avaliação da economia obtida.....	124
5.3.3	Tratamento para a água de reuso .....	126
5.3.4	Sistema de armazenamento .....	127
5.3.5	Descrição do Sistema de reuso .....	128
5.3.6	Recomendações .....	129
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>130</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>144</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do planeta Terra ter mais da metade da sua área superficial recoberta por água em estado líquido, a fração que é passível e está acessível a ser utilizada nas diversas atividades humanas é considerada mínima, pois a maior parte da água do planeta é salgada ou encontra-se na forma de geleiras. Esta problemática associada tanto a fatores de origem natural como antrópicos o que faz com que muitas regiões do planeta passem por situações de escassez hídrica. A distribuição desigual da água ao redor do planeta em conjunto com as alterações climáticas, aumento da população e a poluição do meio ambiente são sem dúvida os fatores mais críticos que influenciam na geração de diferentes realidades ao redor do planeta, como regiões com abundância em água e outras com estresse hídrico. Destacam-se ainda o aumento da demanda por água pelos setores doméstico, agrícola e industrial que são causados pelo crescimento populacional e pela necessidade de aumento da produtividade e a falta de saneamento básico adequado das cidades, que promove a entrada de contaminantes nos mananciais de água doce ou a perda de água potável durante o transporte na rede de abastecimento. Um outro fator antrópico é redução do volume de água doce potável disponível em mananciais, isso em função da elevada contaminação destes, pelo lançamento de efluentes industriais sem o tratamento necessário e pela disposição de esgotos domésticos *in natura* em corpos hídricos em razão da falta de saneamento básico em muitas partes do país. Mesmo em épocas de crise muitos usuários apresentam uma postura inconsciente de desperdício, além disso estimasse que em 2013 problemas nas redes de distribuição causaram ao Brasil uma perda de 37% do volume de água tratada segundo avaliação do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2013). Além destes fatores pontuados, a gestão dos recursos hídricos no Brasil de uma maneira geral apresenta-se ineficiente, onde em raras exceções são observadas ações preventivas para evitar situações de crise, havendo na maioria dos casos atuações para uma situação já instaurada. Assim, inevitavelmente, ocorre um cenário de desequilíbrio hídrico difícil de ser balanceado, havendo sempre um grande *déficit* de atendimento para a sociedade e uma baixa disponibilidade do insumo, o que causa impactos não apenas as atividades antrópicas, mas também aos seres vivos e ao meio ambiente.

Atualmente, com o problema da crise hídrica estando cada vez mais pronunciado em diversas regiões do mundo, veem crescendo o número de encontros entre especialistas e governantes sobre a utilização racional e eficiente dos recursos hídricos a fim de promover debates e proposição de soluções. O que observa-se como fruto destes encontros, e é

defendido por muitos pesquisadores, segue a mesma linha de pensamento que foi formulada para enfrentar o esgotamento da matriz energética mundial, isto é, a utilização de fontes alternativas de energias renováveis em substituição das fontes tradicionais. No caso da matriz hídrica, o que é defendido é o uso de fontes alternativas como exemplo do reuso das águas servidas para fins menos nobres e o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. A utilização de sistemas de captação das águas das chuvas e a reutilização de águas residuárias para atividades com fins não potáveis se destacam pelo grande número de benefícios e por isso veem ganhando força na luta contra a falta de água. No setor industrial esse movimento de reaproveitamento hídrico é bastante empregado, em grande caso devido ao elevado custo deste insumo para a indústria. Já no setor agrícola e urbano a prática é ainda considerada bem retraída, necessitando de maiores estímulos para o seu desenvolvimento. Existem diversos trabalhos e pesquisas sobre a reutilização da água e o aproveitamento da água das chuvas em área urbana, contudo quase que a totalidade foca em edificações residenciais.

Os benefícios provenientes da implementação de um sistema de reuso e de aproveitamento hídrico são da ordem não só ambiental, mas também econômica e social. Dentre os ganhos ambientais destaca-se a redução do volume de água a ser captada de mananciais para atender a demanda da população. A vantagem econômica ocorre em consequência da diminuição dos custos, tanto pela redução do consumo de água potável, quanto pela redução do lançamento de esgoto na rede coletora. De relevância social, há a geração de postos de trabalhos diretos e indiretos para atender ao aumento na atividade de empresas que trabalham para obtenção de água a partir destas fontes alternativas.

Neste contexto, a implementação em larga escala de sistemas de funcionamento com água de reuso e que aproveitam as águas pluviais em edificações residenciais, comerciais e industriais representariam uma grande contribuição para a redução na demanda por a água potável, permitindo seu uso apenas para atividades que realmente necessitassem de um nível de qualidade mais elevado da água.

O presente trabalho foi desenvolvido levando em consideração as circunstâncias da crise hídrica apresentada e na grande relevância do tema da água de reuso e do aproveitamento de águas pluviais. O estudo focou na avaliação de uma edificação comercial de grande porte devido a sua grande demanda por água potável, elevado volume de efluentes gerado e no impacto de contribuição ao tema, uma vez que não são identificados facilmente estudos na literatura realizado sem segmentos comerciais, a maioria são desenvolvidos em

edificações como condomínios, universidades, residências unifamiliares e também no segmento industrial.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste estudo foi avaliar o potencial para instalação de um sistema de reuso de águas cinzas associado a um sistema de coleta de águas pluviais com fins não potáveis em uma edificação comercial de grande porte localizada em uma capital do nordeste do Brasil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Disseminação do tema de reuso e aproveitamento hídrico associado a uma edificação comercial, a fim de promover e incentivar a realização de outros trabalhos do gênero.
- Realização de um levantamento bibliográfico extenso a fim de reunir informações e dados sobre o assunto abordado, servindo assim de diretriz teórica para implantação de futuros projetos.
- Realizar a caracterização do empreendimento e coletar dados necessários para a correta avaliação do potencial para um sistema de reuso.
- Estimar a produção de águas cinzas pela edificação, a demanda de água para fins não potáveis, assim como avaliar o potencial de captação para um sistema de aproveitamento de água pluviais.
- Propor um sistema de reuso eficiente e adequado com a realidade da edificação.
- Realizar um breve estudo da economia direta gerada com a operação do sistema proposto.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

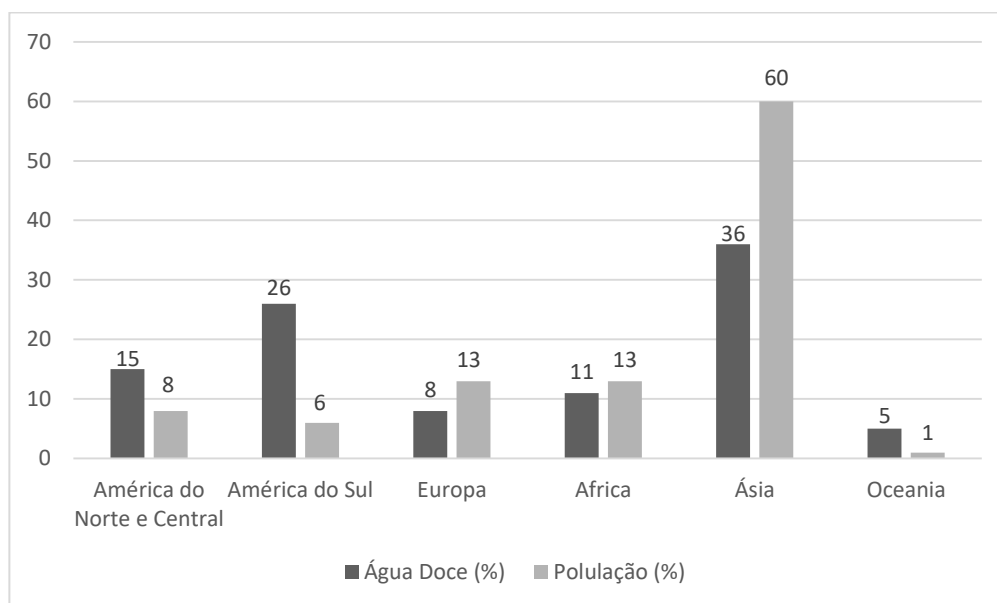
#### **3.1 Panorama hídrico mundial**

##### **3.1.1 Distribuição da água no Planeta**

A crosta do planeta Terra é constituída, em grande parte, por água. Cerca de 70% da sua superfície é coberta por ela, o que a torna um dos recursos naturais mais abundantes do mundo, sendo renovada através do movimento contínuo no Ciclo Hidrológico. No entanto, apesar da sua abundância, apenas uma pequena parcela dela é doce (cerca de 2,5%) e ainda uma menor parcela está própria e disponível para consumo humano (cerca de 0,007%) após correta adequação de suas características, físicas, químicas e biológicas (WORLD RESOURCES INSTITUTE, ONU, 2008).

Além da parte disponível para consumo humano ser pequena a sua distribuição ao redor do mundo ocorre de maneira desequilibrada, uma das causas para que isso ocorra está nas características do Ciclo Hidrológico que não são homogêneas em todas as partes do globo (TUNDISI, 2003). Em razão de diferentes fatores naturais, há continentes que detêm baixas reservas hídricas, como é o caso do continente Europeu, que possui 8% das reservas de água doce do mundo, enquanto que em outras regiões como a América do Sul que detém 26% das reservas mundiais a situação é bem melhor (*World Water Assessment Programme*, 2003). Devido a essa distribuição desproporcional do recurso hídrico pelo mundo, a relação de demanda e oferta para a população nunca atinge um equilíbrio satisfatório, como pode ser observado através da Figura 1, onde é relacionado a porcentagem da população global e a porcentagem de água doce global disponível por continente.

Figura 1 - Porcentagem da População *versus* Porcentagem de Água Doce no Mundo

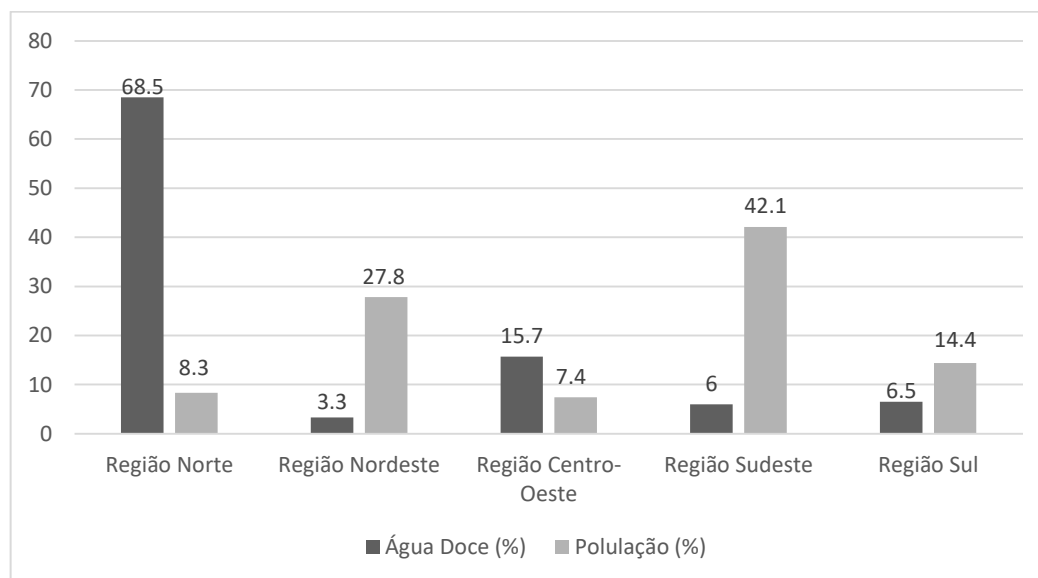


Fonte: Elaborado a partir de *World Water Assessment Programme*, 2003

Um outro exemplo da má distribuição hídrica é o Brasil. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil detém cerca de 12% da reserva de água doce do mundo. Contudo, seguindo o modelo de distribuição mundial, muitas das suas regiões também acabam sofrendo com uma disponibilidade hídrica irregular. Ao analisar a Figura 2 verifica-se que a maioria das regiões brasileiras apresenta grandes desproporcionalidades com relação a reserva hídrica natural e a sua demanda de consumo. Destacam-se as regiões menos densamente povoadas, com pouca atividade industrial e agrícola como a região Norte, que detém 68,5 % da reserva hídrica nacional, contrastada com uma reduzida população local que representa apenas 8,4% do total da população brasileira. Em contraponto, a região Sudeste, que é a mais populosa do país com cerca de 42% da população nacional detém apenas 6% da reserva hídrica do país (ANA, 2007) e (IBGE, 2010).

Esta disparidade na distribuição d'água ao redor do mundo, incluindo no Brasil, acaba gerando diferentes realidades, pois regiões com maiores reservas acabam pecando na manutenção da qualidade e na gestão dos seus recursos hídricos, fazendo uso de maneira negligente, tanto por parte da população quanto por parte dos seus gestores.

Figura 2 - Porcentagem da População Brasileira versus Porcentagem de Água Doce do Brasil



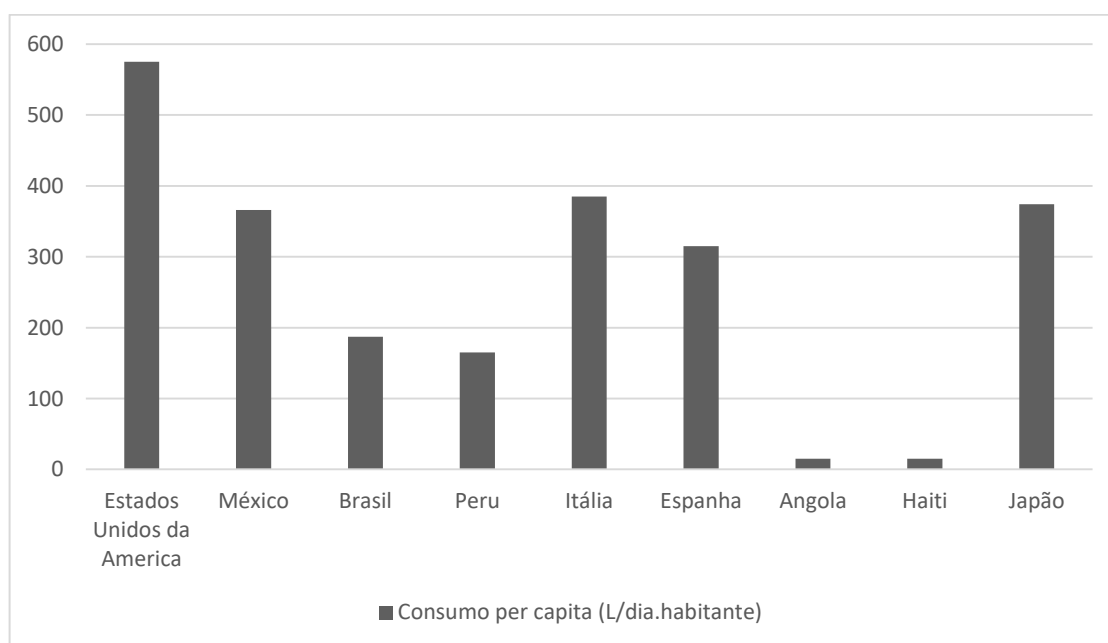
Fonte: Elaborado a partir de ANA, 2007 e IBGE, 2010

A água é tão importante que é possível associar seu consumo ao progresso de um país. Pela análise dos dados da Figura 3, que expressa o consumo de água diário per capita de diversos países, tem-se uma ideia do perfil no gasto deste insumo influenciado pelo grau de industrialização e desenvolvimento social do país. Segundo um levantamento feito em 2006 pelo *United Nations Development Programme* (UNDP), apresentado no relatório *Human Development Report*, países como os Estados Unidos apresentam uma média de consumo per capita de 575 L/dia para cada habitante (UNDP, 2006). Já em países de extrema pobreza localizados em regiões da África, como Angola, seus habitantes têm que sobreviver com uma média de 15 L de água por dia. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) para uma pessoa desempenhar suas atividades diárias básicas, como dessedentação, higiene pessoal e do ambiente e preparo de alimentos são necessários no mínimo 110 L/dia. Assim, apesar de muitos países do mundo apresentarem consumo acima deste valor, países da África e de outras regiões pobres como o Haiti estão bem abaixo desta recomendação.

Quando a demanda da população não consegue ser plenamente atendida, ou seja, a capacidade de oferta da região é menor que a necessidade da população, essa situação pode ser traduzida em um estado de estresse hídrico. Uma avaliação feita pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Política Alimentar determinou que até 2050 um total de 4,8 bilhões de pessoas estarão em situação de estresse hídrico. No entanto, a disponibilidade

hídrica do país não é o único fator que influencia no consumo humano, destacam-se ainda: o clima, a média de temperatura atmosférica, a conscientização da população para o uso racional da água, o nível de desenvolvimento socioeconômico da região e a facilidade com que os habitantes têm acesso a água potável. Paradoxalmente, a falta de fontes naturais de água pode restringir o desenvolvimento socioeconômico em uma determinada região fazendo com que o padrão de vida da população seja reduzido (FARIAS, 2006). Tomando o Brasil como exemplo, é possível verificar esta situação regionalmente. O estado brasileiro com o maior consumo hídrico per capita (RJ) localiza-se na região com o segundo maior Produto Interno Bruto (PIB) per capita do país (Figura 4-a e Tabela 1), por outro lado observa-se que os cinco estados com menores consumo de água por habitante estão posicionados na região de menor PIB (Figura 4-b e Tabela 1).

Figura 3 - Consumo per capita de alguns países do mundo



Fonte: Elaborado a partir de UNDP - Humans Development Report, 2006

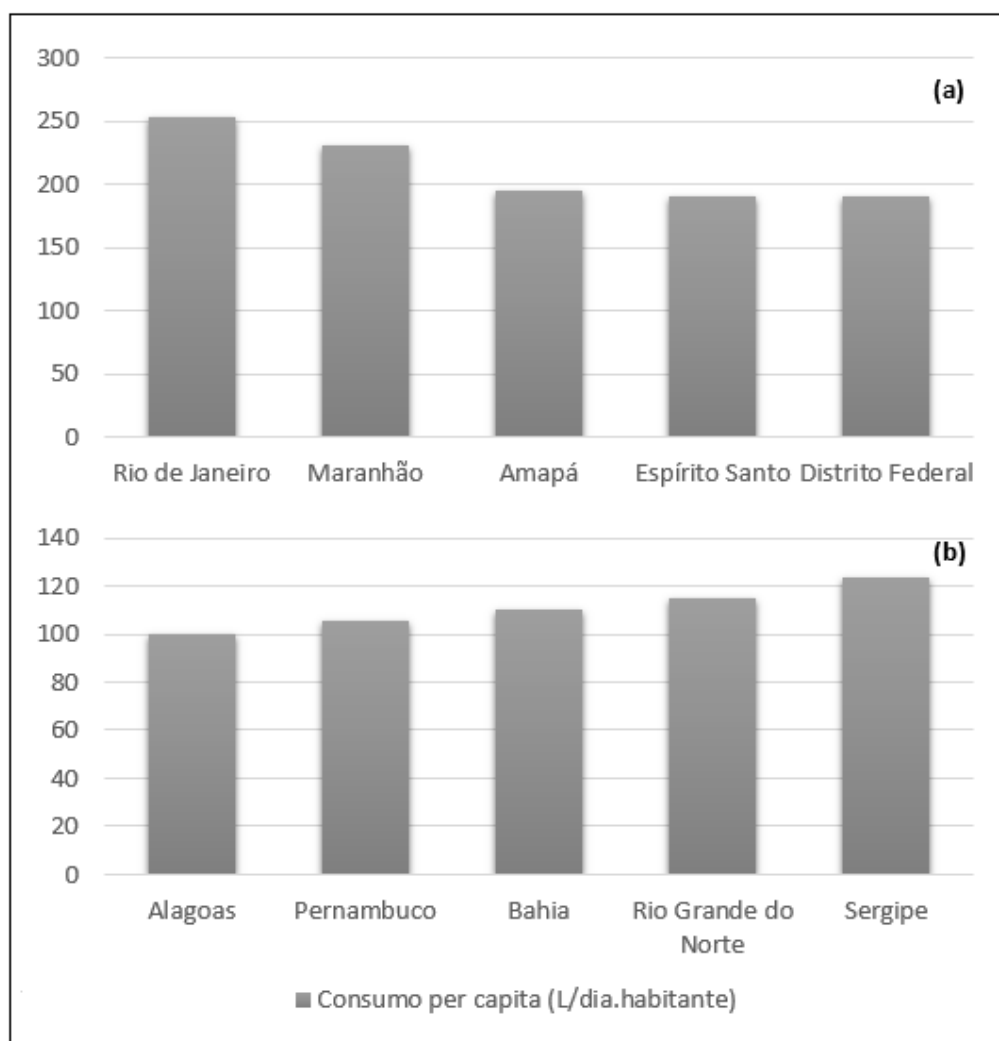


Tabela 1 - Valores do PIB per capita nas regiões do Brasil

Região	PIB per capita (R\$)
Centro Oeste	29.843
Sudeste	29.718
Sul	25.633
Norte	14.179
Nordeste	11.044

Fonte: IBGE, 2012

Figura 4 - Cinco maiores (a) e cinco menores (b) valores de consumo per capita dos estados brasileiros



Fonte: Elaborado a partir de Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2013

Algumas organizações mundiais utilizam valores referentes a disponibilidade hídrica anual per capita disponível para o atendimento das atividades do setor doméstico, industrial e agrícola para diagnosticar qual a atual situação hídrica de uma determinada região (CUNHA, 2008). A ONU propõe uma classificação baseada em cidade de zonas áridas, no entanto, Porto (2003) utiliza outra classificação, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de estresse hídrico

<b>Disponibilidade hídrica anual per capita (m<sup>3</sup>/hab. ano)</b>	<b>Classificação</b>
<b>ONU</b>	
> 20.000	Disponibilidade em Absoluto
> 2.500	Disponibilidade Correta
< 2.500	Disponibilidade Pobre
< 1.500	Disponibilidade Crítica
<b>PORTO</b>	
1.500	Situação Crítica
1.500-2.500	Pobre em recursos hídricos
2.500-5.000	Confortável
5.000-10.000	Rico
> 10.000	Muito rico
> 20.000	Abundante

Fonte: Elaborado a partir de ONU, 2006 e Porto, 2003 *apud* CUNHA, 2008

### 3.1.2 Aumento da demanda hídrica

Outro fator que contribui para o aumento da crise hídrica em muitas partes do mundo é o crescimento da população que acaba gerando um aumento cada vez maior da demanda pelo recurso, e onde a principal fonte é o corpo hídrico superficial, como rios e lagos, em muitas vezes ele não consegue acompanhar essa demanda crescente levando-o eventualmente a uma insuficiência hídrica (REBOUÇAS, 1999).

As previsões sobre o acesso as reservas naturais de água doce não são nada animadoras, segundo o relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência

e Cultura (UNESCO), lançado no terceiro fórum mundial da água, em Quioto, no Japão, em 2003, estas reservas estão ficando cada vez mais escassas, em contrapartida, o consumo está cada vez maior, de maneira que a longo prazo bilhões de pessoas não terão acesso a água de boa qualidade.

Atualmente a cidade mais populosa do Brasil, São Paulo, está enfrentando uma grave crise hídrica iniciada em 2014 em função de uma combinação de diversos fatores, como o volume de chuvas abaixo da média histórica na região, uso irracional da água por parte da população e perdas elevadas de água potável ao longo do sistema de abastecimento de água. O resultado foi que o volume da água necessário para a cidade ficou praticamente igual a todo o volume disponível para a região. Segundo levantamento publicado pelo jornal Folha de São Paulo (2014) a demanda da população da Região Metropolitana de São Paulo vem aumentando a muito tempo, enquanto o fornecimento vem permanecendo muito abaixo desse crescimento. Entre os anos de 2004 e 2013 o consumo de água desta Região Metropolitana aumentou cerca de 26%, enquanto que a produção cresceu apenas 9% no mesmo período. Este aumento não ocorre apenas em São Paulo, o jornal Folha de São Paulo divulgou que a média de consumo de água no Brasil passou de 148,5 para 166,3 L/habitante.dia entre os anos de 2009 e 2013, correspondendo a um aumento de 12%.

Dados mais recentes da UNESCO (2015) apresentados no Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Água em 2015 e publicado pelo *World Water Assessment Programm*, revelam que as projeções para os próximos anos não são nada positivas. Até 2050, a população mundial chegará a cerca de 9,4 bilhões de habitantes, forçando que as atividades agrícolas, setor que mais consome água no mundo, produzam 60% mais comida ao redor do globo. Já para a indústria, que é a segunda atividade que mais utiliza água, prevê-se um aumento de cerca de 400% para o setor. O relatório ainda conclui que até o ano de 2030 o mundo enfrentará um déficit hídrico de 40%.

Em particular, no Brasil, devido a seu vasto território direcionado ao desenvolvimento da agricultura, há uma destinação de grandes volumes de água para a irrigação (cerca 70%) seguido dos consumos industrial (22%) e residencial (8%) (ONU, 2008).

Neste contexto, a causa da crise hídrica pode ser vista por diversos fatores, muitos deles de origem antrópica, destacando-se: o crescimento populacional, muitas vezes desordenado e sem planejamento; a corrida incessante pelo desenvolvimento econômico e

tecnológico que acaba sendo posto em prioridade sem uma correta avaliação da degradação inerente a estas atividades; e a degradação dos ecossistemas aquáticos (WETZEL, 1993).

A preocupação com a escassez de água é despertada ao lembrar-se da forte dependência que o homem tem para com este recurso natural. A realização de diversas atividades, muitas delas essenciais para o desenvolvimento socioeconômico da população depende não só da quantidade de água disponível, mas também da sua qualidade. Dentre os usos múltiplos da água estão: o abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação e a diluição de efluentes tanto industriais quanto domésticos (VON SPERLING, 1995). Na grande maioria das vezes a qualidade atingida nestes usos é o de água potável, que no Brasil é regulada pela Portaria Nº 2.914 de 2014 do Ministério da Saúde (MS).

Apesar da demanda para o consumo doméstico ser relativamente menor, se comparado a outras atividades, nas áreas urbanas o consumo doméstico é a atividade que mais consome água. Em alguns casos essa necessidade hídrica pode chegar a ser maior até que o da indústria. Rodrigues (2005) relata que na Região Metropolitana de São Paulo e na cidade de Vitória/ES o consumo doméstico é bem próximo ao industrial, chegando a 85% do total avaliado. Por outro lado, há ações que forçam determinados segmentos da sociedade a um menor consumo de água, por exemplo, aplicação de maiores valores por m<sup>3</sup> de água que é tarifado ao setor industrial (em média cerca de 4 vezes maior que a residencial), essa medida obriga às indústrias à buscarem alternativas como o uso de instalações, processos e equipamentos mais modernos que empregam menos água alcançando mesma ou maior eficiência quando comparado às tecnologias antigas. Outras alternativas são as alterações do processo para trabalhar com reciclo de água ou água de reuso.

### **3.1.3 Alternativas para controle da crise**

Observando-se as atividades rotineiras residenciais verifica-se extravagâncias em relação ao uso da água. Em seu estudo, Hafner (2007) identificou que em edifícios residenciais o ambiente com o maior consumo, e conseqüentemente maior desperdício, de água é o banheiro (66%), sendo o equipamento hidráulico que mais consome água é o chuveiro (37%) seguido pelo vaso sanitário (22%).

Como primeiro ponto de atuação contra a crise hídrica cita-se a mudança comportamental no uso da água domiciliar. As simples mudanças de atitudes.

Tabela 3 apresenta um comparativo entre atividades domésticas diárias executadas sem a preocupação de economia de água e as mesmas atividades executadas de maneira mais sustentável. Em destaque de desperdício aponta-se o processo de limpeza do carro, onde em 15 minutos de uso de uma mangueira comum gasta-se em média 370 litros de água, em contrapartida, trocando-se a mangueira por baldes, o consumo cai para 40 litros. De maneira semelhante ocorre na pia da cozinha, onde lavar os pratos com a torneira aberta por 15 minutos consome em média 240 litros d'água, por outro lado, com o ato de fechar a torneira o consumo cai para 80 litros. De uma forma geral, verifica-se que as alterações realizadas visando a redução no consumo de água nas atividades do dia-a-dia não são nada complexas, apenas simples mudanças de atitudes.

Tabela 3 - Exemplos de desperdícios e medidas econômicas avaliadas para operações domésticas do dia-a-dia

<b>Atividade doméstica</b>	<b>Gasto médio (L)</b>	<b>Adoção de medida econômica</b>	<b>Gasto médio com adoção de medidas econômicas (L)</b>	<b>Economia (%)</b>
Lavar o carro e calçada	370	Trocar a mangueira por baldes	40	89,2
Lavar os pratos	240	Abrir a torneira apenas para enxague	80	66,67
Tomar banho (ducha)	243	Abrir o chuveiro apenas para enxague	81	66,67
Tomar banho (ducha)	243	Trocar a ducha por chuveiro elétrico	144	40,74
Vaso sanitário	10	Trocar válvula por caixa acoplada	3-6	40

Fonte: Elaborado a partir de Departamento Municipal Autônomo de Água e Esgoto (DMAAE)

O segundo ponto de atuação contra a crise hídrica está no uso de fontes alternativas de água. O que muitos países empregam e que apresentam resultados bastante

significativos com relação a conservação da água potável e manutenção do balanço hídrico é a utilização de água de baixa qualidade para fins não potáveis (PHILIPPI, 2003). Além disso, segundo Tomaz (2001), existem diversas maneiras não convencionais para obtenção de água e que se adotadas podem auxiliar na conservação da água no planeta, como: o aproveitamento da água de drenagem das superfícies impermeabilizadas urbanas; a dessalinização de água do mar ou de outras fontes que apresentem concentrações de sais elevadas, o que impossibilitam o seu consumo sem prévio tratamento; o aproveitamento das águas pluviais; e o reuso de águas provenientes dos processos de lavagem de roupas e de tomar banhos.

A utilização destes tipos de fontes auxilia no melhoramento da gestão hídrica, através da substituição da água potável por águas com qualidade inferior, mas ainda capazes de uso em finalidades menos nobres. Dessa maneira a água potável é poupada e utilizada apenas em atividades que realmente necessitam de um nível de qualidade mais restritivo (HESPANHOL, 1997).

Existem diversas atividades tanto no setor doméstico, como no setor industrial e agrícola que podem ser desempenhados com estas águas, como: uso em descarga de vasos sanitários; lavagem de pisos, calçadas, ruas, quintais e quadras de esportes; lagos artificiais, espelhos d'água e sistemas ornamentais aquáticos; irrigação em campos de futebol e golfe, canteiros e jardins; redução da poeira em áreas urbanas e obras de construção.

Dentre as fontes alternativas destacam-se a reutilização de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis. Os benefícios econômicos associados à esta prática são, por exemplo: a mudança nos padrões de consumo em razão de uma maior conscientização, redução no valor da conta da concessionária de abastecimento público de água e possibilidade de recebimento de incentivos, como a redução da taxa de cobrança pelo uso da água (FIESP/CIESP, 2004). Já no setor social há como benefício a geração de empregos diretos e indiretos pelo aumento na atividade em empresas que trabalham para obtenção de água a partir destas fontes alternativas. Além disso, a captação e utilização de água da chuva gera uma redução no consumo de água dos mananciais e uma redução da pressão nos sistemas de drenagem de água pluvial urbana que muitas vezes são sobrecarregados com um grande volume de água durante precipitações mais intensas, reduzindo assim o risco de enchentes.

## **3.2 Águas Cinzas**

As chamadas águas cinzas consistem nas águas residuais provenientes de pias, lavatórios, chuveiros e máquina de lavar roupas. Estas águas se submetidas a um sistema de tratamento adequado apresentam um grande potencial para uso em fins menos nobres (OTTERPOHL, 2001). Gonçalves (2009) relata que cerca de 40% do consumo de água para fins domésticos destinam-se a usos não potáveis, dentre eles estão o uso de descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados, vegetações ou jardins, lavagem de automóveis, limpeza de calçadas, pátios, pisos internos e externos. De acordo com um estudo desenvolvido na região Amazônica realizado pela ANA (2005) a utilização de águas cinzas apenas para descargas de bacias sanitárias constitui em uma economia de 1/3 do consumo doméstico. Já a utilização de águas pluviais para fins domésticos não potáveis pode gerar uma economia de água de pelo menos 21% (LIMA *et. al*, 2011). Dessa forma é possível perceber o grande potencial que a utilização de fontes alternativas de suprimento de água para fins menos exigentes pode alcançar.

### **3.2.1 Reuso de águas cinzas**

Particularmente, o reuso de águas cinzas é a prática onde é realizado o reaproveitamento desse tipo de águas em atividades que possuam uma menor exigência de qualidade. Como este efluente carrega resíduos do seu uso anterior, faz-se necessário um tratamento prévio antes da sua reutilização (METCALF, 2003). Esse tipo de prática de reuso que emprega as águas cinzas ganha destaque devido as características dessa água, que de uma forma geral não apresenta valores de seus parâmetros de qualidade tão baixos, e por isso necessita, na maioria das vezes, de um nível de tratamento menos complexo quando comparadas com outras águas ricas em matéria orgânica.

#### **3.2.1.1 Vantagens e dificuldades na implementação do sistema de reuso**

A adoção do sistema de reuso apresenta uma série de vantagens, tanto econômicas como ambientais:

- Redução da demanda sobre os corpos hídricos, o que acaba promovendo um uso mais sustentável dos mesmos;

- Redução na demanda de água tratada pelas estações de tratamento de água (ETA) e na demanda de esgoto a ser tratado pelas estações de tratamento de esgotos (ETE);
- Desperta a conscientização dos usuários para a utilização da água de maneira mais sustentável e a sua importância para as atividades humanas e aos ecossistemas;
- Redução nos custos de processos relacionados ao tratamento de esgoto para as companhias de saneamento através da redução do consumo de água potável;

O professor Ivanildo Hespanhol, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Diretor do Centro Internacional de Referência em Reuso de Água (CIRRA), aponta a existência de dois fatores que têm dificultado a implementação de um programa de reuso em uma escala macro no país, um deles é a falta de interesse político, e o outro seria a falta de uma legislação específica que definam plenamente normas e diretrizes associadas aos conceitos, parâmetros e restrições ao reuso das águas cinzas a nível residencial, comercial e industrial. Ele aponta ainda que o reuso da água para aplicação em atividades domésticas ainda é pouco difundido, e que além dos outros dois fatores supracitados, há também a difícil aceitação por parte da população para o consumo desse tipo de água.

### **3.2.2 Classificação das águas residuárias domésticas**

As águas residuais provenientes de residências podem ser de diversos tipos, sendo classificadas de acordo com a matéria presente neste efluente gerado (GONÇALVES, 2006 e HEZEN & LEDIN, 2001 *apud* MAY, 2009):

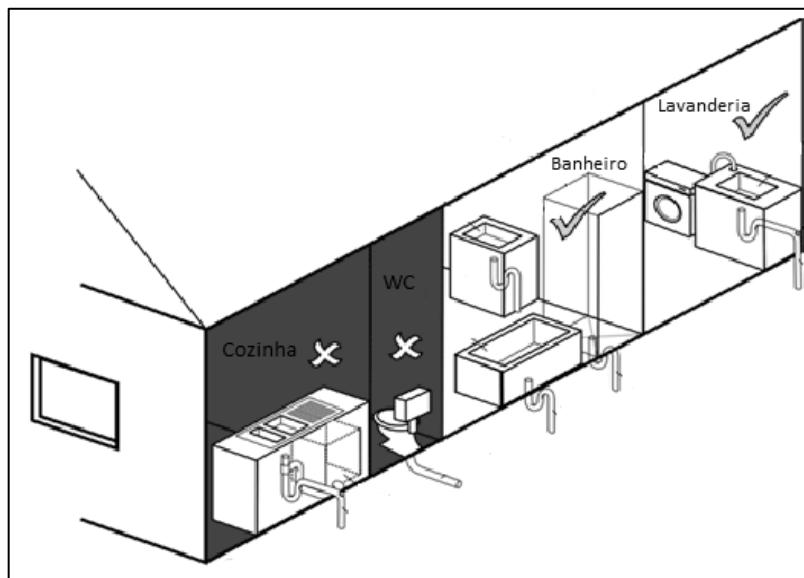
- Águas Marrons: são as águas residuárias que contém apenas material fecal e papel higiênico.
- Águas Amarelas: são as águas residuárias que contém principalmente urina.
- Águas Negras: águas residuárias provenientes das bacias sanitárias (águas marrons + águas amarelas).
- Águas Cinzas: segundo Otterpohl (2001), EPA Victoria (2013) e Gonçalves (2006) é o efluente proveniente de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar e tanques e que não tenham tido contato com o efluente de bacias sanitárias (águas negras). Para Rapoport (2004) a água provenientes de pias de cozinhas devem ser excluídas do



conceito de águas cinzas em razão da grande quantidade de óleos, gorduras e resíduos orgânicos degradáveis o que acaba dificultando o seu tratamento e posterior reuso.

A Figura 5 ilustra os aparelhos sanitários presentes nos ambientes residenciais que geram as águas cinzas segundo a comissão de água da Austrália.

Figura 5 - Representação dos ambientes domésticos e aparelhos sanitários que geram as águas cinzas



Fonte: Adaptado a partir do Standards Australia and the National Water Commission

A diferenciação com obras hidráulicas de captação das águas servidas em residências é de grande importância para o planejamento do sistema de reuso, pois é de acordo com o tipo de efluente que será determinado o tipo de tratamento e a finalidade mais viável. Efluentes ricos em material fecal e em urina podem ser utilizados após o devido tratamento na agricultura. As águas negras podem ser reutilizadas com fins não potáveis, contudo necessitam de cuidados e tratamentos mais avançados que os utilizados para as águas cinzas (BAZZARELLA, 2005).

### 3.2.3 Breve histórico e cenário atual do reuso de águas no mundo e no Brasil

Apesar de não ser de conhecimento comum da população a prática de utilizar águas servidas como fonte alternativa para fins menos nobres não é um conceito recente e já vem sendo praticado em outros países há muitos anos.

Há relatos que sugerem que esta ideia de atribuir uma nova finalidade a água já utilizada surgiu na atividade agrícola. Na Grécia Antiga os esgotos sanitários eram utilizados na irrigação (CETESB, 2010). Já por volta do Século XIX o reuso de águas residuárias passou a ser feito de maneira indireta, ou seja, de maneira inconsciente pela população com a descarga de efluentes domésticos nos corpos hídricos. Essa prática inadvertida gerou diversas doenças na população pela falta de planejamento e tratamento.

O reuso feito de maneira consciente (direta) começou a ser praticado no mundo após os anos 60 do século passado, porém sem um devido controle de qualidade dos efluentes tratados. Foi em 1971 que a OMS reconheceu os riscos do reuso de águas residuárias para a saúde dos usuários (PASCHOALATO *et al.*, 2004). Em 1973 foi publicado pela OMS o *Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and Public Health Safeguards* que apresentou diretrizes para o tratamento dos efluentes direcionados para o reuso visando a segurança da saúde pública. Essas diretrizes foram atualizadas em 1989 e novos critérios foram propostos para o reuso de água na agricultura e aquicultura com a publicação do *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture* (ALMEIDA, 2011). No ano de 1992 a agência de proteção ambiental americana (*Environmental Protection Agency*, EPA) publicou o guia de gerenciamento *Guidelines for water reuse*, com o objetivo de orientar o reuso de águas residuárias no meio urbano, industrial e agrícola (MALINOWSKI, 2006), sendo periodicamente atualizado com a versão mais recente publicada em 2012 que traz novas considerações, informações e centenas de estudos de casos de práticas do reuso de água em várias regiões do planeta.

Nos últimos anos a prática do reuso da água aumentou em diversos países, o que está diretamente ligado a crise hídrica enfrentada em várias partes do mundo. Hoje países como Japão, Estados Unidos, Cingapura, Canada já fazem uso de alguma forma alternativa de reuso de água.

Os Estados Unidos vêm alterando o seu sistema de fornecimento de água implementando um planejamento de reuso de águas residuárias, prática que ocorre desde

meados do Século XX. Uma das primeiras finalidades era fornecer água para irrigação, e posteriormente, em 1960, a indústria do aço foi a beneficiada com o desenvolvimento de um sistema para reuso. Na década de 80 muitas indústrias começaram a avaliar dentro da própria planta industrial meios de reaproveitar ao máximo seus próprios efluentes, isso em razão das altas tarifas cobradas pelas concessionárias de abastecimento (MANCUSO e SANTOS, 2003). Na década de 90, com os estudos de benefícios do reuso de água comprovados, programas de reuso foram desenvolvidos para a agricultura, indústria e consumo urbano (FATEC-SP, 2006). Hoje os Estados Unidos apresentam um grande potencial de práticas que empregam a água de reuso, cerca de 6,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia são reutilizados. (EPA, 2004)

Na cidade de Tóquio, Japão, o reuso teve início por volta de 1951 quando uma fábrica têxtil começou a utilizar efluentes tratados oriundos de uma ETE e com o sucesso da prática passou a comercializar as águas residuárias para outras fábricas locais. A cidade de Fukuoka atualmente trabalha com um sistema de distribuição específico de águas de reuso para descargas de bacias sanitárias para zonas de edifícios residenciais dentre outros sistemas, como a irrigação de áreas arborizadas da cidade (CUNHA & FERRARI, 2011).

Existem também casos de reaproveitamento para fins potáveis. Esta medida foi adotada pela primeira vez em 1968, em Windhoek, capital da Namíbia. Atualmente 14% da água potável da cidade é proveniente do tratamento do esgoto de uma ETE. Com a finalidade de reduzir gastos com a importação de água, o departamento de água e esgoto de Cingapura (PUB), em 2013, passou a misturar o esgoto tratado de suas ETE à água potável, comercializando-a em garrafas com o nome fantasia de *NEWater* (EPOCA, 2015).

No Brasil já existem projetos de reuso implementados há alguns anos no setor industrial e agrícola, no entanto ainda tímidos quando comparados aos outros países. Estima-se que apenas 30% das indústrias estejam praticando alguma forma de reuso de água, segundo dados da Revista TAE (2012).

Mesmo não havendo um plano de reuso nacional no Brasil já existem diversos exemplos bem sucedidos da implementação de sistemas de reuso, tanto em edifícios industriais como em residenciais. No setor industrial destaca-se a refinaria de petróleo da Petrobras de Paulínia, a REPLAN, que realizou uma modificação na estrutura dos seus processos de maneira a tratar a água e reutiliza-la para outros processos dentro da própria cadeia de produção.

Com a atual crise hídrica acabam surgindo mobilizações neste sentido de reaproveitamento de efluentes para fins potáveis. Em São Paulo, a cidade de Campinas que possui uma Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR Capivari II) solicitou junto com a empresa de saneamento da cidade (SANASA) um estudo ao CIRRA (Centro Internacional de Referência em Reuso de Água) para avaliar a possibilidade de atingir o grau de potabilização da água gerada nessa EPAR. O objetivo é realizar um novo tratamento à água proveniente do tratamento de esgotos domésticos da cidade e ligá-la diretamente a rede de distribuição de água potável da cidade (PREFEITURA DE CAMPINAS, 2015).

### **3.2.4 Reuso de águas cinzas em edificações**

A mudança de um ambiente e a alteração das suas estruturas para que passe a operar com água de reuso não é apenas ideológica e requer algumas alterações de ordem prática. Assim após a tomada da decisão em substituir parte do consumo de água potável por águas cinzas em uma edificação são necessárias algumas considerações (MENDONÇA, 2004):

- Atendimento dos requisitos mínimos para o sistema de reuso;
- Riscos envolvidos com o sistema de reuso;
- Estudo da viabilidade econômica da implantação do sistema;
- Determinação do potencial e das vazões de consumo;
- Diagnóstico da qualidade da água cinza gerada na edificação;
- Busca por legislação e normas técnicas as quais estabelecem os parâmetros e padrões para reuso de águas cinzas;
- Estabelecimento do nível de qualidade final;
- Tipo de tratamento a ser realizado ao efluente;
- Análise da planta das instalações hidráulicas da edificação para o redimensionamento da rede, identificando os pontos de coleta e pontos de consumo e dimensionamento do reservatório de água de reuso;
- Monitoramento da qualidade de água do sistema de reuso em operação;

### **3.2.4.1 Atendimento dos requisitos mínimos previstos para o sistema**

Blum (2003) cita alguns critérios necessários e que devam ser atendidos por um sistema de reuso de águas cinzas para que o mesmo possa operar de maneira eficiente e funcione em condições adequadas de saúde e segurança:

- O sistema deve ser totalmente independente do sistema de água potável e todos os pontos de consumo devem ser facilmente identificados como água não potável para que seja evitado qualquer ingestão acidental.

- O sistema não deve oferecer nenhum tipo de risco sanitário aos usuários ou dano ao sistema hidráulico da edificação.

- A água de reuso não deve apresentar turbidez, cor, odor ou característica que causem rejeição por parte do usuário;

- A operação do sistema não deve causar nenhum tipo de prejuízo ou desequilíbrio ao ecossistema;

- A qualidade da água de reuso deve atender ao uso a qual se destina, de maneira a evitar danos materiais e efeitos adversos a saúde dos usuários;

- As águas cinzas devem ser submetidas a um eficiente sistema de tratamento para que a sua qualidade final possa ser garantida e confiável.

### **3.2.4.2 Riscos envolvidos com o sistema de reuso**

Apesar da série de vantagens tanto de cunho ambiental como socioeconômico, a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas oferece alguns riscos caso não sejam observados alguns fatores e tomados alguns cuidados. Estes riscos existem devido a possibilidade de contato direto com a água de reuso, seja por ingestão acidental, contato com a pele ou inalação, o que pode acarretar efeitos adversos a saúde dos usuários (BLUM, 2003). A grande dificuldade de se controlar estes riscos se deve pela ausência de critérios técnicos e legislação específica claramente definidas (CUNHA, 2008). Os principais riscos associados ao reuso de águas cinzas ocorrem devido ao seu manuseio inadequado, o qual deve ser ponderado durante o planejamento do sistema para que não ocorra, como por exemplo os seguintes riscos:

- Epidemiológico, causado por doenças de veiculação hídrica e de doenças causadas por microrganismos que possam a vir se proliferar na água estocada.
- De proliferação de microalgas, que pode levar a formação de um biofilme, o qual ocasiona entupimentos nas tubulações e alterar a qualidade da água.
- De contaminação da rede de água potável, que ocorre em razão de conexões cruzadas entre a rede de reuso e a rede de abastecimento público;
- De corrosão do sistema hidráulico, devido ao desequilíbrio no pH.
- De manchar superfícies, em situações onde a água de reuso irá entrar em contato.
- De apresentar odor desagradável, acarretado principalmente em decorrência da decomposição da matéria orgânica presente nela.

Contudo, com base em conhecimentos técnicos na área e nas características físico-químicas e microbiológicas das águas cinzas é possível fazer um planejamento e identificação do melhor tipo de tratamento a ser aplicado de maneira que estes riscos sejam controlados e os requisitos mínimos de segurança e saúde sejam atendidos durante todo o período de operação do sistema de reuso (MAY, 2009).

### **3.2.4.3 Custos envolvidos na implantação do sistema de reuso**

Um dos requisitos para a implementação do sistema de reuso é que ele seja economicamente viável. Para isso é necessário realizar um planejamento prévio de maneira a obter o investimento inicial para a mudança do sistema hidráulico da edificação. Devem ser levados em consideração gastos com mão-de-obra, conexões e tubulações, gastos com materiais de construção, gastos com o sistema de tratamento, armazenamento e bombeamento da água de reuso, além de gastos com a manutenção do sistema. Também é necessário determinar o tempo que levará para a recuperação do investimento feito (o *payback* ou período de retorno), nesta projeção o conhecimento da tarifa de água potável cobrada localmente pela concessionária de abastecimento público e o volume de água potável que deixará de ser utilizado com a substituição pela água de reuso são fundamentais.

#### **3.2.4.4 Determinação das vazões disponíveis e das vazões de consumo**

É necessário determinar na edificação qual o volume de água cinza gerado, assim como a vazão necessária para suprir os pontos de consumo da água de reuso. Esses valores são essenciais para o dimensionamento do reservatório, pois o mesmo deve ser projetado em função do volume de água que entra, do volume de água que sai e do tempo de detenção da água no reservatório.

Para fazer o levantamento devem ser estimados os volumes para cada finalidade do reuso, considerando por exemplo frequência de lavagem e de irrigação, volume de água para descarga dos vasos sanitários, período do reuso e etc (ABNT, 1997).

#### **3.2.4.5 Diagnóstico da qualidade da água cinza gerada na edificação**

Antes de iniciar o projeto do sistema de reuso são necessários medir ou estimar os valores dos principais parâmetros associados à qualidade de água do efluente em questão. É com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água cinza é possível avaliar a viabilidade do tratamento, o tipo de tratamento e a eficiência atingida pelas atividades pretendidas. A definição dos “parâmetros de saída” da água para reuso é limitada pelo nível de qualidade exigido pela atividade a ser desenvolvida com a água. Existem alguns manuais e Normas Regulamentadoras que indicam parâmetros mínimos requeridos para o uso em determinadas atividade não potável.

#### **3.2.4.6 Busca por legislação e normas técnicas**

O Brasil ainda não apresenta uma legislação completa e específica sobre o tema, contudo já existem diretrizes como normas técnicas, manuais, legislações locais e outros instrumentos legais que podem servir de guia para o planejamento e execução do projeto. Neles são indicados os tratamentos mínimos necessários, a eficiência exigida, os aspectos mínimos requeridos para a correta operação de um sistema de reuso e os padrões requeridos em razão da finalidade a ser destinada. É importante também realizar uma comparação com outras fontes de igual importância, como legislações de outros países. O embasamento técnico é essencial para reduzir conflitos e possibilitar a implantação de uma estrutura responsável e segura.

### 3.2.4.7 Tipo de tratamento a ser realizado

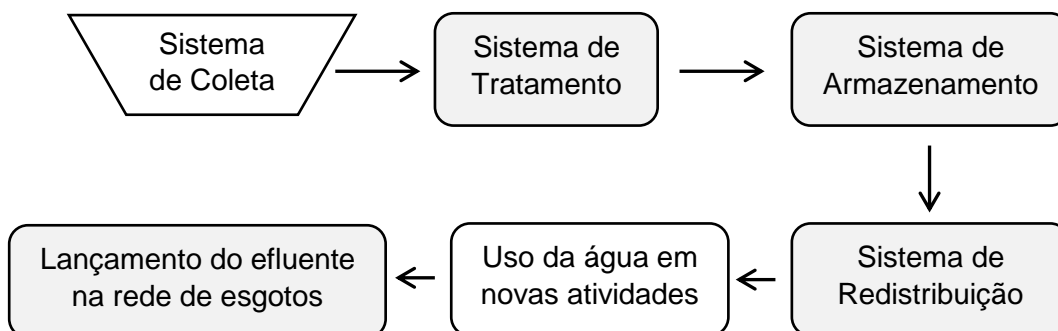
O tipo de tratamento a ser empregado dependerá basicamente do uso ao qual a água de reuso se destinará. É necessário levar em consideração a manutenção do sistema de tratamento de maneira a sempre garantir a saúde dos usuários e integridade das instalações.

### 3.2.4.8 Análise da planta das instalações hidráulicas da edificação para o redimensionamento da rede

No projeto da planta da instalação hidráulica da edificação é necessário identificar os pontos de coleta do efluente e os pontos de uso das águas de reuso. Assim, é possível avaliar a melhor maneira de alterar o projeto hidráulico inicial e dimensioná-lo para que não haja contato cruzado entre a água potável e a água de reuso, e que o sistema apresente os parâmetros de controle regulados como, vazão, pressão e qualidade desejada a todos os pontos de consumo.

O sistema de reaproveitamento de águas cinzas pode ser constituído basicamente pelos seguintes componentes: sistema de coleta, sistema de tratamento, reservação e sistema de redistribuição. Quando necessário realizar o recalque de uma cota inferior a uma superior é utilizado necessário também um sistema de bombeamento. A Figura 6 apresenta uma representação esquemática dos componentes em sequência empregados em um sistema de reuso de águas cinzas.

Figura 6 - Esquema dos componentes de um Sistema de Reuso de águas cinzas



Fonte: Elaborado a partir de SINDUSCON, 2005



### **3.2.4.9 Monitoramento e avaliação da qualidade do sistema de reuso**

Após o sistema de reuso entrar em operação é necessário garantir que a qualidade da água seja mantida dentro dos níveis estabelecido no início do projeto. Para isso são necessárias manutenções regulares, principalmente no sistema de tratamento das águas cinzas e que os parâmetros da água de reuso sejam acompanhados através de análises periódicas. O período de manutenção depende do tipo de tratamento que será empregado.

Além da verificação da qualidade da água de reuso, deve ser avaliado sempre o nível de segurança a qual os usuários estão expostos. Objetiva-se o mínimo contato primário do ser humano com as águas cinzas não tratadas. Isso pode ser feito através da implantação de avisos que alerte as pessoas para o perigo da exposição. A desinfecção das águas de reuso é indicada para aplicação em vasos sanitário, mictório, higienização de áreas ou qualquer atividade que necessite de um contato primário ou secundário do ser humano com o efluente (NSW HEALTH, 2008).

### **3.2.4.10 Sistema de Coleta, Tratamento e Armazenamento de águas cinzas**

É a primeira fase do processo de reaproveitamento da água cinza, é constituído por um conjunto de tubulações e conexões (horizontais e verticais) que irão transportar as águas provenientes dos chuveiros, lavatórios e máquina de lavar roupa até o sistema de tratamento aonde serão devidamente recondicionadas. Portanto, devem ser realizadas alterações no sistema hidráulico de maneira que as águas cinzas sejam segregadas dos demais efluentes produzidos na edificação. O seu dimensionamento deve ser feito seguindo as recomendações da NBR 8.160 de 1999 a qual estabelece as exigências e cumprimentos técnicos referentes ao projeto, execução e manutenção de sistemas de esgoto (ABNT, 1999).

Com relação ao tratamento, há uma preocupação com a adequação dos parâmetros do efluente (água cinza) para os parâmetros apropriados para a finalidade de reuso pretendida. Para tal é necessário realizar uma caracterização das águas cinzas para que se possa selecionar o tipo do tratamento, a eficiência e possíveis medidas de contingência (CUNHA, 2008). Em algumas situações há a possibilidade de operar o tratamento com um efeito diluente, quando há a entrada de um aporte de água pluvial.

De uma forma geral, para um reaproveitamento não potável, um sistema de tratamento de águas cinzas emprega processos em série (MANUSCO e SANTOS, 2003).

Basicamente é realizado um tratamento físico-químico para a remoção de sólidos suspensos e sedimentáveis, tratamento biológico para a remoção de matéria orgânica e a desinfecção para a remoção de microrganismos patogênicos. Assim são frequentemente empregados processos como sedimentação primária, flotação, digestão aeróbia, clarificação e desinfecção. Para a NBR 13.969 (ABNT, 1997) para casos onde há pouco ou nenhum contato secundário com a água de reuso, o tratamento pode ser feito apenas com a desinfecção.

O sistema de reservação consiste de um reservatório que será responsável pelo armazenamento da água de reuso após passar pelo sistema de tratamento. Para Dixon *et. al* (1999) a reservação antes do tratamento propriamente dito permite que partículas solidas sedimentáveis sejam retidas antes de chegarem ao sistema de tratamento. Assim é aconselhável que o tempo de decantação seja o mínimo possível.

O Reservatório tem a finalidade não só de armazenar, mas também de garantir que a qualidade do efluente tratado seja mantida até o momento do seu uso, recomenda-se que o reservatório deva ser de material inerte para que não reaja com a água de reuso modificando assim a sua qualidade. É importante também que o reservatório proteja a água de intemperes e agentes externos.

#### **3.2.4.11 Sistema de distribuição da água de reuso**

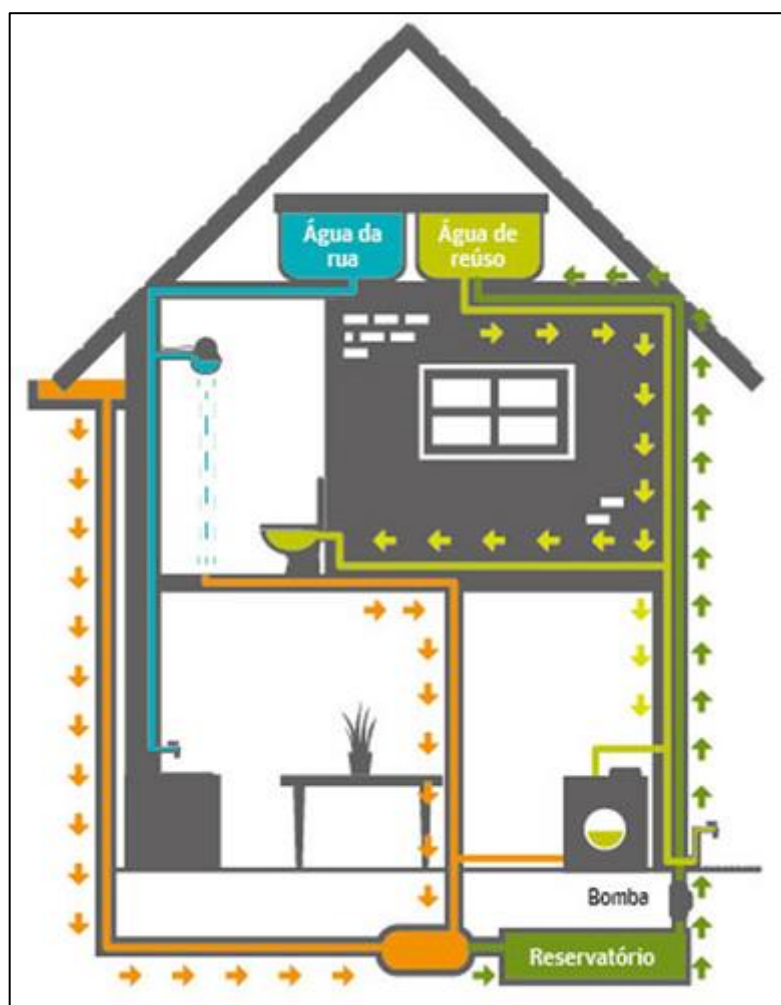
É constituído pelo conjunto de tubulações e conexões (horizontais e verticais) que irão transportar as águas provenientes do sistema de tratamento até o reservatório e deste até o ponto de utilização. A instalação hidráulica deve permitir, quando necessária, a utilização da água potável vinda da concessionária de abastecimento público para os mesmos pontos da água de reuso. Porém esse sistema deve assegurar que não haja cruzamento entre as águas de reuso e a água potável.

O dimensionamento do sistema deve ser feito seguindo as recomendações da NBR 5.626 a qual estabelece as exigências técnicas referentes ao projeto, execução e manutenção de instalações prediais de água fria (ABNT, 1998).

A Figura 7 apresenta um esquema de um sistema de reuso de águas cinzas em conjunto com o aproveitamento de águas pluviais postos em prática em uma residência comum. A água potável (azul) é direcionada aos aparelhos sanitários onde após serem utilizados é transformada em água cinza (laranja), as águas pluviais coletadas por calhas

externas são ilustradas na mesma cor laranja. Após serem reservadas (e possivelmente tratadas) são bombeadas como águas de reuso (verde escuro) para um reservatório secundário de onde são direcionadas para as devidas finalidades não potáveis (verde claro).

Figura 7 - Esquema de um sistema de reuso de águas cinzas em conjunto com um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência



Fonte: Adaptado de SINDUSCOM, 2005

### 3.2.5 Normas Técnicas e as principais Legislações internacionais referentes ao reuso de águas cinzas

A utilização de águas cinzas como fonte alternativa para usos menos nobres é praticada em diversas partes do mundo e há muitos anos. Devido a isso, já existem países bem mais avançados com relação a elaboração de diretrizes técnicas específicas de reuso de águas quando comparados ao Brasil.

Os Estados Unidos não possuem legislações federais relacionadas a prática de reuso. O que existe são guias e diretrizes criadas para direcionar a implantação desse tipo de sistemas (*The Guidelines for Water Reuse*), e após sua última atualização em 2012 para melhor gerenciamento dividiu o reuso de água em categorias, algumas delas encontram-se descritas na Tabela 4. Para cada um dos grupos são estabelecidos valores limites para os parâmetros a serem alcançados pelo tratamento (Tabela 5).

Tabela 4 - Categorias de água de reuso segundo o *The Guidelines for water Reuse* de 2012

<b>Categoria de Reuso</b>	<b>Descrição</b>
Reuso urbano - não restrito	Envolve o reuso de água em que há uma maior possibilidade de exposição ao público durante a utilização da água de reuso, dessa maneira exige um elevado grau de tratamento.
Reuso urbano - restrito	Envolve o reuso de água em que a exposição ao público é controlada, dessa maneira os requisitos de tratamento podem menos rigorosos.
Reuso agrícola - alimentos cultivados	Em alguns estados dos EUA a utilização em alimentos cultivados é estritamente proibida. Já em outros o reuso pode ser feito desde que o alimento não seja consumido cru.
Reuso agrícola - alimentos processados	Como o contato do público com essa água é mínimo os requisitos de tratamento e qualidade de água são menos rigorosos.
Reuso industrial	Envolve o reuso de água em aplicações industriais e instalações e nos diversos processo de produção;
Reuso ambiental	Água de reuso utilizada para desenvolvimento de organismos aquáticos como piscicultura.

Fonte: Elaborado a partir de EPA, 2012

Tabela 5 - Parâmetros e Padrões referentes as categorias de reuso de água segundo o *The Guidelines for water Reuse* de 2012

<b>Categoria de Reuso</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Padrões</b>	<b>Tratamento Sugerido</b>
Reuso urbano - não restrito	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Filtração - Desinfecção
	pH	6-9	
	DBO (mg/L)	10	
	Turbidez (NTU)	≤ 2	
	Coliformes termotolerantes	Ausente em 100 mL	
Reuso urbano - restrito	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Desinfecção
	pH	6-9	
	DBO (mg/L)	≤ 30	
	SST (mg/L)	≤ 30	
	Coliformes termotolerantes	≤ 200 NMP/100 mL	
Reuso agrícola - alimentos cultivados	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Filtração - Desinfecção
	pH	6-9	
	DBO (mg/L)	10	
	Turbidez (NTU)	2	
	Coliformes termotolerantes	Ausente em 100 mL	

<b>Categoria de Reuso</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Padrões</b>	<b>Tratamento Sugerido</b>
Reuso agrícola - alimentos processados	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Desinfecção
	pH	6-9	
	DBO (mg/L)	≤ 30	
	Turbidez (NTU)	30	
	Coliformes termotolerantes	≤ 200 NMP/100 mL	
Reuso industrial	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Desinfecção - Coagulação química e filtração química pode ser requerido
	pH	6-9	
	DBO (mg/L)	≤ 30	
	SST (mg/L)	≤ 30	
	Coliformes termotolerantes	≤ 200 NMP/100 mL	
Reuso ambiental	Cloro Residual (mg/L)	1	- Tratamento Secundário - Desinfecção
	DBO (mg/L)	≤ 30	
	SST (mg/L)	≤ 30	
	Coliformes termotolerantes	≤ 200 NMP/100 mL	

Fonte: Elaborado a partir de EPA, 2012

Em Sidney, na Austrália, o governo de *New South Wales* (NSW) publicou em Maio de 2008 o *Greywater Reuse in Sewered Single Domestic Premises*. Este documento fornece diretrizes e informações para os proprietários e/ou ocupantes de imóveis residenciais sobre esgotos, sistemas de tratamento de água cinza e sua reutilização em atividades de uso não potável. A Tabela 6 apresenta os tipos de uso para as águas cinzas de acordo com a qualidade do efluente segundo o manual australiano (NSW HEALTH, 2008).

Tabela 6 - Aplicação da água cinza em função da sua qualidade segundo o manual Australiano *Greywater Reuse in Sewered Single Domestic Premises* de 2008

<b>Condição</b>	<b>Aplicação</b>
Após passar por Filtração mais grosseira	Irrigação subsuperficialmente
DBO <sub>5</sub> = 20 mg/L Sólidos Suspensos = 30 mg/L Coliformes termotolerantes = 30 UFC /100 mL	Irrigação subsuperficialmente Irrigação superficial
DBO <sub>5</sub> = 20 mg/L Sólidos Suspensos = 30 mg/L Coliformes termotolerantes = 10 UFC /100 mL	Descarga em sanitários Uso em lavanderias

Fonte: Adaptado a partir de NWS HEALTH, 2008

Em outros países o tema já aparece de alguma forma presente na legislação. A França desde 1991 já possui uma norma específica para reuso de águas e se destaca como sendo o primeiro país da comunidade europeia a recomendar que os padrões microbiológicos da OMS sejam utilizados para auxiliar no reuso de efluentes através do manual *Recommendations about the use, after treatment, of municipal wastewater for the irrigation of crops and landscape areas*. Outros países apresentam uma legislação mais voltada para o reuso agrícola, como a exemplo da Tunísia que possui a Lei das Águas e o Decreto 89-1047 de 1989 (BAHRI, 1998). No México a *Ley Nacional Del Agua* está em vigor desde 1993 e estabelece requisitos para o reuso de águas residuárias na agricultura (MAY, 2009).

### 3.2.6 Normas Técnicas e Legislações brasileiras referentes ao reuso de águas cinzas

Segundo Cunha (2008) a utilização de águas de baixa qualidade como fonte de água alternativa em atividade que não requerem água potável é uma prática pouco disseminada no Brasil. Assim os profissionais da área encontram dificuldades devido à falta de orientação técnica na elaboração de um sistema de reuso que opere de maneira eficiente e não coloque em risco a saúde dos usuários e a integridade do sistema hidráulico. Assim, faz-se necessário a adoção de padrões e referências internacionais, sendo efetuados apenas pequenas modificações e adaptações à nossa realidade. No Brasil existem dois instrumentos legais básicos de nível federal que tratam sobre o reuso de água potável. A Resolução N° 54 publicada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 28 de novembro de 2005 que “estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências”. Nela são descritas cinco modalidades de reuso conforme apresenta a Tabela 7 (CNRH, 2005).

Tabela 7 - Modalidades de reuso de água potável e usos sugeridos de acordo com a Resolução N° 54/2005 do CNRH

<b>Modalidade de Reuso</b>	<b>Usos sugeridos</b>
Reuso para fins urbanos	Utilização na irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio.
Reuso para fins agrícolas e florestais	Utilização na produção, agrícola e cultivo de florestas plantada.
Reuso para fins ambientais	Utilização na implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
Reuso para fins industriais	Utilização em processos, atividades e operações industriais.
Reuso para a aquicultura	Utilização na criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos

Fonte: Elaborado a partir de CNRH, 2005



Contudo esta resolução não especifica os parâmetros exigidos para cada modalidade de água de reuso, deixando isso a cargo de outros órgãos competentes (CNRH, 2005).

Outro instrumento de abrangência nacional é a Norma NBR 13.969 de 1997 elaborada pela ABNT, ela dispõe sobre unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos de tanques sépticos. Esta norma não é específica para reuso de águas, porém tem um item dedicado ao reuso de água residuárias, apresentando os itens a serem observados durante o planejamento do sistema, faz uma divisão das águas de reuso em classes de acordo com a finalidade pretendida e em função dos padrões requeridos por cada finalidade e recomenda o tipo de tratamento a ser realizado para cada classe de água de reuso (Tabela 8) (ABNT, 1997). A NBR 5.626 de 1998 em seu item 5.2.1.3 também cita a possibilidade da utilização de água não potável para abastecimento predial, desde que este seja feito atentando-se para os requisitos de segurança mínimos (ABNT, 1998):

*“5.2.1.3 A instalação predial de água fria abastecida com água não potável deve ser totalmente independente daquela destinada ao uso da água potável, ou seja, deve-se evitar a conexão cruzada. A água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.”*

Tabela 8 - Especificações das classes de água de reuso segundo a NBR 13.969

Classes	Uso Previsto	Parâmetros e Padrões					Tratamento recomendado
		Turbidez (NTU)	Coliformes fecais (NMP/100mL)	SDT (mg/L)	pH	Cloro Residual (mg/L)	
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	≤ 5	≤ 200	≤ 200	6-8	0,5 - 1,5	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.
2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	≤ 5	≤ 500	-	-	≥ 0,5	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção.
3	Descargas dos vasos sanitários.	≤ 10	≤ 500	-	-	-	Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

Classes	Uso Previsto	Parâmetros e Padrões					Tratamento recomendado
		Turbidez (NTU)	Coliformes fecais (NMP/100mL)	SDT (mg/L)	pH	Cloro Residual (mg/L)	
4	Reuso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	-	≤ 5000	-	-	-	-

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais. “-“valor não estipulado.

Fonte: Elaborada a partir de ABNT, 1997

Além destas duas legislações de caráter nacional existem em alguns estados legislações municipais que falam a respeito do reuso, porém não apresentam diretrizes técnicas para a sua aplicação.

No município de Curitiba/PR a Lei N° 10.785 de setembro de 2003 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA). Esta lei apresenta como objetivo a criação de “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”. São citadas como fontes alternativas de águas a serem utilizadas nas residências com finalidades não potáveis as águas servidas (provenientes de tanques, máquinas de lavar roupa, chuveiro e banheira) e as águas pluviais. Nos Art. 7 e 8 transcritos abaixo são citados os usos destinados a estes tipos de águas (CURITIBA, 2003):

*Art. 7º A água das chuvas será 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:*

- a) rega de jardins e hortas,*
- b) lavagem de roupa;*
- c) lavagem de veículos;*
- d) lavagem de vidros, calçadas e pisos.*

*Art. 8º. As Águas Servidas serão 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.*

No município de São Paulo/SP e de Maringá/PR foram publicadas as Leis N° 13.309 de janeiro de 2002 e N° 6.076 de janeiro de 2003, respectivamente, que dispõem sobre o reuso de água não potável. Segundo estas leis os municípios reutilizarão a água não potável, proveniente de ETE's para “lavagem de ruas, praças públicas, passeios públicos, bem como para a irrigação de jardins, praças, campos esportivos e outros equipamentos, considerando o custo/benefício dessas operações”. Contudo, estas leis também não apresentam diretrizes ou parâmetros técnicos mais específicos que possam direcionar a implantação de um programa de reuso.

Considerada como uma iniciativa nacional de grande valor lançada em 2005 pelo SINDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção) do Estado de São Paulo em parceria com a ANA, FIESP (Federação das Indústrias), DMA (Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) e COMASP (Comitê de Meio Ambiente do SINDUSCON-SP) pois publicaram o Manual de Conservação da água e reuso em edificações. Nele são apresentadas as exigências mínimas que as águas de reuso devem possuir para serem utilizadas para irrigação de jardins, lavagem de pisos, descarga de bacias sanitárias refrigeração e sistemas de ar condicionados, lavagem de veículos, lavagem de roupas, uso ornamental, uso na construção civil. Neste manual também é apresentada uma classificação das águas de reuso de acordo com a exigência requerida para cada finalidade e os parâmetros e padrões exigidos para cada classe (Tabela 9).

Tabela 9 - Classes de água de reuso segundo a o Manual de Conservação da água e reuso em edificações

<b>Classe</b>	<b>Usos preponderantes</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Padrões</b>
Classe 1	Lavagem de pisos e para fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água, etc); Descarga de bacias sanitárias; Lavagem de roupas; Lavagem de veículos;	pH	6-9
		Cor (UH)	≤ 10
		Turbidez (uT)	≤ 2
		Odor e Aparência	Não desagradáveis
		Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1
		DBO (mg/L)	≤ 10
		COV (mg/L)	Ausente
		Nitrato (mg/L)	≤ 10
		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20
		Nitrito (mg/L)	≤ 1
		Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1
		SST (mg/L)	≤ 5
		SDT (mg/L)	≤ 500
Coliformes	Não detectáveis		

<b>Classe</b>	<b>Usos preponderantes</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Padrões</b>	
		Termotolerantes (NMP/100 mL)		
Classe 2	Usos associados a construção civil: lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira.	pH	6-9	
		Odor e Aparência	Não desagradáveis	
		Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1	
		DBO (mg/L)	≤ 30	
		COV (mg/L)	Ausentes	
		SST (mg/L)	30	
		Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	≤ 100	
Classe 3	Irrigação superficial de áreas verdes e rega de jardins	pH	6-9	
		Salinidade	450 < SDT (mg/L) < 1500	
		Sódio	3 a 9 SAR	
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L	
		Cloro residual (mg/L)	≤ 1	
		Boro (mg/L)	0,7	
		Nitrogênio Total (mg/L)	5-30	
		DBO (mg/L)	< 20	
		SST (mg/L)	< 20	
		Turbidez (uT)	< 5	
		Cor (UH)	< 30	
		Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	≤ 200	
Classe 4	Resfriamento de equipamentos e ar-condicionado		<b>Sem recirculação</b>	<b>Com recirculação</b>
		Sílica (mg/L)	50	50
		Alumínio (mg/L)	-	0,1
		Ferro (mg/L)	-	0,5

Classe	Usos preponderantes	Parâmetros	Padrões	
		Manganês (mg/L)	-	0,5
		Amônia (mg/L)		1
		SDT (mg/L)	1000	500
		Cloretos (mg/L)	600	500
		Dureza (mg/L)	850	650
		Alcalinidade (mg/L)	500	350
		SST (mg/L)	5000	100
		pH	5-8,3	6,8-7,2
		Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	-	2,2
		Bicarbonato (mg/L)	600	24
		Sulfato (mg/L)	680	200
		Fosforo Total (mg/L)	-	1
		Cálcio (mg/L)	200	50
		Magnésio (mg/L)	-	30
		OD (mg/L)	Presente	-
		DQO (mg/L)	75	75

Fonte: Elaborado a partir de SINDUSCON, 2005

### 3.2.7 Caracterização das águas cinzas

Apesar das águas cinzas apresentarem uma característica homogênea, as águas geradas individualmente pelos diversos aparelhos sanitários apresentam características distintas antes de serem misturadas (NSW HEALTH, 2008):

- Águas do banho

São as águas provenientes dos chuveiros e banheiras. Estas águas recebem comumente a contribuição de urina devido ao hábito que algumas pessoas têm de urinarem durante o banho. Pode-se considerar insignificante a parcela de patógenos presentes nestes efluentes pois, os microrganismos presentes na urina resistem pouco tempo fora do organismo

humano. É frequente a presença de compostos nitrogenados associados à amônia, em um estudo realizado por Almeida *et. al* (1999) as concentrações de Nitrogênio amoniacal medidas em efluentes de chuveiro e banheiras foram de 1,2 e 1,1 mg/L, respectivamente.

Produtos químicos de higiene como sabões, xampus e outros produtos e cosméticos também estão presentes em efluentes de banho. Apesar do fósforo estar presente em sabões e detergentes como fosfatos, a sua ‘concentração total nestes efluentes é bem menor que os encontrados em máquinas e tanques de lavar roupa. Segundo Almeida *et. al* (1999) os teores de fósforo total nessas águas estão entre 0,1 e 2,1 mg/L, já para as águas de máquinas e tanques de lavagem de roupas estão entre 0,1 e 57 mg/L.

Outra fonte de poluição dessas águas são os resíduos corporais como fios de cabelos, suor e gorduras da pele.

- Águas do lavatório do banheiro

Estas águas assim como as águas do banho apresentam produtos químicos utilizados na higiene como sabão, pasta dentes, cosméticos entre outros.

- Águas da Máquina ou Tanque de lavar roupa

A qualidade dessas águas varia de acordo com o número do ciclo de lavagem utilizado, ou seja, a primeira água descartada na lavagem apresenta elevado teores de sabões e sujeira das roupas, como partículas de areia, terra e fibras de roupas e outros resíduos (dependendo também da rotina e tipos de atividades desempenhadas pelos usuários das roupas). Estas partículas acabam elevando a turbidez e o teor de sólidos suspensos e dissolvidos, aumentando as chances de entupimento do sistema de coleta e bombeamento além de dificultar o tratamento e a desinfecção do efluente. As águas do segundo ciclo apresentam melhores condições, com características físicas melhores. Estes efluentes por receberem uma carga de produtos químicos maior, se comparados aos efluentes provenientes do banheiro, apresentam o valor de pH mais alcalinizado (MAY, 2009). O tanque de lavar roupa quando localizado na área externa da casa há a possibilidade de receber também substâncias nocivas e tóxicas, como tintas, produtos químicos inflamáveis, tintas e vernizes descartados incorretamente pelos usuários.

Existem alguns fatores que influenciam na qualidade das águas cinzas de uma edificação como (NSW HEALTH, 2008):



- A localização da edificação influencia caso ela esteja em regiões onde ocorra escassez de água, isso porque o consumo da mesma é mais reduzido, logo as águas cinzas apresentarão os poluentes mais concentrados;

- O tipo de edificação (residencial ou comercial), que influencia no número dos equipamentos sanitários. Em edificações não residenciais a composição das águas cinzas é geralmente influenciada por maior número de lavatórios, e logo a sua qualidade é melhor por apresentar pequena quantidade de resíduos corporais e material particulado e menor variação de compostos químicos de limpeza;

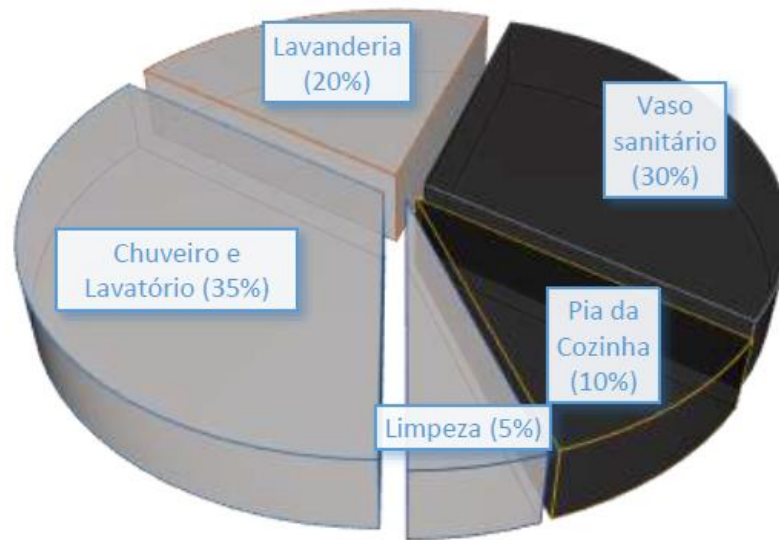
- A região e a estação do ano, que influenciam devido a variações do clima. Em dias mais quente as pessoas tendem a elevar o número de banhos durante o dia, assim como banhos mais demorados o que acaba provocando uma diluição dos componentes presentes no efluente;

- O estilo de vida, cultura e costumes dos usuários também afetam a qualidade das águas cinzas geradas em uma residência, devido: a quantidade de sabão utilizada na lavagem das roupas, tipo e quantidade de sujeira presente nas roupas e hábitos de higiene como urinar durante o banho;

O sucesso dos sistemas de reuso de águas cinzas em residências se deve entre outros fatores ao grande potencial de produção do efluente, assim como ao número considerável de atividades que não necessitam de água potável para a sua execução. Por esse motivo edificações comerciais apresentam uma certa limitação com relação a esse tipo de reuso, uma vez que nestes ambientes as águas cinzas são provenientes da contribuição apenas de lavatórios o que gera um pequeno volume de efluentes passível de ser tratado, necessitando assim de uma complementação para melhorar a sua atuação, como o uso em conjunto de água da chuva ou da água de condensamento de aparelhos de ar condicionado.

A Figura 8 apresenta os resultados de um estudo sobre o volume de águas cinzas produzidas em residências de países industrializados, nela é possível perceber que o volume de águas cinzas é considerável e até superior ao das águas negras. Observa-se também que o maior volume de águas cinzas é proveniente das atividades desenvolvidas no banheiro.

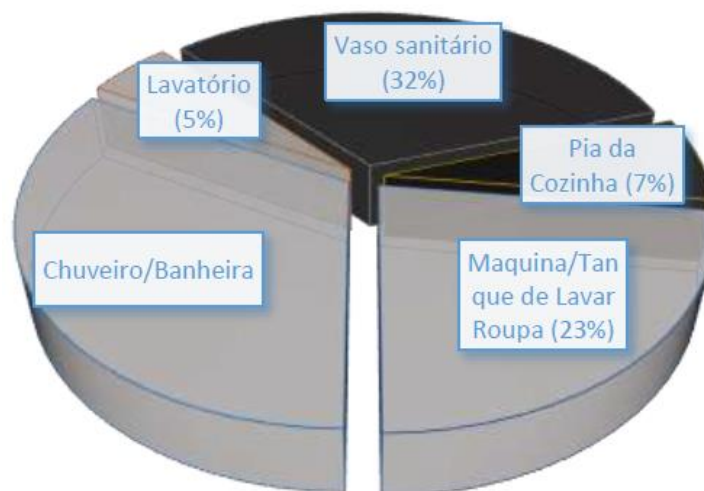
Figura 8 - Porcentagem de Águas Negras e Cinzas produzidas em uma residência



Fonte: Elaborado a partir de CLARKE e KING, 2005

Na Figura 9 é apresentado os resultados de um estudo semelhante feito pelo governo da cidade de Sydney, Austrália (NSW HEALTH, 2008). Nele é possível observar a semelhança entre os volumes encontrados para cada aparelho sanitário no estudo realizado por Clarke e King (2005).

Figura 9 - Porcentagem de Águas Negras e Cinzas produzias em uma residência



Fonte: Elaborado a partir de NSW HEALTH, 2008

Na Tabela 10 foram reunidos resultados de três estudos desenvolvidos no Brasil onde foi estimado a produção de águas servidas em residências. Analisando os dados percebe-se que nos estudos realizados pela DECA e pelo IPT/PNCDA, o volume de águas cinzas medidos foi superior ao de águas negras (28,6 e 25%, respectivamente), o que em parte, justificaria a implementação de um sistema de reutilização empregando as águas cinzas.

Tabela 10 - Porcentagem de águas servidas medidas em algumas residências no Brasil

Aparelho Sanitário	Porcentagem de produção de águas servidas (%)		
	Pesquisa da USP <sup>(1)</sup>	Pesquisa do IPT/PNCDA <sup>(2)</sup>	Pesquisa da DECA <sup>(3)</sup>
Vaso Sanitário	29	5	14
Pia de Cozinha	17	17	14,6
Máquina de lavar louças	9	3	-
Chuveiro	28	54	46,7
Lavatório	6	7	11,7
Tanque	6	10	4,9
Máquina de lavar roupas	5	4	8,1

Fontes: (1) USP, 1999; (2) IPT/PNCDA, 2007; (3) DECA, 2005 *apud* MAY, 2009

O consumo de água em atividades que poderiam ser realizadas com águas de reuso é considerável. Para Gonçalves (2009) cerca de 40% do consumo de água para fins domésticos destinam-se a usos não potáveis, dentre eles estão o uso de descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados, vegetações ou jardins, lavagem de automóveis, limpeza de calçadas, pátios, pisos internos e externos. Já para Clarke e King (2005) o consumo de água em atividades de uso não potável atinge cerca de 55%, destacam-se o uso em bacias sanitárias, lavanderias, na higienização e limpeza de ambientes.

### 3.2.8 Diferenças entre as Águas Cinzas e o Esgoto Doméstico

As águas cinzas são diferenciadas dos esgotos domésticos brutos, ainda assim são vistas como idênticas por boa parte da população. Uma das razões para isso se deve ao mau odor exalado por elas quando estocadas por um período de tempo sem o devido tratamento. O odor é gerado pela ação de bactérias anaeróbias que após a depleção do oxigênio (queda drástica do teor de oxigênio dissolvido na água) degradam a matéria orgânica, as quais quando presente nas águas cinzas apresentam uma taxa de decaimento muito mais elevada se comparada ao esgoto doméstico, isso ocorre devido à natureza da matéria orgânica presente neste tipo de efluente, que é menos complexa e por isso de fácil degradação para os microrganismos. Assim, as águas cinzas tornam-se sépticas mais rápido e geram gases mal cheirosos semelhante ao do esgoto bruto (BAZZARELLA, 2005). Segundo Eriksson *et. al* (2002) a depleção do oxigênio em águas cinzas ocorre após 48hs de armazenamento.

Apesar disso, as águas cinzas apresentam características físico-químicas e microbiológicas bastante diferentes dos esgotos domésticos. A Tabela 11 apresenta os valores para alguns destes parâmetros segundo estudo realizado por Bazzarella (2005) na Universidade Federal do Espírito Santo, em Vitória, onde foram caracterizadas as águas cinzas provenientes de lavatórios, chuveiros, pia de cozinha, tanque e máquina de lavar roupas coletadas de um sistema experimental construído na própria universidade. A Tabela 11 também apresenta valores referentes a um estudo feito por Jamrah *et al.* (2004) *apud* May (2009). Já na Tabela 12 estão alguns valores dos parâmetros típicos medidos para o esgoto doméstico.



Fonte	Aparelho sanitário	Parâmetros Físicos		Parâmetros Químicos							Parâmetros Microbiológicos (NMP/100mL)	
		Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	N <sub>total</sub> (mg/L)	P <sub>total</sub> (mg/L)	pH	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Óleos e Graxas (mg/L)	Coliformes totais	<i>E. Coli</i>
	Chuveiro/ Banheira	109	103		0,2	7,34	6,9	165	582	95,2	3,95 x 10 <sup>4</sup>	2,63 x 10 <sup>4</sup>
	Lavatório	158	146		0,6	8,03	6,9	265	653	81,9	1,53 x 10 <sup>2</sup>	1,01 x 10
	Tanque	299	221		17,7	8,85	7,1	570	1672	140,6	2,06 x x10 <sup>2</sup>	2,87 x 10
	Máquina de lava roupas (2° ciclo)	58	53		14,4	9,06	7,1	184	521	24,2	5,37	2,73 x 10

“-“Medição não realizada.

Fonte: (1) Jamrah *et al.*, 2004 *apud* May 2009; (2) Bazzarella, 2005

Tabela 12 - Variação dos valores dos Parâmetros típicos de esgoto doméstico

<b>Parâmetros Físicos</b>	SST (mg/L)	700-1350
	SDT (mg/L)	500-900
<b>Parâmetros Químicos</b>	pH	6,7-7,5
	DBO (mg/L)	200-500
	DQO (mg/L)	400-800
	N <sub>total</sub> (mg/L)	35-70
	P <sub>total</sub> (mg/L)	5-25
	Óleos e graxas (mg/L)	55-170
<b>Parâmetro microbiológicos</b>	Coliformes Totais (NMP/100mL)	10 <sup>6</sup> -10 <sup>9</sup>

Fonte: Elaborado a partir de Arceivala (1981), Pessoa e Jordão (1982), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991) e experiência do próprio autor *apud* Von Sperling (1996)

### 3.2.8.1 Características Físicas, Química e Microbiológica

Dentre os parâmetros físicos os que apresentam maior relevância ao estudo das águas servidas é a turbidez e o teor de sólidos suspensos totais (SST). Estes dois parâmetros estão relacionados com a concentração de partículas e material coloidal presentes nos efluentes. Nas águas cinzas estes parâmetros estão relacionados com a presença de cabelos, fibras de roupas, surfactantes presentes em detergentes e sabões, e possíveis partículas de areia e terra (MAY, 2009). Já no esgoto doméstico, o alto valor desses parâmetros está relacionado com o maior número de material orgânico complexo como as fezes e os resíduos de alimentos provenientes da cozinha. Essa diferença pode ser notada ao analisar os valores de SST para ambos os efluentes nas Tabela 11 e Tabela 12. Essa diferença nos valores de caracterização das águas cinzas lhe confere uma menor geração de lodo e uma maior facilidade de tratamento, no entanto estes materiais particulados ainda podem gerar problemas de entupimentos.

Os compostos orgânicos e inorgânicos exercem grande influência sobre as características químicas destes efluentes. A parcela orgânica é responsável principalmente por torna-los sépticos após a depleção do oxigênio. Entretanto, a taxa de decaimento desse material presente nas águas cinzas é muito mais elevada que nos esgotos, em razão da diferença de complexidade entre elas, o que faz com que gases liberados pela decomposição anaeróbia da matéria sejam liberados mais rápido em águas cinzas. Realizando o cálculo da média dos valores de DBO encontrados por Bazzella (2005) para os aparelhos sanitários

estudados tem-se que a DBO média é de 296 mg/L, valor este bem abaixo do esgoto doméstico, Tabela 12. Já o valor médio de DQO calculado a partir dos dados de Bazzarella (2005) e os de esgoto doméstico Tabela 12 encontram-se bem próximos. Isso ocorre devido a concentração de produtos químicos de higiene e limpeza serem muito parecidas nos dois efluentes (ERIKSSON *et al*, 2002).

Os principais compostos inorgânicos encontrados nestes efluentes são os compostos nitrogenados, fosforados e sulfurados. Os nitrogenados apresentam sua concentração bem mais elevada em esgotos brutos, pois a sua principal fonte é a amônia, presente na urina (MAY, 2009). Os Compostos fosforados são provenientes de detergentes e sabões que contem fosfato em sua composição, de maneira que em regiões onde não são utilizados estes tipos de sabões há uma redução de cerca de 70% no teor de fosforo total das águas cinzas (OTTERPOHL, 2001). Os compostos sulfurados têm origem principalmente nas proteínas proveniente da matéria orgânica presente nos efluentes (JORDÃO, 1995).

Os principais microrganismos patógenos estudados neste tipo de efluentes são os coliformes fecais ou termotolerantes e a *Escherichia coli*. Estes têm origem estomacal e por isso são indicadores de contaminação fecal. Em razão da contribuição de bacias sanitárias, o esgoto bruto (água negra) apresenta um teor de coliformes termotolerantes bem mais elevados que as águas cinzas, como pode ser observado pelas Tabela 11 e Tabela 12. (OTTOSON e STENSTRÖM, 2003). A quantidade de coliformes termotolerantes sofre um aumento a partir das 48 horas iniciais de geração das águas cinzas, em razão da depleção do oxigênio (ROSE *et. al*, 1991), assim é necessário realizar a desinfecção adequada das águas cinzas.

### **3.2.9 Tipos de sistema de tratamento empregado em águas cinzas para fins não-potáveis**

O Sistema de tratamento tem como objetivo tornar as águas cinzas propícias a serem reutilizadas para as finalidades as quais são desejadas (CUNHA, 2008). Para a escolha do sistema de tratamento mais adequado é necessário ter o conhecimento das características físico-químicas e biológicas das águas cinzas que serão reutilizadas, assim é possível adequá-las aos devidos parâmetros finais (MAY, 2009).

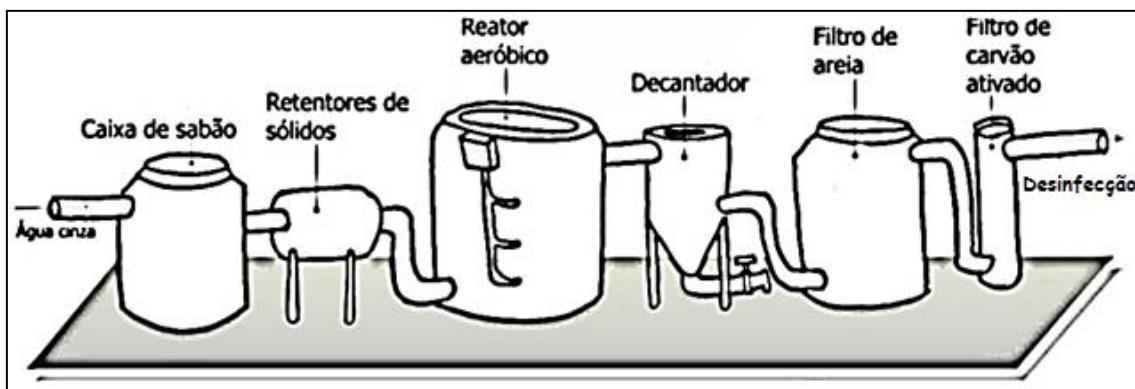
De acordo com Viggiano (2010) para os casos em que as águas de reuso são destinadas a atividades em que não há contato direto com o usuário não necessitam ser desinfetadas, sendo necessário apenas uma filtração simples para remoção de possíveis



particulados que possam vir a causar entupimento na tubulação. Já para os casos onde há um contato direto ou até mesmo indireto é necessário o processo de desinfecção da mesma. Quando forem destinadas unicamente para descarga de bacias sanitárias podem ser reutilizadas sem desinfecção desde que sejam provenientes de tanques ou máquinas de lavagem de roupas com o mínimo de teor de saponáceos.

Assim como ocorre com o esgoto doméstico, para um tratamento completo das águas cinzas é necessário empregar uma combinação de tratamentos em série (MANUSCO e SANTOS, 2003). Em um esquema de um sistema idealizado por Viggiano (2010) o tratamento dessas águas contempla as seguintes etapas: caixa de Sabão, retentores de sólidos, reator aeróbio, decantador, filtro de areia, filtro de carvão ativado e desinfecção (Figura 10).

Figura 10 - Esquema de uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas

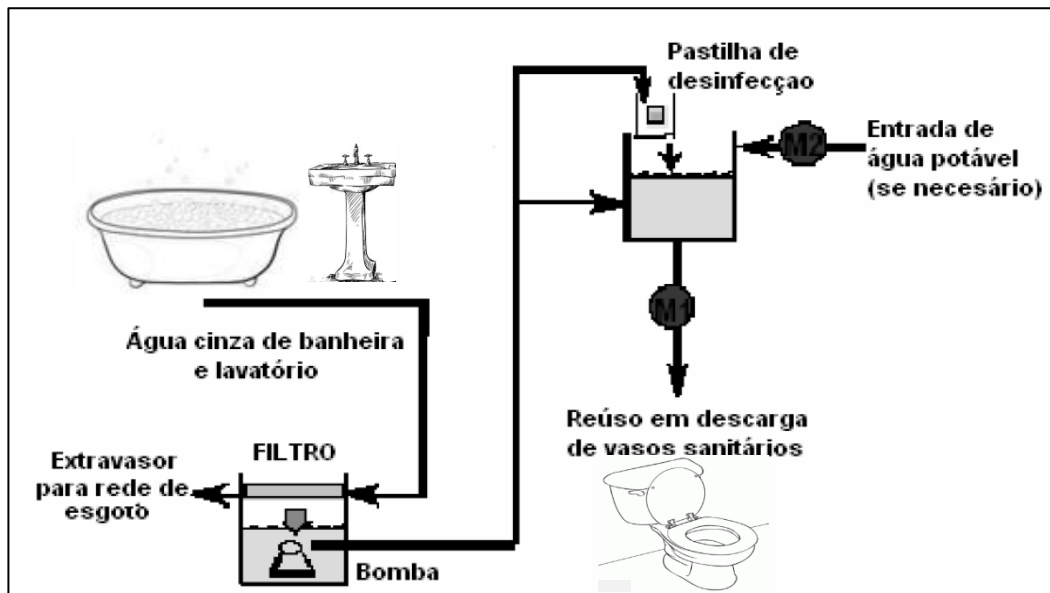


Fonte: Adaptado a partir de VIGGIANO, 2010

Em um outro exemplo de sistema de tratamento de águas cinzas são utilizados apenas dois estágios (Figura 11 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

Este processo mais simples é composto por uma etapa de filtração seguida uma desinfecção. É empregado um curto período de detenção hidráulica para que a natureza química da água cinza permanece inalterada sendo preciso o mínimo de tratamento. Entretanto, este sistema apresenta algumas desvantagens, como a presença da matéria orgânica que acaba reduzindo a eficiência da desinfecção química, pois dificultam a difusão do desinfetante e quando aplicado o cloro acaba gerando subprodutos como cloraminas e trihalometanos (substâncias cancerígenas) pela reação entre o cloro e a matéria orgânica presente no meio (JEFFERSON *et. al*, 1999).

Figura 11: Esquema de um sistema de Tratamento de Águas Cinzas de dois estágios



Fonte: Adaptado a partir de HILL et. al, 2003

### 3.3 Águas Pluviais

As águas pluviais são aquelas provenientes da precipitação atmosférica e constituem uma importante etapa no ciclo hidrológico, sendo a principal responsável pelo retorno da água doce em sua forma líquida a superfície do planeta. Nos grandes centros urbanos, onde boa parte do solo é impermeabilizado devido ao seu recobrimento com asfalto e pisos de concreto, estas águas são facilmente coletadas e conduzidas para os sistemas de drenagem urbana de saneamento básico, as chamadas galerias de águas pluviais. O sistema de drenagem que deveria ser independente da rede de esgoto acaba sendo, em alguns casos, construído de forma inadequadas. Em muitas regiões do Brasil onde o saneamento básico é precário, é feita a ligação clandestina dos efluentes urbanos nas redes de drenagem pluvial o que gera diversos problemas, dentre eles o lançamento dos esgotos diluído em corpos d'água superficiais e até à situação de subdimensionamento da rede de escoamento, causando o aparecimento de problemas como o retorno dessa mistura esgoto bruto + água pluvial, para as avenidas e ruas, em períodos de chuvas intensas.

### **3.3.1 Aproveitamento das águas pluviais**

As águas das chuvas, assim como as águas cinzas, apresentam grande potencial de reuso em finalidades não potáveis após devido tratamento. Estas águas podem ser utilizadas em edificações residências, condomínios, instalações industriais e comércios, sendo indicadas para atividades em que não há o risco de contato primário com o corpo humano, como a irrigação de canteiros e jardins, lavagens de pisos, calçadas, de carros e descargas de bacias sanitárias (OTTERPOHL, 2001).

Segundo dados da UNESCO (2003) muitas regiões do planeta possuem grande potencial para o aproveitamento deste tipo de água, como em regiões próximas à linha do Equador onde há um elevado índice pluviométrico. A precipitação média da Terra é de cerca de 860 mm anuais, sendo que este valor não é igualmente distribuído. Na América Latina a precipitação média é de 1600 mm por ano, porém existem regiões como a Amazônica, onde a precipitação anual chega a cerca de 2400 mm e outras regiões como o deserto do Atacama, no Chile, onde é de apenas 20 mm.

Diferente das águas cinzas onde a sua geração é relativamente constante, o aproveitamento das águas pluviais depende do regime pluviométrico da região (nível de precipitação) que por sua vez é influenciado por fatores climáticos, meteorológicos, topográficos, convecção térmica, localização geográfica e época do ano. Assim, para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais faz-se necessário a coleta e análise de alguns dados pluviométricos da região como: índice pluviométrico, duração, intensidade e frequência. A partir destes dados é possível verificar como a disponibilidade pluviométrica da região irá suprir a demanda do usuário (ORSI e SARUBO, 2015). Além disso, estes dados também serão utilizados para o dimensionamento de todo o sistema de aproveitamento de águas da chuva.

#### **3.3.1.1 Vantagens na implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais**

As principais vantagens da adoção desse sistema, além daquelas já citadas para o sistema de reuso de águas cinzas são:

- Redução da vazão de contribuição para os sistemas de drenagem urbana diminuindo a possibilidade de enchentes;

- Redução da poluição difusa, ou seja, com a redução do volume de água de chuva lançado nas ruas há uma diminuição do carreamento de poluentes e contaminantes presentes no solo;

### **3.3.1.2 Dificuldades para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais**

Por apresentar menor carga de poluentes as águas da chuva despertaram maior interesse para seu aproveitamento do que o reuso de águas cinzas. Contudo ainda existem diversas dificuldades que devem ser enfrentadas para que possa ser implantando um plano de aproveitamento da água da chuva em âmbito Federal, como a falta de maiores investimentos e programas de incentivos tanto por parte das concessionárias de água e esgotos quanto por parte do governo e a criação de um programa de subsídios aos usuários que se propõem a instalarem o sistema em suas edificações, como já há em várias cidades do mundo.

Outro fator é a mudança na cultura do desperdício e da abundância que ainda está instalada na população em geral. Contudo vale citar que já existem diversas legislações municipais que obrigam que edificações com determinada área sejam projetadas com algum tipo de sistema de aproveitamento da água das chuvas.

### **3.3.2 Breve histórico e cenário atual do aproveitamento de águas pluviais no mundo e no Brasil**

Atualmente a captação e armazenamento das águas da chuva é bastante utilizada em regiões áridas onde a disponibilidade de água é restrita e a frequência de chuvas da região é baixa. Um exemplo disso é o sertão do nordeste brasileiro, onde até hoje muitas famílias dependem da construção de cisternas (reservatórios utilizados para armazenar a água da chuva para posterior consumo) para terem água disponível em épocas de escassez (TOMAZ, 2003).

No mundo esta é uma prática bem antiga e já vem sendo realizada a milhares de anos. Durante o Império Romano foram construídos sistemas sofisticados para coleta e armazenagem de águas pluviais. Já no México, há registros que apontam esta atividade para a época da civilização Asteca e da civilização Maia, onde a agricultura era baseada na coleta de águas pluviais, as quais era armazenada em cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000

litros, chamadas por eles de “Chultuns” (GNADLINGER, 2000). Há registros ainda mais antigos de cisternas feitas em rochas, como em Israel que datam de cerca de 3.000 anos a.C, fortalecendo a ideia de que esta atividade iniciou-se no Oriente Médio e se difundiu ganhando força pelo mundo ao longo dos séculos (TOMAZ, 2003).

Em vários países como Estados Unidos, Japão, Alemanha e Austrália são oferecidos financiamentos para o desenvolvimento de sistemas de captação de água de chuva. Os Estados Unidos possuem mais de 150 mil reservatórios destinados ao armazenamento dessas águas (TOMAZ, 2003). Na Alemanha, o governo oferece financiamentos para a construção de sistemas de captação com o intuito de reduzir o consumo de água potável, além de garantir uma reserva de água para as futuras gerações e para as indústrias (GROUP RAINDROPS, 2002). No Japão, na cidade de Sumida, a água de chuva é uma alternativa para garantir uma maior segurança no abastecimento em potenciais situações de emergência, como o combate aos incêndios. Atualmente em muitas das residências destes países são utilizados um sistema duplo de distribuição de água fria, um para finalidades potáveis e o outro para fins não potáveis (principalmente no uso de bacias sanitárias), isso gera a eles uma economia de água superior a 30%. Já na cidade de Tóquio o governo decretou que as edificações que utilizem mais de 100 m<sup>3</sup> de água/dia ou que tenha uma área de mais de 30.000 m<sup>2</sup> façam o aproveitamento de águas pluviais ou o reuso de águas cinzas (TOMAZ, 2003). Na Holanda a água é coletada para não haver o transbordamento de canais que ficam abaixo do nível do mar, esta água coletada é armazenada e utilizada na irrigação e em fontes ornamentais (PNUMA, 2001). Na Austrália o sistema de aproveitamento de águas pluviais proporciona uma economia da ordem de 45% em atividades domésticas e de 65% em atividades agrícolas (MAY, 2009). Segundo um estudo de Coombes *et al.* (2002) em uma região da Austrália com 450.000 habitantes a construção de sistemas para a captação de águas pluviais aliviou a necessidade de construções hidráulicas por pelo menos 34 anos. Em 1995 na cidade de Kitakyushu, no Japão, um edifício com 14 pavimentos foi construído com um sistema de aproveitamento de água da chuva com capacidade de armazenar aproximadamente 1 milhão de litros, as quais foram tratadas juntamente com as águas cinzas e em seguida utilizadas em descarga de vasos sanitários deste edifício (TOMAZ, 1998). Na Nova Zelândia 11% da população do país, cerca de 450 mil habitantes, têm a água de chuva como a principal fonte para consumo humano (MINISTRY OF HEALTH, 2006).

No Brasil a captação e armazenamento das águas da chuva e seu posterior uso para as diversas atividades domésticas veem sendo utilizada como alternativa pela população

de regiões que não tem acesso a água para consumo. Nestas regiões grande parte da população realiza a captação por meio de um sistema de calhas acopladas aos telhados e armazenadas em cisternas (UNEP, 2009). Em 2001, foi idealizado um programa de abastecimento de água para as áreas rurais do semiárido brasileiro, denominado de PIMC (Programa Um Milhão de Cisternas), iniciativa promovida pela rede de organizações sociais designada Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA). Este programa consiste no armazenamento da água da chuva captada por calhas no telhado das residências e encaminhadas às cisternas que são construídas em placas de cimento e localizadas ao lado das residências. Esta ação tem o intuito de promover uma alternativa tecnológica a problemática da escassez de água nessas regiões. Através de um convenio, o Governo Federal financiou a construção de 578.336 cisternas (dados de setembro de 2015) (ASA, 2015).

Assim como em outros países, no Brasil a captação e o aproveitamento das águas pluviais também é realizado nas áreas urbanas como fonte alternativa de água para fins menos nobres, com o intuito de reduzir problemas como inundações nos centros urbanos causados pela alta impermeabilização do solo, além de também, proporcionar a conservação de água potável (GOMES *et. al*, 2014). Apesar de não ser amplamente empregada nas residências de todo país, hoje com a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva (ABMCAC) a divulgação, realização de pesquisas, estudos e desenvolvimento de equipamentos e instrumento sobre o tema veem crescendo (ABCMAC, 2007). Um exemplo disso e com foco na minimização de gastos financeiros destacam-se empreendimentos como o da Lavanderia da Paz, localizada na cidade de São Paulo, que utiliza a água da chuva para lavagem de tecidos a mais de 20 anos. Para isso a água da chuva é coletada através dos telhados (com área de 1.400 m<sup>2</sup>), tratada por um processo de filtração e em seguida é utilizada na lavagem de tecidos. A lavanderia chega a coletar por mês cerca de 500.000 L de água, isso em conjunto com a utilização de um poço semi-artesiano faz com que a lavanderia utilize apenas 37,5 % da água da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) (MONTERO, 2001).

Outro exemplo ocorre na Faculdade ENIAC, em Guarulhos-SP, que possui um sistema de captação de águas pluviais para fins de reuso desde 2009. Esta água é tratada em uma Estação de Tratamento de Efluentes dentro da própria faculdade e utilizada em descargas sanitária, lavagem de pátios e irrigação de jardins. Segundo o gerente de planejamento e marketing da instituição “Cerca de 10% do investimento total da construção do ENIAC foram

destinados à implantação da estação de tratamento para reuso de água. O empreendimento já representa 60% de economia.”

Com a maior disseminação da técnica de aproveitamento no Brasil reflexos podem ser observados na própria legislação brasileira, através da criação de alguns instrumentos legais que dispõem respeito ao tema. Apesar de no âmbito federal não haver nenhum ordenamento jurídico específico que obriguem as edificações a realizarem o aproveitamento das águas pluviais, alguns municípios já exigem que algum sistema de aproveitamento seja pensado desde o projeto do empreendimento. Na região sul e sudeste, tem-se como exemplo os municípios de São Paulo, Matão (SP), Curitiba, Maringá e Ponta Grossa, no Paraná, e Porto Alegre (RS). Já na região nordeste, apenas Recife, Salvador e João Pessoa apresentam legislação sobre o tema (VELOSO e MENDES, 2013).

### **3.3.3 Captação de águas pluviais para fins não-potáveis em edificações**

A implantação de sistemas de aproveitamento das águas pluviais em regiões urbanas traz inúmeras vantagens (anteriormente citadas) e constitui-se de uma alternativa tecnológica bastante interessante para minimizar alguns problemas de consumo enfrentados nessas regiões, devendo assim, ser considerado na implementação tanto em edificações residenciais, quanto em edificações comerciais e industriais.

Segundo Dixon *et al.* (1999) este sistema também pode ser utilizado em associação ao sistema de reuso de águas cinzas, aumentando assim a viabilidade da implantação do processo. Uma vantagem da construção de um sistema duplo é o aumento da eficiência do tratamento, pois a mistura das águas acaba diluindo a concentração dos poluentes presentes nas águas cinzas. Esta vantagem ocorre principalmente em edificações comerciais e industriais que geram um volume de águas cinzas proporcionalmente inferiores ao de uma residência normal devido a baixa atividade de banhos e lavagem de roupas.

A implantação de um sistema de aproveitamento das águas pluviais pode ser feita em qualquer edificação desde que sejam observados algumas especificações e requisitos técnicos para que o processo opere sempre de maneira eficiente e que a saúde dos usuários e a integridade física da edificação seja sempre garantida. Assim é necessário o levantamento de alguns dados e ter em vista os seguintes fatores (MENDONÇA, 2004):

- Atendimento dos requisitos mínimos previstos para o sistema;
- Riscos envolvidos com a operação do sistema de aproveitamento;
- Custos envolvidos na implantação do sistema de aproveitamento;
- Determinação do potencial pluviométrico da região e das vazões de consumo;
- Diagnóstico da qualidade da água da chuva na região;
- Busca por legislação e normas técnicas as quais estabelecem os parâmetros e padrões para sistemas de aproveitamento de águas pluviais;
- Estabelecimento do nível de qualidade final da água de reuso;
- Definição do tipo e nível do tratamento a ser empregado
- Análise da planta do sistema de captação de águas pluviais e das instalações hidráulicas da edificação para o redimensionamento da rede identificando os pontos de coleta e pontos de consumo e dimensionamento do reservatório de água de reuso;
- Monitoramento da qualidade de água do sistema de aproveitamento em operação;

Em relação aos requisitos mínimos previstos para o sistema, de maneira geral, para o processo podem ser utilizados os mesmos requisitos mínimos citados por Blum (2003) para o sistema de reuso de águas cinzas, pois apesar da fonte d'água ser diferente a finalidade de uso será a mesma (não potável). Além destes, há a necessidade de atender a algumas exigências referentes a cada finalidade de uso não-potável ao qual as águas pluviais são destinadas. O Manual de Conservação e Reuso da Água (SIDUSCON, 2005) apresenta exigências mínimas requeridas para algumas finalidades, Tabela 13.



Tabela 13 - Exigências mínimas para uso da água com finalidade não potável, em função dos usos previstos segundo o manual de Conservação e Reuso da Água

Usos previstos	Exigências mínimas
Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	- Não deve apresentar mau-cheiro;
	- Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
	- Não deve ser abrasiva;
	- Não deve manchar superfícies;
	- Não deve causar infecções ou a contaminação por vírus e bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para descarga em bacias sanitárias	- Não deve apresentar mau-cheiro;
	- Não deve ser abrasiva;
	- Não deve ser turva;
	- Não deve manchar superfícies;
	- Não deve deteriorar os metais sanitários.
Água para lavagem de veículos	- Não deve apresentar mau-cheiro;
	- Não deve ser abrasiva;
	- Não deve manchar superfícies;
	- Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;
	- Não deve causar infecções ou contaminação por vírus e bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de roupas	- Deve ser incolor;
	- Não deve ser turva;
	- Não deve apresentar mau-cheiro;
	- Deve ser livre de algas;
	- Deve ser livre de partículas sólidas;
	- Deve ser livre de metais;
	- Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
	- Não deve causar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

Fonte: Adaptado a partir de SINDUSCON, 2005

### 3.3.3.1 Riscos envolvidos com a operação do sistema de aproveitamento

Para que a implantação do sistema não acarrete efeitos adversos aos usuários é necessário levar em consideração alguns riscos envolvidos com a utilização de águas pluviais para usos não potáveis. O principal risco está envolvido com o comprometimento da qualidade da água, o qual pode ser causado por fatores como:

- Influência de compostos presentes na atmosférica

A água da chuva em teoria é de excelente qualidade, porém, existem alguns fatores que devem ser considerados e que podem acabar contaminando-a. Um destes fatores é a qualidade atmosférica da região, a presença de poluentes suspensos no ar durante a precipitação faz com que a água da chuva fique contaminada pela dissolução destes compostos (CAMPOS e AZEVEDO, 2013). Esta situação é característica de regiões urbanas, onde a queima intensa de combustíveis fósseis por veículos automotores e a presença de indústrias elevam a concentração de compostos químicos como metais pesados e óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), que são convertidos para ácido sulfúrico e nítrico, respectivamente, ao entrar em contato com o vapor d'água da atmosfera, precipitando em forma de chuva ácida (TUCCI apud TORDO, 2004). Os riscos de contaminação da água da chuva por pesticidas ocorrem em zonas rurais devido à dispersão destes na atmosfera. Por isso é importante verificar o histórico de poluição do ar na região na qual o sistema de aproveitamento será empregado.

- Influência dos fatores climáticos

Destacam-se os fatores como: intensidade pluviométrica, duração e frequência de chuvas, regime de ventos, umidade relativa, intensidade da radiação solar, tamanho relativo das gotas de chuvas, percursos e altitude das nuvens, dentre outros fatores que possam fazer com que a qualidade da água da chuva seja alterada. Estes fatores afetam a concentração de poluentes presentes nas águas coletadas e para solucionar este problema é necessário o uso de algum mecanismo ou dispositivo de descarte das primeiras águas da chuva captadas, as quais apresentarão maior concentração dos compostos e material particulado.

- Mecanismo de captação

Para a captação da água da chuva é comumente utilizado os telhados, ou coberturas da edificação, contudo, visando um maior aproveitamento do volume precipitado considera-se, neste caso, o aproveitamento das águas captadas pelo pátio ou outras áreas

similares (ORSI e SARUBO, 2015). É importante destacar que em alguns casos pode não ser recomendada esta prática em razão do trânsito de pessoas, animais e veículos o que acaba aumentando a contaminação dessas águas. Porém, mesmo quando a captação é feita através dos telhados é necessário atentar-se para o descarte do primeiro fluxo (*first flow*), pois as primeiras águas da chuva carregam além dos poluentes presentes na atmosfera, resíduos acumulados nos telhados como partículas sólidas de areia e poeira, detritos orgânicos como fezes, urinas e até resto de animais mortos, resíduos sólidos mais grosseiros como folhas e galhos, e uma série de microrganismos patogênicos (JAQUES, 2005). Segundo Brown *et. al.* (2005) após o descarte das primeiras águas a qualidade da água aumenta significativamente.

Além do controle dos riscos que envolvem a qualidade das águas pluviais, também devem ser observados os riscos semelhantes aos observados na implantação de um sistema de reuso de águas cinzas. Assim, devem ser feitas algumas avaliações dos seus parâmetros químicos, a fim de evitar problemas como a corrosão do sistema hidráulico, alteração da cor de superfícies, deposição, incrustações e entupimentos na tubulação; assim como avaliações de parâmetros biológicos e o controle da matéria orgânica, a fim de evitar problemas com maus odores, provenientes da decomposição da matéria orgânica, e problemas relacionados com a saúde dos usuários causado por organismos patogênicos (MAY, 2009).

### **3.3.3.2 Custos envolvidos na implantação do sistema de aproveitamento**

Todos os gastos associados com a implementação e operação do sistema devem ser considerados para a viabilização do projeto. Assim, como no projeto de reuso de águas cinzas, devem ser considerados gastos com mão-de-obra, energia elétrica, conexões e tubulações, gastos com materiais de construção, gastos com o sistema de tratamento, reservação e bombeamento da água de reuso, além de gastos com manutenção.

### **3.3.3.3 Determinação do potencial pluviométrico da região e das vazões de consumo**

O potencial pluviométrico da região deve ser determinado para estimar o volume de água a ser captado pelo sistema de aproveitamento a ser projetado. Esta estimativa deve ser feita a partir de dados pluviométricos da região como média pluviométrica, frequência e intensidade das chuvas. Segundo Tomaz (2003) além destes fatores, o tipo e a área útil do telhado também influenciam no volume de água captado pela edificação. Além da estimativa

do volume de água a ser captado é preciso também determinar a demanda de água para que seja avaliado a viabilidade técnica do sistema de aproveitamento. Isso porque em algumas regiões os baixos índice pluviométricos por muitos meses tornam inviável a implantação desse sistema.

#### **3.3.3.4 Análise do sistema de drenagem de águas pluviais e das instalações hidráulicas da edificação**

Em alguns casos, a implantação do sistema de reuso das águas da chuva aproveita o próprio sistema de escoamento de águas pluviais da edificação, caso a mesma já a possua, de forma a direcionar a água captada para um reservatório. Para tal, é necessária uma análise do sistema de drenagem e avaliar quais serão as devidas alterações a serem realizadas, de maneira a direcionar a água não mais para o sistema de drenagem urbana, que descarregaria a água para fora da residência, mas sim direcionando-a para um sistema de reservação. A planta da instalação hidráulica da edificação também deve ser avaliada para identificar os possíveis pontos de água de reuso. Com essa análise prévia pode-se escolher a maneira mais viável de alterar o projeto de drenagem de água pluvial e hidráulico já existente e redimensiona-lo.

#### **3.3.3.5 Monitoramento da qualidade de água do sistema de aproveitamento em operação**

O processo de monitoramento do sistema visa garantir que o sistema opere de acordo com os parâmetros estabelecidos em projeto, garantindo assim que a qualidade da água seja mantida dentro dos parâmetros pré-estabelecidos. O monitoramento considera, principalmente, a limpeza e a manutenção periódica, que verifica as condições estruturais e operacionais. A NBR 15.527 de 2007 estabelece a frequência de limpeza dos componentes do sistema, Tabela 14.

Tabela 14 - Frequência de manutenção de componentes do sistema de água de reuso pluvial

<b>Componente do sistema</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivos de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte das primeiras águas	Limpeza mensal
Calhas, condutos verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado a partir de ABNT, 2007

### 3.3.4 Qualidade das águas pluviais

Existem muitos fatores que acabam diminuindo a sua qualidade como: a proximidade a centros urbanos ou áreas rurais, as condições meteorológicas (regime dos ventos, chuvas), a estação do ano, os tipos de fontes poluidoras as quais a atmosfera da região está exposta, dentre outras. Assim, as características da água podem ser traduzidas em formas de parâmetros de qualidade. Em uma avaliação de aproveitamento da água pluvial é recomendado a realização de diagnósticos dessas águas (antes e após contato com a superfície coletora). Nesta caracterização estarão presentes parâmetros de qualidade, que dividem-se em físicos, químicos e biológicos, os principais são:

#### - pH

O pH das águas da chuva é ligeiramente ácido, em torno de 5,6 devido a dissolução do CO<sub>2</sub> presente na atmosfera, porém em centros urbanos com a presença de poluentes como os NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> acabam reduzindo ainda mais o seu valor, formando assim as chamadas chuvas ácidas. A Tabela 15 apresenta valores de pH da água da chuva de cidades próximas onde há intensa atividade industrial. O em alguns casos a acidez chega a ser próxima a acidez do suco de limão (pH = 2,2).

Tabela 15 - Valores de pH de águas pluviais de cidades com intensa atividade industrial

Local	Valores de pH	
	MÁX	MÍN
Cubatão (centro)	4,7	3,7
Vila Parisi	6,8	4,4
Santos	6,25	4,63
Rio das Pedras	4,45	4,45
São Paulo	6,3	2,7

Fonte: Adaptado a partir de Forti *et al*, 1990

A faixa de pH varia de 0 a 14, sendo 7 o valor neutro, valores baixos de pH ( $< 7$ ) indicam ação de corrosividade, podendo agredir as tubulações e peças de coleta da água, enquanto valores elevados ( $> 7$ ) podem ocasionar efeitos de incrustações nos dutos.

#### - Cor Aparente e Turbidez

A cor aparente e a turbidez estão intimamente relacionadas com a quantidade de partículas suspensas e coloidais, que apresentam diâmetro inferior 1  $\mu\text{m}$  (LIBÂNIO, 2005). Geralmente seus valores apresentam-se elevados nas primeiras águas captadas em razão do carreamento de partículas de areia, poeira e resíduos acumulados nos telhados.

Os sólidos dissolvidos são os principais responsáveis por conferir cor à água. Enquanto que, os sólidos suspensos são os que deixam a água turva, ou seja, alteram a passagem da luz. A presença de material particulado (dissolvido e suspenso) interfere no processo de desinfecção por cloração, pois impedem sua ação, e ainda podem servir de abrigo para microrganismos patógenos.

#### - Cálcio e Magnésio

Os valores das concentrações de Cálcio e Magnésio representam o nível da dureza da água. São mais elevados próximos de regiões oceânicas, pois as águas das chuvas acabam recebendo contribuições dos sais presentes nessas regiões. Uma baixa concentração destas substâncias indica que as águas pluviais apresentam baixa possibilidade de incrustações.

#### - Coliformes Totais e Termotolerantes

O valor de coliformes totais está relacionado com as condições higiênicas, já os coliformes termotolerantes é relacionado a contaminação de origem fecal como fezes de

pássaros, pombas, fezes de ratos e outros animais. A água contaminada por estas impurezas podem levar a problemas de contaminação por bactérias e por parasitas gastrointestinais.

A Tabela 16 apresenta os valores da caracterização das águas da chuva de vários estudos. Neles as análises realizadas foram feitas a partir de amostras coletadas no reservatório de armazenamento, de maneira que as águas passaram apenas pelo sistema de remoção de detritos localizados nas calhas e pelo sistema de descarte das primeiras águas. Os resultados apresentam, de maneira geral, uma grande variação nos valores dos parâmetros analisados entre os estudos. Essa variação provavelmente está relacionada com fatores ambientais das regiões.

Tabela 16 - Média dos valores dos parâmetros utilizados na caracterização das Águas Pluviais em diversos estudos

Referências	Valores médios dos Parâmetros									
	pH	Cor Aparente (uC)	Turbidez (UNT)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	SDT (mg/L)	Coliformes termotolerantes	Coliformes totais
Rocha <i>et. al</i> (1998)	5,2	-	-	25	-	-	-	-	-	-
Adhityan (1999)	4,1	8,7	4,6	-	-	-	9,1	19,5	0	0
Fornaro e Gutz (2000)	4,7	-	-	10,0	2,9	-	-	-	-	-
May (2004)	6,7	20,8	0,7	4,0	0,4	20,0	1,0	19,0	7,8	-
Appan (1999)	4,1	-	5,1	-	-	-	9,0	-	-	-
Philippi (2005)	7,9	37,1	-	-	-	-	2,5	-	-	-
Jaques (2005)	6,6	21,84	7,67	6,01	2,35	-	18,49	9,75	9,99 x 10 <sup>1</sup>	1,72 x 10 <sup>3</sup>
Figueiras (2013)	-	-	9,34	-	-	-	63	-	-	510

Fonte: Adaptado a partir de Rocha et al, 1998; Fornaro e Gutz, 2000; May, 2004; Appan, 1999; Philippi, 2005; Jaques, 2005; Figueiras, 2013;

(-) parâmetros não analisados durante o estudo



### 3.3.5 Normas Técnicas e Legislações brasileiras e internacionais referentes ao aproveitamento de águas pluviais

O Brasil não apresenta nenhum instrumento jurídico de âmbito federal que trate especificamente sobre o tema de captação de águas pluviais. Porém, no âmbito municipal já existem leis que abordam o tema, como em São Paulo e Porto Alegre. A primeira diretriz brasileira específica de aproveitamento de água da chuva é a NBR 15.527 de 2007, a qual trata do reuso deste tipo de água para fins não-potáveis (abordados mais a frente neste trabalho). Internacionalmente, a normativa mais recomendada é o *Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbok* publicado em 2008 pela agência de proteção ambiental americana EPA, nele são apresentados os requisitos para uso de águas pluviais para finalidades potáveis e não potáveis, Tabela 17 (EPA, 2008).

Tabela 17 - Requisitos mínimos para usos potáveis e não-potáveis da água da chuva

<b>Tipo de uso</b>	<b>Requisitos mínimos de qualidade</b>	<b>Sugestão de tratamento</b>
Uso em fins potáveis	Coliformes totais - ausente	- Pré-filtrarão e descarte das primeiras águas; - Filtro de sedimentos com 3 microns seguido por filtro de carvão ativado com 3 micros; - Desinfecção com Cloro residual em 2 ppm ou por radiação ultravioleta;
	Coliformes fecais - ausente	
	Cistos de protozoários - ausente	
	Vírus - ausente	
	Turbidez < 1 NTU	
Uso em fins não-potáveis	Coliformes totais < 500 NMP/100mL	- Pré-filtrarão e descarte das primeiras águas; - Filtro de sedimentos com 5 microns; - Desinfecção com Cloro por radiação ultravioleta;
	Coliformes fecais < 100 NMP/100mL	

Fonte: Adaptado a partir da EPA, da International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA), e da American Rainwater Catchment Systems Association (ARCSA)

No Brasil apesar de não existir efetivamente nenhuma lei federal específica sobre o tema, a Câmara dos Deputados tenta aprovar alguns Projetos de Leis (PL) a respeito do tema:

- PL 4.109 de 2012 pretende Instituir o Programa Nacional de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Este programa tem dentre outros objetivos à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações. Segundo seu Art. 9º o reaproveitamento das águas poderá ser feito pela captação e utilização das águas das chuvas e das águas servidas.

- PL 1.310 de 2011 dispõe sobre a Política Nacional de Gestão e Manejo Integrado de Águas Urbanas e dá outras providências. Tem como um dos seus objetivos estimular o reuso direto das águas nos centros urbanos. Em seu Art.2º configura o reuso planejado de águas cinzas como serviço ambiental

- PL 2.565 de 2007 dispõe sobre a instalação de dispositivos para captação de águas de chuvas em imóveis residenciais e comerciais. Pretende tornar obrigatório a instalação de dispositivos para captação de águas de chuvas em edificações com mais de 50 m<sup>2</sup> de área construída, localizados em todo o território Nacional.

A ABNT apresenta duas normas que citam o tema do aproveitamento das águas pluviais:

- NRB 10.844 de 1989: fixa exigências e critérios necessários aos projetos de instalações prediais de águas pluviais, de maneira a garantir a eficiência, segurança e a durabilidade das instalações. A norma apresenta tabelas e ábacos para o dimensionamento de todos os componentes do sistema de drenagem: calhas, condutores verticais e horizontais (ABNT, 1989).

- NBR 15.527 de 2007: esta é a primeira diretriz técnica do Brasil que trata dos requisitos para o aproveitamento da água da chuva por meio de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. A norma apresenta critérios e requisitos para a utilização das calhas e condutores, diretrizes para dimensionamento do reservatório das águas pluviais, os parâmetros de qualidade que a água deve apresentar para ser utilizadas em fins não-potáveis (Tabela 18) e recomendações quanto a frequência de manutenção para cada componente do sistema (Tabela 14) (ABNT, 2007).

Tabela 18 - Parâmetros de qualidade para usos de água da chuva em fins não-potáveis

<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência</b>	<b>Padrão</b>
Coliformes totais (NMP/100mL)	Semestral	Ausência
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	Ausência
Cloro residual livre (mg/L)	Mensal	0,5 - 3,0
Turbidez (uT)	Mensal	< 2,0 e < 5,0 para usos mais restritivos
Cor aparente (uH)	Mensal	15
pH	Mensal	6,0 - 8,0 para tubulações de aço carbono ou galvanizado

Fonte: Adaptado a partir de ABNT, 2007

Alguns municípios já exigem que o sistema de aproveitamento pluvial seja pensado desde o projeto do empreendimento. Na região sul e sudeste, tem-se como exemplos:

- Lei Nº 13.276 de 2002: Torna obrigatória no município de São Paulo a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> (SÃO PAULO, 2002).

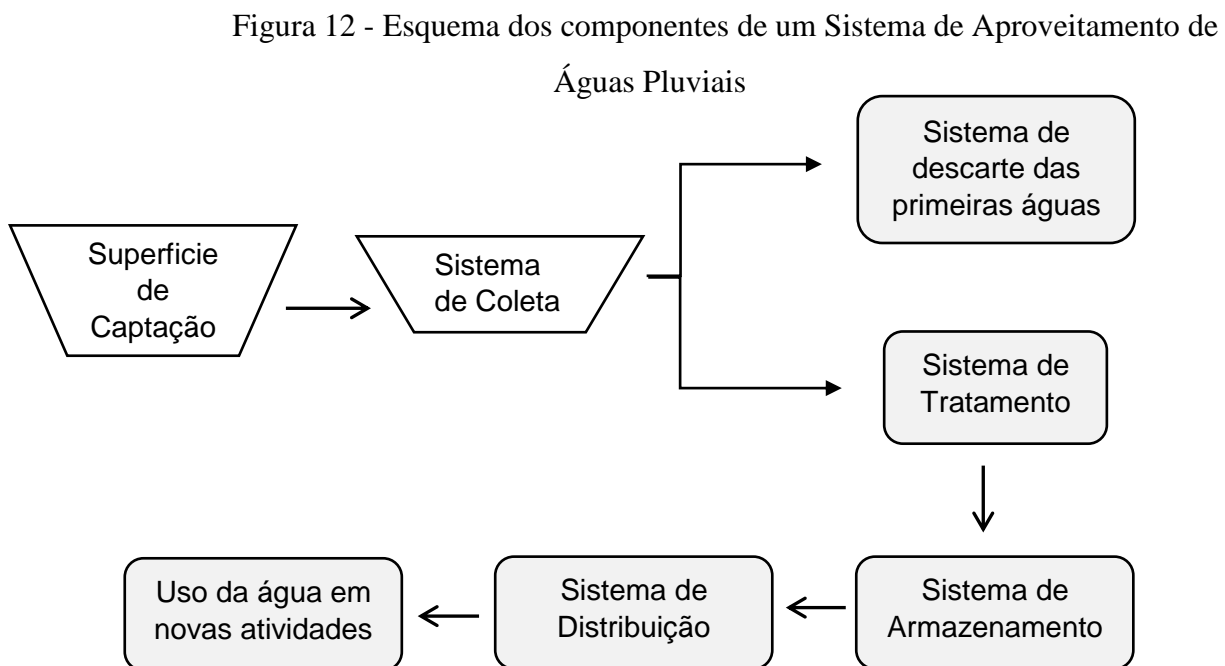
- Lei Nº 10.506 de 2008: Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas no município de Porto Alegre. Este programa tem dentre outros objetivos à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações. Segundo seu Art. 8º o reaproveitamento das águas poderá ser feito pela captação e utilização das águas das chuvas e das águas servidas (PORTO ALEGRE, 2008).

- Lei Nº 10.785 de 2003: Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PURAE. Este programa tem dentre outros objetivos instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações. Segundo seu Art. 6º o reaproveitamento das águas poderá ser feito pela captação e utilização das águas das chuvas e das águas servidas (CURITIBA, 2003).

- Lei Nº 910 de 2011: Dispõe sobre o projeto, a execução e as características das edificações no Município de Maringá. Visando a sustentabilidade dos recursos hídricos, através de medidas que induzam à conservação, uso racional e emprego de fontes alternativas para captação, uma das medidas é a exigência de um sistema de aproveitamento de águas da chuva para toda e qualquer edificação com área da cobertura igual ou superior a 500 m<sup>2</sup> (MARINGÁ, 2011).

### 3.3.6 Componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Os elementos que estão presentes no sistema de aproveitamento de águas pluviais são, basicamente, uma superfície de captação e os sistemas de coleta, de descarte das primeiras águas, de tratamento, de armazenamento e de distribuição da água, esquematizados na Figura 12.



Fonte: Adaptado a partir de SINDUSCON, 2005

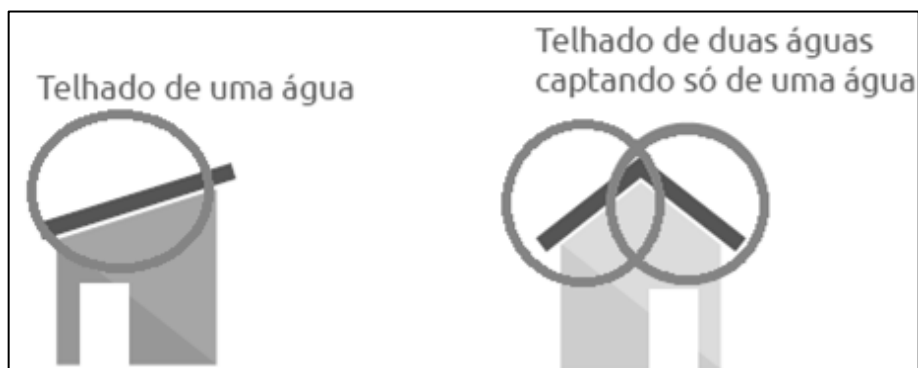
Os sub-itens a seguir descrevem esses sistemas com maiores detalhes.

### 3.3.6.1 Superfície de captação da água da chuva

A área de captação é o primeiro elemento com que a água da chuva entra em contato e é destinada a recebe-la e direciona-la para o sistema de coleta. A área e o material do qual é feito a superfície estão diretamente relacionados com a quantidade de chuva que será possível captar e aproveitar, por isso o revestimento deve ser preferencialmente de material impermeável diminuindo assim as perdas por evaporação e absorção além de favorecer ao processo de limpeza (LOPES, 2012). Vale destacar que o projeto e construção dos telhados residenciais devem seguir especificações dos fabricantes de telhas, sejam elas cerâmicas, aço galvanizado, fibrocimento, etc.

No caso em que aproveita-se como superfície de captação o próprio telhado existente na residência é necessário conhecer o número de águas (direção do caimento da estrutura da cobertura) do telhado da edificação e a sua inclinação. A Figura 13 apresenta uma ilustração de uma edificação com telhado de uma água e de duas águas.

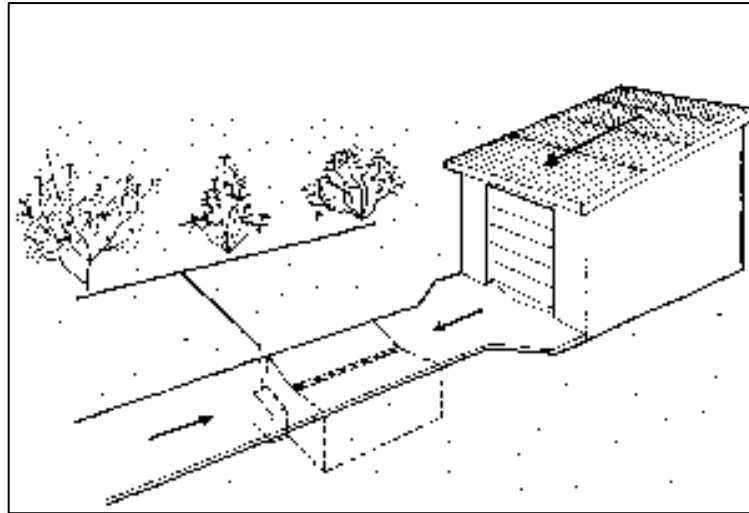
Figura 13 - Esquema de edificação com telhado de uma e de duas águas



Fonte: Adaptado a partir de IPT, 2015

No caso de edificações que optarem por utilizarem os pisos externos, pavimentados e calçadas como superfícies de captação é necessário a existência de uma inclinação para que a água seja conduzida até o canal de coleta, além de um sistema de grelhas e calhas de piso, Figura 14 (LOPES, 2012).

Figura 14 - Coleta da água da chuva através de piso ou pátio externo impermeabilizado



Fonte: Adaptado a partir de WATERFALL, 2006

É importante mencionar que ao atingir a superfície de captação, parte da chuva escoar e a outra parte é perdida pela absorção do material. Outra etapa da perda ocorre pelo processo de evaporação, que pode ser desconsiderado em períodos onde a precipitação atmosférica ocorre em temperaturas reduzidas e umidade do ar elevada. A relação entre essas quantidades é dada pelo *Run off* (coeficiente de escoamento superficial) que representa a relação entre a quantidade de água escoada na superfície pela quantidade total de água precipitada. A Tabela 19 apresenta a relação entre alguns materiais e seus respectivos *Run offs*.

Tabela 19 - Run offs de alguns materiais utilizados em superfícies de captação

Referencia	Material da superfície	Run off	Observações
Thomas e Martinson, 2007	Ferro Galvanizado	> 0,9	A superfície é excelente e, nos dias quentes a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
	Telhas de cerâmica	0,6 - 0,9	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
	Telhas de cimento amianto	0,8 - 0,9	Não existe nenhuma evidência que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por ela. Quando velhas podem apresentar mofo e rachaduras.
Tomaz, 2007	Telhas de Cerâmica	0,80-0,90	-
	Telhas corrugadas de metal	0,8 - 0,9	-
	Telhas de cimento amianto	0,8-0,9	-
	Telhas de Plástico ou PVC	0,9-0,95	-

Fonte: Adaptado a partir de THOMAS e MARTINSON, 2007 & Tomaz, 2007

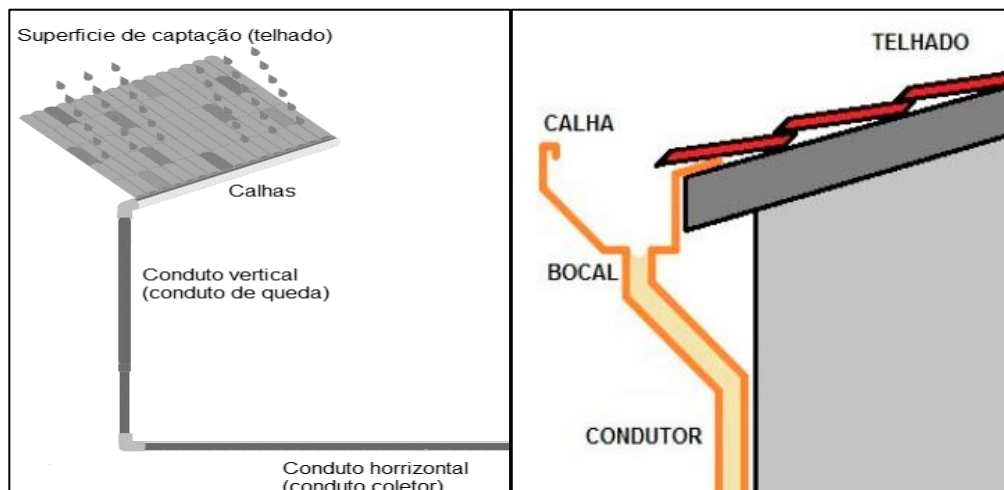
As superfícies de captação encontram-se em uma área externa da edificação, logo ficam expostas a intemperes e vulnerável a agentes contaminantes como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, excrementos de animais, entre outros poluentes (LOPES, 2012). Os telhados e as lajes das edificações são preferíveis por estarem em uma cota superior ao chão e assim a água coletada será de melhor qualidade. Para os casos onde são escolhidos os pisos, pavimentados e a superfície do solo como meio de captação (geralmente utilizados para

umentar o volume de água captado) é preciso estar atento à qualidade da água coletada, que será inferior aquelas coletadas através dos telhados pois apresentarão contaminantes mais complexos, como óleos combustíveis, resíduos de pneus dentre outros provenientes do tráfego de pessoas, animais e veículos automotores (MAY, 2004).

### 3.3.6.2 Sistema de coleta das águas pluviais

O sistema de coleta das águas é responsável por encaminhar a água da superfície de captação para a etapa seguinte que é o tratamento. O sistema é formado por calhas conectadas aos telhados (beiral), condutos verticais (condutos de queda) e condutos horizontais (conduto coletor), como ilustra a Figura 15. Aconselha-se que o material seja liso, rígido, durável e resistente a corrosão e variação de temperatura, pois ficam geralmente expostas às intempéries (TOMAZ, 2003). Estes elementos podem ser instalados na edificação de acordo com o gosto do usuário, desde que sejam dimensionadas de acordo com a NBR 10.844 de 1989, que estabelece exigências e critérios para projetos de instalações de drenagem de águas pluviais (ABNT, 1989). A etapa do dimensionamento dos condutos e calhas é de grande importância, pois o seu subdimensionamento acaba reduzindo a eficiência na coleta de água, comprometendo assim todo o sistema de aproveitamento.

Figura 15 - Esquema do sistema de coleta das águas pluviais



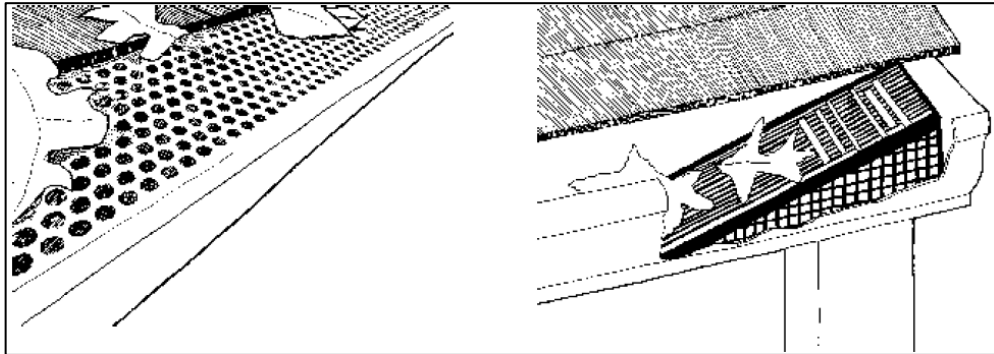
Fonte: Adaptado a partir de IPT, 2015

Como as superfícies de captação são expostas ao meio ambiente, resíduos mais grosseiros como folhas e galhos são geralmente coletados junto com as águas podendo causar o entupimento da tubulação. Assim, é importante que haja um sistema de separação nas calhas



para proteger a tubulação da entrada destes detritos maiores como por exemplo telas de plástico ou de metal ou outros dispositivos (LOPES, 2012). A Figura 16 apresenta os tipos mais comuns de dispositivos de retenção comercialmente disponíveis e que podem ser utilizados.

Figura 16 - Dispositivos de retenção de detritos instalados nas calhas



### 3.3.6.3 Sistema de descarte das primeiras águas

Consiste em um dispositivo que tem a função de desviar o volume inicialmente coletado de água da chuva. Esta água é responsável pela lavagem do telhado, calhas e tubulações, e devem ter um destino diferente da água que será utilizada no sistema de reuso. Dessa maneira as impurezas e agentes contaminantes que estavam presentes no telhado serão descartados. Estas primeiras águas podem ser desviadas para um reservatório de descarte ou desviadas por meio de uma tubulação diferenciada (*by pass*) (LOPES, 2012).

O volume das primeiras águas a serem descartadas varia de acordo com o tamanho do telhado. A Tabela 20 apresenta algumas recomendações do volume de água a ser descartada segundo alguns autores. Analisando os valores apresentados observa-se que a norma brasileira apresenta o valor mais elevado de volume de descarte, sendo de 2 litros para cada metro quadrado de telhado.

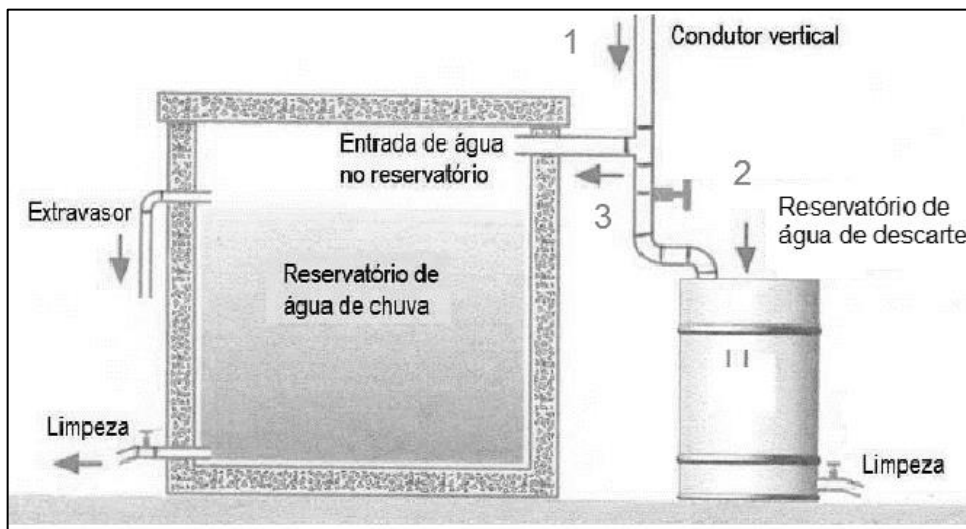
Tabela 20 - Recomendações para o volume das primeiras águas a ser descartado em um sistema de aproveitamento de água pluvial

Autor	Recomendação
Dacach (1979)	0,8 - 1,5 L/m <sup>2</sup> de superfície coletora
Tomaz (2003)	0,4 L/m <sup>2</sup> de superfície coletora
NBR 15.527/2007	2,0 L/m <sup>2</sup> de superfície coletora

Fonte: DACACH, 1979, TOMAZ, 2003 e ABNT, 2007

A Figura 17 apresenta um dispositivo de desvio da água das chuvas inicialmente coletada é armazenada em um reservatório de descarte. A água de lavagem do telhado escoa pelo condutor vertical e segue para o reservatório secundário de menor porte, somente após preenche-lo a água segue para o reservatório de aproveitamento da água de chuva (maior porte).

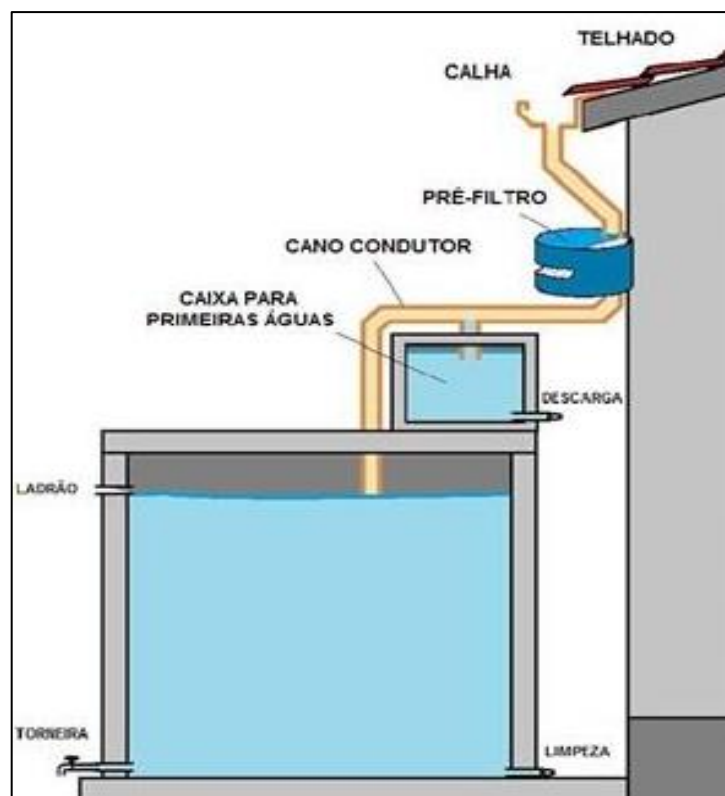
Figura 17 - Dispositivo de desvio das primeiras águas em reservatório de descarte



Fonte: Adaptado a partir de DACACH, 1979

A Figura 18 apresenta a parte principal de um projeto de aproveitamento residencial da água pluvial, ilustrando as etapas dos sistemas de captação, coleta e descarte da primeira água da chuva, além de apresentar uma etapa de pré-tratamento por filtração e o reservatório de maior proporção onde ocorrerá a fase de tratamento.

Figura 18 - Perfil de parte de um projeto de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Adaptado a partir de EMBRAPA, 2013

#### 3.3.6.4 Sistema de tratamento de águas pluviais

O tipo de tratamento a ser empregado depende muito da finalidade desejada as águas das chuvas. Quando deseja-se a sua utilização em fins potáveis é recomendado além de uma série de precauções de desinfecção, a utilização de filtros com maior capacidade para a retenção de material particulado fino. Já para fins não-potáveis, na maioria das vezes os dispositivos de retenção de detritos instalados nas calhas e o dispositivo de descarte das primeiras águas da chuva são os suficientes para removerem boa parte dos possíveis poluentes presentes na água sendo necessário apenas um processo de desinfecção (PROSAB, 2009). Independente da finalidade é necessário realizar um diagnóstico da qualidade da água da chuva após a saída pelo dispositivo de descarte das primeiras águas.

Um processo de tratamento muito empregado no tratamento das águas pluviais é a filtração. Neste processo de separação um meio físico funciona como uma barreira retendo poluentes. O meio filtrante é escolhido de acordo com o nível de qualidade final requerido e a qualidade da água da chuva antes do tratamento previamente diagnosticada (SINDUSCON,

2005). Os filtros mais grosseiros, dispostos no início do tratamento são utilizados para retenção de sólidos maiores e apresentam abertura de orifícios entre 6,5 mm e 13 mm, já para retenção de mosquitos e insetos a abertura deve ser de no máximo 0,95 mm (OREGON, 2001). Os filtros finos mais utilizados são os de areia e os de cartuchos que possuem como leito filtrante carvão antracito e areia ou somente areia, os quais retém partículas de até 20 µm (NAUTILUS, 2015).

Após a eliminação do material particulado, outra etapa bastante comum no sistema tratamento da água da chuva é a desinfecção. Nesta etapa objetiva-se inativar quaisquer microrganismos patógenos, onde na grande maioria dos casos é empregado um tratamento por cloração.

### **3.3.6.5 Sistema de armazenamento**

A apesar de ser utilizado para armazenar águas da chuva o reservatório deve seguir as mesmas especificações e diretrizes técnicas dos reservatórios utilizados para armazenar as águas de reuso e a água potável. Assim, segundo o Comitê de Saúde Ambiental da Austrália, EnHealth (2011), os cuidados que devem ser tomados visando garantir a qualidade da água até o momento do seu uso são:

- O reservatório deve ser construído de material inerte para que não reaja com a água da chuva modificando assim a sua qualidade.
- A cobertura do reservatório deve ser impermeável, garantindo assim a estanqueidade do mesmo, além de proteger a água de intemperes e agentes externos.
- Deve impedir a entrada de luz no reservatório para evitar a proliferação de algas.
- O reservatório deve possuir uma abertura para inspeção, limpeza e retirada dos resíduos sedimentados.
- Todas as entradas devem ser protegidas por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais;
- A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo.
- É recomendado que haja um declive para favorecer o acúmulo do lodo depositado em um mesmo ponto, o que facilitará a limpeza.

Para definição das dimensões do reservatório é necessário levar em consideração o período de estiagem. O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos contidos na NBR 15.527 de 2007, ou outro, desde que devidamente justificado (ABNT, 2007). Segundo Orsi e Sarubo (2015) o reservatório de água da chuva é o componente mais custoso do sistema, isso ocorre em função do seu grande volume, pois ao contrário do reservatório exclusivo para água de reuso, as maiores dimensões são necessárias para contemplar um atendimento no período de estiagem. Contudo, em áreas urbanas há pouco espaço físico disponível para a construção de grandes reservatórios capazes de armazenar água da chuva para serem utilizadas em todos os meses do ano. Logo o reservatório deve ser dimensionado de maneira que a água pluvial seja uma fonte complementar a água potável durante os períodos chuvosos, sendo que o sistema também deverá ser abastecido pela rede pública em épocas de estiagem.

#### **3.3.6.6 Sistema de distribuição da água pluvial**

O sistema é composto pela tubulação e confecções que levarão a água da chuva tratada até os pontos de uso. Assim como no sistema hidráulico de reuso de águas cinzas não deve haver cruzamento entre as águas de reuso e a água potável. Também deve haver um sistema que permita a utilização da água potável nestes pontos de uso, caso ocorra imprevistos que impeçam a utilização da água da chuva.

Para o dimensionamento da rede hidráulica deve-se seguir as recomendações técnicas da NBR 5.626 de 1998 a qual estabelece as exigências referentes ao projeto, execução e manutenção de instalações prediais de água fria (ABNT, 1998).

## 4 METODOLOGIA

O estudo de caso foi desenvolvido em um centro comercial de grande porte localizado em uma capital do nordeste brasileiro. A negociação para realizar a visita técnica ao empreendimento e obtenção dos dados ocorreu ao longo do primeiro semestre de 2015, mas apenas no dia 09 de novembro do mesmo ano foi autorizada a visita. Neste mesmo dia foram inspecionados os locais de atuação do trabalho, como banheiros e telhado, e coletados os dados e informações necessárias para dar seguimento a este trabalho.

Todos os dados que foram obtidos e utilizados neste estudo são referentes aos anos de 2014 e 2015, sendo empregados, quando necessário, médias aritméticas destes valores para a realização de cálculos.

A metodologia desenvolvida para este trabalho foi adaptada da dissertação de Riane Nunes, defendida em 2006, aonde a autora traça um perfil de consumo de uma edificação comercial e com base nos resultados obtidos elabora um plano de intervenção com diversas medidas que visaram a redução do consumo de água. A metodologia aplicada foi criada por ela baseada em programas de racionamento de água como o PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) e o PURA-SP (Programa de Uso Racional da Água) e literatura de autores especialistas no tema como Ivanildo Hespanhol do CIRRA (Centro Internacional de Referência em Reuso de Água) e Orestes M. Gonçalves do Departamento de Eng. Construção Civil da Escola Politécnica – USP (NUNES, 2006).

Assim, a metodologia posta em prática neste estudo teve por finalidade caracterizar o empreendimento, determinar o seu perfil de consumo e propor um sistema de reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais compatível com a atual realidade do estabelecimento em função do potencial de geração destas águas.

O estudo de caso foi desenvolvido através de quatro etapas consecutivas e interdependentes que estão citadas abaixo e serão discutidas ainda neste capítulo.

- Etapa 1 - Visita técnica;
- Etapa 2 - Caracterização da Edificação;
- Etapa 3 - Análise dos dados;
- Etapa 4 - Proposta do sistema de reuso;

## **4.1 Etapas do estudo**

### **4.1.1 Etapa 1 - Visita técnica**

A realização da visita técnica ao empreendimento teve como objetivo a inspeção visual da área de estudo, realização de medição de parâmetro, verificação do estado de físico de parte do sistema hidráulico e obtenção dos dados e as informações necessárias para a execução das etapas seguintes deste trabalho. Foram informados o ano de abertura, áreas total e construída, área útil de telhado apta para a captação das águas da chuva, tipos de atividades desenvolvidas, e o fluxo de entrada de pessoas na edificação durante o período de funcionamento. Também foram esclarecidos a forma de abastecimento da edificação com um detalhamento do percurso da água potável desde o seu recebimento até a distribuição nas peças sanitárias, trajetória do escoamento da água das chuvas desde o telhado até o atual ponto final de desague e os principais hábitos de consumo de água dentro da edificação. Outros dados também foram informados, como: número de reservatórios (ativados e desativados), sistema de medição de consumo e demais procedimentos operacionais ligados a parte de águas.

Foram realizadas visitas aos banheiros públicos para contagem do número de pontos de consumo de água (torneiras, mictórios e descargas sanitárias), do tipo de equipamento sanitário e realização da medição da vazão das torneiras, a qual foi estimada com o auxílio de um béquer de 2.000 mL e um cronometro.

Procurou-se também identificar na entrevista as reais necessidades hídricas do empreendimento, como a limpeza externa e rega de jardins, identificação de atividades que ocasionavam maiores gastos e quais poderiam ser desenvolvidas com águas de reuso não-potável.

### **4.1.2 Etapa 2 - Caracterização da edificação e das atividades**

A etapa de caracterização da edificação e das atividades consiste em apresentar de maneira organizada e direta todas as informações e dados que foram obtidos durante a Etapa 1. A partir desta etapa é possível proporcionar uma visão geral do empreendimento através da descrição da estrutura física da edificação, das atividades desenvolvidas e dos procedimentos relacionados com a água, sendo assim possível entender e analisar melhor os dados

encontrados e assim propor um sistema de reuso e aproveitamento mais adequado a edificação.

### **4.1.3 Etapa 3 - Análise dos dados**

Nesta etapa são trabalhados os dados que foram coletados e apresentados na Etapa 1 e 2, respectivamente, para que seja determinado o volume estimado de água de reuso que é gerado pelo edifício comercial. Essa etapa foi dividida em três sub-tópicos para facilitar a análise dos dados e a apresentação dos resultados, a saber:

- Geração das águas cinzas;
- Captação das águas pluviais;
- Geração da água de reuso;

#### **4.1.3.1 Geração das águas cinzas**

O centro comercial não apresenta um sistema de segregação entre as águas cinzas e negras, este fato acabou dificultando a estimativa da quantidade de águas cinzas geradas, já que não há a medição do real volume de água cinzas geradas. Assim, fez-se necessário a criação de uma metodologia para estimar o volume de água cinza produzida na edificação. As águas cinzas geradas foram divididas em águas provenientes de dois grupos, os quais foram estimados individualmente:

- Águas provenientes dos lavatórios das lojas de “geração limpa”;
- Águas provenientes dos lavatórios dos banheiros de uso comum;

O primeiro grupo corresponde as águas residuais proveniente dos lavatórios das lojas que não pertencessem ao segmento alimentício, salões de beleza e farmácias, chamadas neste trabalho de “lojas de geração limpa”. Estas lojas receberam este nome, pois as águas residuais provenientes de atividades deste segmento apresentam grandes chances de serem contaminadas por resíduos de matéria orgânica, medicamentos e produtos químicos, o que acabaria reduzindo a qualidade das águas cinzas coletadas. Como não foram encontrados dados na literatura referente a produção de águas cinzas em empreendimentos comerciais, foi feita uma adaptação dos valores existentes na literatura referentes a geração de águas cinzas



em resistências para edificações comerciais. Para isso foram utilizados os dados de geração de águas cinzas em residências brasileiras da Tabela 10, onde as águas geradas pelos lavatórios do banheiro correspondem em média a 8%, já a geração da bacia sanitária corresponde a 29% (Pesquisa da USP) logo a soma dessas porcentagens é de 37% em uma residência. Assim foi admitido que em uma edificação comercial estes 37% correspondem a 100% do volume de efluentes gerados, visto que neste tipo de edificação quase que a totalidade das águas geradas são provenientes de bacias sanitárias e lavatórios. Assim, realizando os devidos cálculos encontrou-se um valor de 21,6% para a geração de águas residuais provenientes do lavatório e 78,4% para as águas residuais provenientes da bacia sanitária. No entanto, foi adotado o valor inteiro de 22% utilizado para estimar a quantidade de águas residuais geradas pelos lavatórios das lojas.

O outro grupo é formado pelas águas residuais geradas pelos lavatórios dos banheiros de uso comum ao público e aos funcionários do centro comercial. Sem um hidrômetro para registrar os dados de consumo destes banheiros, foi necessário adotar uma outra metodologia para determinação dos volumes de águas residuais gerados por eles. A metodologia utilizada baseou-se nos valores de vazões dos lavatórios medidos durante a Etapa 1 (Tabela 24) e no número médio de pessoas que circulam mensalmente na edificação (Figura 20). Para a estimativa foram criados três cenários:

- Cenário 1: 50% das pessoas que circularam pelo shopping no mês utilizam o lavatório uma única vez;
- Cenário 2: 75% das pessoas que circulam no pelo shopping no mês utilizam o lavatório uma única vez;
- Cenário 3: 100% das pessoas que circulam no shopping no mês utilizam o lavatório uma única vez;

Também foi estimado o tempo médio de funcionamento das torneiras necessário para higienização das mãos. Dessa maneira o volume de águas cinzas geradas pelos lavatórios foi estimado pela Equação 1:

$$V = \frac{N^{\circ} \text{ pessoas} \times t \times Q \times F_c}{1000} \quad (1)$$

Onde,

V é o volume de água cinza gerado no mês (m<sup>3</sup>);

N<sup>o</sup><sub>peessoas</sub> é o número de pessoas em circulação na edificação no mês;

t é o tempo médio de uso das torneiras dos lavatórios;

Q é a vazão média das torneiras dos lavatórios (L/s);

F<sub>c</sub> é o fator de utilização adotado para o cenário (%);

#### 4.1.3.2 Captação das águas pluviais

Para estimar o volume de água da chuva captável por uma determinada área foi utilizado dentre os modelos hidrológicos existentes o Método Racional (Equação 2). A equação permite determinar o volume que escoar em uma superfície a partir da sua área, do tipo de material e da intensidade da precipitação local.

$$V = \frac{C \cdot I \cdot A}{1000} \quad (2)$$

Onde,

V é o volume de água da chuva captado pela superfície (m<sup>3</sup>);

C é o *Run off* ou coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I é a intensidade pluviométrica da chuva local (mm);

A é a área superficial útil para a captação das águas pluviais (m<sup>2</sup>);

1000 é o fator de conversão de Litro para metro;

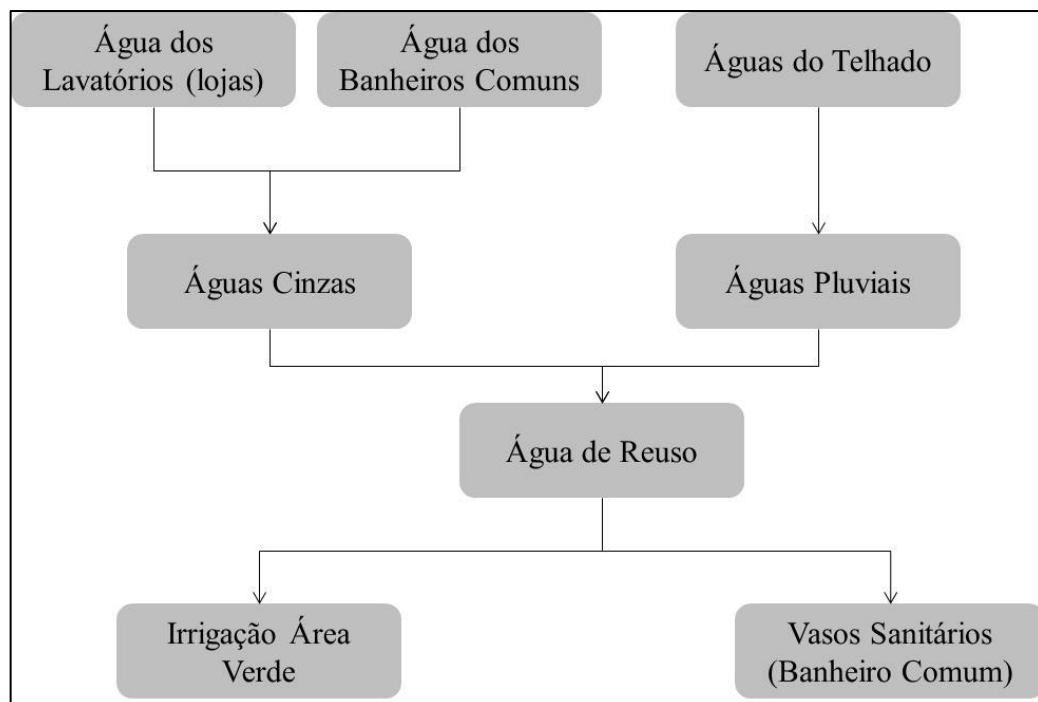
O coeficiente de escoamento superficial (*run off*) é um fator que depende do material da superfície onde escoamento ocorre considerando os processos de evaporação e absorção. A Tabela 19 apresenta uma série de materiais e seus respectivos coeficientes.

A intensidade pluviométrica da região foi obtida através de estações de monitoramento climático. Para este trabalho foram coletados dados pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de uma estação localizada no mesmo município do empreendimento. A área de captação utilizada para estimar o volume de água captável foi uma determinada área do telhado da edificação.

#### 4.1.3.3 Água de reuso

Neste trabalho a água de reuso proposta consistirá da soma do volume gerado de águas cinzas com a contribuição das águas pluviais. A Figura 19 apresenta um fluxograma ilustrando a composição da água de reuso, a proposta de utilização em apenas um dos banheiros comuns e a área gramada externa. Os banheiros de uso comum estão localizados em três setores, denominados neste trabalho como Banheiro Comum 1, Banheiro Comum 2 e Banheiro Comum 3, cada um composto por ambientes diferenciados para atender ao público masculino, feminino, infantil e crianças de colo (fraudários). Ainda para atender ao público em geral existem os banheiros presentes no interior dos cinemas, denominados de Banheiro Cinema 1 e Banheiro Cinema 2.

Figura 19 - Composição da água de reuso proposta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

#### 4.1.4 Etapa 4 - Proposta do sistema de reuso

A sugestão deste estudo é que a água de reuso gerada pela edificação seja utilizada em atividades, internas ou externas, que não necessitam de água com um grau de qualidade tão elevado quanto a água potável. É importante destacar que esta prática leva em

consideração todos os requisitos de segurança envolvidos na utilização das águas de reuso já descritos no tópico 3.2.4.2 da Revisão Bibliográfica deste trabalho.

Os locais de aplicação da água de reuso na edificação serão avaliados conforme avaliação da sua geração e demanda, sendo escolhidos entre uso externo (irrigação jardim) e interno (vasos sanitários dos banheiros comuns). Os possíveis casos de aplicação consideram o uso integral nos 3 banheiros comuns e jardim, ou uma combinação destes, sendo considerado também a utilização parcial da água de reuso como complemento ao abastecimento com a água potável. Do ponto de vista econômico da água, atualmente os banheiros são abastecidos por água potável de maior valor tarifário que a água não-potável, a qual é adquirida por empresa terceirizada de carro-pipa para irrigação dos jardins, portanto este estudo da água de reuso dará preferência pelo atendimento prioritário aos banheiros.

#### 4.1.4.1 Avaliação da demanda pela água de reuso

Para avaliar a demanda para a água de reuso foram consideradas as demandas das bacias sanitárias dos banheiros comuns e a demanda para irrigação dos jardins. Para o banheiro foi necessário estimar a demanda individual de cada bacia, assim foi adotado a seguinte hipótese: 50% das pessoas que circularam pelo shopping no mês utilizam uma vez a bacia sanitária.

Como todas as bacias sanitárias identificadas nos banheiros comuns durante a visita técnica eram acionadas por válvula de descarga e levando em consideração que, segundo a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), este tipo de válvula acionada consome em média 10 litros/descarga (SABESP, 2015), foi obtido o valor estimado da demanda pela água de reuso para o banheiro comum como expressa a Equação 3.

$$V = \frac{N^{\circ} \text{ pessoas} \times Q \times F_c}{1000} \quad (3)$$

Onde,

V é o volume de água consumido pelas bacias sanitárias no mês (m<sup>3</sup>);

N<sup>o</sup> pessoas é o número de pessoas mensal em circulação na edificação;

Q é o volume gasto por descarga (L);

$F_c$  é o fator de consumo adotado para o cenário (%);

1000 é o fator de conversão de Litro para metro cúbico;

Após estimar o volume mensal consumido de água utilizada no processo de descarga das bacias sanitárias, o volume foi dividido pelo número total de bacias sanitárias, obtendo-se assim o consumo mensal de cada bacia sanitária. Assim, multiplicando este valor pelo número de bacias de cada banheiro comum tem-se a demanda estimada para a água de reuso destes ambientes.

Para determinar a demanda de água para uso nos jardins levou em consideração a informação dada durante a etapa de visitaç o ao empreendimento, onde o volume mensal gasto para irrigaç o em per odos de grande demanda   de  $600 \text{ m}^3$ , o que equivale a um caminh o-pipa de  $20 \text{ m}^3$  por dia.

#### 4.1.4.2 Avalia o da economia obtida com a opera o do sistema

Em rela o   implementa o da  gua de reuso na edifica o, foi levado em considera o para o c culo econ mico a taxa cobrada pela concessionaria de abastecimento p blico para o centro comercial, R\$ 10,98/ $\text{m}^3$ , e o valor do caminh o-pipa de  $20 \text{ m}^3$ , cerca de R\$ 180.

Para o caso da gera o de  gua de reuso ser superior a demanda total prevista (banheiros comuns + jardins) o custo mensal com a  gua nestes ambientes ser  nulo. No entanto, quando a gera o n o atingir a demanda total, haver  duas possibilidades a serem consideradas para o c culo do custo com a opera o de  gua de reuso. Assim, foram utilizadas tr s equa es para a avalia o econ mica da  gua. Foi considerada a situa o em que o volume gerado de  gua de reuso   inferior a demanda das bacias sanit rias (Equa o 4), e uma outra situa o onde o volume gerado   inferior a demanda das duas atividades combinadas, banheiro + jardim, (Equa o 5 e 6).

$$Custo = ((VG_{C2} - Db_1) * TX) + Ci \quad (4)$$

Onde,

$VG_{C2}$    o Volume de  gua de reuso gerado no Cen rio 2, uso de 75% do banheiro ( $\text{m}^3$ );

$Db_1$  Demanda das bacias sanitárias do Banheiro Comum ( $m^3$ );

TX é a taxa cobrada pela concessionária de abastecimento (R\$/ $m^3$ );

$Ci$  é o valor gasto mensalmente com a água comprada para irrigação dos jardins (R\$);

$$N^{\circ} \text{ caminhões} = \left( \frac{Di - (VG_{C2} - Db_1)}{20} \right) \quad (5)$$

$$\text{Custo} = N^{\circ} \text{ caminhões} * 180 \quad (6)$$

Onde,

$VG_{C2}$  é o volume de água de reuso gerado no Cenário 2, uso de 75% do banheiro, ( $m^3$ );

$Db_1$  é a demanda das bacias sanitárias do Banheiro Comum ( $m^3$ );

$Di$  é a demanda para irrigação ( $600 m^3$ )

$N^{\circ}$  caminhões é número de caminhões de  $20 m^3$  necessário (número inteiro);

180 é o médio gasto pelo centro comercial em um caminhão pipa de  $20 m^3$  de água para irrigação;

#### 4.1.4.3 Sistema de armazenamento

Neste item foi definido quantos reservatórios seriam necessários para a operação do sistema, assim como o volume necessário para cada um. Destaca-se que o empreendimento possui um reservatório de  $140 m^3$  desativado, o qual foi considerado na avaliação. Foi definido, também a posição em que estes reservatórios estariam alocados na edificação.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Caracterização da edificação e das atividades**

#### **5.1.1 Estrutura física**

O empreendimento inaugurado no ano de 1997, sendo um dos primeiros no segmento em todo estado, está localizado em uma zona nobre da cidade, próximo a parques, edifícios residenciais, escolas, hospitais, bancos, postos de gasolina e outros pontos comerciais. O projeto original já sofreu expansões nos anos de 1998, 2004 e 2006 e ainda há área disponível para futuras expansões horizontais. Quanto a expansões verticais não foram reveladas informações se a estrutura física da edificação suportaria este tipo de ampliação. Hoje este centro comercial conta com uma área total de 132.974,4 m<sup>2</sup>, sendo que a área construída é de 61.965 m<sup>2</sup> e o espaço restante destinado ao estacionamento de carros que comporta 1.876 vagas e uma área verde de jardins (metragem não estimada).

O funcionamento do empreendimento é organizado para atender ao público em geral estando aberto todos os dias da semana, sendo que de segunda a sábado das 10 às 22h e aos domingos das 14 às 20h, porém os núcleos de alimentação, aos domingos, abrem das 12 até às 22h.

No edifício reúnem-se lojas dos segmentos mais variados, atraindo assim um público com uma grande diversidade de interesses. As lojas encontram-se distribuídas ao longo do seu único piso, com um total de 40.942,09 m<sup>2</sup> de área bruta locável (ABL). Dentre os seus segmentos estão: prestação de serviços, comércio, alimentação, lazer e entretenimento. Na Tabela 21 são apresentadas as atividades em função do seu segmento, distribuídas por 2 núcleos de alimentação (compostos por um total de 29 restaurantes) e pelas suas 192 lojas, das quais 8 são classificadas como lojas âncora, 3 como megalojas e 181 como lojas satélites.

Tabela 21 - Segmento das atividades desenvolvidas no centro comercial

<b>Segmento</b>	<b>Atividade</b>
Serviços	Escola de inglês
	Agência de Turismo
	Bancos e Lotérica
	Casa de Câmbio
	Copiadora
	DETRAN
	Farmacêutica
	Fotográfica
	Salões de Beleza
Comercio	Roupas
	Perfumes
	Joias
	Telefonia móvel
	Informática
	Óticas
	Livrarias
	Eletrodomésticos
	Supermercados
Alimentação	Restaurantes
	Bares
	Cafeterias
	Pizzarias
	Lanchonetes
	Sorveterias
	Docerias
Lazer	Cinema
	Parques

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

### 5.1.2 Fluxo de pessoas

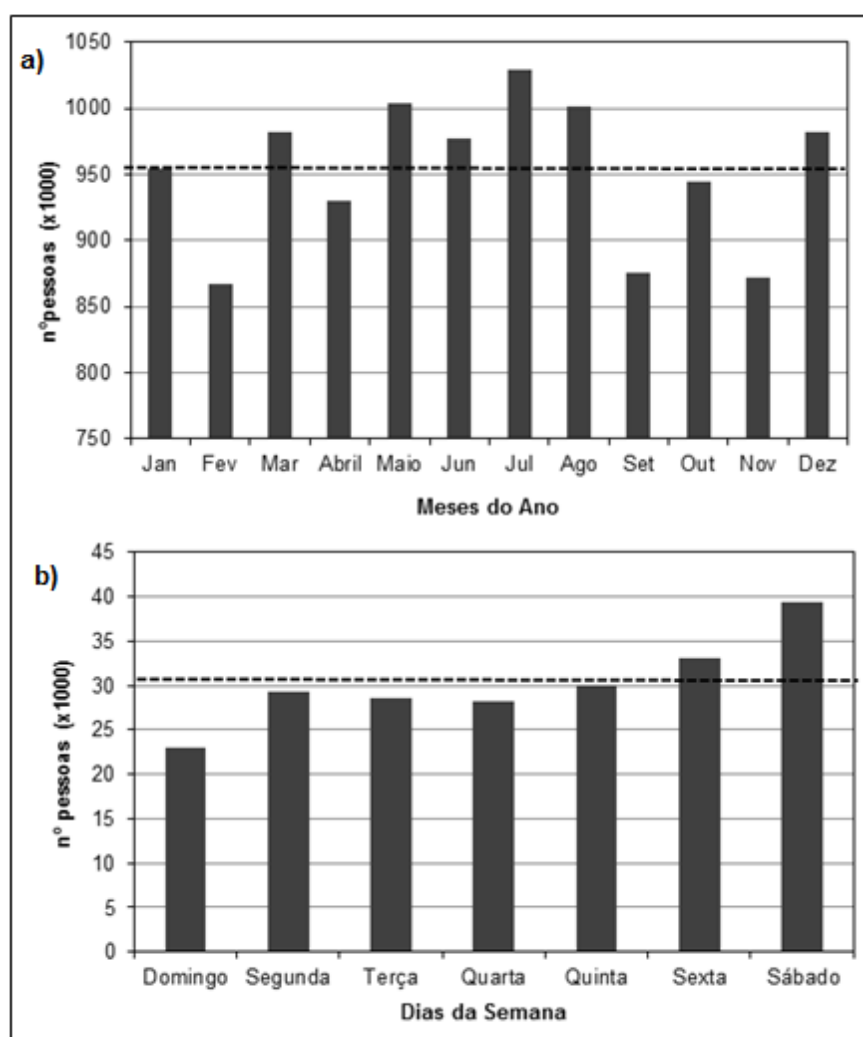
Por ser um dos principais em seu segmento de sua região, o centro comercial recebe um grande número de pessoas todos os dias. A população que transita por ele é formada por uma população fixa, que é constituída pelos funcionários de lojas, pessoas da segurança, limpeza, manutenção e administração. Já os clientes formam a população flutuante, parcela que sofre constantes variações em funções da época do ano, proximidade de datas festivas, dias da semana, hora do dia, dentre outros. A contagem do número de pessoas feito pela administração do centro que não faz diferenciação entre estas populações, logo os



valores apresentados neste trabalho correspondem a soma das duas contribuições. A medição da entrada de pessoas é realizada por meio de um programa de visão computacional que monitora a contagem de fluxo de pessoas utilizando câmeras inteligentes instaladas sobre os acessos e portas de entrada.

Embora o número de pessoas no estabelecimento comercial sofra influência de diversos fatores, segundo os dados obtidos, estima-se que o fluxo de entrada de utentes ao edifício comercial seja da ordem de 31 mil pessoas por dia. Empreendimentos comerciais semelhantes localizados em São Paulo, Tijuca, Rio de Janeiro e Recife estimam seus fluxos médio diário da ordem de 21, 50 e 65 mil pessoas, respectivamente. Como esperado, durante a semana há uma certa variação nestes valores, destacando-se o sábado como dia da semana com maior fluxo de pessoas, com média de 38 mil, e o domingo com menor número de pessoas, uma média de 23 mil. Ao longo dos meses do ano o número de pessoas também sofre algumas flutuações, sendo que a média mensal é próxima de 955 mil pessoas, porém esse valor pode ultrapassar 1 milhão de pessoas em meses de pico, já em meses de menor fluxo pode ter média de 870 mil pessoas. A Figura 20 apresenta os valores médios de pessoas expressos por meses do ano (Figura 20-a) e por dias da semana (Figura 20-b), além das médias mensal e semanal (linhas tracejadas).

Figura 20 - Número médio de pessoas por mês (a) e por dia da semana (b) que transitam pelo centro comercial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

### 5.1.3 Instalação de águas pluviais

Atualmente o edifício possui um sistema tradicional de coleta e escoamento de água das chuvas composto por um telhado levemente inclinado, no formato trapezoidal greca e de estrutura aparentemente feita em material de policarbonato. Um conjunto de calhas de diferentes tipos (beiral, centro, furtada, etc) e tubos de quedas verticais são responsáveis por escoar a água captada e direcioná-la, uma parte para um dreno final que está interligado ao sistema público de recebimento de água pluvial da companhia de águas do estado, e outra parte para uma a área externa do pavimento. Vale destacar, que no dia da visita não foram observadas quantidades significativas de resíduos, dejetos de pássaros, resíduos de graxas e óleos provenientes de máquinas ou contribuir de maneira significativa para uma redução da

qualidade das águas pluviais captadas. Assim, após a inspeção a principal área de coleta, considerada útil para compor o sistema de aproveitamento de água das chuvas, foi a superfície localizada na parte sul da edificação, equivalendo a uma área total de 10.439 m<sup>2</sup>.

#### **5.1.4 Abastecimento**

O processo de abastecimento de água interno atualmente é constituído exclusivamente pelo fornecimento da concessionária de abastecimento público da região. A única entrada diferenciada de água é aquela destinada à irrigação do gramado externo, que é realizada por meio de água não-potável adquirida comercialmente em empresa local, sendo a rega feita diretamente por meio de caminhão-pipa. O consumo de água nesta operação varia muito, sendo feita conforme avaliação da necessidade e das condições climáticas, no entanto, foi informado que o consumo em épocas de pico, em muitas vezes atinge os 20 m<sup>3</sup> por dia, o equivalente a um caminhão-pipa por dia.

O sistema de abastecimento do edifício é realizado de maneira indireta, ou seja, a água é primeiro enviada para reservatórios localizados na parte inferior e externa do empreendimento e posteriormente bombeada para abastecer um reservatório elevado, e em seguida ser distribuída aos pontos de consumo. Primeiramente a água é armazenada em 4 reservatórios inferiores não interligados entre si, cada um com um volume de aproximadamente 140 m<sup>3</sup> de capacidade. Posteriormente, a água é bombeada de maneira continua a depender da demanda para um reservatório superior com capacidade de 140 m<sup>3</sup>, de onde é distribuída para os pontos de consumo da edificação. Existe ainda um quinto reservatório inferior com capacidade igual aos demais (140 m<sup>3</sup>), porém este foi desativado por falta de utilidade, segundo informações do encarregado das operações hidráulicas do centro comercial, ele encontra-se em boas condições podendo ser reativado sem grandes complicações. A água de consumo destes reservatórios não atende ao sistema de refrigeração atmosférica da edificação, os aparelhos de ar-condicionado operam com um volume de água diferenciada confinadas em um processo fechado de recirculação de água e não avaliado neste estudo pois neste tipo de sistema é comum o uso de substâncias químicas responsáveis por dentre outras funções, evitar o aparecimento de algas e incrustações.

A irrigação das áreas verdes externas da edificação é feita com água não-potável, a qual é comprada em comércio local terceirizado de caminhões-pipas. A água para esta atividade é de origem diferenciada, pois existe a consciência que para este tipo de atividade

pode ser utilizado uma água com menor qualidade, não necessitando assim ser utilizado água potável do sistema de abastecimento público. A irrigação dos jardins é a única atividade do centro comercial que é desempenhada com água não-potável.

No Apêndice A é apresentado um croqui do centro comercial, nele é representado a localização do reservatório elevado e os 4 reservatórios inferiores utilizado no abastecimento de água potável, além disso estão identificados os principais pontos de vegetação, sem a identificação das pequenas áreas de canteiros usados para delimitação das vagas de carros no estacionamento.

### **5.1.5 Tratamento Interno da Água Potável**

Para garantir que a água fornecida ao público atenda aos parâmetros de potabilidade estipulados pela Portaria N° 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde (MS), e portanto não oferecer qualquer perigo a saúde, a administração do centro comercial adotou um procedimento extra de segurança microbiológica. A água potável ainda dentro dos reservatórios passa por um processo de cloração a fim de complementar o tratamento da concessionária de água pública. Em seus quatro reservatórios é adicionado por meio de um sistema dosador automático uma solução de hipoclorito de sódio, um agente desinfetante comumente utilizado em águas para assegurar a inativação de microrganismos patogênicos.

### **5.1.6 Consumo**

O centro comercial é abastecido diariamente com uma vazão média de 286 m<sup>3</sup>/dia. O volume médio de água potável consumido mensalmente da concessionária de abastecimento público é de 8.740 m<sup>3</sup>. O volume de água para irrigação da parte externa da edificação depende da necessidade e das condições climáticas, no entanto, estima-se que a média necessária seja de 600 m<sup>3</sup> de água por mês para esta atividade. Os valores médios do consumo de água estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Valores médios de consumo de água do empreendimento

Consumo médio de água		Valor
Consumo nas áreas internas	Mensal (m <sup>3</sup> )	8.740
	Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	286
Consumo na área externa	Diário (m <sup>3</sup> )	20
	Mensal (m <sup>3</sup> )	600

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

O primeiro contato da água potável com algum sistema de medição do consumo é realizado por um hidrômetro principal, o qual mede efetivamente a entrada de água para toda a edificação e é utilizado como valor base pela concessionária pública de água para calcular o gasto mensal. Já na parte interna da edificação hidrômetros individuais foram instalados em algumas lojas para realizar a medição. Aquelas que não possuem tal medidor estimam seu consumo individual por processo de rateio da água, dividindo o valor mensal do consumo de água pela área locável do edifício. Na Tabela 23 são apresentados os valores médios de consumo mensal das lojas locadas no centro comercial.

Tabela 23 - Consumo de água mensal das lojas por segmento

Segmento	Atividade	Consumo (m <sup>3</sup> /mês)
Serviços	Bancos e Lotéricas	20
	DETRAN	15
	Farmácia	6
	Fotografia	1
	Salões de Beleza 1	36
	Salões de Beleza 2	37
Comercio	Loja de roupa 1	86
	Loja de roupa 2	43
	Loja de roupa 3	1
	Loja de roupa 4	142
	Perfumaria	4
	Loja de joia 1	1
	Loja de joia 2	1
	Óticas	2
	Livraria	14
	Eletrodomésticos 1	4
	Eletrodomésticos 2	12
	Eletrodomésticos 3	2

<b>Segmento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/mês)</b>
	Variedades 1	156
	Variedades 2	8
Alimentação	Restaurante 1	18
	Restaurante 2	76
	Restaurante 3	8
	Restaurante 4	53
	Restaurante 5	21
	Restaurante 6	77
	Restaurante 7	24
	Restaurante 8	129
	Restaurante 9	14
	Restaurante 10	79
	Restaurante 11	89
	Restaurante 12	204
	Restaurante 13	18
	Restaurante 14	81
	Restaurante 15	36
	Restaurante 16	61
	Restaurante 17	72
	Restaurante 18	119
	Restaurante 19	60
	Restaurante 20	97
	Restaurante 21	26
	Restaurante 22	105
	Restaurante 23	0 (fechado)
	Restaurante 24	355
	Restaurante 25	45
	Restaurante 26	83
	Restaurante 27	43
	Restaurante 28	76
	Restaurante 29	31
	Restaurante 30	31
	Restaurante 31	21
	Restaurante 32	20
	Restaurante 33	5
	Doceria 1	3
	Doceria 2	8
Lazer	Cinema	1.084
	Parque de diversão	15
<b>Total</b>		<b>3.892</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Por ser um estabelecimento comercial de grande porte o valor da tarifa de consumo é diferenciado se comparado a tarifa de residências domésticas. Atualmente em Sergipe a tarifa da categoria de edifício comercial é de R\$ 6,23/m<sup>3</sup> (faixa de consumo de até 10 m<sup>3</sup> por mês) e de R\$ 10,98/m<sup>3</sup> (consumo acima de 10 m<sup>3</sup> por mês).

Após a última fase de expansão do centro comercial os principais pontos de consumo de água interno foram concentrados nos banheiros, fraudários, lojas e nos restaurantes e lanchonetes. Os banheiros de uso comum (Banheiro Comum 1, Banheiro Comum 2 e Banheiro Comum 3) estão localizados em três setores, que atendem ao público masculino, feminino, infantil e crianças de colo (fraudários). Os banheiros internos do cinema foram contabilizados como Banheiro Cinema 1 e Banheiro Cinema 2 e atendem ao público em geral (masculino e feminino). Os banheiros dos funcionários foram chamados de Banheiro Funcionários 1 e Banheiro Funcionários 2. E um setor onde está o banheiro da administração, chamado de Banheiro Administração. Além destes existem os demais banheiros localizados no interior de algumas lojas e que não foram contabilizados neste estudo. Os pontos de consumo de água dos banheiros são as torneiras e bacias sanitárias, com exceção dos banheiros masculinos que também apresentam mictórios. Contudo, não existem uniformidades no número de pontos de consumo, tipo e vazão de peça hidráulica.

Foram encontrados três tipos diferentes de tecnologias para acionamento das torneiras durante a visita aos banheiros: as acionadas por sensor (automáticas), por pressão (com temporizador) e por registro (com rosca de gaxeta). As torneiras de sensor são as mais econômicas e foram encontradas apenas em um dos setores. As torneiras de pressão são um pouco menos econômicas e foram encontradas na maioria dos banheiros, no entanto, foi constatado uma grande heterogeneidade no temporizador das torneiras. Segundo os fabricantes elas deveriam permitir a saída de água, após acionamento, por um período de 6 segundos, mas na prática foram observados tempos bem variados, demonstrando claramente uma falta de manutenção dos equipamentos. As torneiras de registro são as que mais desperdiçam água, pois dependem inteiramente dos usuários para a ação abre/fecha, além de possuir a maior vazão de água, no entanto, elas encontram-se em menor número, apenas no banheiro de funcionários. Os mictórios e bacias sanitárias agem por válvula de descarga, os mictórios liberando pequenos filetes de água, enquanto que as bacias sanitárias liberam grandes volumes de água.

A Tabela 24 apresenta o resultado do levantamento feito nos banheiros da edificação, nela são apresentados o número de pontos de consumo, o tipo de peça sanitária e a

vazão média das torneiras. É importante lembrar que não foram contabilizados os pontos de consumo localizados no interior das lojas e assim como nas cozinhas dos restaurantes, sendo apenas estimados o consumo nestes ambientes. Já a Tabela 25 apresenta um resultado do número total de pontos de consumo de água dos banheiros da edificação.



Tabela 24 - Detalhamento das Peças Sanitárias por Setores da Edificação

Setores		Peça Sanitária								
		Torneira			Bacia Sanitária			Mictório		
		Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)	Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)	Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)
Banheiro Comum 1	Masculino	6	Sensor de proximidade	0,073	6	Válvula de descarga	-	5	Válvula de descarga	-
	Feminino	8	Sensor de proximidade	0,073	6	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
	Infantil	2	Pressão	0,073	2	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
Banheiro Comum 2	Masculino	12	Pressão	0,066	6	Válvula de descarga	-	7	Válvula de descarga	-
	Feminino	12	Pressão	0,066	6	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
	Infantil	4	Pressão	0,083	4	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
Banheiro Comum 3	Masculino	11	Pressão	0,081	8	Válvula de descarga	-	7	Válvula de descarga	-
	Feminino	13	Pressão	0,081	8	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
	Infantil	4	Pressão	0,081	4	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
Fraldário		2	Pressão	0,123	N/D	N/D	-	N/D	N/D	N/D

Setores		Peça Sanitária								
		Torneira			Bacia Sanitária			Mictório		
		Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)	Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)	Pontos de Consumo	Tipo	Média do Consumo (L/s)
Banheiro Cinema	Masculino	7	Pressão	0,018	8	Válvula de descarga	-	7	Válvula de descarga	-
	Feminino	7	Pressão	0,018	8	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
Banheiro Funcionário 1	Masculino	7	Registro manual	0,152	8	Válvula de descarga	-	5	Válvula de descarga	-
	Feminino	5	Registro manual	0,152	8	Válvula de descarga	-	N/D	N/D	N/D
Banheiro Funcionário 2	Masculino	7	Registro manual	0,152	8	Válvula de descarga		5	Válvula de descarga	-
	Feminino	5	Registro manual	0,152	8	Válvula de descarga		N/D	N/D	N/D

N/D: Peça sanitária não Disponível no ambiente; “-“: Medição não realizada;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Tabela 25 - Número de pontos de consumo localizado nos banheiros vistoriados

Setores	Pontos de consumo
Banheiro Comum 1	35
Banheiro Comum 2	51
Banheiro Comum 3	55
Fraldaria	2
Banheiro Cinema	44
Banheiro dos Funcionários 1	38
Banheiro dos Funcionários 2	38
TOTAL	263

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

## 5.2 Análise dos dados

### 5.2.1 Geração de águas cinzas

Como já descrito no capítulo anterior, as águas cinzas geradas pela edificação foram agrupadas em dois grupos. O primeiro grupo é referente às torneiras das lojas de geração limpa. Após aplicar o fator de geração de águas cinzas que foi admitido para empreendimentos comerciais (22%) foi obtido o volume de águas cinzas gerados por atividade. A Tabela 26 apresenta o consumo de água das atividades e a geração de água cinza mensal encontrada após ser aplicado o fator de geração admitido para as lojas. Assim, o volume total estimado de águas cinzas das lojas de geração limpa foi 354,9 m<sup>3</sup> por mês. Este valor foi admitido como sendo constante ao longo do ano em função de não ter sido obtido valores mensais para o consumo de água das lojas.

Tabela 26 - Consumo de água e geração de águas cinza mensal pelas atividades de geração limpa

Segmento	Atividade	Consumo (m <sup>3</sup> )	Geração de águas cinzas (m <sup>3</sup> )
Serviços	Banco	20,0	4,4
	DETRAN	15,0	3,3
	Fotografia	1,0	0,2
Comércio	Loja de roupa 1	86,0	18,9
	Loja de roupa 2	43,0	9,5
	Loja de roupa 3	1,0	0,2
	Loja de roupa 4	142,0	31,2
	Perfumaria	4,0	0,9
	Loja de joia 1	1,0	0,2
	Loja de joia 2	1,0	0,2
	Ótica 1	2,0	0,4

Segmento	Atividade	Consumo (m <sup>3</sup> )	Geração de águas cinzas (m <sup>3</sup> )
	Ótica 2	2,0	0,4
	Livraria	14,0	3,1
	Eletrodomésticos 1	4,0	0,9
	Eletrodomésticos 2	12,0	2,6
	Eletrodomésticos 3	2,0	0,4
	Variedades 1	156,0	34,3
	Variedades 2	8,0	1,8
Lazer	Cinema	1.084,0	238,5
	Parques	15,0	3,3
Total		1.613,0	354,9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

O segundo grupo é composto pelas águas residuais geradas pelas torneiras dos banheiros de uso comum. O seu volume foi estimado a partir da Equação 1 apresentada na metodologia. Para aplicação na equação foi considerado que o tempo médio de funcionamento das torneiras necessário para higienização das mãos foi de 8 segundos. Após aplicação dos valores na equação foram determinados os volumes de água cinza para cada cenário, como apresenta a Tabela 27.

Tabela 27 - Cenários para geração de águas cinzas nos banheiros de uso comum

Meses	Nº médio de pessoas	Geração de água cinza nos banheiros de uso comum (m <sup>3</sup> )		
		Cenário 1 (50% pessoas)	Cenário 2 (75% pessoas)	Cenário 3 (100% pessoas)
Janeiro	954.000	2780	420	560
Fevereiro	866.700	254	381	509
Março	982.500	288	432	576
Abril	929.800	273	409	545
Maio	1.004.600	295	442	590
Junho	977.130	287	430	574
Julho	1.029.800	302	453	604
Agosto	1.002.000	294	441	588
Setembro	876.333	257	386	514
Outubro	944.487	277	416	554
Novembro	872.112	256	384	512
Dezembro	982.556	288	432	576
Total		3.350	5.026	6.701

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Em estudo de caso realizado por Santo (2001), a determinação da geração da água cinza referente a um dos banheiros da edificação comercial analisada foi de 130 m<sup>3</sup>/mês, monitoramento feito com a instalação de medidores nas linhas de abastecimento.

O volume total estimado de águas cinzas gerados pelo empreendimento corresponde a soma do volume gerado pelas torneiras dos lavatórios das atividades de geração limpa (Tabela 26) mais o volume gerado pelas torneiras dos banheiros de uso comum (Tabela 27). Assim o volume total estimado de água cinza gerado pelo edifício comercial em cada cenário é apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 - Volume total estimados de águas cinzas geradas na edificação

Meses	Volume total de águas cinzas geradas (m <sup>3</sup> )		
	Cenário 1 (50% consumidores)	Cenário 2 (75% consumidores)	Cenário 3 (100% consumidores)
Janeiro	635	775	915
Fevereiro	609	736	863
Março	643	787	931
Abril	628	764	900
Mai	650	797	944
Junho	641	785	928
Julho	657	808	959
Agosto	649	796	943
Setembro	612	740	869
Outubro	632	770	909
Novembro	611	739	866
Dezembro	643	787	931
Total	7.609	9.284	10.960

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

## 5.2.2 Captação das águas pluviais

O cálculo do volume de águas pluviais captável pelo telhado da edificação foi obtido pela aplicação do Modelo Racional (Equação 2) apresentada na metodologia.

Para telhados constituídos de material plástico ou PVC o valor do coeficiente *run-off* varia entre 0,90 e 0,95 (Tabela 19). Em função do telhado da edificação considerado útil para a coleta de água da chuva ser de material próximo ao PVC foi adotado um valor de 0,9 para os cálculos neste trabalho.

Foram utilizados os dados de pluviosidade disponíveis no *site* do INMET referentes aos anos de 2010 a 2014. Para efeito dos cálculos foi utilizado o valor médio desses 5 anos para cada mês, Tabela 29.

Tabela 29 - Precipitação dos meses do ano de 2010 até 2014

Mês	Precipitação mensal (mm)					Média
	2010	2011	2012	2013	2014	
Janeiro	26,9	100,5	35,9	6	15,8	37,0
Fevereiro	76,7	89,9	85,2	7,8	59,6	63,8
Março	31,9	52,3	17,8	10,8	78,4	38,2
Abril	359	210,6	24,5	195,8	153	188,6
Mai	125,8	333,3	144,6	115,4	127	169,2
Junho	265,1	97,3	118	146,9	89,7	143,4
Julho	135,5	130,4	100,6	120,3	116,3	120,6
Agosto	92,5	82,7	77,1	117,6	62,9	86,6
Setembro	76,6	55,4	60,8	24,8	38,2	51,2
Outubro	20,7	104,8	69,5	45,9	35,7	55,3
Novembro	14	43,1	5,6	24,2	44,3	26,2
Dezembro	8,7	4,4	2	65,2	9	17,9

Fonte: Elaborado a partir de INMET, 2015

A área do telhado útil selecionada neste estudo para a captação de água da chuva corresponde a um valor de 10.439 m<sup>2</sup>, área esta que foi avaliada com baixa possibilidade de contato com possíveis poluentes que pudessem diminuir a qualidade da água captada. Assim, utilizando o valor do coeficiente de escoamento superficial *run-off* (0,90), a área de captação e os dados de intensidade pluviométrica combinados na Equação 2, obtém-se o volume de água da chuva captável para cada mês do ano. No entanto, este valor ainda não leva em consideração o descarte das primeiras águas do telhado, etapa essencial para reduzir a concentração de impurezas e contaminantes presentes no telhado. De acordo com a recomendação da NBR 15.527/2007 devem ser descartados cerca de 2 litros por m<sup>2</sup> de área de telhado. Com base neste critério e no valor da área do telhado escolhido para captação chega-se a um volume de 20,88 m<sup>3</sup> a ser descartada por dia de chuva. Assim admitindo que em um mês chove 2 vezes com 15 dias de intervalo entre as precipitações estima-se que o volume de descarte mensal é da ordem de 42 m<sup>3</sup>/mês. Portanto, ao valor do volume de captação mensal há a necessidade de subtrair deste o volume de descarte. A Tabela 30 apresenta a estimativa

das precipitações pluviométricas coletadas pela área da edificação selecionada e da parcela utilizável para compor o sistema de água de reuso em cada mês.

Tabela 30 - Volume de água pluvial captada próprio para uso não potável

<b>Mês</b>	<b>Volume de captação (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume de descarte das primeiras águas (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume próprio para uso (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	348	42	306
Fevereiro	600	42	558
Março	359	42	317
Abril	1.772	42	1.730
Mai	1.590	42	1.548
Junho	1.347	42	1.305
Julho	1.133	42	1.091
Agosto	813	42	771
Setembro	481	42	439
Outubro	520	42	478
Novembro	246	42	205
Dezembro	168	42	126
<b>Total</b>	<b>781,41</b>	<b>504</b>	<b>8.375</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

### 5.2.3 Geração de Água de reuso

Após a estimativa dos volumes de águas cinzas produzidos pela edificação e do volume de água da chuva captável própria para aproveitamento foi definido que as águas de reuso serão compostas pela junção das parcelas volumétricas das duas águas. A Tabela 31 apresenta a estimativa dos volumes da água de reuso gerado nesta nova composição das águas considerando os cenários propostos.

Tabela 31 - Resumo dos volumes de água utilizados para composição da água de reuso

Mês	Águas cinzas geradas (m <sup>3</sup> )			Água pluvial captada própria para uso (m <sup>3</sup> )	Água de reuso (m <sup>3</sup> )		
	Cenário 1 50%	Cenário 2 75%	Cenário 3 100%		Cenário 1 50%	Cenário 2 75%	Cenário 3 100%
Janeiro	635	775	915	306	941	1.081	1.221
Fevereiro	609	736	863	558	1.167	1.294	1.421
Março	643	787	931	317	961	1.105	1.249
Abril	628	764	900	1.730	2.358	2.494	2.630
Maiο	650	797	944	1.548	2.198	2.345	2.492
Junho	641	785	928	1.305	1.947	2.090	2.234
Julho	657	808	959	1.092	1.748	1.899	2.050
Agosto	649	796	943	771	1.420	1.567	1.714
Setembro	612	740	869	439	1.051	1.179	1.308
Outubro	632	770	909	478	1.110	1.248	1.387
Novembro	611	739	866	205	815	943	1.071
Dezembro	643	787	931	126	769	913	1.057

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015



## 5.3 Proposta de Sistema de Reuso

### 5.3.1 Avaliação da demanda pela água de reuso

Após avaliação dos dados de geração e demanda de água de reuso, concluiu-se que nem todos os vasos sanitários dos banheiros comuns conseguiriam ser contemplados para receber a água de reuso. Os banheiros comuns 1, 2 e 3 possuindo 14, 16 e 20 vasos sanitários, respectivamente, possuem uma demanda média mensal por água da ordem de 4.759 m<sup>3</sup> (Tabela 32), o equivalente a 3 vezes a geração mensal da água de reuso estimada (cenário 2). Assim, foi escolhido apenas o Banheiro Comum 1 (BC1) como a área interna da edificação para a prática de reuso de água, além da área externa dos jardins. Para avaliação da demanda no BC1 aplicou-se os dados necessários na Equação 3, e assim foi encontrado o consumo estimado de todas as bacias sanitárias do banheiro em cada mês apresentados na Tabela 33.

Tabela 32 - Estimativa do consumo de água das bacias sanitárias de todos os Banheiros Comuns

Meses	Demanda dos banheiros de uso comum (m <sup>3</sup> )
Janeiro	4.770
Fevereiro	4.334
Março	4.913
Abril	4.649
Maiο	5.023
Junho	4.886
Julho	5.149
Agosto	5.010
Setembro	4.382
Outubro	4.722
Novembro	4.361
Dezembro	4.913

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Tabela 33 - Consumo de água mensal para cada bacia sanitária e a demanda total do Banheiro

Comum 1

Meses	Consumo mensal por cada bacia sanitária (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal total do BC1 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	95	1.336
Fevereiro	87	1.213
Março	98	1.376
Abril	93	1.302
Maio	100	1.406
Junho	98	1.368
Julho	103	1.442
Agosto	100	1.403
Setembro	88	1.227
Outubro	94	1.322
Novembro	87	1.221
Dezembro	98	1.376

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

O resultado da análise do balanço hídrico com a demanda e geração da água de reuso encontra-se apresentado na Tabela 34, nela são representados em sinal negativo os meses em que existe *déficit* entre a demanda e a geração, e em positivo os meses em que ambas as demandas são atendidas. Observa-se que em apenas três meses (abril, maio e junho) ocorre o pleno atendimento (BC1 + jardim) havendo um excesso hídrico que conseguiria atender os três meses seguintes (julho, agosto, setembro). Nos demais meses haveria obrigatoriamente uma complementação da demanda com o fornecimento de água potável da concessionária de água pública.

Tabela 34 - Balanço hídrico entre a demanda e geração de águas cinzas

Meses	Demanda do Banheiro Comum 1 por água de reuso (m <sup>3</sup> )	Demanda para irrigação do jardim (m <sup>3</sup> )	Demanda Total (m <sup>3</sup> )	Geração de água de reuso para o Cenário 2 - 75% (m <sup>3</sup> )	Balanço hídrico (m <sup>3</sup> )
Janeiro	1.336	600	1.936	1.081	<b>-855</b>
Fevereiro	1.213		1.813	1.294	<b>-519</b>
Março	1.376		1.976	1.105	<b>-871</b>
Abril	1.302		1.902	2.494	<b>592</b>
Mai	1.406		2.006	2.345	<b>339</b>
Junho	1.368		1.968	2.090	<b>122</b>
Julho	1.442		2.042	1.899	<b>-143</b>
Agosto	1.403		2.003	1.567	<b>-436</b>
Setembro	1.227		1.827	1.179	<b>-648</b>
Outubro	1.322		1.922	1.248	<b>-674</b>
Novembro	1.221		1.821	943	<b>-878</b>
Dezembro	1.376		1.976	913	<b>-1.063</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

### 5.3.2 Avaliação da economia obtida

A Tabela 35 apresenta os valores da análise econômica. Nela é possível observar os valores gastos anteriormente para abastecimento das bacias sanitárias e os novos valores que passariam a serem gastos após operação do sistema de reuso. Adotando essa proposta de reuso (BC1 + jardim) é possível conseguir até 100% de economia em meses de máxima geração de água de reuso, como em abril, maio e junho, sendo que o mínimo de economia observada foi de 49% para o mês de dezembro.

A Tabela 36 apresenta os valores de economia alcançados para toda a instituição levando em consideração a conta de água estipulada pela concessionária de abastecimento de água pública. É possível atingir em média 23% na redução no valor da conta de água, obtendo um máximo de 33% de economia e um mínimo de 16% nos meses de maior e menor geração de água de reuso, respectivamente. Comparando estes valores com alguns estudos realizados em residências observa-se um resultado alcançado economicamente bem significativo. No estudo de Sella (2011) a porcentagem da economia obtida com o sistema de reuso de águas cinzas foi em média de 29%. Segundo o engenheiro civil e gerente da *General Water* a economia para uma edificação comercial ou um condomínio de grande porte, pode chegar em até 60% (TRATA BRASIL, 2015). Valor parecido com o relatado pelo professor de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Espírito Santo, que avalia a economia máxima de água em condomínios comerciais da ordem de 50%. Esses valores significativamente elevados referem-se a implantação de sistemas de reuso de água que substituem a água potável usada em descargas de aparelho sanitário.

É importante ressaltar que para a avaliação da economia da proposta não considera-se gastos com a implantação do sistema de reuso como materiais para realização das alterações hidráulicas, custos com reservatórios e com mão-de-obra dentre outros itens, mas que devem ser levados em consideração antes da real implantação do sistema.

Tabela 35 - Avaliação da economia com a operação do sistema de reuso

<b>Meses</b>	<b>Custo da água utilizada nas Bacias Sanitárias do Banheiro Comum 1</b>	<b>Custo com a irrigação do jardim</b>	<b>Custo total antes da aplicação do sistema reuso</b>	<b>Custo total após aplicação da proposta de reuso</b>	<b>Economia (%)</b>
Janeiro	R\$ 14.665	R\$ 5.400	R\$ 20.065	R\$ 8.195	59
Fevereiro	R\$ 13.323		R\$ 18.723	R\$ 4.515	76
Março	R\$ 15.103		R\$ 20.503	R\$ 8.370	59
Abril	R\$ 14.293		R\$ 19.693	R\$ 0,00	100
Maiο	R\$ 15.443		R\$ 20.843	R\$ 0,00	100
Junho	R\$ 15.020		R\$ 20.420	R\$ 0,00	100
Julho	R\$ 15.830		R\$ 21.230	R\$ 1.440	93
Agosto	R\$ 15.403		R\$ 20.803	R\$ 3.960	81
Setembro	R\$ 13.471		R\$ 18.871	R\$ 5.940	69
Outubro	R\$ 14.519		R\$ 19.919	R\$ 6.216	69
Novembro	R\$ 13.406		R\$ 18.806	R\$ 8.452	55
Dezembro	R\$ 15.104		R\$ 20.504	R\$ 10.479	49

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Tabela 36 – Comparação entre os valores de toda edificação antes e após instalação do sistema de reuso

Meses	Consumo médio da edificação (m <sup>3</sup> )	Valor médio mensal sem adoção do sistema	Valor médio mensal com adoção do sistema	Economia (%)
Janeiro	8.740	R\$ 95.965	R\$ 17.281	18
Fevereiro			R\$ 19.620	20
Março			R\$ 17.545	18
Abril			R\$ 31.295	33
Maio			R\$ 31.160	32
Junho			R\$ 28.360	30
Julho			R\$ 26.263	27
Agosto			R\$ 22.618	24
Setembro			R\$ 18.357	19
Outubro			R\$ 19.115	20
Novembro			R\$ 15.766	16
Dezembro			R\$ 15.437	16

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

### 5.3.3 Tratamento para a água de reuso

Assumindo que os principais poluentes presentes na água de reuso proposta neste estudo são os microrganismos, o tratamento proposto consiste apenas em uma desinfecção por hipoclorito de sódio, realizada com um sistema dosador automático. Esta prática simples e eficiente já vem sendo utilizada pelo centro comercial, mas com aplicação à água potável proveniente da concessionária de abastecimento público. Esta prática é adotada como segurança extra na qualidade da água, pois a adição de hipoclorito de sódio (NaClO) em meio aquoso possui uma ação germicida.

A fim de propor um sistema de tratamento mais econômico não será proposto nenhum tratamento biológico, em função dos baixos valores de matéria orgânica que são estimados para este tipo de água de reuso segundo literaturas científicas avaliadas para as águas cinzas e águas pluviais. Contudo, devem ser consideradas duas variáveis para que o processo de cloração seja feito de maneira adequada: o tempo de contato da água de reuso com o agente germicida e a sua concentração. O tempo de contato necessário para desinfecção deve ser inferior a 24 horas nos reservatórios, pois após esse período mesmo que em pequena concentração a matéria orgânica inicia-se um processo de degradação, o que causa diversos

problemas. Em função disso é recomendado que o tempo de detenção hidráulica dentro dos reservatórios seja por volta de 1 dia. A concentração de cloro é calculada em função da vazão e da concentração de cloro livre da água de reuso, sendo a concentração obtida pela diferença entre a concentração inicial e a concentração de cloro residual na água.

#### **5.3.4 Sistema de armazenamento**

O sistema de reuso proposto neste estudo será constituído por três reservatórios, sendo dois inferiores e um elevado. O primeiro reservatório, de menor porte, destinado à coleta das primeiras águas da chuva é chamado de Reservatório 1. O seu volume foi dimensionado de acordo com a Tabela 20 como sendo de 21 m<sup>3</sup>. Este deve estar localizado próximo ao reservatório destinado a mistura das águas.

O segundo reservatório, chamado de Reservatório 2, de maior porte é destinado a mistura das águas cinzas com as águas pluviais coletadas após o descarte da água de limpeza dos telhados. É neste reservatório em que será aplicado o hipoclorito de sódio utilizado na desinfecção da água, logo o tempo de detenção da água de reuso neste reservatório deverá ser suficiente para que ela reaja com a substância a base de cloro e alcance o efeito desinfetante almejado. O seu volume foi definido para atender a um pior cenário de geração de água de reuso. Assim utilizando os valores da Tabela 31, cenário 3 e mês de abril chega-se a um volume mensal de pico igual a 2.630 m<sup>3</sup>. Levando em consideração que o tempo de detenção hidráulica no reservatório deverá ser em média 24 horas, devido ao tipo de tratamento empregado, tem-se uma geração média diária de aproximadamente 88 m<sup>3</sup>/dia. Adotando um fator de segurança para períodos de máxima geração de 1,5 (50%) estima-se que o Reservatório 2 deva ter uma capacidade mínima de 132 m<sup>3</sup>. No entanto, o empreendimento apresenta um reservatório desativado com capacidade volumétrica de 140 m<sup>3</sup>, portanto sugere-se uma vistoria a este reservatório para verificar sua integridade física e se ele atende aos requisitos sanitários mínimos para o armazenamento da água de reuso evitando assim gastos com a aquisição ou construção de um sistema novo de reservação.

O terceiro reservatório, denominado como Reservatório 3, consiste em um reservatório elevado com a finalidade de armazenar e realizar a distribuição da água de reuso por gravidade para o Banheiro Comum 1. Assim como no Reservatório 2 o tempo de detenção da água de reuso neste deve ser de 1 dia, logo seu volume mínimo pode ser admitido com igual valor de 132 m<sup>3</sup>.

### 5.3.5 Descrição do Sistema de reuso

A recomendação para a organização do sistema de reuso é a segregação das águas cinzas das águas negras, etapa esta crucial ao desenvolvimento do processo de reuso. Logo mudanças hidráulicas são previstas conforme a necessidade, estimando-se que sejam apenas alterações com novas tubulações e conexões de redução e expansão. Após serem segregadas das águas negras, as águas cinzas da edificação seguirão para o Reservatório 2 onde irão se misturar com as águas das chuvas. É importante mencionar que o sistema de reservação sugerido não é composto por reservatórios duplos, normalmente idealizados para suportar eventuais sinistros ou período de parada para manutenção e limpeza, pois sugere-se que haja um sistema de *by-pass* para direcionar as águas cinzas para o sistema público de coleta de esgoto.

Para o sistema de coleta das águas pluviais sugere-se que as calhas da área do telhado selecionado que captam as águas das chuvas sejam alteradas para receber um sistema de grelhas e telas, com o objetivo de remover detritos de grande e médio porte. Em seguida essa água desceria pela tubulação vertical com destino ao Reservatório 1, responsável para acolher as primeiras águas pluviais. O uso de boias na entrada deste reservatório atuaria como um dispositivo de fechamento automático do tubo condutor bloqueando o escoamento para seu interior assim que a sua capacidade fosse atingida, permitindo dessa maneira o seguimento das águas pluviais para o segundo reservatório, posicionado logo após deste. Ainda no Reservatório 2, sugere-se uma saída de água para facilitar o uso da água de reuso em áreas externas. Após reagir com o agente desinfetante a água de reuso já tratada segue para o Reservatório 3 de onde irá escoar por gravidade para o interior da edificação abastecendo os vasos sanitárias do Banheiro Comum 1.

No croqui elaborado para ilustrar o centro comercial (Apêndice A) é simbolizado o posicionamento dos banheiros comuns 1, 2 e 3, os principais pontos de vegetação para irrigação e as sugestões possíveis para as localizações dos reservatórios do sistema de reuso propostos. O Reservatório 2 foi posicionado no local onde existe atualmente o reservatório inativo, para o caso da constatação da viabilidade do seu uso neste propósito. O Reservatório 1 foi posicionado em local próximo ao Reservatório 2 em função do sistema de descarte das primeiras águas que interliga-os. O Reservatório 3 foi posicionado em área vizinha ao reservatório elevado de água potável, em razão das suas dimensões e volumes semelhantes.



No Apêndice B é apresentado um fluxograma do sistema de reuso proposto ao centro comercial com a sequência de utilização das águas, assim como, os componentes do sistema como reservatórios, sistema dosador de cloro e válvulas para mudança de direção do fluxo de água (*by-pass*).

### 5.3.6 Recomendações

O estudo realizado focou-se na sugestão de uma proposta de sistema de reuso de água para um centro comercial, contudo é importante destacar que antes de realizar a implementação do sistema deve-se realizar alguns estudos complementares. Recomenda-se neste caso:

- Realizar uma medição real (através da instalação de hidrômetros ou outros medidores) do volume de água consumido pelos lavatórios e pelas bacias sanitárias dos banheiros, chegando assim a um valor preciso de volume de águas cinzas gerados pela edificação.

- Realizar o redimensionamento do sistema de coleta de esgoto das lojas e dos banheiros que irão fazer parte do sistema de reuso, de modo que as águas residuárias provenientes dos lavatórios sejam segregadas das geradas pelas bacias sanitárias, assim conduzidas de maneira eficiente até ao reservatório de mistura (Reservatório 2).

- Realizar o dimensionamento do sistema de abastecimento de água de reuso, fazendo as devidas alterações para que as bacias sanitárias sejam abastecidas por um sistema duplo (água potável e água de reuso).

- Realizar uma análise econômica mais detalhada levando em consideração os custos com as mudanças hidráulicas, como peças sanitárias, conexões, tubulações, reservatórios, mão-de-obra, etc. A análise econômica também deve determinar o *payback*, ou seja, o tempo necessário para que o valor do investimento retorne.

- Realizar um monitoramento periódico dos parâmetros da qualidade da água de reuso (físico-químicos e biológicos).

- Realizar manutenção periódicas nas peças sanitárias de modo a homogeneizar os sistemas de acionamento das torneiras e descargas dos vasos sanitários dos banheiros..

## 6 CONCLUSÃO

Através da pesquisa realizada para a composição deste trabalho é possível ter uma ideia do contexto do surgimento da atividade de reuso e do aproveitamento de águas pluviais, seja em uma edificação comercial ou residencial.

O conhecimento das características físicas, forma de distribuição e os dados de consumo de água do centro comercial foram de fundamental importância para o desenvolvimento da proposta do sistema de reuso. Através deles foi possível desenvolver uma metodologia própria para estimar o potencial de geração da água de reuso, assim como a sua demanda. Claramente verifica-se que o potencial de água de reuso do edifício possui uma maior contribuição proveniente da captação das águas das chuvas, no entanto, esta prática sofre grandes flutuação de volume em função dos meses do ano. Por outro lado a contribuição proveniente das águas cinzas é menor, mas é relativamente constante. Os 23% de redução média no gasto com a conta de água potável estimado para este estudo é considerado extremamente satisfatório em função do cenário analisado, sendo possivelmente atingido após execuções de simples mudanças físicas e hidráulicas na estruturação do edifício. Este valor pode ser reavaliado caso a área útil captável de água pluvial sofra expansões, uma vez que a área ociosa do telhado é significativa.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCMAC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/>, acessado em 25/07/15 as 21h00.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.696 de 1997. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro 1997.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844 de Dezembro de 1989. Instalações prediais de águas pluviais, Rio de Janeiro 1989.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527 de Setembro de 2007. Água de chuva -Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos, Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.626 de Setembro de 1998. Instalação predial de água fria, Rio de Janeiro 1998.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.160 de Setembro de 1999. Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, Rio de Janeiro 1999.
- ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E., At-source domestic wastewater quality. Urban Water 1, p. 49 – 55, 1999.
- ALMEIDA, R. G. de. **Aspectos legais para a água de reuso**. VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 2, p. 31-43, maio/ago. 2011. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/viewFile/1809-2667.20110012/701>, acessado em 24/08/2015 as 11h00.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Boletim Água 2005**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>, acessado em 10/05/2015 às 20h30
- ANA - AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **GEO Brasil Série Temática: Recursos Hídricos**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>, acessado as 24/08/2015.
- ANDRADE NETO, C. O., **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais**. 4º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 2003. Disponível em: [http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/4simp\\_cicero\\_segurancasanitariasdaaguadecisterna.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/4simp_cicero_segurancasanitariasdaaguadecisterna.pdf), acessado em 17/08/2015 as 11h50.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível

em: [http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN\\_.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf), acessado em 01/08/15 às 18h.

- APPAN, A. A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable use. *Urban Water*, 1(3), 317-321, 1999.
- ASA - ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Número de cisternas construídas. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>, acessado em 25/07/15 as 20h15.
- BAZZARELLA, B. B., **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005. Disponível em: [http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Bazzarella\\_BB\\_2005.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Bazzarella_BB_2005.pdf), acessado as 24/08/2015.
- BHRI, A. **Wastewater Reclamation and Reuse in Tunisia**. *apud* ASANO, Takashi. *Water quality management library – v. 10/ Wastewater Reclamation and Reuse*. Pennsylvania, USA: Techomic Publication, 1998.
- BLUM, José R. C. **Crítérios e Padrões de água residual depurada**. *apud* MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F dos (Editores). *Reuso de água*. 1ed. Barueri, SP: Manole, 2003.
- BRASIL. Lei Nº 11.445 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, 5 de Janeiro de 2007.
- BROWN, C.; JAN G.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. Texas Water Development Board. Third Edition. Austin, Texas, 2005. Disponível em: [http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/hq/pdf/texas\\_rw\\_harvestmanual\\_3rdedition.pdf](http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/hq/pdf/texas_rw_harvestmanual_3rdedition.pdf), acessado em 28/07/2015 as 01h35.
- California Department of Public Health. **Regulations Related to Recycled Water. Water Recycling Criteria**. 2014. Disponível em: <https://www.cdph.ca.gov/certlic/drinkingwater/Documents/Lawbook/RWregulations-01-2009.pdf>, acessado em 25/08/2015 as 10h30.
- CAMPOS, M. M., AZEVEDO, F. R. **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO HUMANO DIRETO**. *Jornal Eletrônico Faculdades Integradas Vianna Júnior*. Ano V – Edição I – maio 2013. Disponível em: [http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523\\_155633.pdf](http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf), em 22/07/2015 acessado as 16h15.
- 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.
- CLARKE, R.; KING, J. *O Atlas da água*. São Paulo: Publifolha, 2005.
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 121, de 16 de Dezembro de 2010. **Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e**

**florestal, definida na Resolução CNRH N° 54**, de 28 de novembro de 2005. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>, acessado em 20/06/2015 às 16h49.

- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução N° 54, 28 de Novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências.** Publicada no DOU em 09/03/06. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54\\_2005\\_criterios\\_gerais\\_u\\_so\\_agua.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_u_so_agua.pdf), acessado em 20/06/2015 às 16h49.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no D.O.U N° 92, em 16/05/2011, pág. 89.
- CROOK, J. Water reclamation and reuse criteria. *apud* ASANO, T. **Water quality management library – volume 10. Wastewater reclamation and reuse.** Pennsylvania, USA: Technomic Publication, 1998.
- CUNHA, A. H. N, FERRARI, A. R. **Reuso de Água no Brasil.** 2011. Disponível em: <http://www.cenedcursos.com.br/upload/reuso-de-agua-no-brasil.pdf>, acessado em 21/05/2015 às 12:20.
- CUNHA, Vanessa Dias da. **Estudo para proposta de critério de qualidade da água para reuso urbano.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQOFjABahUKewj4iput9sHHAhVLgpAKHVsnAVQ&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3147%2Fde-02022009-182058%2Fpublico%2Fvanessa\\_cunha.pdf&ei=einbVfjIE8uEwgTbzoSgBQ&usq=AFQjCNEt2Gg8VjkbhMNwrSQShzUKBrS13A&sig2=fcrm-p2MMWkGbYppZ4E97w](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQOFjABahUKewj4iput9sHHAhVLgpAKHVsnAVQ&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3147%2Fde-02022009-182058%2Fpublico%2Fvanessa_cunha.pdf&ei=einbVfjIE8uEwgTbzoSgBQ&usq=AFQjCNEt2Gg8VjkbhMNwrSQShzUKBrS13A&sig2=fcrm-p2MMWkGbYppZ4E97w), acessado as 24/08/2015.
- CURITIBA. Lei N° 10.785 de 2003. **Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.** Palácio 29 de Março, em 18 de Setembro de 2003.
- DACACH, N.G. **Saneamento Básico.** 2ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
- DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A., **Water saving potencial of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination.** Water Science and Techology, v. 39, n.5, p. 25-32, 1999. Disponível em: [http://www.biedo.org.au/documents/C&C\\_Domestic%20water%20resuing%20sytem.pdf](http://www.biedo.org.au/documents/C&C_Domestic%20water%20resuing%20sytem.pdf), acessado em 25/08/2015 as 10h45.
- DMAAE - DEPARTAMENTO MUNICIPAL AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Disponível em: <http://www.dmaeof.com/portal/images/agua.swf>, acessado às 12/05/2015 às 16h35.

- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves.** Informativo Técnico Nº. 240, 2013. Disponível em: [http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_v7r28u3f.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf), acessado em 27/09/2015 as 21h00.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY Victoria, **Guidelines for Environmental Management: Code of Practice – Onsite.** Wastewater Management, EPA Publication 891.2, 2013. Disponível em: <http://www.epa.vic.gov.au/our-work/publications/publication/2013/february/891-3>, acessado em 18/05 às 01h30.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Water Reuse.** EPA/600/R-12/618 | September 2012. Disponível em: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>, acessado em 25/08/2015 as 10h25.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbook.** Rainwater Harvesting Policies. December 2008. Disponível em [http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/upload/gi\\_munichandbook\\_harvesting.pdf](http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/upload/gi_munichandbook_harvesting.pdf), acessado em 10/08/15.as 21h00.
- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K; MAGENS, H., LEDIN, A., **A characteristics of grey wastewater.** *Urban Water*,v. 4, n. 1, p. 58-104, 2002. Disponível em [http://www.researchgate.net/publication/257587685\\_Characteristics\\_of\\_Grey\\_Wastewater](http://www.researchgate.net/publication/257587685_Characteristics_of_Grey_Wastewater), acessado em 25/08/2015 as 10h50.
- **Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in the Sultanate of Oman.** *apud* International water demand management conference. Dead Sea. Jordan, 2004. Disponível em: [http://www.wdm2004.org/new\\_web/technical\\_session/files/ahmad\\_jamrah.pdf](http://www.wdm2004.org/new_web/technical_session/files/ahmad_jamrah.pdf), acesso em 25/08/2015 as 10h55.
- FACULDADE ENIAC. **Água da chuva já é reutilizada por instituições públicas e privadas.** Disponível em: <http://www.eniac.com.br/agua-da-chuva-ja-e-reutilizada-por-instituicoes-publicas-e-privadas/>, acessado em 21/05/2015 às 13:00.
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e CIESP - Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA.** Volume I, 2004. Disponível em: <http://www.ciespoeste.org.br/arquivo-download/?id=394>, acesso em: 28/04/2015 às 18h50.
- FIGUEIRAS, M. L., **Avaliação da influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade bacteriológica da água captada em telhado.** Caruaru, 2013. Disponível em: [https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2012.2/tcc2\\_versaofinal2012\\_02%20-%20manuella%20lopes%20figueiras.pdf](https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2012.2/tcc2_versaofinal2012_02%20-%20manuella%20lopes%20figueiras.pdf), acessado as 21h25 em 10/08/15.
- FOLHA DE SÃO PAULO – UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL, 2003 *apud* CUNHA, V. D., Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para

reuso urbano. Dissertação de mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

- FOLHA DE SÃO PAULO – UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL, **Consumo de água na Grande São Paulo cresce mais que a produção**. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/04/1435060-consumo-de-agua-na-grande-sao-paulo-cresce-mais-que-a-producao.shtml>, acessado em 10/05/2015 às 15h35.
- FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. Acid Deposition and Related Atmospheric Chemistry at the São Paulo Metropolis, Brazil: Part II – Contribution of Formic and Acetic Acids. São Paulo, 2000. Proceedings: São Paulo: FRG 2000.
- GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Água de Chuva. 2º Fórum Mundial da Água. Holanda, 2000. Disponível em: <http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>, acessado em 25/07/15 as 16h30.
- GOMES, U. A. F., DOMÈNECH, L., PENA, J. L., HELLER, L., PALMIER, L. R. **A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1 –Jan/Mar 2014, 7-16.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1. 290 p.
- HAFNER, A. V. **Conservação e reuso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro/RJ, 2007. Dissertação de Mestrado – COPPE – UFRJ. 161p.
- HAWAII STATE DEPARTMENT OF HEALTH WASTEWATER BRANCH. **Guidelines for the treatment and use of recycled water**. May 15, 2002. Disponível em: <http://health.hawaii.gov/wastewater/files/2013/06/reuse-final.pdf>, acessado em 20/06/2015 as 16h40.
- HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico: parte I**. Engenharia: revista do Instituto de Engenharia, São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, v.55, n. 523, p. 45-58, 1997;
- HILL, S.; BIRKS, R.; DIAPER, C.; JEFFREY, P. **An evaluating of single-house greywater recycling system**. In: Proc. IWA International Symposium on Wastewater Reclamation & Reuse, 4. 2003, Cidade do México.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo de 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?view=noticia&id=1&idnoticia=1766&t=censo-2010-populacao-brasil-190-732-694-pessoas>, acesso em: 28/042015 às 10h45.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese do panorama da economia brasileira**. 2012. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Regionais/2012/pdf/comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Regionais/2012/pdf/comentarios.pdf), acessado em: 28/042015 às 10h45.

- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva.** 2015. Disponível em: [http://www.ipt.br/download.php?filename=1200-Manual\\_para\\_captacao\\_emergencial\\_e\\_uso\\_domestico\\_de\\_AGUA\\_DA\\_CHUVA.pdf](http://www.ipt.br/download.php?filename=1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf), acessado em 03/08/15 às 17h.
- JAMRAH, A.; AL-FUTAISI, A.; PRATHAPAR, S.; AHMED, M.; AL-HARRASI, A.
- JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- JORDÃO, E. P. & PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p. LIMA J. A., DAMBROS M. V. R., ANTONIO M. A. P. M., JANZEN J. G., MARCHETTO M. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia.** Engenharia Sanitária e Ambiental vol.16 n°3 Rios de Janeiro July/Sept. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522011000300012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522011000300012&script=sci_arttext), acessado em 17/05/2015 às 17h55.
- LOPES, G. B., **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis na Universidade federal de Uberlândia.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG, 02 de Agosto de 2012.
- MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reuso de água no meio urbano.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2006. Disponível em: [http://www.ppggerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/113-Adriana\\_Malinowski.pdf](http://www.ppggerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/113-Adriana_Malinowski.pdf), acessado em 24/08/2015 as 11h55.
- MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água.** Barueri/São Paulo: Manoele, 2003.
- MARINGÁ. Lei N° 6.076 de janeiro de 2003. **Dispõe sobre o reuso de água não potável e dá outras providências.** Maringá, 21 de janeiro de 2003.
- MARINGÁ. Lei N° 910 de 2011. **Dispõe sobre o projeto, a execução e as características das edificações no Município de Maringá e dá outras providências.** Maringá, 29 de Dezembro de 2011.
- MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/>, acessado em 25/08/2015 as 10h20.



- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação de Mestrado apresentada A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>, acessado em 07/09/2015 as 10h20.
- MENDONÇA, P. A. O. **Reuso de água em edifícios públicos.** O caso da Escola Politécnica. Salvador, 2004. p. 162. Dissertação de Mestrado em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo – Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2004. Disponível em: [http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_pedro\\_de\\_a\\_o\\_mendonca.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_pedro_de_a_o_mendonca.pdf), acessado em 25/08/2015 às 10h10.
- METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse.** 4 ed. New York: McGraw Hill, 2003.
- MONTERO, F. A. **Capital pode economizar 70% da água com reuso da chuva.** [Depoimento a Rodrigo Pinotti]. Gazeta Mercatil, São Paulo, 21 junho, 2001. p.7.
- MINISTRY OF HEALTH. A Summary of the Annual Review of the Microbiological and Chemical Quality of Drinking Water in New Zealand 2005. 15 p. Ministry of Health, Wellington, New Zealand: 2006.
- NAUTILUS. Filtros e Bombas para piscinas. **Manual de instalação Operação e Manutenção.** Disponível em: <http://www.nautilus.ind.br/>, acessado em 02/08/15 as 04h05.
- NEW SOUTH WALES HEALTH. **Greywater reuse in sewerred, single household residential premises.** Sidney, May 2008. Disponível em: [http://www.water.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/557324/recycling\\_grey\\_nsw\\_guidelines\\_for\\_greywater\\_reuse\\_in\\_sewerred\\_single\\_household\\_residential\\_premises.pdf](http://www.water.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0008/557324/recycling_grey_nsw_guidelines_for_greywater_reuse_in_sewerred_single_household_residential_premises.pdf), acessado em 20/06/2015 as 20h30.
- OMBES, P.J., KUCZERA, G., KALMA, J.D., AR-GUE, J.R. **An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale.** Urban Water. v. 4, p. 307-320, 2002.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Meio Ambiente. Conferencia de Estocolmo. Paulo Nogueira Neto. *apud*. CUNHA, V. D., Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano. Dissertação de mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. WORLD RESOURCES INSTITUTE. **QUAL A PORCENTAGEM DE ÁGUA EXISTENTE NO PLANETA?** 2008. Disponível em: <http://meioambienteagua.pbworks.com/w/page/20725600/Porcentagem>, acessado em: 28/042015 às 10h45.

- OREGON. **Code Guide- Rainwater Harvesting**, Disponível em: <http://www.bcd.oregon.gov/pdf/3660.pdf>, acessado em 17/08/15 as 19h30.
- ORSI, M. C. V. L., SARUBO, R. S. **Captação e Tratamento de águas pluviais para uso não potável**. Revista SAPERE, Revista científica da Faculdade de Tecnologia de Tatuí, 2015. Disponível em: [http://www.revistasapere.inf.br/download/segunda/ORSI\\_SARUBO.pdf](http://www.revistasapere.inf.br/download/segunda/ORSI_SARUBO.pdf), acessado em 22/07/2015 as 15h15.
- OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey – the new color of sanitation**. Water 21, p. 31-41, outubro 2001.
- OTTOSON, J.; STRENSTRÖM, T. A. **Fecal contamination of greywater and associated microbial risk**. Water Research. v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.
- PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. **O Enquadramento legal específico para o reuso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29, 2004. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/vicari.pdf>, acessado em 24/08/2015 as 12h00.
- PHILIPPI, J. A. **Introdução ao reuso de águas**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. **Reuso de águas**. São Paulo: Manole, 2003. P. 6.
- PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Informativo do comitê brasileiro do programa das nações unidas para o meio ambiente**. Disponível em: <http://www.unilivre.org.br/>, acesso em: 25/08/2015 as 11h20.
- PORTO ALEGRE. Lei Nº 10.506 de 2008. **Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 5 de Agosto de 2008.
- PREFEITURA DE CAMPINAS. **Uma nova água, a solução para a crise hídrica**. Disponível em <http://www.campinas.sp.gov.br/noticias-integra.php?id=25960>, acessado em 20/06/2015 as 8h30.
- PROSSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5\\_tema\\_5.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf), acessado em 09/08/15 as 17h40.
- RAPOPORT, B. **Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial**. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública - Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://arca.icict.fiocruz.br/bitstream/icict/5112/2/643.pdf>, acessado em 25/08/2015 as 10h00.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo : Escrituras Editora, 1999.

- Revista ÉPOCA online. **Até o fim do ano, você beberá água do esgoto.** Disponível em <http://epoca.globo.com/vida/noticia/2015/03/ate-o-fim-do-ano-voce-bebera-agua-do-esgoto.html>, acessado em 19/06/2015 às 21h00.
- Revista especializada em Tratamento de Água & Efluentes (TAE). **Reuso das águas cinzas gera economia financeira e ambiental.** 2012. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=3925>, acessado em 21/05/2015 às 12h40.
- RIBEIRO, J. T. KOWATA, E. A. **Tratamento de água por filtração direta ascendente para fins de reuso.** Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP). 2006. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/system/articles/116/original/trabalho6.pdf#page=1&zoom=170.4,846>, acessado em 21/05/2015 as 09h20.
- NUNES, RIANES TORRES SANTIAGO. **Conservação da água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reuso em Shopping Center.** Dissertação de mestrado em Ciências em Planejamento Energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/rtsnunes.pdf>, acessado em 26/10/2015 as 09h40.
- RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória/ES.** 2005. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- ROSE, J. B.; SUN, G.; GERBA, C. P.; SINCLAIR, N. A. Microbial and persistence of enteric pathogens in graywater from various household source. **Water Research.** v. 25, n. 1, p. 37-42, 1991.
- SANTO, GIOVANNI DO ESPÍRITO e SANCHEZ, J.G. Caracterização do uso da água em shopping centers da região metropolitana de São Paulo. In: Saneamento ambiental: desafio para o século 21. ABES, p. 1-11, 2001.
- SÃO PAULO (SP). Lei N° 13.309 de 2002. **Dispõe sobre o reuso de água não potável e dá outras providências.** Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 31 de Janeiro de 2002.
- SÃO PAULO (SP). Lei N° 13.276 de 4 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 500,00m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados).**
- SINDUSCON-SP, ANA, FIESP. **Manual de Conservação e Reuso da água.** São Paulo, 2005. Disponível em: [http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.fiesp.com.br%2Farquivo-download%2F%3Fid%3D161985&ei=\\_2F0VcWUDYKdgtIhYDQBw&usg=AFQjCNHjCqFyIstQJ9gK61i0JhSW01Dk-w&sig2=TIImVmIwAHcTBa0rkg0bZpg](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.fiesp.com.br%2Farquivo-download%2F%3Fid%3D161985&ei=_2F0VcWUDYKdgtIhYDQBw&usg=AFQjCNHjCqFyIstQJ9gK61i0JhSW01Dk-w&sig2=TIImVmIwAHcTBa0rkg0bZpg), acessado às 12:25 de 07/05/2015.

- SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto de 2013**. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2013. Disponível em: [http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/manuais/ae/diagnosticos/DiagAE\\_2013.pdf](http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/manuais/ae/diagnosticos/DiagAE_2013.pdf), acessado em 01/08/2015 às 13h54.
- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. Third Edition 2005 Austin, Texas. Disponível em: [http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/hq/pdf/texas\\_rw\\_harvestmanual\\_3rdedition.pdf](http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/hq/pdf/texas_rw_harvestmanual_3rdedition.pdf), acessado em 10/08/15 as 20h40.
- THOMAS, T. H.; MARTINSON, D.B. **Roofwater Harvesting a Handbook for Practitioners**. Delft, Holanda: Internacional Water and Sanitation Centre, 2007. Disponível em: [http://www.samsamwater.com/library/Roofwater\\_Harvesting\\_-\\_a\\_Handbook\\_for\\_Practitioner\\_-\\_TH\\_THomas\\_and\\_DB\\_Martinson.pdf](http://www.samsamwater.com/library/Roofwater_Harvesting_-_a_Handbook_for_Practitioner_-_TH_THomas_and_DB_Martinson.pdf) <http://www.irc.nl/page/37471>, acesso em: 01/08/15, as 20h26.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- TOMAZ, P. **Conservação da água**. 1 ed. São Paulo: Parma, 1998.
- TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto. 6º Congresso brasileiro de captação e manejo de água das chuvas. Belo Horizonte/MG, Julho de 2007. Disponível em: [http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_plinio\\_agua.pdf](http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf), acessado em 04/12/2015 as 08h15.
- TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos**. Instituto Internacional de Ecologia. Multi Ciência. São Carlos/SP, Outubro de 2003. Disponível em: [https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A3\\_Tundisi\\_port.PDF](https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF), acessado as 24/08/2015.
- UNDP - UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Human Development Report. New York, New York, 10017, USA, 2006. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/267/hdr06-complete.pdf>, acessado em 26/08/2015 as 09h00.
- UNEP — UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Rainwater harvesting a lifeline for human well-being**. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 69 p., 2009.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CUTURAL ORGANIZATION (UNESCO), World Water Assessment Programme, **The UN World Water Development Report 2015**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/loginarea/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>, acessado em 10/05/2015 às 16h35.
- Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. **Água de chuva - DesviUFPE - (Guia de dimensionamento e montagem)**, 2014. Disponível em

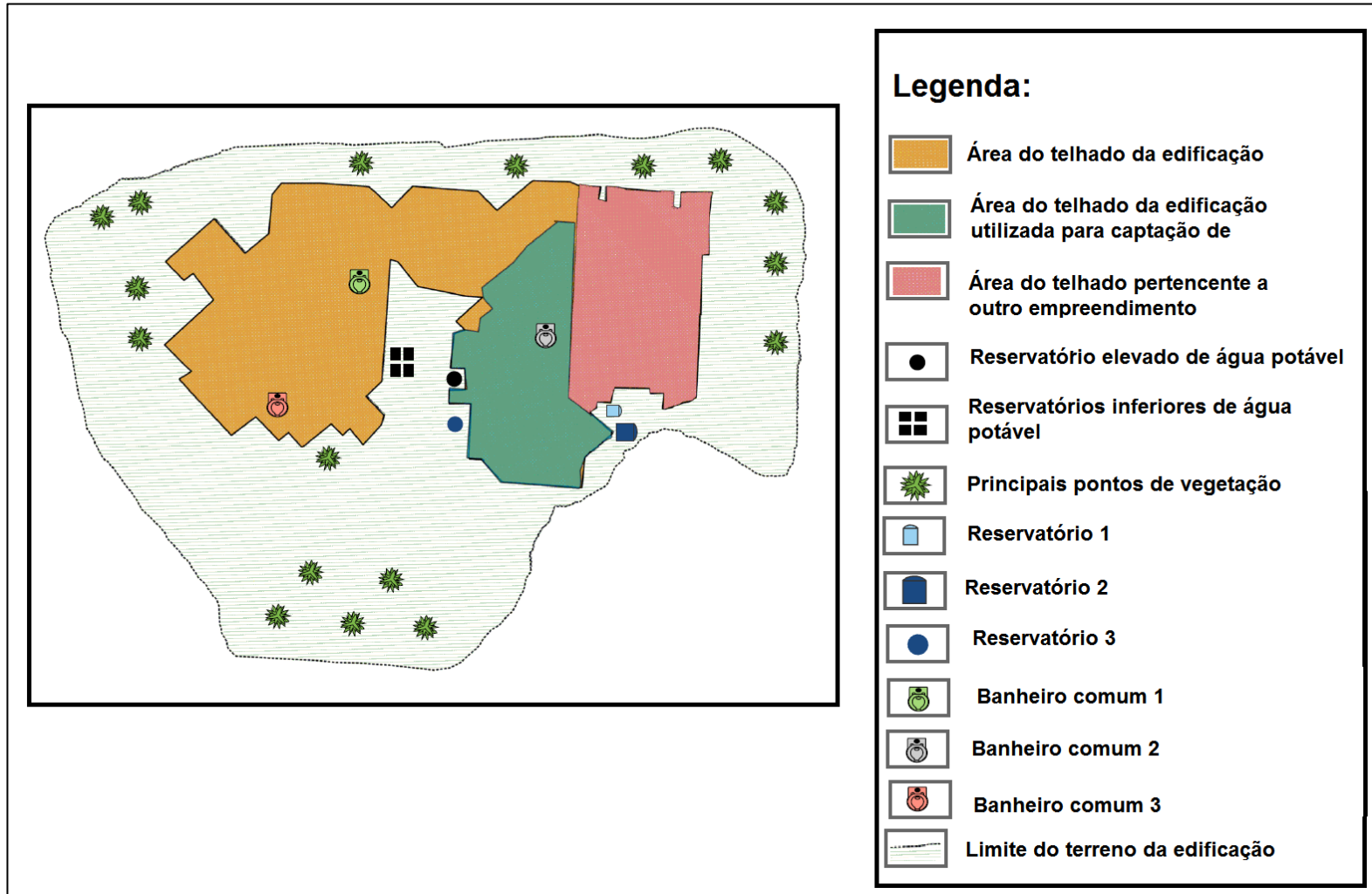
<https://www.youtube.com/watch?v=tgvv06essYs>, acessado em 10/05/2015 as 23h54.

- VELOSO, N. S. L., MENDES, R. L. R. **Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Água Desenvolvimento econômico e socioambiental. 17-23 Novembro de 2013 – Bento Gonçalves/ Rio Grande do Sul.
- VIGGIANO, M.H.S. **Edifícios públicos sustentáveis**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010. 85 p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1.).
- VON SPERLING, M.; MOREIRA DA COSTA, A. M. & CASTRO, A. A. Esgotos Sanitários. In: BARROS, R. T. de *et. al* (Edit.) **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**, v. 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. p.113-161.
- WATERFALL, P.H. **Harvesting rainwater for landscape use**. University of Arizona Cooperative. Arizona, 2006. Disponível em: <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>, acessado em 03/08/15 as 16h51.
- WETZEL, R.G. *Limnologia*. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1993 919p.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. World Health Organization Technical Report Series N° 517. Genebra, 1973. Disponível em: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41032/1/WHO TRS 517.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41032/1/WHO_TRS_517.pdf), acessado em 25/08/2015 as 09h50.
- World Water Assessment Programme. **Water for People Water for Life**. The United Nations World Water Development Report. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>, acessado em 26/08/2015 as 08h55.
- TOMAZ, P. **Economia de Água: Para empresas e residências**. São Paulo: Navegar Editora, 2001.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Equipamentos Economizadores. 2015. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>, acessado em 08/12/2015 as 20h30.
- SELLA, M. B., **Reuso de águas cinzas: Avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. Trabalho de diplomação em engenharia civil apresentado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34521/000789725.pdf>, acessado as 21h em 10/11/2015.

- TRATA BRASIL. Cristiane Rubim. **Mercado de sistemas para água de reuso cresce rapidamente.** Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/mercado-de-sistemas-para-agua-de-reuso-cresce-rapidamente>, acessado as 21h00 em 10/11/2015.

## **APÊNDICES**

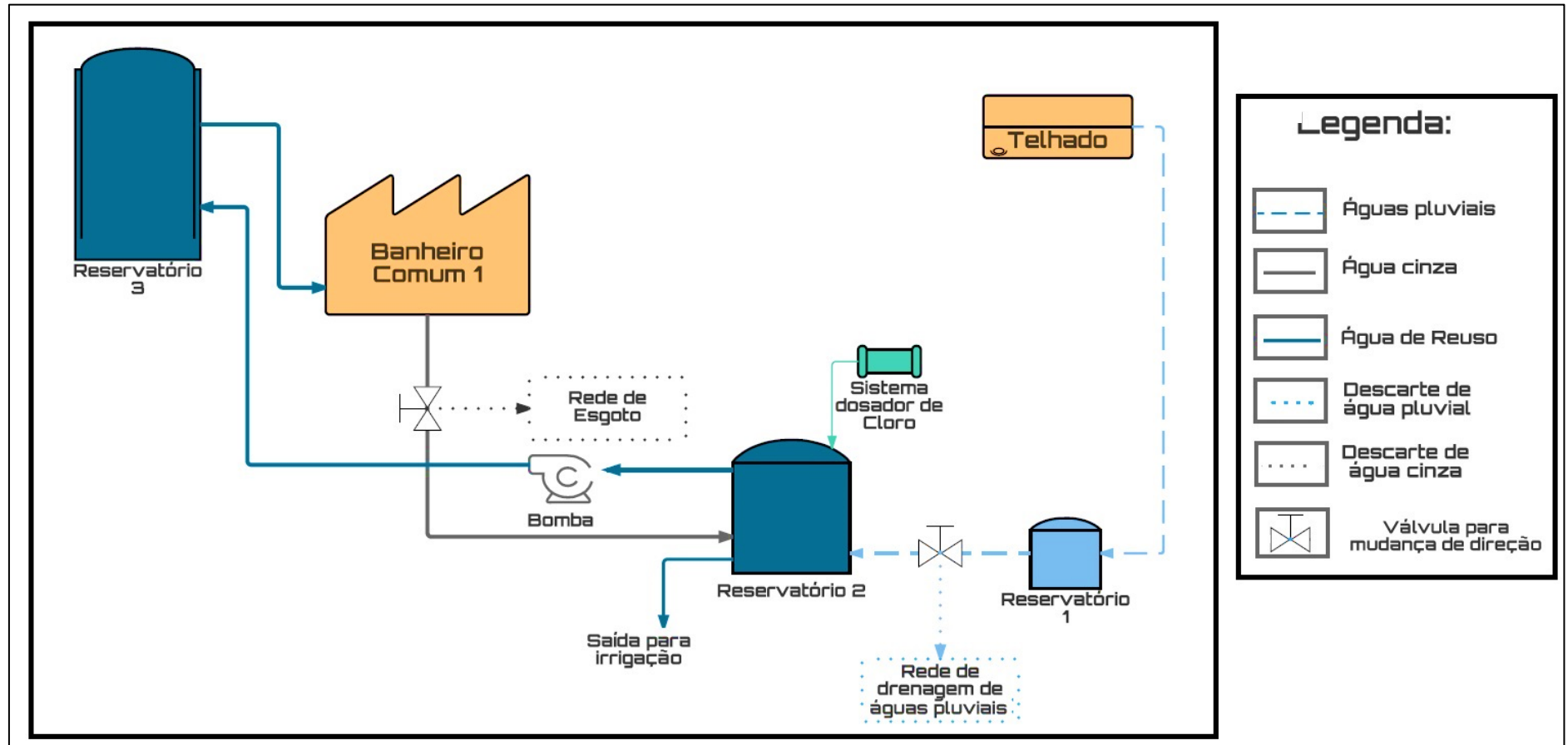
## APÊNDICE A - Croqui de localização 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015



## APÊNDICE B - Fluxograma do Sistema de Reuso proposto para o centro comercial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015