



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

FERNANDA RIBEIRO GUZZO

**ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL  
ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO DE FONTES NÃO POTÁVEIS EM  
UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

VITÓRIA - ES

2017

FERNANDA RIBEIRO GUZZO

**ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL  
ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO DE FONTES NÃO POTÁVEIS EM  
UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof.Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial Tecnológica,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)  
Bibliotecária: Ilane Coutinho Duarte Lima – CRB-6 ES-000348

---

G993e Guzzo, Fernanda Ribeiro, 1986-  
Estratégias para conservação de água potável através do  
aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação  
comercial de grande porte / Fernanda Ribeiro Guzzo. – 2017.  
151 f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento  
Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro  
Tecnológico.

1. Água - Reuso. 2. Água – Consumo. 3. Centros comerciais.  
4. Balanço hidrológico. 5. Indicadores. I. Gonçalves, Ricardo  
Franci. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro  
Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---

**FERNANDA RIBEIRO GUZZO**

**Estratégias para Conservação de Água Potável Através do Aproveitamento de Fontes não Potáveis em uma Edificação Comercial de Grande Porte**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Gestão Sustentável e Energia.

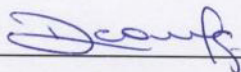
Aprovada em 11 de agosto 2017.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

Prof. D.Ing. Ricardo Franci Gonçalves  
Orientador - PPGES / CT / UFES



---

Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Rosane Hein de Campos  
Examinadora Interna - PPGES / CT / UFES



---

<sup>M</sup> Prof. Dr. Luís Bragança  
Examinador Externo - UMinho / Portugal

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

Aos meus pais, Fernando Guzzo e Solange Guzzo, aos meus irmãos, Renan Guzzo e Sabrina Guzzo, minha cunhada Nathália Guzzo e meu cunhado Carlos Amaral pelo apoio e incentivo.

Ao professor Ricardo Franci Gonçalves pela orientação e paciência.

À Banca Examinadora – Prof<sup>a</sup> Rosane Campos e Prof. Luís Bragança, pela disponibilidade em me avaliar.

Aos meus companheiros de projeto: Celso Bastos, Graciele Belisário e em especial Maria Carolina Borges Martins.

Aos alunos voluntários no projeto: Édipo Santana, Angélica Cozer, Mariana Della, Suelem Montebeler, Sayonara Augusto, Thiago Muller, Wallace Junior, Monique Lyrio, Sabrina Guzzo, Claudia Rodrigues, Milene Nóbrega, Heleno Gonzalez e Bruno Fernandes.

Aos meus amigos de mestrado: Gustavo Ferreira, Natan Bená, Nattália Lopes, Tatiana Assis, Larissa Miranda, Gisele Lamberti, Ludimila Azeredo, Regiane Roque, Maria, Marina Memelli, Anderson Ascanio, Karina Sampaio, Gabriela Boechat e Solaine Ramos.

Aos meus amigos: Thiago Freitas e Vitor Furtado.

Aos professores: Diogo Buarque, Elias Dalvi, Carla Martins, Daniel Rigo, Rosane Campos, Danilo Silva e Karolyna Aguiar pela atenção e ensinamento.

Ao Shopping Center Vila Velha (SCVV), à administração BR Malls, à empresa Cushman & Wakefield e ao Júlio Eduardo Zapata.

*“If you can’t explain it simply, you don’t understand it well enough.”*

Albert Einstein

## RESUMO

Diante dos desafios para contornar a crise hídrica que se estabelece no mundo, várias medidas de conservação de água estão sendo introduzidas principalmente nas grandes edificações onde o consumo de água é bem expressivo. Desse modo, esta dissertação apresenta estratégias para conservação de água potável em uma edificação comercial de grande porte através do aproveitamento de fontes de água não potável. Após uma análise preliminar de setorização do consumo de água na edificação, o estudo identificou a torre de resfriamento, os restaurantes e os banheiros como os maiores consumidores de água. Foram verificados também possíveis vazamentos nas bacias sanitárias dos banheiros sociais, constatando que estes representam 0,1% do consumo total de água do Shopping Center Vila Velha (SCVV). Ademais, este trabalho avaliou a disponibilidade das fontes de água não potável mais relevantes, neste caso: a água cinza tratada para reúso, a água de chuva e a água de condensação. Foi constatado que a água cinza produzida no centro comercial foi equivalente a 11.301,68 m<sup>3</sup>/ano, enquanto a oferta de águas pluviais demonstrou uma vazão de 64.950,80 m<sup>3</sup>/ano. Com relação à produção de água de condensação, verificou-se que 1 TR (Tonelada de refrigeração) é capaz de produzir 5,823 litros de água por dia, gerando um total de 3.492,00 m<sup>3</sup>/ano de água condensada. Foi aplicado o método do Balanço Hídrico Reconciliado (BHR), desenvolvido pela Rede Teclim da Universidade Federal da Bahia, na reconciliação dos dados de vazões medidas e estimadas, com intuito de reduzir os erros embutidos nas diferentes formas de medição de vazões. O BHR demonstrou pouca diferença entre as vazões medidas e reconciliadas. A partir das vazões reconciliadas foram calculados indicadores de consumo de água potável e água não potável, bem como geradas estratégias com os possíveis usos das águas não potáveis. Concluiu-se, então, que o aproveitamento e o reúso das três fontes de água não potável (água cinza tratada para reúso, água de condensação e água da chuva) e a utilização dos reservatórios de contenção de água pluvial (RECAP's) implicariam em uma economia de 46.281,33 m<sup>3</sup>/ano, correspondendo a cerca de 84% da demanda de água não potável.

**Palavras chave:** Reúso. Aproveitamento de Água. Shopping. Balanço Hídrico. Indicadores.

## ABSTRACT

Faced with the challenges to the contour of a water crisis that refers to the world several water conservation measures that are being introduced mainly in large editions where water consumption is very expressive. Therefore, this dissertation presents strategies for the conservation of drinking water in a large commercial building through the use of non-potable water sources. After a preliminary analysis of water sectorization in the building, the study showed that the major consumers of water are the cooling tower, restaurants and bathrooms. Research also verified possible leaks in the sanitary basins of social bathrooms, noting that leaks account for 0.1% of the total water consumption of the mall. Furthermore, this work evaluated the most relevant sources of wastewater in this case: gray water, rainwater and condensation water. It was found that the gray water produced in the commercial center was equivalent to 11301.68 m<sup>3</sup> / year, while the rainwater showed a flow of 64950.80 m<sup>3</sup> / year. With respect to the production of condensation water, it has been verified that 1 TR is capable of producing 5.823 liters of water per day, generating a total of 3492.00 m<sup>3</sup> / year of condensed water. It has been applied the Reconciliated Water Balance (BHR) method, developed by the Teclim Network, in the reconciliation of measured and estimated flow data, obtaining reconciled flows, in order to reduce the errors embedded in the different forms of flow measurement. The BHR showed little difference between measured and reconciled flows. From the reconciled flows, indicators of consumption of drinking water and non-potable water were calculated, as well as the generation of scenarios with the possible uses of wastewater. It was concluded that the use and reuse of the three sources of wastewater (gray water, condensation water, and rainwater) and the use of rainwater abstraction reservoirs (RECAP's) imply a saving of 46281.33 m<sup>3</sup> / year, achieving 84% of the demand for non-potable water.

**Key words:** Reuse. Water Utilization. Shopping Center. Water Balance. Indicators.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de consumo de água em Shopping Center por categoria .....	26
Figura 2 - Conservação e reúso da água .....	27
Figura 3 - Hierarquia do gerenciamento da água .....	30
Figura 4 - Esquema do aproveitamento de água pluvial.....	31
Figura 5 - Esquema do projeto hidrossanitário em edifícios com reúso.....	33
Figura 6 - Sistema de refrigeração tipo <i>Fan Coil</i> .....	36
Figura 7 - Volume em litros de água condensada mensalmente .....	37
Figura 8 - Bacia sanitária duplo fluxo – Dual Flux .....	39
Figura 9 - Torneira com acionamento por sensor .....	40
Figura 10 - Torneira com acionamento por pressão .....	40
Figura 11 – Graduação de QI.....	42
Figura 12 - Vista superior do SCVV .....	45
Figura 13 - Foto do SCVV .....	45
Figura 14 - Torre de Resfriamento .....	46
Figura 15 - Localização das Casas de Máquinas e suas respectivas áreas de atendimento .....	47
Figura 16 - Circuitos do sistema de refrigeração .....	48
Figura 17 – Hidrômetros instalados no corredor de serviço.....	53
Figura 18 – Hidrômetros instalados na garagem.....	53
Figura 19 – Teste de vazamento em bacias sanitárias.....	55
Figura 20 – Localização da estação pluviométrica nº 83648. ....	61

Figura 21 – Localização dos Drenos e respectivas Casas de Máquinas atendidas..	63
Figura 22 – Galão para medição de vazão através do método volumétrico .....	64
Figura 23 – Aferição da Altura de lamina d´água com base no centro do galão .....	64
Figura 24 - Fluxograma.....	69
Figura 25 – Planilha Solver MSExcél®.....	71
Figura 26 – Localização dos RECAP's.....	75
Figura 27 - Consumo de água potável (CESAN) e temperatura (INMET, acesso em 04 abr. 2017) por meses – SCVV.....	81
Figura 28 - Consumo de água potável e fluxo de pessoas por dias da semana (BR Malls) .....	81
Figura 29 - Setorização do consumo de água no SCVV .....	84
Figura 30 – Resultado do Teste do corante com caneta .....	86
Figura 31 – Vazamento na bacia sanitária .....	86
Figura 32 – Produção de água cinza por atividade .....	99
Figura 33 – Produção de água negra por banheiros .....	100
Figura 34 – Média mensal das precipitações (2007-2016) - INMET .....	101
Figura 35 – Comparação dos Volumes de Água Potável e Oferta de Água da Chuva .....	102
Figura 36 – Balanço hídrico anual do SCVV .....	107
Figura 37 – Configurações solver MSExcél® .....	112
Figura 38 – Consumo de água potável x DANP x 84% DANP .....	132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grau de tratamento necessário .....	34
Tabela 2 - Percentual aproximado de esgoto bruto e água cinza em uma edificação .....	35
Tabela 3 - Volume captado de água condensada por local .....	36
Tabela 4 - Volume a ser captado de água condensada por cidade para uma edificação de 1m <sup>2</sup> .....	37
Tabela 5 - Redução no consumo de água com adoção de aparelhos mais eficientes .....	39
Tabela 6 - Indicadores de consumo de água .....	44
Tabela 7 – Planilha de consumo de água por atividade .....	54
Tabela 8 – Coeficientes de Runoff .....	62
Tabela 9 – Dimensões do Galão .....	64
Tabela 10 – Volume dos RECAP's.....	75
Tabela 11 – Vazão de Aproveitamento da Água Disponível no SCVV .....	77
Tabela 12 – Série histórica do consumo de água (2015 / 2016) - CESAN .....	80
Tabela 13 – Consumo de água por atividade .....	83
Tabela 14 – Consumo de água em Shopping .....	85
Tabela 15 – SCVV x Shopping São Paulo .....	85
Tabela 16 – Perdas por tipo de vazamento e por tipo de aparelho.....	87
Tabela 17 – Consumo dos banheiros na madrugada.....	88
Tabela 18 – Representatividade do consumo de água nas pias dos banheiros .....	89
Tabela 19 – Total de água cinza nos banheiros sociais .....	91

Tabela 20 – Total de água cinza nos banheiros sociais de acordo com Santo e Sanchez (2011).....	92
Tabela 21 – Diferença do total de água cinza nos banheiros sociais de acordo com Santo e Sanchez (2011) .....	92
Tabela 22 – Total de água cinza nos banheiros do cinema.....	93
Tabela 23 – Produção de água nos banheiros de funcionários .....	94
Tabela 24 – Produção de água na sala de resgate .....	95
Tabela 25 – Consumo de água no vestiário .....	96
Tabela 26 – Resumo da produção de água cinza e negra na academia .....	98
Tabela 27 – Vazão da produção de água cinza tanques e lavanderia.....	98
Tabela 28 – Vazão da produção de água cinza total.....	99
Tabela 29 – Vazão da produção de água negra total.....	100
Tabela 30 – Volume da Oferta de Água da Chuva .....	102
Tabela 31 – Relação dos Drenos, Casas de Máquinas e TR's (1TR = 12 mil BTU's) .....	103
Tabela 32 – Resumo do Resultado da medição de vazão através do método volumétrico .....	104
Tabela 33 – Cálculo do indicador de produção diária de água de condensação em função da capacidade dos <i>fancoils</i> (L/TR.d) .....	104
Tabela 34 – Relação <i>Fancoils</i> , TR's e produção de água condensada no SCVV...	105
Tabela 35 – Vazões medidas e estimadas (Vm) .....	108
Tabela 36 – Solução Solver do MSExcel®.....	113
Tabela 37 – Relações entre as vazões reconciliadas e vazões medidas .....	115

Tabela 38 – Comparação dos indicadores de consumo de água em Shopping Center .....	122
Tabela 39 – Demanda de Água Não Potável .....	123
Tabela 40 – Estratégias 1,2 e 3 .....	124
Tabela 41 - Volume captado de água condensada por local segundo vários autores .....	125
Tabela 42 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva .....	127
Tabela 43 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva, água de condensação e água cinza .....	129
Tabela 44 – Comparação Estratégias 4 e 5. ....	130
Tabela 45 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva, água de condensação e água cinza com 84% da DANP .....	131
Tabela 46 – Comparação do consumo de água potável e as demandas de águas não potável. ....	132

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Etapas para o estudo do gerenciamento dos recursos hídricos em edificações, utilizando o PCRA e o PURA.....	49
Quadro 2 – Planilha de consumo de água .....	51
Quadro 3 – Planilha de medição de vazão através do método volumétrico.....	66
Quadro 4 - Qualidade da Informação e Fontes de Informação.....	69
Quadro 5 - Descrição das estratégias 1,2, 3, 4 e 5. ....	76
Quadro 6 - Indicação de medição por hidrômetro .....	82
Quadro 7 – Quadro de Equações que representam o BH .....	109

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A	Área
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
AMWUA	Municipal Water Users Association
BH	Balanço hídrico
BHR	Balanço hídrico reconciliado
C	Coeficiente de escoamento
°C	Graus Celsius
$C_{ano}$	Média anual do consumo de água na edificação
$C_{dia}$	Média diária do consumo de água na edificação
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CM	Casa de máquina
$CR_{\text{água cinza}}$	Coeficiente de retorno de água cinza da edificação;
$CR_{\text{água negra}}$	Coeficiente de retorno de água cinza da edificação;
$CR_{total}$	Coeficiente de retorno total da edificação
$C_{TR,ano}$	Média anual do consumo de água na torre de resfriamento
$C_{TR,dia}$	Média diária do consumo de água na torre de resfriamento
DANP	Demanda de Água Não Potável
E	Correntes líquidas de entrada
ETAC	Estação de tratamento de água cinza
f	Média diária do fluxo de funcionários
FEM	Feminino
i	Correntes
$I_{ca}$	Indicador de consumo diário de água por área bruta locável
$I_{cf}$	Indicador de consumo de água por funcionários

$I_{cp}$	Indicador de consumo de água por pessoa
$I_{cv}$	Indicador de consumo de água por veículos
$I_{pcp}$	Indicador de produção de água cinza por pessoa
$I_{pnp}$	Indicador de produção de água negra por pessoa
IAC	Informação de altíssima confiança
ICA	Informação de confiança alta
ICB	Informação de confiança baixa
ICM	Informação de confiança média
in	Correntes de entradas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IP	Informação precária
IPC	Informação pouco confiável
kWh /m <sup>3</sup>	Quilowatt hora por metro cúbico
l	Litros
l/ano	Litros por ano
l/ano/m <sup>2</sup>	Litro por ano por metro quadrado
l/dia	Litros por dia
l/dia/funcionário	Litros por funcionário por dia
l/dia/m <sup>2</sup>	Litros por metro quadrado por dia
l/dia/n <sup>o</sup> veículos	Litros por número de veículos por dia
l/mês	Litros por mês
l/m <sup>2</sup>	Litros por metro quadrado
L/TR.d	Litros por tonelada de refrigeração por dia
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> /ano	Metro cúbico por ano



m <sup>3</sup> /mês	Metro cúbico por mês
MASC	Masculino
mm	Milímetros
N	Média diária do fluxo de pessoas (funcionários e clientes)
out	Vazões de saídas
P	Precipitação
P <sub>c,dia</sub>	Média diária da produção de água cinza na edificação
P <sub>c,mês-sem lavanderia</sub>	Indicador I <sub>pcp</sub> descontando o valor da lavanderia
P <sub>n,dia</sub>	Média diária da produção de água negra na edificação
PA	Praça de alimentação
PCRA	Plano de Conservação e Reúso de Água
PCRA	Programa de Conservação e Reúso de Água
PURA-USP	Programa de Uso Racional da Água
QI	Qualidade da informação
R <sub>A,S</sub>	Relação do consumo de água no sistema de ar condicionado
RECAP	Reservatório de contenção de água pluvial
S	Correntes líquidas de saídas
SCVV	Shopping Center Vila Velha
TECLIM	Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos da Bahia - UFBA
TR	Tonelada de refrigeração
UFBA	Universidade Federal da Bahia
V	Média diária do fluxo de veículos
V <sub>oferta</sub>	Volume da oferta de água
V <sub>m</sub>	Vazão Medida
V <sub>r</sub>	Vazão Reconciliada

$\sigma$

Incerteza

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	23
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>24</b>
3.1	CRISE HÍDRICA .....	24
3.2	CONSUMO DE ÁGUA EM CENTROS COMERCIAIS .....	25
3.3	PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	27
3.4	MEDIDAS PARA CONSERVAÇÃO, APROVEITAMENTO E REÚSO DA ÁGUA .....	28
<b>3.4.1</b>	<b>Aproveitamento da água da chuva .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Reúso de águas cinza.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Aproveitamento da água de condensação.....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Aparelhos economizadores de água .....</b>	<b>38</b>
3.5	BALANÇO HÍDRICO – BH .....	40
3.6	INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA .....	43
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>45</b>
4.1	INFORMAÇÕES PRELIMINARES.....	45
4.2	CARACTERÍSTICA DA EDIFICAÇÃO .....	46
<b>4.2.1</b>	<b>Sistema de refrigeração .....</b>	<b>46</b>
4.3	ESTUDO DO CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE DIFERENTES CORRENTES LÍQUIDAS DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS NA EDIFICAÇÃO .	48
<b>4.3.1</b>	<b>Etapa 1: Avaliação técnica e preliminar .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Etapa 2: Avaliação do consumo de água.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Etapa 3: Avaliação da disponibilidade de água não potável .....</b>	<b>56</b>
4.4	BALANÇO HÍDRICO DA EDIFICAÇÃO .....	68
<b>4.4.1</b>	<b>Identificação dos pontos de consumo de água e geração de efluentes .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Fluxograma do balanço hídrico .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.3</b>	<b>A medição e estimativa das vazões e definição da Qualidade da Informação (QI).....</b>	<b>69</b>

4.4.4	<b>A reconciliação dos dados de balanço hídrico, a partir da formulação típica de Crowe</b> .....	70
4.4.5	<b>Análise e interpretação dos dados para validação do balanço hídrico reconciliado (BHR)</b> .....	71
4.4.6	<b>Melhoria da qualidade de informação</b> .....	71
4.5	<b>INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA NÃO POTÁVEL</b> .....	72
4.6	<b>ESTRATÉGIAS COM A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA EDIFICAÇÃO</b> .....	74
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	79
5.1	<b>AVALIAÇÃO TÉCNICA E PRELIMINAR</b> .....	79
5.2	<b>CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL</b> .....	82
5.2.1	<b>Setorização do consumo de água</b> .....	82
5.2.2	<b>Verificação de vazamentos</b> .....	85
5.3	<b>DISPONIBILIDADE DE FONTES NÃO POTÁVEIS DE ÁGUA</b> .....	89
5.3.1	<b>Água cinza</b> .....	89
5.3.2	<b>Água da chuva</b> .....	101
5.3.3	<b>Água de Condensação</b> .....	103
5.4	<b>BALANÇO HÍDRICO DA EDIFICAÇÃO</b> .....	106
5.5	<b>INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA NÃO POTÁVEL</b> .....	118
5.5.1	<b>ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA VIA APROVEITAMENTO DE DIFERENTES FONTES DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA EDIFICAÇÃO</b> .....	123
5.5.2	<b>Demanda de Água não Potável - DANP</b> .....	123
5.5.3	<b>Estratégias para conservação de água</b> .....	124
5.5.4	<b>Estratégia 4: Aproveitamento da Água da Chuva com utilização dos RECAP's</b> .....	125
5.5.5	<b>Estratégia 5: Aproveitamento da água da chuva, água de condensação e reúso da água cinza com utilização dos RECAP's</b> .....	128
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	134
7	<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	135
8	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	136
9	<b>ANEXOS</b> .....	147

## 1 INTRODUÇÃO

O grande consumo de água provocado pelo aumento da população, o desenvolvimento industrial crescente e as variações climáticas são motivos de grande preocupação em relação à preservação dos recursos hídricos (SINGH; KHEDUN; MISHRA, 2014).

As tendências de demanda de água para uma população mundial em crescimento e em urbanização levantaram sérias preocupações e são frequentemente denominados “desafios globais”, que incluem as alterações climáticas, poluição, demandas de água doce, alimentos e energia (KUMAR; SAROJ, 2014; NAIR et al., 2014).

Nesse aspecto, a utilização de fontes alternativas de água se sobressai, pois são práticas de conservação de água que reduzem a pressão sob os recursos naturais (NICOLETTE; BURR; ROCKEL, 2013; SINGH; KHEDUN; MISHRA, 2014; WIENER; JAFVERT; NIES, 2016; MUN; HAN, 2012; NETO et al., 2012).

Ainda hoje, muitas práticas equivocadas de construção são executadas, como a negligência nos sistemas de sombreamento, jardins com espécies vegetais com necessidade de alta irrigação e prédios muito altos que bloqueiam a passagem do ar. Como consequência, essas práticas são apontadas como responsáveis por níveis insuportáveis de calor dentro e fora dos edifícios, levando a uma dependência enorme de sistemas de refrigeração, implicando em um elevado consumo de água e de energia (AL-SALLAL; AL-RAIS; DALMOUNK, 2013; GILRON, 2014).

Nesse contexto, ressalta-se a importância da inserção de medidas de conservação de água na fase de concepção dos projetos de edificações, tornando o empreendimento eficiente em termos de consumo de água e energia.

Uma vez construída a edificação, cabe à implementação de programas de conservação de água com objetivo de analisar o perfil de consumo de água e propor ações para reduzi-lo, bem como seu desperdício.

Desta forma, destacam-se as edificações comerciais de grande porte, pois essas exercem constante pressão sobre os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e fornecimento de energia elétrica da região devido às suas

necessidades de operação. A instalação desse tipo de empreendimento sem uma estimativa adequada de consumo de água pode acarretar em problemas de subdimensionamento do ponto de abastecimento e dos reservatórios e mesmo de sobrecarga do sistema de esgoto, principalmente quando em regiões com redes consolidadas e de difícil ampliação (SANTO; SANCHEZ, 2001).

Segundo Gois, Rios e Costanzi (2015), para existir um programa eficaz de conservação de água em centros comerciais há uma necessidade de reduzir os custos de água e esgoto, reforçando o investimento em sistemas de aproveitamento de fontes não potáveis de água. Estes sistemas, além de diminuir os custos com água e esgoto, são apontados como práticas sustentáveis, fornecendo à empresa uma imagem ambientalmente amigável, um ponto bastante valioso para diversos consumidores.

Essas edificações são consideradas ideais para instalação de sistemas de aproveitamento de fontes alternativas de água. Os grandes centros comerciais possuem um enorme potencial de produção de água a partir de fontes alternativas, como água de chuva, água de condensação e água cinza, uma vez que ocupam uma ampla área e permitem a circulação de um grande número de pessoas.

Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo geral estudar estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte. O estudo foi realizado no Shopping Center Vila Velha (SCVV), localizado no município de Vila Velha, ES.

Os estudos para a conservação de água na edificação tiveram como base os programas de conservação de água, como o Programa de Conservação e Reúso de Água (PCRA), o Programa de Uso Racional da Água (PURA-USP) e o guia "*Facility Manager's Guide to Water Management*" elaborado por *Arizona Municipal Water Users Association* (AMWUA, 2008).

A hipótese avaliada no projeto é de que é possível tecnicamente e viável economicamente se aplicar estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte.

Ao final da pesquisa pôde-se evidenciar o potencial das fontes de água não potáveis que podem ser reutilizadas na edificação, obtendo-se como resultado a redução do consumo de água potável.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar estratégias para conservação de água potável em uma edificação comercial de grande porte através do aproveitamento de fontes de água não potáveis.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudar o consumo de água e a produção de diferentes correntes líquidas de águas não potáveis na edificação;
2. Realizar o balanço hídrico da edificação, considerando todas as correntes líquidas de água de entrada e saída do centro comercial em estudo;
3. Calcular os indicadores de consumo de água potável e água não potável, bem como da produção das diferentes correntes líquidas de águas não potáveis;
4. Desenvolver estratégias de utilização das diferentes fontes de água não potável, buscando compatibilizar os aspectos quantitativos das fontes geradoras (oferta) e dos usos (demanda) na edificação.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CRISE HÍDRICA

A água é um recurso considerado indispensável tanto para a manutenção dos processos ambientais quanto para o desenvolvimento das atividades econômicas. Sua importância pôde ser observada durante a crise hídrica que atingiu o sudeste brasileiro durante o ano de 2014, caracterizada como a maior estiagem que atingiu o Estado de São Paulo nos últimos 84 anos (SABESP, 2014). Essa crise trouxe efeitos adversos para todos os setores da economia devido às interrupções do abastecimento urbano e ao comprometimento do fornecimento de energia elétrica (FILHO, 2015).

No ano de 2014, o Brasil se deparou com um clima seco e sem chuvas, o que ocasionou uma redução significativa do volume de água nos reservatórios que abastecem as principais cidades do país.

Nesse cenário está descrita a crise hídrica, que se concentrou principalmente no sudeste brasileiro. Dentre os principais fatores que levaram a escassez de água estão o aquecimento global, o desmatamento e os fenômenos naturais, (LOIOLA, 2015).

Ainda nesse contexto, em uma tentativa de aperfeiçoar o gerenciamento dos recursos hídricos, algumas cidades e estados brasileiros adotaram leis que promovem o reúso e o aproveitamento de águas de fontes alternativas. São exemplos: Niterói, através da Lei nº 2.856 de 25 de julho de 2011, Vitória, através da Lei nº 7.079 de 14 de setembro de 2007, Vila Velha, com a lei nº 4.503 de 29 de janeiro de 2007 e os Estados de Pernambuco e Rio de Janeiro, através da Lei nº 14.572 de 27 de dezembro de 2011 e do Projeto de Lei nº 321/2015, respectivamente.

Mesmo impulsionada pelas leis, práticas de reutilização de águas não potáveis não são comuns no Brasil, pois ainda falta conhecimento em relação à conservação de água em edificações por parte da população e dos engenheiros e arquitetos responsáveis pelas construções.

Para Waidyasekara, Silva e Rameezdeen (2013), os sistemas de avaliação de edifícios sustentáveis precisam ser revistos em termos de eficiência e conservação de água no que tange a fase de construção através do estabelecimento de novos padrões de consumo em todas as etapas que envolvem um lançamento de um empreendimento, desde a sua concepção até sua fabricação e operação.

### 3.2 CONSUMO DE ÁGUA EM CENTROS COMERCIAIS

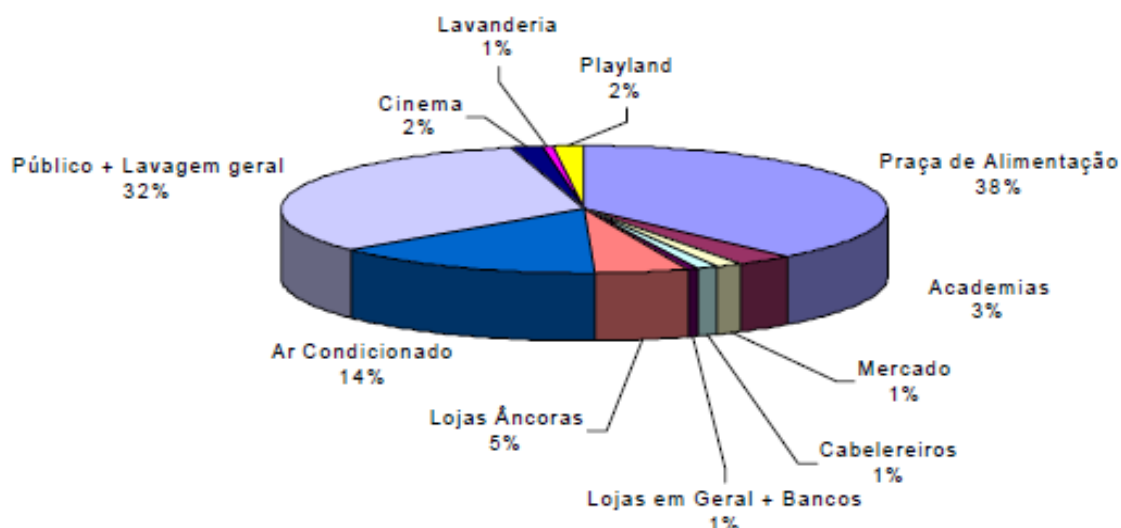
Ao se tratar de edificações comerciais de grande porte, o cenário em relação ao uso da água se agrava, pois segundo Santo e Sanchez (2001) a instalação de shoppings em áreas urbanas sem uma estimativa adequada do consumo de água pode impactar negativamente nos sistemas de abastecimento e esgoto.

De acordo com a Sabesp, o Shopping Eldorado, em São Paulo, consome cerca de 20.000 m<sup>3</sup> de água por mês, o equivalente a mais de 1.200 famílias de quatro membros juntas, considerando 130 litros per capita por dia (MARTIN, 2015).

Em grandes empreendimentos comerciais, destaca-se o sistema de refrigeração como o grande vilão no que tange ao consumo de água. Segundo Nunes (2006), em seu estudo no shopping Rio Sul, o sistema de refrigeração é responsável pelo consumo de 24,32% de água enquanto o shopping e a torre comercial correspondem a 48,54% e 27,14% respectivamente.

Santo e Sanchez (2001) registraram a distribuição do consumo de água por categorias em um shopping, obtendo como resultado que o maior consumo ocorreu na praça de alimentação, seguido do consumo pelo público e lavagem geral do shopping, e pelo ar condicionado (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição de consumo de água em Shopping Center por categoria



Fonte: Santo e Sanchez (2001).

Verifica-se que, dentre as principais atividades que demandam o uso de água em edificações comerciais de grande porte, como o abastecimento das instalações hidrossanitárias, compostas por bacias sanitárias, torneiras de jardins, e o abastecimento do sistema de refrigeração, mais de 14% se apresentam como uso não nobres dispensando o uso de água potável.

Para tais atividades de uso não nobre da água há a possibilidade da utilização de fontes não potáveis, como o aproveitamento de água da chuva, águas de condensação e o reúso de águas cinza.

Nas torres de resfriamento, a evaporação de parte da água é responsável por aproximadamente 80% do resfriamento da água (THERMOKEY, acesso em 19 jan. 2016), o que implica em uma grande perda de água potável por evaporação. Segundo Thermokey (acesso em 19 jan. 2016), a perda de água gira em torno de 3% da vazão do sistema, ou seja, uma torre de resfriamento dimensionada para uma vazão de água de aproximadamente 250 m<sup>3</sup>/h consome diariamente 180 m<sup>3</sup> de água referente à perda por evaporação e arraste.

No estudo realizado por Mancuso e Manfredini (2005), a utilização de água de reúso nas torres de resfriamento da subestação conversora de energia elétrica de Ibiúna, São Paulo, revelou uma redução da captação de água superficial em termos de 25%, ou seja, economia de 167 m<sup>3</sup>/dia de água potável.

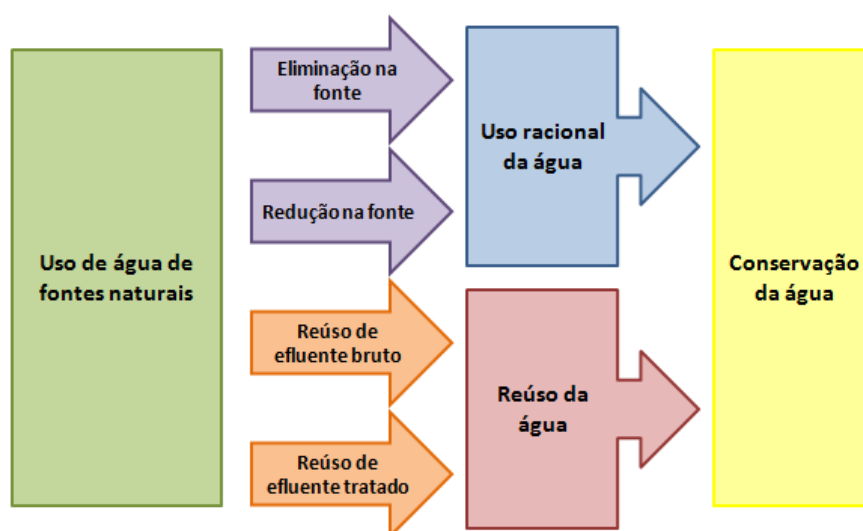
Diante da imensa estrutura dos shopping centers fica clara a necessidade de uma gestão apropriada dos recursos hídricos. Além de desafogar os sistemas de abastecimento de água e esgoto, tais empreendimentos de grande porte apresentam elevado potencial de aproveitamento e reaproveitamento de águas não potáveis. Entretanto, é preciso identificar os fatores que afetam a demanda de água e o consumo para uma gestão hídrica eficiente (KESHAVARZI et al., 2006).

### 3.3 PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Práticas de conservação de água são uma forma eficaz de atender a demanda e abastecimento de água de novas atividades e usuários, preservando o meio natural (GOIS; RIOS; COSTANZI, 2015).

A conservação da água engloba o uso racional e o reúso (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010). O primeiro leva em consideração a conscientização por parte de seus usuários em relação ao desperdício de água, com intuito de reduzir ou até mesmo eliminar o consumo de água natural. O segundo refere-se às práticas sustentáveis para preservação do recurso natural (Figura 2).

Figura 2 - Conservação e reúso da água



Fonte: Adaptado de Weber, Cybis e Beal (2010).

A importância da conservação de água nas cidades brasileiras fez crescer o número de programas que buscam implementar práticas e sistemas para economia de água. Como exemplo, pode-se citar os programas:

- Programa de Conservação de Água da Unicamp (Pró-Água UNICAMP);
- Programa de Uso Racional de Água da UFBA (ÁGUAPURA UFBA);
- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA);
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB);
- Programa de Conservação e Reúso de Água (PCRA) – (FIESP/CIESP, 2004).
- Programa de Uso Racional de Água (PURA – SABESP);
- Plano de Conservação e Reúso de Água (PCRA) – (FIRJAN/SEBRAE, 2007).

Tais programas auxiliam na avaliação do consumo de água e na implantação de ações sustentáveis para diversos tipos de edificação, como, residências, comércios, escritórios, faculdades e indústrias.

### 3.4 MEDIDAS PARA CONSERVAÇÃO, APROVEITAMENTO E REÚSO DA ÁGUA

As medidas para a conservação da água surgiram com os problemas da escassez e os desafios perante a seca, o crescimento da população e o aumento do consumo per capita (HURLIMANN, 2011).

Algumas medidas de conservação de água, tais como, instalação de medidores de fluxo de água, redução de derrames de água na lavagem dos pisos, instalação de válvulas de mola nas mangueiras de água, reutilização da água para lavagem, recolhimento de sólidos antes da limpeza dos pisos e reparo nos vazamentos podem representar uma economia significativa no consumo de água, principalmente quando aplicados em conjunto (EL-SALAM; EL-NAGGAR, 2010).

A gestão da água é vista cada vez mais pelos governos, agências e serviços públicos de água, não só como um meio potencial de segurança para os futuros fornecimentos de água, mas também como uma ferramenta para reduzir as implicações ambientais (BEAL; STEWART, 2014).

Segundo Hurlimann (2011), o grande impasse para a implementação das medidas de conservação de água, tais como, estações de tratamento e cisternas, está relacionado aos custos do investimento e às barreiras físicas.

Entretanto, algumas alternativas podem não ser viáveis economicamente para determinado empreendimento, porém profissionais talentosos e clientes são atraídos por empresas comprometidas com as causas sociais e ecológicas. Desta forma, o comprometimento das empresas com o meio ambiente e a população que a rodeia está sendo vista como um grande diferencial, mesmo representando um aumento nos custos (CHEESMAN; BENNETT; SON, 2008; VERGARA; BRANCO, 2001).

Assim, investir em tecnologias que tratem a água para uso não potável passa a ser uma nova realidade de investimento sustentável, oferecendo em alguns casos a recuperação do investimento em poucos anos, a partir da economia obtida (ECOCASA, 2014).

A base para implantação de alguma prática de conservação de água é o estudo da demanda e oferta de água. Com isso, faz-se necessário analisar o balanço hídrico da edificação, computando o consumo de água utilizada nas diversas atividades e as ofertas disponíveis de outras fontes alternativas de água.

Entre as ofertas de água comumente disponíveis nas edificações estão: as águas cinza, as águas pluviais e as águas de condensação. Diante dessa variedade, cabe montar estratégias para aperfeiçoar o sistema de aproveitamento e reaproveitamento de água.

Segundo Alwi et al. (2008), a conservação dos recursos hídricos obedece uma hierarquia, em que o primeiro nível consiste em eliminar o uso de água potável, caso este não seja possível, o segundo nível reside em reduzir o consumo de água, através de instalações de aparelhos economizadores, por exemplo. O terceiro nível propõe medidas de reciclagem e reutilização direta da água não potável, não sendo exequível, parte-se para o quarto nível, no qual se tem a reutilização das águas não

potáveis após tratamento. Por fim, em último caso, utiliza-se a água potável. Tal hierarquia está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Hierarquia do gerenciamento da água



Fonte: Adaptado de Alwi et al. (2008).

Muitas vezes as estratégias para o reúso de água estão relacionadas à aceitação do público. Além disso, as fontes de baixa qualidade devem ser utilizadas em primeiro lugar, pois as de alta qualidade podem ser armazenadas por períodos prolongados (JOUSTRA; YEH, 2015). Como exemplo, as águas cinza devem ser utilizadas logo após o tratamento para garantir a qualidade adequada (AL-JAYYOUSI, 2003). Isso resulta em águas cinza com uma preferência de uso mais elevada do que a água da chuva, que pode ser armazenada por longos períodos de tempo.

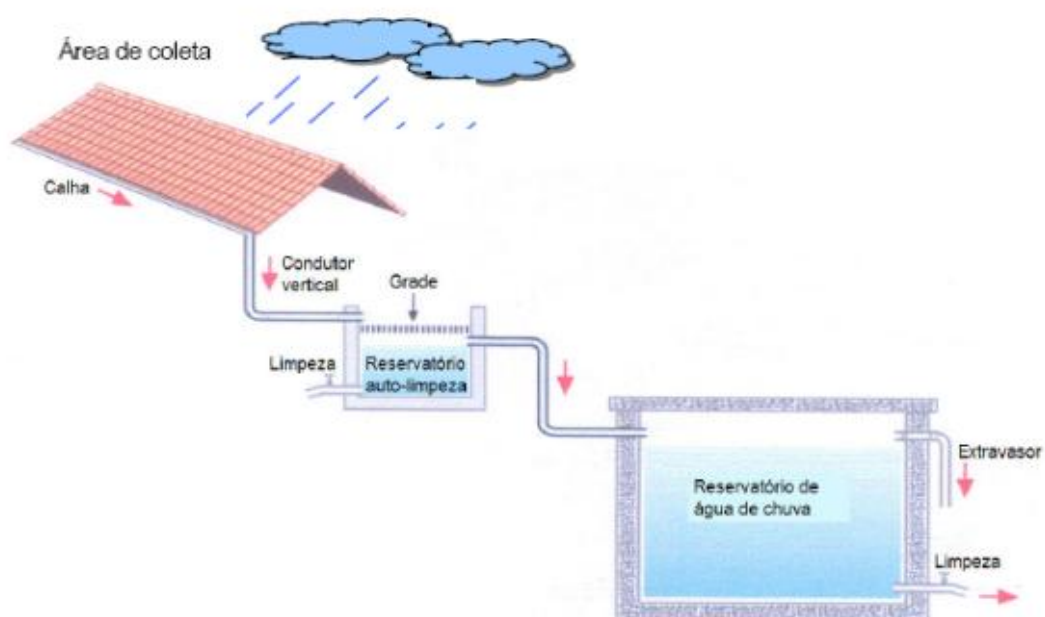
Outro fator relevante está relacionado à continuidade da produção dessas fontes de água. A água da chuva é intermitente, dependendo de fatores climáticos para ocorrer. Assim, nota-se a importância da priorização como um componente integral da modelagem de água e tomada de decisões sobre processos de conservação da água (CHUNG; LEE, 2009; YANG et al., 2012).

Ademais, as estratégias para o emprego das fontes alternativas de água dependem das características necessárias para determinada utilização (PATTANAYAK; YANG, 2005).

### 3.4.1 Aproveitamento da água da chuva

O aproveitamento da água da chuva consiste no recolhimento da água precipitada em uma determinada área. A água captada é encaminhada através das calhas e das tubulações para um reservatório (Figura 4). Antes do armazenamento é importante que haja algum dispositivo de limpeza a fim de descartar a primeira água da chuva e reter os sólidos que se encontram na área de coleta, como fezes de passarinhos, folhas, galhos entre outros.

Figura 4 - Esquema do aproveitamento de água pluvial



Fonte: Disponível em: <<http://www.acquacon.com.br/aguadechuva/plinio.pdf>>. Acesso em 26 mai. 2016.

A quantidade de água da chuva a ser armazenada depende do tamanho da área de contribuição e do índice pluviométrico da região onde está situado o projeto. Logo, quanto maior a área de contribuição e o índice pluviométrico, maior será o volume de água da chuva.

Neto et al. (2012), constataram que a oferta de água da chuva disponível no aeroporto localizado no estado de Minas Gerais, com cobertura da edificação igual a 85.000 m<sup>2</sup> representou 154% da demanda total de água não potável do empreendimento.



Outro exemplo de sucesso no sistema de captação da água de chuva ocorre no Shopping JK Iguatemi, localizado no estado de São Paulo, em que o aproveitamento da água possibilitou a redução do consumo de água em cerca de 50%, sendo essa utilizada para fins não potáveis (REVISTA TAE, 2012).

Dessa forma, é interessante a captação de água da chuva em edificações com grandes áreas de cobertura, como em shopping centers. Porém, é necessário um estudo detalhado da hidrologia da região, pois o dimensionamento da cisterna depende da relação entre a disponibilidade de água de chuva, área de captação e a demanda por parte de seus usuários (Lee et al., 2016). O dimensionamento da cisterna deve ser elaborado criteriosamente, a fim de garantir que o sistema seja viável tecnicamente e economicamente, uma vez que o item mais caro no aproveitamento de águas pluviais é a cisterna (GOIS; RIOS; COSTANZI, 2015). Alguns autores afirmam também, que a viabilidade econômica no sistema de aproveitamento de água da chuva está relacionada às utilizações finais, que na grande maioria são limitadas (EROKSUZ; RAHMAN, 2010; GHISI; BRESSAN; MARTINI, 2007; GHISI; FERREIRA, 2007; JONES; HUNT, 2010; KHASTAGIR; JAYASURIYA, 2010; LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010; RAHMAN KEANE; IMTEAZ, 2012; DOMÈNECH; SAURÍ, 2011).

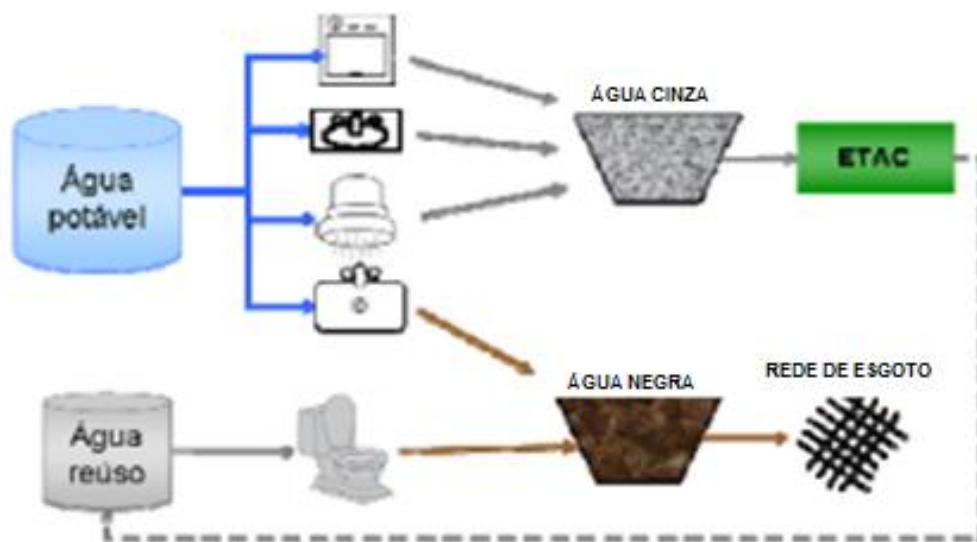
A água da chuva apresenta uma aparência de água limpa e pura, sendo a fonte alternativa preferencial à água potável quando comparada com a água de reúso, no que se refere à percepção de riscos do público (MARKS; MARTIN; ZADOROZNYJ, 2008). Todavia, devido as impurezas absorvidas da poluição atmosférica, a água da chuva não é recomendada para uso potável. Entretanto, sua purificação não necessita de tratamentos complexos (MARINOSKI; GHISI; GOMEZ, 2004), o que facilita o seu aproveitamento em atividades como: descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos e veículos automotores, irrigação de jardins, serviços de limpeza e resfriamento de equipamentos.

Ademais, o aproveitamento da água pluvial nas edificações além de reduzir o consumo de água potável também surge como uma ação no combate às inundações, desafogando o sistema de drenagem urbana principalmente em períodos de chuvas intensas (AMORIM; PEREIRA, 2008).

### 3.4.2 Reúso de águas cinza

O reúso de águas cinza engloba a reutilização das águas oriundas de chuveiros, lavatórios, máquina de lavar roupas e louças mediante um sistema de tratamento (ALEXANDRE; CASTRO; PESQUERO, 2013). A água cinza é, então, coletada e encaminhada a uma estação de tratamento de água cinza (ETAC) e posteriormente retornada à edificação como água de reúso – água não potável - sendo aplicada em sua maioria em bacias sanitárias (Figura 5).

Figura 5 - Esquema do projeto hidrossanitário em edifícios com reúso



Fonte: Gonçalves, Simões e Wanke (2010).

O tratamento adequado das águas não potáveis depende do seu destino (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006). Os principais usos de água de reúso são: lavagem de pátios, irrigação, uso em torres de resfriamentos, descargas sanitárias e limpeza em geral (RAPOPORT, 2004).

Para o uso da água de reúso, a ABNT NBR 13969: 1997 estabelece alguns parâmetros a serem atendidos, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Grau de tratamento necessário

Classe / Parâmetro	Turbidez	Coliforme fecal	Sólidos dissolvidos totais	pH	Cloro residual
Classe 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.	< 5,00	< 200,00 NMP/100 mL	<200 mg/L	Entre 6,00 – 8,00	Entre 0,5 mg/L – 1,5 mg/L
Classe 2: Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	< 5,00	< 500,00 NMP/100 mL	-	-	> 0,5 mg/L
Classe 3: Reúso nas descargas dos vasos sanitários.	< 10,00	< 500,00 NMP/100 mL	-	-	-
Classe 3: Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	-	< 5.000,00 NMP/100 mL	-	-	-

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 13969: 1997.

O uso da água cinza em edificações residenciais em substituição a água potável nas descargas das bacias sanitárias é uma excelente opção, visto que, o vaso sanitário é o aparelho que consome grande volume de água, cerca de 35% do consumo total de uma edificação (MAY, 2009). Além disso, seu tratamento para reúso nas descargas não requer muita complexidade.

Segundo Gonçalves (2006), ao contrário da água pluvial, cuja oferta depende de fatores climáticos, a água cinza é produzida conforme o consumo de água nas residências logo, enquanto houver pessoas consumindo água, haverá produção de águas cinza. Por este motivo, em termos quantitativos, a utilização da água de reúso em residências raramente é interrompida por falta de oferta.

Em uma residência comum a produção de águas cinza é gerada por vários equipamentos hidrossanitários, exceto a bacia sanitária, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Percentual aproximado de esgoto bruto e água cinza em uma edificação

Origem	Esgoto bruto total		Água cinza total	
	Total (%)	Litros / dia	Total (%)	Litros / dia
Bacia sanitária	32	186	-	-
Lavatório	5	28	7	28
Chuveiro	33	193	48	193
Cozinha	7	44	11	44
Lavanderia	23	135	34	135
Total	100	586	100	400

Fonte: NSWHEALTH (2000).

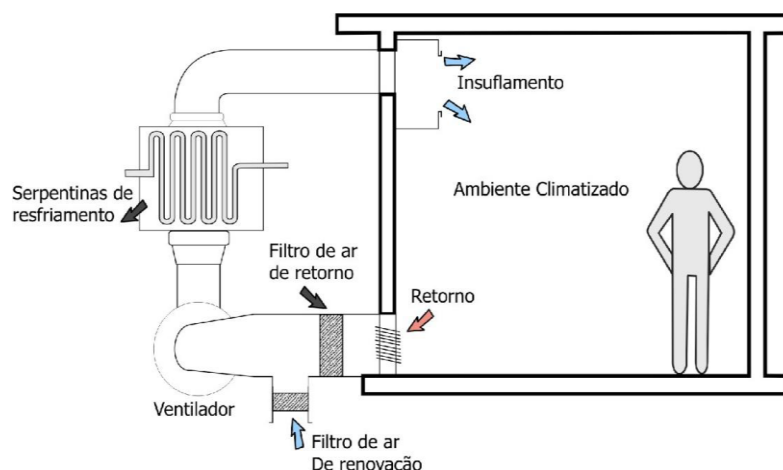
Pode-se observar pela Tabela 2 que a produção de água cinza (400 litros/dia) em uma edificação residencial é superior ao volume de água requerido pela bacia sanitária (186 litros/dia), constatando a perenidade dessa fonte de água alternativa.

Por outro lado, em centros comerciais como shoppings, onde a produção de água cinza é relativamente pequena, o sistema de reaproveitamento pode não atender a demanda, inviabilizando economicamente a reutilização da água cinza nessas edificações (GOIS; RIOS; COSTANZI, 2015). Como alternativa, a associação de vários sistemas de aproveitamento e reaproveitamento de água pode ser vantajosa e representar uma economia significativa no resultado final. Além disso, o reaproveitamento diminui o volume de esgoto aliviando o sistema de esgoto da rede pública (HURLIMANN, 2011).

### 3.4.3 Aproveitamento da água de condensação

A principal função do ar condicionado é garantir o conforto térmico em ambientes internos, principalmente em edifícios comerciais. Para tal, o aparelho de ar condicionado compreende a refrigeração e a desumidificação do ar (CHUA; CHOU; YAN, 2013).

Usualmente, em grandes centros comerciais, o sistema de refrigeração utilizado é do tipo *Fan coil*. Esse sistema consiste em um conjunto de serpentinas acopladas a um ventilador e um sistema de filtragem por onde passa o ar a ser condicionado (BASTO, 2007), conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Sistema de refrigeração tipo *Fan Coil*

Fonte: Quadros (2008).

O ar quente quando escoar através da serpentina tem a sua temperatura reduzida e nessa mudança de temperatura, parte do vapor d'água existente no ar úmido se condensa na superfície da serpentina, produzindo a água de condensação. Segundo Frota e Schiffer (2001), a água de condensação é a produção do líquido oriundo da troca térmica úmida decorrente da mudança do estado gasoso para o estado líquido.

A água de condensação muitas vezes é descartada de forma inadequada, o que pode ocasionar o acúmulo de poças e conseqüentemente a proliferação do mosquito da dengue, além disso, o volume descartado é considerado significativo. Sendo assim, o aproveitamento da água de condensação, além de evitar seu destino de forma irregular, gera economia de água para as edificações, principalmente em lugares em que o uso do ar condicionado é constante (Tabela 3).

Tabela 3 - Volume captado de água condensada por local

Fonte	Local	Construção	Volume captado de água condensada
Guz, 2005	San Antônio, EUA	Shopping	28,380 m <sup>3</sup> /mês
Guz, 2005	San Antônio, EUA	Biblioteca	163,50 m <sup>3</sup> /mês
Guz, 2005	Bahrain	Aeroporto	725,00 m <sup>3</sup> /mês
FEMP, 2010	Athenas, Geórgia	Laboratório	255,515 m <sup>3</sup> /mês

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Sabe-se que a produção da água de condensação varia segundo diversos fatores, entre eles a temperatura do ambiente, a umidade do ar, o clima, a área de atuação,

o tipo de equipamento de refrigeração, o fluxo de pessoas, o tipo de iluminação e o revestimento da edificação. Dessa forma, Nassar e Moura (2015) simularam a produção de condensado para quatro cidades brasileiras (São Paulo, Florianópolis, Rio de Janeiro e Recife), tendo como referência um escritório de 1000 m<sup>2</sup>, considerando paredes de alvenaria com 70% de área envidraçada, dissipação de calor pela iluminação e pelos equipamentos e o clima de cada cidade. Assim, obteve-se como resultado os valores discriminados na Tabela 4.

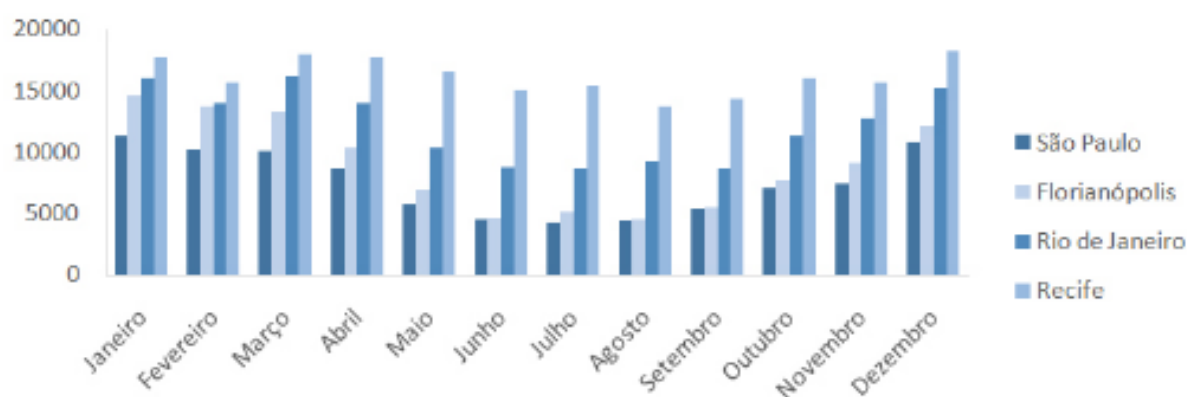
Tabela 4 - Volume a ser captado de água condensada por cidade para uma edificação de 1m<sup>2</sup>

Cidade	Volume de água condensada que pode ser captado ao longo do ano
São Paulo	90 l/m <sup>2</sup>
Florianópolis	107 l/m <sup>2</sup>
Rio de Janeiro	145 l/m <sup>2</sup>
Recife	195 l/m <sup>2</sup>

Fonte: Nassar e Moura (2015).

Os valores encontrados na Tabela 4 podem ser distribuídos ao longo do ano conforme Figura 7. Observa-se que, nos meses mais frios (aproximadamente de maio a outubro), a produção de água de condensação é menor em relação aos meses mais quentes, pois a diferença de temperatura nos meses mais quentes em relação à temperatura ideal da edificação é maior (Figura 7).

Figura 7 - Volume em litros de água condensada mensalmente



Fonte: Nassar e Moura (2015).

Mesmo considerando a água de condensação como sazonal, dependendo fortemente do clima e da região (AL-FARAYEDHI; IBRAHIM; GANDHIDASAN, 2014;

COOK; SHARMA; GURUNG, 2014), sua qualidade é comparável à da água destilada, exigindo pouco ou nenhum tratamento para aplicações não potáveis (LICINA; SEKHAR, 2012; NASSAR; MOURA, 2015; AL-FARAYEDHI; IBRAHIM; GANDHIDASAN, 2014).

#### **3.4.4 Aparelhos economizadores de água**

Em áreas urbanas a maioria do consumo de água é associada ao uso predial em edificações, sendo a utilização de aparelhos hidráulicos o grande vilão no consumo de água.

Em resumo, o consumo de água por aparelhos sanitários está relacionado a dois aspectos: primeiramente à própria eficiência do aparelho, e em segundo lugar, ao uso pelo consumidor, o que dependerá da sua cultura e de seus hábitos (GONÇALVES, 2006).

Algumas alternativas como adoção de aparelhos mais eficientes tais como, chuveiros, máquinas de lavar roupa, bacias sanitárias, e torneiras, reduzem o consumo de água e conseqüentemente os custos (NOVOTNY, 2012). Por esse motivo a substituição de aparelhos antigos por outros mais modernos e eficientes está sendo incorporada, principalmente, em edificações de uso público como shopping centers, teatros, cinemas, aeroportos e outros (GONÇALVES, 2006).

Mayer, Deoreo e Lewis (2000) estimaram uma economia de água com a substituição de equipamentos hidráulicos convencionais por equipamentos modernos e mais eficientes (Tabela 5).

Tabela 5 - Redução no consumo de água com adoção de aparelhos mais eficientes

Categoria	Consumo médio equipamentos convencionais (galões/per capita.dia)	Consumo médio equipamentos mais eficientes (galões/per capita.dia)	Diferença	Economia (%)
Banheira	3,7	2,7	1	27,0%
Máquina de lavar roupa	14,8	9,2	5,6	37,8%
Máquina de lavar louças	1,4	1,2	0,2	14,3%
Torneira	9,2	8	1,2	13,0%
Chuveiro	9	8,7	0,3	3,3%
Bacia sanitária	18,8	7,9	10,9	58,0%
Total	56,9	37,7	19,2	33,7%

Fonte: Adaptado de Mayer, Deoreo e Lewis (2000).

Pode-se observar que a bacia sanitária convencional possui o maior consumo de água em relação aos outros aparelhos. A substituição da bacia sanitária por uma de maior eficiência em termos de água, como por exemplo, as bacias com duplo fluxo (Figura 8), permitiram uma economia de 58% no estudo realizado. Além disso, cabe ressaltar que a água utilizada nas bacias sanitárias não precisa ser potável, ou seja, mesclar a utilização de equipamentos eficientes com aproveitamento de água de reúso torna o sistema ainda mais proveitoso.

Figura 8 - Bacia sanitária duplo fluxo – Dual Flux



Fonte: Disponível em <<http://ecopassos.com.br/economia-de-agua-na-descarga/>>. Acesso em 28 mai. 2016.



Outro aparelho de grande importância é a torneira. Essas são usadas em diversos locais, principalmente nos banheiros. Em centros comerciais de grande porte, por exemplo, o número de torneiras nos banheiros é bem expressivo e, além disso, o número de usuários também é grande e diversificado. Essas características implicam em um elevado gasto de água, visto que o consumo de água na torneira é proporcional à sua vazão e a frequência de uso do aparelho (GONÇALVES, 2006).

Para Fidar, Memon e Butler (2016), o fluxo de água de uma torneira convencional é muitas vezes excessivo o que justifica o uso de torneiras mais eficientes como as torneiras de acionamento por sensor (Figura 9) e torneiras de acionamento por pressão (Figura 10).

Figura 9 - Torneira com acionamento por sensor



Fonte: Gonçalves (2006).

Figura 10 - Torneira com acionamento por pressão



Fonte: Gonçalves (2006).

A tecnologia implantada nos equipamentos hidrossanitários ajuda na redução do consumo de água, mas é importante salientar que somente a tecnologia não produz uma redução significativa. É preciso atrelar as implantações de novos equipamentos economizadores à mudanças no hábitos humanos.

### 3.5 BALANÇO HÍDRICO – BH

Um balanço hídrico consiste no cômputo das correntes líquidas de entradas e saídas em uma planta por um determinado período (RODRIGUES et al., 2009; FREIRE, 2011). Sendo assim, tem-se que o principal objeto do balanço hídrico são as vazões.

Diante disso, França, Souza e Junior. (2016) destaca a importância e cautela no momento da realização das medições das vazões. Pois, uma vez encontrados erros

nas medições estes podem acarretar mudanças nas características da planta em estudo e prejudicar o resultado final. Além disso, muitas vezes os dados coletados mesmo medidos por aparelhos podem trazer erros de leituras em detrimento da falta de manutenção nas instalações hidrossanitárias, vazamentos ou má calibração dos medidores (VALLE, 2013; FRANÇA; SOUZA; JUNIOR, 2016; OLIVEIRA, 2011).

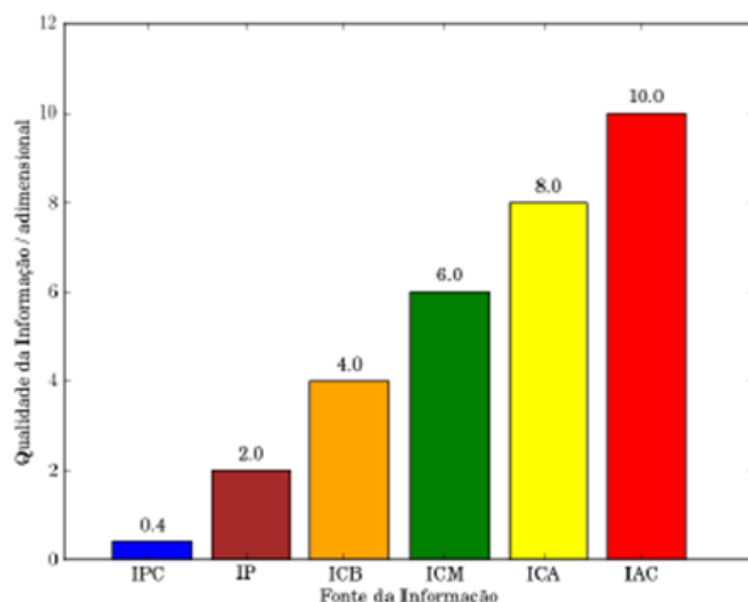
Pelo princípio da conservação de massa ou lei de Lavoisier no balanço de massa a massa não pode ser criada e nem destruída (AQUIM, 2004). Assim como, no balanço hídrico não pode conter perdas ou dissipações, ou seja, o consumo de águas deve ser equivalente aos geradores de efluentes, entretanto, muitas vezes as incertezas nos valores de vazões obtidos acarretam na diferença entre as correntes de entradas e saídas (RODRIGUES et al., 2009).

Contudo, o grande desafio na confecção de um BH está relacionado à coleta de dados, pois geralmente o número de medidores de vazão instalados na planta é insuficiente (MARTINS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2009). Em consequência dessa falta de medidores instalados para levantamento das correntes aquosas são utilizadas outras formas de medição para obtenção dos dados de vazões, tais como, estimativas com base na literatura, dados de projetos e balanço de massa (MARTINS et al., 2010; FONTANA et al., 2004).

Segundo Rodrigues et al. (2009), as diferentes metodologias adotadas para quantificar os dados de vazões geram incertezas quanto à veracidade do dado obtido. Assim, o recurso para minimizar os erros advindos das diversas metodologias para obtenção dos dados que caracterizam o BH foi à utilização da reconciliação de dados com atribuição de graus de confiabilidade, também denominado de qualidade da informação (QI) (MARTINS et al., 2010).

QI é delineada como sendo uma variável dependente da vazão mapeada (vazão medida ou estimada) e da incerteza (OLIVEIRA, 2011; RODRIGUES et al., 2009). Segundo Narciso (apud VALLE, 2013, p.24), os valores de QI para uma planta pode ser graduado em seis níveis, variando de 10 a 0,4. (Figura 11), onde IPC indica informação pouco confiável (0,4), IP informação precária (2,0), ICB informação de confiança baixa (4,0), ICM informação de confiança média (6,0), ICA, informação de confiança alta (8,0) e IAC, informação de altíssima confiança (10,0).

Figura 11 – Graduação de QI



Fonte: Narciso (apud VALLE, 2013, p.24).

A atribuição dos QI's deve ser realizada de forma criteriosa, uma vez que os valores de vazões reconciliados gerados são dependentes de QI. O mau uso dos QI's implica em resultados fora da realidade do sistema. (RODRIGUES et al., 2009).

O grupo de Pesquisa da Rede Teclim (UFBA – Universidade Federal da Bahia) desenvolveu uma metodologia para auxílio no gerenciamento de correntes líquidas denominada de balanço hídrico reconciliado (BHR) (MARTINS et al., 2010).

A função objeto do BHR é a minimização do erro quadrático entre as vazões medidas e as vazões reconciliadas, dividida pela variância das medidas (CROWE, 1986) (Equação 1).

$$\min \sum_{i=1}^N \frac{(V_{Ri} - V_{Mi})^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

A metodologia do BHR pode ser aplicada no intuito de facilitar o conhecimento das diversas correntes líquidas, mesmo havendo pouca informação disponível. Para Martins et al. (2010) a metodologia do BHR com atribuição dos QI's é vantajosa perante outras formas de reconciliação de dados, pois permite a utilização de todo

tipo de informação mapeada, logo para a elaboração de um BH é importante a integração com a equipe de engenharia e operação da planta em estudo, buscando assim a melhor qualidade da informação (VALLE, 2013).

Em resumo, o BHR consiste na atribuição de coeficientes da qualidade da informação (QI) conforme a metodologia adotada para obtenção do dado em estudo. Para maior confiabilidade de um dado é atribuído um valor alto de QI e para dados estimados de formas “grosseiras” é aplicado um valor baixo de QI. (OLIVEIRA, 2011; FREIRE, 2011).

Dessa forma geral Rodrigues et al. (2009) ressalta a importância da confecção do BHR em plantas para identificação das correntes líquidas, para futuro conhecimento das vazões de entrada e saída. Ademais, o BHR é considerado por diversos autores como um método muito eficaz no auxílio para o gerenciamento e uso da água (FONTANA et al., 2004).

### 3.6 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA

Indicadores são parâmetros escolhidos para representar as condições do sistema em análise, sendo frequentemente utilizados como um pré-tratamento aos dados originais (SICHE et al., 2007). São ainda importantes na gestão dos recursos hídricos de uma edificação, pois servem de guia para avaliação dos gastos de água e aplicação de medidas de conservação de água (GOSSLING, 2015).

Geralmente os indicadores são divididos por tipo de edificação, visto que o uso da água varia conforme o perfil do empreendimento. Por conseguinte, podem-se estabelecer valores de indicadores para diversas categorias de construção.

Os principais indicadores de consumo de água para diversos tipos de edificação estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Indicadores de consumo de água

Categoria	Unidades	Valores	Origem
Edifício Residencial	Litros/dia/m <sup>2</sup>	6,8	Silva, 2013
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	7,4	Aguiar, 2011
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	7	Pertel, 2009
Edifício de Escritórios	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Berenhauser e Pulici,
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Hoddinot, M., 1981
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Billings & Jones, 1996
	Litros/dia/funcionário	50 a 80	Macintyre, 1982
	Litros/dia/funcionário	65	Syed R. Qasim, 1994
	Litros/dia/n <sup>o</sup> veículos	8	Metcalf & Eddy, 1991
Shopping Center	Litros/dia/n <sup>o</sup> veículos	8	Geyer & Lentz, 1962
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Hoddinot, M., 1981
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Billing & Jones, 1996
	Litros/dia/m <sup>2</sup>	6	Syed R. Qasim, 1994
	Litros/dia/funcionário	38	Metcalf & Eddy, 1991
	Litros/dia/funcionário	38	Geyer & Lentz, 1962
	Litros/dia/funcionário	40	Syed R. Qasim, 1994

Fonte: Adaptado de Nunes (2006).

A Tabela 6 propõe um consumo médio diário de água por área para edifícios residenciais de 7 litros/dia/m<sup>2</sup>, para edifícios de escritórios 4 litros/dia/m<sup>2</sup>, e para shopping centers 4,67 litros/dia/m<sup>2</sup>. Tais valores servem de referência para outras edificações de mesmas características. Se o valor encontrado for maior que o valor de referência, significa ineficiência no sistema hidráulico ou uso exagerado pelos consumidores, caso contrário, o sistema está operando de forma eficiente e econômica.

Sendo assim, os indicadores de consumo de água contidos na literatura auxiliam, de forma simples, na avaliação da eficiência dos sistemas hidráulicos das edificações.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Foi escolhido para estudo de caso um shopping Center, localizado no município de Vila Velha, ES, (Figura 12 e Figura 13).

Figura 12 - Vista superior do SCVV



Fonte: Google Earth (Acesso em 20 jan. 2016).

Figura 13 - Foto do SCVV



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O shopping Center Vila Velha (SCVV) em estudo foi inaugurado em 25 de agosto de 2014, possui 70.397,98 m<sup>2</sup> de área bruta locável e três pisos de lojas, porém apenas dois estão em funcionamento (BR Malls, acesso em 16 jun. 2016).

A escolha pelo estudo no SCVV partiu da ideia de propor soluções inovadoras para conservação da água em centros comerciais, uma vez que o mesmo exerce alto consumo de água potável e não possui nenhuma prática de conservação de água.

Além disso, a facilidade em coletar dados e informações para subsidiar a pesquisa impulsionou a escolha pelo SCVV.

## 4.2 CARACTERÍSTICA DA EDIFICAÇÃO

O SCVV é considerado o maior shopping do estado do Espírito Santo, está situado em um terreno de 140 mil m<sup>2</sup>, e possui aproximadamente 71 mil m<sup>2</sup> de área bruta locável. Fazem parte das suas instalações: 4 mil vagas de estacionamento, hipermercado, praça de alimentação, cinema, área de eventos e diversas lojas, entre elas 19 âncoras (lojas que possuem um tamanho maior que as demais lojas, pois atraem um público maior por serem reconhecidas nacionalmente ou internacionalmente) (BR Malls, acesso em 16 jun. 2016).

### 4.2.1 Sistema de refrigeração

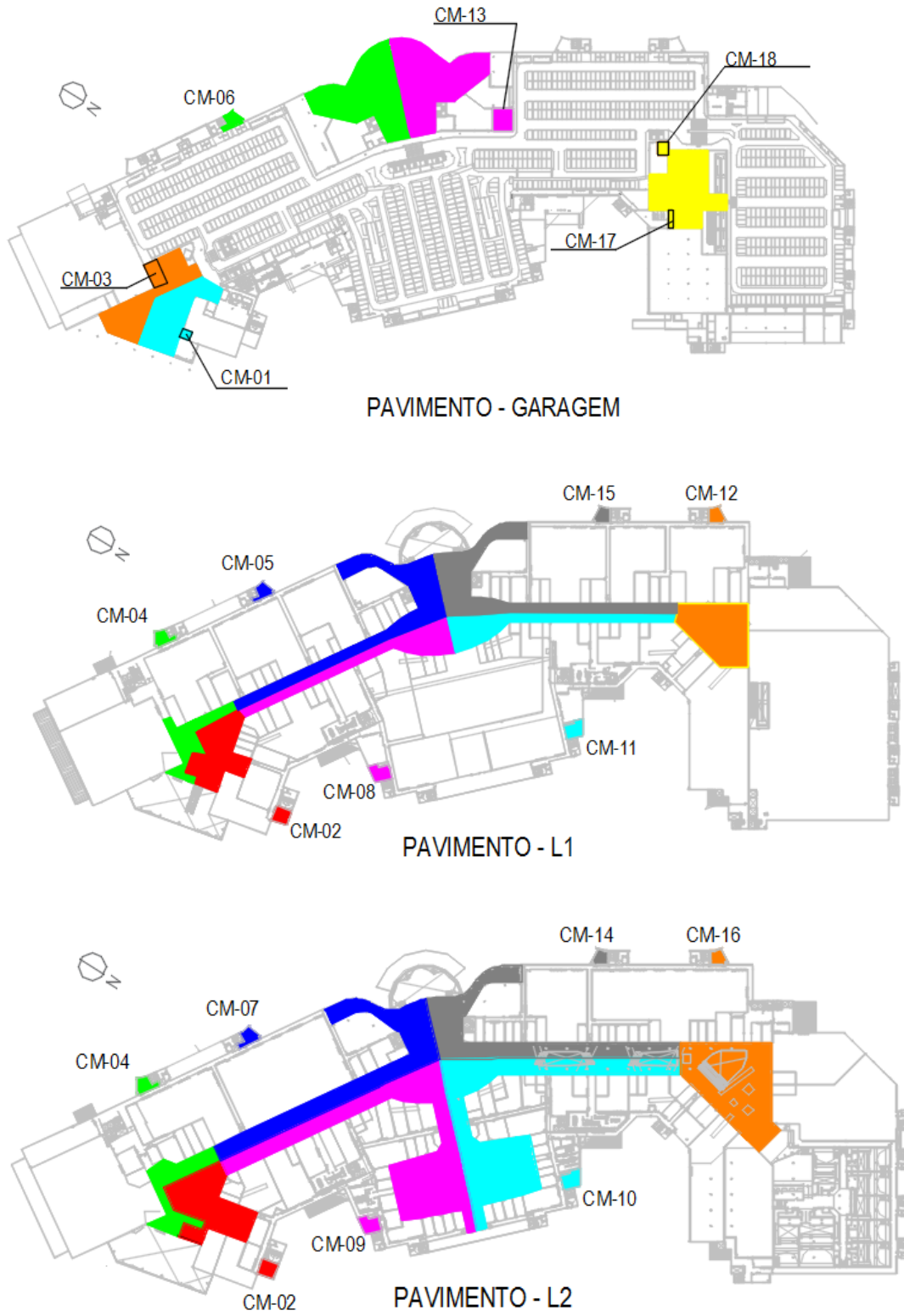
Para garantir o conforto térmico aos clientes e funcionários, a edificação possui um sistema de torre de resfriamento (Figura 14) e aparelhos do tipo *fancoil*, que estão localizados nas 18 casas de máquinas distribuídas ao longo do SCVV (Figura 15).

Figura 14 - Torre de Resfriamento



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 15 - Localização das Casas de Máquinas e suas respectivas áreas de atendimento

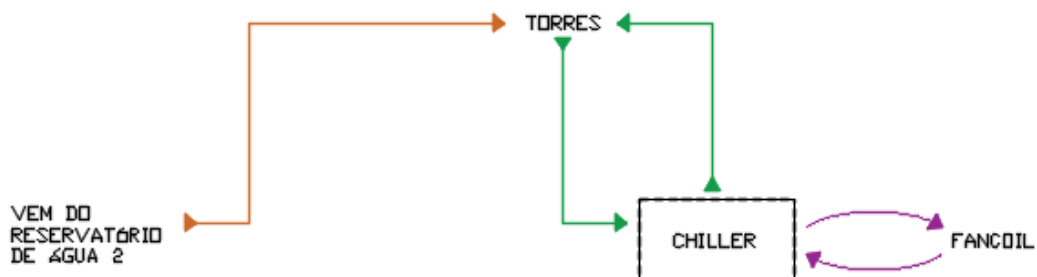


Fonte: Elaborado pela autora (2017).



O sistema de refrigeração é constituído de dois circuitos, no primeiro a água circula entre a torre (torre de resfriamento) e o *chiller* e no segundo pelo *chiller* e o *fancoil*, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Circuitos do sistema de refrigeração



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

É importante salientar que no circuito Torre - *Chiller* ocorre uma perda significativa de água devido à evaporação e a purga, por esse motivo há o abastecimento de água diariamente nesse circuito.

No circuito *Chiller* – *Fancoil* também ocorre uma perda de água, porém não tão expressiva quanto no primeiro circuito. A reposição dessa água é realizada através de uma caixa de água existente na cobertura do SCVV, chamada de “caixa de compensação”.

Vale ressaltar que o sistema de refrigeração é responsável somente pela área comum do SCVV, sendo assim, cada lojista possui seu aparelho de ar condicionado independente.

#### 4.3 ESTUDO DO CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE DIFERENTES CORRENTES LÍQUIDAS DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS NA EDIFICAÇÃO

A metodologia empregada foi embasada nos programas PCRA – Programa de Conservação e Reúso de Água - e o PURA-USP - Programa de Uso Racional da Água, além das orientações fornecidas pelo guia “Facility Manager’s Guide to Water Management” elaborado por Arizona Municipal Water Users Association (AMWUA).

O estudo do consumo de água e da produção de diferentes vazões de águas não potáveis no SCVV foi dividido em três etapas, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas para o estudo do gerenciamento dos recursos hídricos em edificações, utilizando o PCRA e o PURA.

Etapas	Principais Atividades	Produtos
Avaliação Técnica e Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental;</li> <li>• Levantamento de Campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise da série histórica de consumo de água;</li> </ul>
Avaliação da Demanda de Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de perdas físicas;</li> <li>• Análise de desperdício;</li> <li>• Avaliação das vazões de água consumida nas atividades;</li> <li>• Identificação dos diferentes níveis de qualidade de água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de Setorização do Consumo de Água.</li> <li>• Análise quantitativa e qualitativa do consumo de água;</li> <li>• Verificação de vazamentos nas instalações hidrossanitárias.</li> </ul>
Avaliação da Oferta de Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo da oferta de águas pluviais;</li> <li>• Estudo da oferta de águas cinza;</li> <li>• Estudo da oferta de águas de condensação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise quantitativa da oferta de água não potável disponível.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de FIESP/CIESP (2004).

#### 4.3.1 Etapa 1: Avaliação técnica e preliminar

A etapa 1 envolveu coleta de dados, visitas técnicas e reuniões com funcionários da administração do SCVV em estudo.

Nesta etapa foram coletados e analisados os seguintes documentos e informações:

- Contas de água fornecidas pela CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento);
- Planilhas de medições dos hidrômetros já instalados na edificação para o próprio controle do SCVV e que são realizadas pelos funcionários da administração;

- Projetos arquitetônicos e hidráulicos;
- Informação quanto ao horário de trabalho, número de funcionários e fluxo de pessoas.

Os dados referentes ao consumo de água na edificação foram armazenados em planilhas eletrônicas conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Planilha de consumo de água

Histórico do consumo total mensal de água								
Referência (mês/ano)	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Leitura Anterior (m <sup>3</sup> )	Leitura Atual (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )	Dias de Consumo	Consumo Médio diário (m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)

Fonte: Adaptado de AMWUA (2008).

Nesta etapa, também houve levantamento de campo, detalhando as características físicas e funcionais da edificação e identificando os agentes consumidores.

Assim, após os estudos dos projetos hidrossanitários e arquitetônicos foi verificado “in loco” que as instalações hidrossanitárias não foram executadas exatamente como projetadas, dessa forma, com ajuda de funcionários que participaram da construção do SCVV foi possível conhecer e detalhar as instalações hidrossanitárias existentes.

Assim obteve-se como produto final da etapa 1 a análise da série histórica do consumo de água, o que permitiu entender as variações em relação aos meses do ano, aos dias da semana e ao fluxo de pessoas.

#### **4.3.2 Etapa 2: Avaliação do consumo de água**

A etapa 2 consistiu na avaliação das vazões de água consumida nas diversas atividades realizadas na edificação. Assim, após o reconhecimento das instalações hidrossanitárias da edificação, foi elaborado um plano de setorização do consumo de água, que possibilitou a divisão por setores de cada atividade consumidora de água, tais como, banheiros sociais, refeitório, restaurantes, torre de resfriamento, área de eventos, cinema, supermercado, caixa de compensação, salão de beleza, lavanderia, academia, tanques e lojas (Tabela 7).

Para elaboração da Tabela 7, foram realizadas leituras dos hidrômetros que já existiam e de outros que foram instalados gradativamente. Ao total foram lidos 192 hidrômetros, diariamente às 14 horas no período de 26 de setembro de 2016 a 30 de janeiro de 2017 (Figura 17 e Figura 18)

A “Média consumo diário (m<sup>3</sup>)” na Tabela 7 representa a média aritmética das vazões diárias de cada atividade monitorada no shopping. As médias de consumo mensal e anual são resultados da multiplicação da média diária por 30 dias e 360 dias (30 x 12), respectivamente. O percentual do consumo de água da atividade em relação ao consumo total de água medido pela CESAN for representado na última coluna da Tabela 7.

Figura 17 – Hidrômetros instalados no corredor de serviço



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 18 – Hidrômetros instalados na garagem



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Como não foi possível monitorar todas as atividades consumidoras de água, aplicou-se a diferença entre a leitura do hidrômetro geral (CESAN) e o somatório das leituras realizadas nas demais atividades, sendo o resultado denominado “outros”.

“Outros” representa todas as atividades consumidoras de água que não foram medidas, tais como, os banheiros das docas, compostos por 4 banheiros (1 bacia sanitária e 1 pia cada), banheiros de funcionários (1 masculino e 1 feminino),

torneiras de serviço, sala de resgate (1 banheiro) e vestiário do SCVV para funcionários (chuveiros, pias e bacias sanitárias, porém raramente utilizados).

Tabela 7 – Planilha de consumo de água por atividade

Atividade	Média consumo diário (m <sup>3</sup> ):	Média consumo mensal (m <sup>3</sup> ):	Média consumo anual (m <sup>3</sup> ):	Média consumo diário (%):
Banheiros sociais	$A_1$	$A_1 \times 30$	$A_1 \times 30 \times 12$	$(A_1 / B) \times 100$
Refeitório	$A_2$	$A_2 \times 30$	$A_2 \times 30 \times 12$	$(A_2 / B) \times 100$
Restaurantes	$A_3$	$A_3 \times 30$	$A_3 \times 30 \times 12$	$(A_3 / B) \times 100$
Torre de Resfriamento	$A_4$	$A_4 \times 30$	$A_4 \times 30 \times 12$	$(A_4 / B) \times 100$
Área de Eventos	$A_5$	$A_5 \times 30$	$A_5 \times 30 \times 12$	$(A_5 / B) \times 100$
Cinema	$A_6$	$A_6 \times 30$	$A_6 \times 30 \times 12$	$(A_6 / B) \times 100$
Supermercado	$A_7$	$A_7 \times 30$	$A_7 \times 30 \times 12$	$(A_7 / B) \times 100$
Caixa de Compensação	$A_8$	$A_8 \times 30$	$A_8 \times 30 \times 12$	$(A_8 / B) \times 100$
Salão de Beleza	$A_9$	$A_9 \times 30$	$A_9 \times 30 \times 12$	$(A_9 / B) \times 100$
Lavanderia	$A_{10}$	$A_{10} \times 30$	$A_{10} \times 30 \times 12$	$(A_{10} / B) \times 100$
Academia	$A_{11}$	$A_{11} \times 30$	$A_{11} \times 30 \times 12$	$(A_{11} / B) \times 100$
Tanques	$A_{12}$	$A_{12} \times 30$	$A_{12} \times 30 \times 12$	$(A_{12} / B) \times 100$
Lojas	$A_{13}$	$A_{13} \times 30$	$A_{13} \times 30 \times 12$	$(A_{13} / B) \times 100$
Outros	$D = B - C$	$D \times 30$	$D \times 30 \times 12$	$(D / B) \times 100$
CESAN	$B$	$B \times 30$	$B \times 30 \times 12$	$(B / B) \times 100$
Total medido	$C = \sum_{i=1}^{13} A_i$	$C \times 30$	$C \times 30 \times 12$	$(C / B) \times 100$

Fonte: Adaptado de AMWUA (2008).

Ademais, pretendeu-se medir o consumo de água principalmente nas atividades de usos menos nobres, como descarga das bacias sanitárias e sistema de ar condicionado, a fim de conhecer o volume necessário de água potável que pode ser substituído por outras fontes líquidas de qualidade inferior.

Foi possível ainda, nesta etapa, identificar possíveis perdas e desperdícios. As perdas são consequências de vazamentos e, ineficiência do sistema, enquanto que o desperdício é resultado de má utilização pelo usuário.

Foi aplicado o teste do corante utilizando uma caneta com tinta solúvel em água nas bacias sanitárias para averiguar a ocorrência de vazamentos (Figura 19). O teste consiste na secagem das paredes internas da bacia sanitária, onde é traçada uma linha com caneta, e após alguns segundos é verificado se ocorrem interrupções na linha traçada pela água, caso ocorra, é proveniente de algum vazamento (FUJIMOTO; NUNES; ILHA, 2002).

Figura 19 – Teste de vazamento em bacias sanitárias



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Além do teste do corante, foram registradas durante uma semana as leituras nos hidrômetros dos banheiros sociais nos horários de 2 horas e 5 horas da manhã. Foi realizada a leitura de madrugada (às 2 horas e às 5 horas), pois nesse período o SCVV permanece fechado e com poucas pessoas trabalhando.

Tais leituras permitiram averiguar se há consumo de água nos banheiros, detectando possíveis vazamentos.



A partir da etapa 2, conseguiu-se quantificar o consumo de água realizado em cada atividade e identificar o volume de água que pode ser substituído por água não potável, além de apontar possíveis impactos sobre o consumo de água, tais como, vazamentos nas instalações hidrossanitárias.

### **4.3.3 Etapa 3: Avaliação da disponibilidade de água não potável**

A etapa 3 englobou a medição das vazões de diferentes águas produzidas no SCVV com grande potencial de abastecimento da edificação, tais como, águas cinza, águas pluviais e, em destaque a água de condensação.

#### *4.3.3.1 Água cinza*

Neste trabalho foi considerado o produto de água cinza como o valor referente ao consumo de água potável nas pias dos banheiros sociais, pias dos banheiros do cinema, pias dos banheiros de funcionários, pias da sala de resgate, pias e chuveiros do vestiário do SCVV, pias e chuveiros da academia, nas lojas, nos tanques, na lavanderia, e no salão de beleza.

Mesmo o SCVV possuindo outras fontes produtoras de águas cinza, não foi possível mensurá-las devido ao difícil acesso às informações e suas instalações hidrossanitárias, como exemplo, a falta de informação sobre o uso da água na área de eventos, nos banheiros das docas e torneiras de serviço.

Cabe salientar que supermercado, restaurantes e refeitórios também produzem água cinza, porém, em sua maioria, água cinza escura, cuja produção não é reaproveitada.

#### *4.3.3.2 Produção de água cinza nas pias dos banheiros sociais e banheiros do cinema*

O SCVV possui 10 banheiros sociais, sendo 2 (1 feminino e 1 masculino) localizados na praça de alimentação (PA), 4 no segundo pavimento (2 femininos e 2 masculinos)

e 4 (2 femininos e 2 masculinos) no primeiro pavimento. O cinema contempla apenas 2 banheiros (1 feminino e 1 masculino).

O banheiro feminino localizado no piso L1, cujas instalações hidrossanitárias de água potável eram de fácil acesso, foi selecionado para instalação de dois hidrômetros, tendo como finalidade medir o consumo referente somente às pias e o outro às bacias sanitárias e bebedouro.

Mesmo a água residuária do bebedouro sendo considerada água cinza, não foi possível isolar sua tubulação por dificuldades na obra. Portanto o seu consumo foi dimensionado juntamente com o consumo das bacias sanitárias.

Foram realizadas leituras desses hidrômetros durante a etapa de medição, no período de 12/12/2016 á 30/01/2017. Ao final, verificou-se a representatividade do consumo de água pelas pias em relação ao consumo total do banheiro.

A relação obtida foi considerada como representativa do consumo nos demais banheiros, nos quais só foi possível realizar a leitura do consumo total.

Considerou-se para o cinema que todo o consumo de água é para abastecimento dos banheiros e bebedouros.

#### 4.3.3.3 *Produção de água cinza nas pias dos banheiros de funcionários*

A estimativa da produção de água cinza das pias dos banheiros dos funcionários teve como base a suposição do número de frequentadores e o consumo de água por uso do aparelho sanitário, pois nesses banheiros foi inviável a instalação de hidrômetros para registro do consumo de água.

A contagem do número de frequentadores ocorreu em três turnos, manhã, tarde e noite, com duração de uma hora. Nesse intervalo, o operador contou o número de pessoas que entravam nos banheiros. Foi adotada como premissa que cada pessoa que entrava no banheiro utilizava a bacia sanitária (ou mictório) e a pia uma vez.

Segundo Gonçalves (2006) a bacia sanitária consome 6,5 litros em cada descarga e a pia consome 1 litro por uso. Diante dos valores apresentados por Gonçalves (2006) e do computo do número de frequentadores nos banheiros dos funcionários

(Nº frequentadores), estabeleceu-se a produção total de água cinza e água negra nesses banheiros (Equação 2 e Equação 3).

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{\text{dia}} \right) = 1 \left( \frac{l}{\text{uso}} \right) \times N^{\circ} \text{ frequentadores} \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (2)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{\text{dia}} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{\text{uso}} \right) \times N^{\circ} \text{ frequentadores} \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (3)$$

#### 4.3.3.4 *Produção de água cinza na sala de resgate*

A produção de água cinza na sala de resgate foi estimada com base no número de funcionários por dia e na premissa que cada funcionário utiliza a bacia sanitária e a pia 3 vezes ao dia. Segundo informação da administração do SCVV, BR Malls, apenas 2 funcionários são escalados por dia.

Adotando os valores de referência estimados por Gonçalves (2006), pôde-se calcular a vazão de produção de água cinza e água negra na sala de resgate (Equação 4 e Equação 5).

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{\text{dia}} \right) = 1 \left( \frac{l}{\text{uso}} \right) \times (2 \times 3) \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (4)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{\text{dia}} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{\text{uso}} \right) \times (2 \times 3) \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (5)$$

#### 4.3.3.5 *Produção de água cinza no vestiário do SCVV*

A estimativa da produção de água cinza no vestiário teve como base a área total do vestiário, esta foi extraída dos projetos arquitetônicos. Conforme WWG (acesso em 13 jul. 2017) um vestiário consome 2,4 litros de água por área por dia. A partir

dessas informações foi possível dimensionar o consumo de água no vestiário (Equação 6).

$$\text{Consumo água vestiário } \left( \frac{m^3}{dia} \right) = \text{área total do vestiário } (m^2) \times 2,4 \left( \frac{l}{m^2.dia} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (6)$$

Entretanto, segundo informações da administração do SCVV o vestiário fica trancado e não é muito utilizado. Sua localização também contribui para a falta de usuários, pois ele se encontra na garagem e um pouco distante do interior do SCVV. Sendo, inclusive, insegura sua utilização.

Dessa forma, a estimativa da produção de água total no vestiário foi considerada como sendo 30% do valor de água consumido (Equação 7).

$$\text{Produção total de água vestiário } \left( \frac{m^3}{dia} \right) = \text{Consumo água vestiário } \left( \frac{m^3}{dia} \right) \times \frac{30}{100} \quad (7)$$

Considerou-se nas estimativas das vazões de água cinza e água negra produzidas no vestiário os valores de: 6,5 l/uso em bacias sanitárias, 1 l/uso em pias e 5,5 l/uso em chuveiros (GONÇALVES, 2006).

Pôde-se observar que a produção de água cinza (pias e chuveiros) é equivalente a 6,5 l/uso, e a produção de água negra também é igual a 6,5 l/uso. Logo, a produção de água cinza e água negra correspondem a 50% da produção total de água no vestiário cada uma.

#### 4.3.3.6 *Produção de água cinza na academia*

A produção de água cinza na academia foi computada calculando-se o número total de usuários, através do consumo total de água na academia e o consumo de água

por usuários em academias, sendo este igual a 11,00 l/usuários ou 0,011 m<sup>3</sup>/usuários (WWG, acesso em 13 jul. 2017) (Equação 8).

$$N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) = \left( \frac{\text{Consumo de água total} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)}{\text{consumo de água por usuário} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{usuários}} \right)} \right) =$$

$$\left( \frac{\text{Consumo de água total} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)}{0,011 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{usuários}} \right)} \right) \quad (8)$$

A partir da identificação do número de usuários, pôde-se encontrar o volume de água negra produzida na academia, considerando que todos os usuários usam a bacia sanitária uma vez por dia e o volume por descarga igual a 6,5 litros (GONÇALVES, 2006) (Equação 9).

$$\text{Produção de água negra} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) =$$

$$\text{volume de água por descarga} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{descarga}} \right) N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) =$$

$$0,0065 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{descarga}} \right) \times N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) \quad (9)$$

Logo, a produção de água cinza na academia foi estimada como sendo a subtração do total de água consumida pela produção de água negra (Equação 10).

$$\text{Produção de água cinza} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) =$$

$$\text{Consumo de água total} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) - \text{Produção de água negra} \quad (10)$$

#### 4.3.3.7 *Produção de água cinza nas lojas, nos tanques, na lavanderia e no salão de beleza*

Para o volume da produção de água cinza nas lojas, nos tanques, na lavanderia e no salão de beleza foi considerado o mesmo volume de consumo de água potável, conforme medições realizadas.

#### 4.3.3.8 *Água pluvial*

A estimativa do volume de água pluvial disponível foi embasada nos valores de precipitação da estação pluviométrica nº 83648, localizada na cidade de Vitória – ES (Figura 20) disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 20 – Localização da estação pluviométrica nº 83648.



Fonte: Google Earth (Acesso em 26 jun. 2016).

Com isso, foi possível calcular a média mensal de precipitação de chuva na região e identificar os meses de maior e menor oferta.

Além de conhecer a pluviometria local, para determinação do volume de água de chuva a ser coletado, é necessário conhecer também as características da área de contribuição e do coeficiente de escoamento superficial da cobertura (coeficiente de runoff). Para isso, através dos projetos arquitetônico e hidrossanitário, foi computada

a área total da cobertura onde se pretende captar a água da chuva, e foi identificado o tipo de revestimento da área de contribuição para posterior determinação do coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de escoamento superficial ou Coeficiente de Runoff é a relação entre a vazão que escoar na superfície e o total precipitado. Esse coeficiente retrata o grau de impermeabilização da superfície (BAPTISTA; COELHO, 2003) (Tabela 8).

Tabela 8 – Coeficientes de Runoff

Característica da superfície	Coeficiente de Runoff – C
Telhados	0,75 – 1,00
Pavimentação asfáltica	0,70 – 0,95
Pavimentação com paralelepípedo	0,70 – 0,85
Pavimentação em concreto	0,80 – 0,95
Gramados – terrenos arenosos	0,05 – 0,20
Gramados – terrenos argilosos	0,13 – 0,35

Fonte: Adaptado de Baptista e Coelho (2003).

Diante dos dados coletados, foi possível calcular o potencial de oferta de água pluvial conforme a Equação 11. Recomenda-se o descarte da primeira chuva para eliminar as impurezas encontradas na cobertura. Para isso, foi descontado do volume total disponível de água pluvial o equivalente a 2 mm de água de chuva (ABNT NBR 15527:2007).

$$V_{oferta} = \left( \frac{CxAP}{1000} \right) - \left( \frac{2xA}{1000} \right) \quad (11)$$

Lê-se:  $V_{oferta}$  = Volume da oferta de água da chuva ( $m^3$ ); C = coeficiente de escoamento; A = área de contribuição ( $m^2$ ); P = precipitação média mensal (mm).

Em que a precipitação foi calculada através da média aritmética (Equação 12).

$$P_{média\ mensal,1} = \left( \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{mês,1}}{Número\ de\ anos\ da\ Série\ Histórica} \right) \quad (12)$$

A Equação 11 (volume da oferta) foi aplicada para cada precipitação média mensal encontrada. Após a aplicação, foi possível relacionar o volume médio ofertado

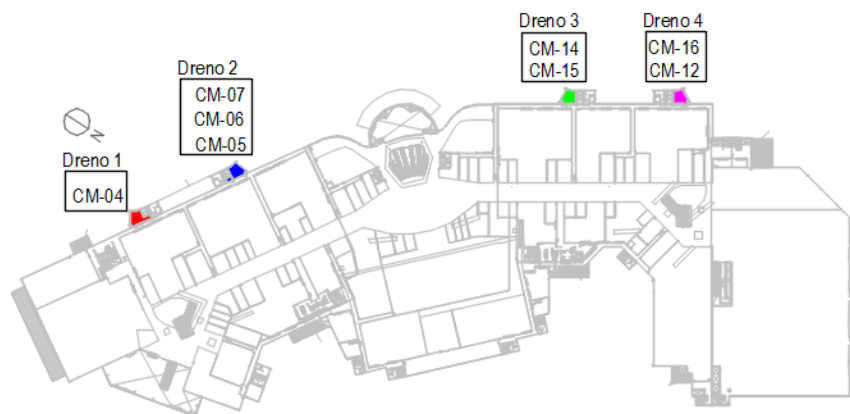
anualmente de água da chuva com o volume médio anual de consumo de água potável pelo empreendimento.

#### 4.3.3.9 Água de condensação

O cômputo da água de condensação foi realizado a partir da medição de vazão através do método volumétrico efetuadas na saída dos drenos dos *fancoils*. Entretanto, após verificação no local, concluiu-se que não era possível realizar a medição de vazão através do método volumétrico em todos os *fancoils* existentes no SCVV devido à dificuldade no acesso a todos os equipamentos.

Dessa forma, optou-se por executar a medição de vazão através do método volumétrico em 4 drenos existentes, em que cada dreno recolhe o condensado produzido pelos *fancoils* localizados nas determinadas casas de máquinas: CM-04, CM-07, CM-06, CM-05, CM-14, CM-15, CM-16 e CM-12 (Figura 21).

Figura 21 – Localização dos Drenos e respectivas Casas de Máquinas atendidas.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A medição de vazão através do método volumétrico foi realizada em quatro dias, sendo que cada dia foi monitorado somente um dreno. O monitoramento diário ocorreu desde as 10 horas até às 22 horas, horários em que o ar condicionado é ligado e desligado, respectivamente.

O recipiente escolhido para a coleta foi um galão de aproximadamente 210 litros (Figura 22), cujas dimensões estão expostas na Tabela 9.



Tabela 9 – Dimensões do Galão

Altura	0,94	m
Diâmetro	0,54	m
Raio	0,27	m
Área	0,23	m <sup>2</sup>
Volume	0,21	m <sup>3</sup>
Volume	210,00	litros

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 22 – Galão para medição de vazão através do método volumétrico



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A cada hora, com auxílio de uma trena, eram medidas as alturas da lamina d'água com base em três pontos do galão, nas bordas e no centro (Figura 23). Por fim, foi calculada a altura média e esse valor multiplicado pela área do galão.

Figura 23 – Aferição da Altura de lamina d'água com base no centro do galão



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Os dados levantados foram inseridos em uma planilha eletrônica conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Planilha de medição de vazão através do método volumétrico

Data	Dreno	Operador	Horário	Horário Início	Horário Final	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (L)
			10 as 11									
			11 as 12									
			12 as 13									
			13 as 14									
			14 as 15									
			15 as 16									
			16 as 17									
			17 as 18									
			18 as 19									
			19 as 20									
			20 as 21									
			21 as 22									

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Onde:

Data = Data em que foi realizada a medição de vazão através do método volumétrico.

Dreno = numeração do dreno monitorado;

Operador = Nome do operante;

Horário = horário de referência;

Horário Início = Horário efetivo do início da medição;

Horário Final = Horário efetivo do final da medição;

Altura 1 = Altura da lâmina d'água com ponto de base na borda do galão;

Altura 2 = Altura da lâmina d'água com ponto de base no centro do galão;

Altura 3 = Altura da lâmina d'água com ponto de base na borda do galão;

Altura = (Altura 1+Altura2+Altura3) / 3;

Área = Área do galão (0,23 m<sup>2</sup>);

Volume = (Área do galão) x (Altura)

Sabe-se que cada *fancoil* possui uma capacidade de refrigeração denominada tonelada de refrigeração (TR). Logo foram relacionados os valores de TR à produção diária de condensado encontrada a partir do método volumétrico.

A produção da água de condensado está relacionada a vários fatores, tais como, umidade relativa do ar, temperatura do ambiente e a tonelada de refrigeração (TR). Entretanto, neste trabalho foi assumido que o volume produzido por um *fancoil* de determinado TR é igual para outro de mesmo TR. É importante ressaltar que não há na literatura dados suficientes que comprovem a relação entre produção de condensado e TR, cabendo, portanto, uma discussão detalhada sobre o assunto.

Ademais, no presente estudo foram considerados apenas os *fancoils* que atendem a área comum do SCVV (Figura 15). Sendo assim, estimando-se a produção de água condensada equivalente para cada dreno e seus respectivos valores de TR, pôde-se calcular a produção diária de condensado para uma máquina de 1 TR referente a cada dreno, como relacionado na Equação 13.

$$\text{Produção de 1 TR}_{DRENO,i} = \frac{\text{Total Diário}_{DRENO,i}}{\sum TR_{DRENO,i}} \quad (13)$$

A média aritmética da produção de 1 TR encontrada para os 4 drenos (Equação 14) foi o volume considerado para 1 TR, que ao final foi multiplicado pelo total de TR do SCVV (Equação 15).

$$\text{Produção Diária de 1 TR} = \frac{\text{Total de 1 TR}_{DRENO,1} + \text{Total de 1 TR}_{DRENO,2} + \text{Total de 1 TR}_{DRENO,3} + \text{Total de 1 TR}_{DRENO,4}}{4} \quad (14)$$

$$\text{Total de condensado} = \text{Produção diária de 1 TR} \times \text{valor total de TR do SCVV} \quad (15)$$

#### 4.4 BALANÇO HÍDRICO DA EDIFICAÇÃO

O balanço hídrico é o primeiro passo para o gerenciamento do uso da água. E este consiste no cômputo das vazões dos efluentes de entrada e saída em um determinado sistema, por um determinado período de tempo.

Visando reduzir os erros amostrais com as coletas de dados de vazões realizadas, através de leituras de hidrômetros, registros teóricos ou com estimativas com base na literatura, foi aplicado o método do balanço hídrico reconciliado (BHR), desenvolvido pela Rede Teclim. Essa metodologia propõe a atribuição de graus de confiabilidade para os dados de vazão. Ou seja, para cada técnica utilizada na obtenção do dado foi atribuído um valor que irá representar o seu nível de incerteza (FREIRE, 2011).

Segundo Freire (2011), o balanço hídrico reconciliado divide-se em seis etapas:

##### **4.4.1 Identificação dos pontos de consumo de água e geração de efluentes**

Após o estudo do consumo de água e a produção de diferentes correntes líquidas na edificação, conforme item 4.3, foram estabelecidos os valores das vazões de entrada e saída do sistema.

##### **4.4.2 Fluxograma do balanço hídrico**

A partir da definição das vazões de entrada e saída do centro comercial em estudo, foi montado um fluxograma para melhor visualização, com auxílio do software STAN 2.5. Nesse fluxograma foi indicada a vazão de cada tipo de entrada e saída de água conforme Figura 24.

Figura 24 - Fluxograma



Fonte: JOUSTRA e YEH (2015).

Através do fluxograma, foram definidas as equações que melhor representam o balanço hídrico existente.

#### 4.4.3 A medição e estimativa das vazões e definição da Qualidade da Informação (QI)

Com base no critério adotado para obtenção dos dados das vazões de entrada e saída da edificação, atribuíram-se os coeficientes de qualidade da informação. Os valores dos coeficientes associados à qualidade da informação são proporcionais ao grau de confiabilidade (Quadro 4).

Quadro 4 - Qualidade da Informação e Fontes de Informação

QI - Qualidade da Informação	Fontes de Informação
0,4 - IPC (Pouco Confiável)	Estimativa grosseira sem muita consistência.
2,0 - ICB (Nível de Confiança Baixo)	Literatura existente, projetos antigos e simulações.
4,0 - ICM (Nível de Confiança Médio)	Experiência de campo e estimativa confiável a partir de medições existentes e informações de operadores do sistema.
10,0 - ICA (Nível de Confiança Alto)	Hidrômetros instalados. Apesar de não estarem calibrados foi a melhor fonte disponível. Os dados foram tratados estatisticamente para retirada dos espúrios.

Fonte: Freire et al. (2010).

#### 4.4.4 A reconciliação dos dados de balanço hídrico, a partir da formulação típica de Crowe

A reconciliação de dados propõe novos valores de vazões que possam satisfazer as equações de balanço de massa através de técnicas de otimização matemática, que reduzem a diferença entre os valores de vazão originais e reconciliados (OLIVEIRA, 2011).

Os dados foram reconciliados conforme a formulação típica de Crowe. A Equação 1 representa a função de reconciliação de dados para balanço hídrico (CROWE, 1986), e a Equação 16, as restrições de balanços de massa.

$$\min \sum_{i=1}^N \frac{(V_{Ri} - V_{Mi})^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

$$\sum_{l=1}^L (V_{Ri_{in}}) - \sum_{m=1}^M (V_{Ri_{out}}) = 0 \quad j = 1, \dots, J \quad (16)$$

Lê-se:  $i$  = correntes;  $\sigma$  = incerteza associada à medição;  $V_R$  = vazões reconciliadas;  $V_M$  = vazões medidas; in = correntes de entradas; out = vazões de saídas;  $N$  = número total de correntes envolvidas;  $L$  = correntes de entrada;  $j$  = cada unidade;  $J$  = quantidades de unidades.

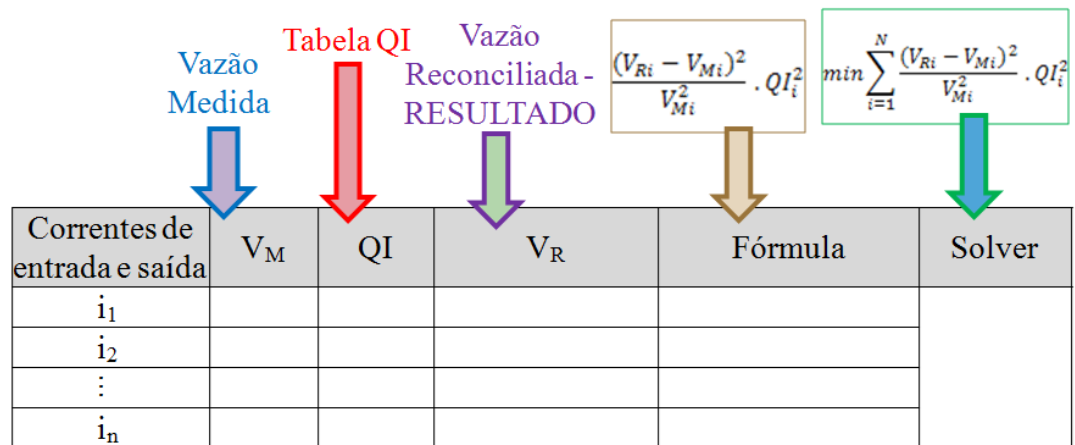
Martins et al. (2010) adaptou a Equação 1 para sistemas sem redundância de dados medidos, conforme Equação 17.

$$\min \sum_{i=1}^N \frac{(V_{Ri} - V_{Mi})^2}{V_{Mi}^2} \cdot QI_i^2 \quad (17)$$

Lê-se:  $i$  = correntes;  $V_{Ri}$  = vazões reconciliadas;  $V_{Mi}$  = vazões medidas;  $N$  = número total de correntes envolvidas;  $QI_i$  = qualidade da informação.

Para a reconciliação das vazões do balanço hídrico utilizou-se a ferramenta *so/ver* do MSeExcel®, como ilustrado na Figura 25.

Figura 25 – Planilha Solver MSEXcel®



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

#### 4.4.5 Análise e interpretação dos dados para validação do balanço hídrico reconciliado (BHR)

A validação dos resultados do BHR foi determinada pela análise das relações entre as vazões reconciliadas e não reconciliadas, conforme as Equação 18 e Equação 19.

$$\text{Diferença} = V_{Ri} - V_{Mi} \quad (18)$$

$$\text{Desvio das vazões (\%)} = \frac{100 (V_{Ri} - V_{Mi})}{V_{Ri}} \quad (19)$$

#### 4.4.6 Melhoria da qualidade de informação

As primeiras vazões reconciliadas foram comparadas com as vazões medidas. Quando a discrepância foi muito grande, calcularam-se novas vazões reconciliadas alterando os valores de QI. Deste modo, várias vazões foram geradas, até se obter valores aceitáveis quando comparadas às vazões medidas.

Considerou-se como desvios aceitáveis valores abaixo de 2%.



#### 4.5 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA NÃO POTÁVEL

Com base nos dados obtidos do balanço hídrico e informações coletadas referentes ao número de funcionários, fluxo de pessoas por dia e área construída do SCVV foram calculados os indicadores de consumo relacionados à conservação de água.

Os principais indicadores encontrados foram:

- Média diária do consumo de água na edificação -  $C_{dia}$  (litros/dia) – Equação 20.

$$C_{dia} = C_{ano} \left( \frac{m^3}{ano} \right) \times \frac{1000 \text{ (litros)}}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 \text{ (meses)}} \times \frac{1 \text{ (mês)}}{30 \text{ (dias)}} \quad (20)$$

Lê-se:  $C_{ano}$  = média anual do consumo de água na edificação (litros/ano);

- Indicador de consumo de água por pessoa -  $I_{cp}$  (litros/dia/pessoa) – Equação 21.

$$I_{cp} = \frac{C_{dia}}{N} \quad (21)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $N$  = média diária do fluxo de pessoas (funcionários e clientes), segundo dados fornecidos pela administração BR Malls cerca de 23.986 clientes circulam mensalmente no SCVV e possui uma população fixa de 5.000 funcionários por dia, totalizando 28.986 pessoas por dia.

- Indicador de consumo de água por veículos –  $I_{cv}$  (litros/dia/nº veículos) – Equação 22.

$$I_{cv} = \frac{C_{dia}}{V} \quad (22)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $V$  = média diária do fluxo de veículos. Conforme dados fornecidos pela administração BR Malls aproximadamente 7.995 veículos circulam pelo SCVV diariamente.

- Indicador de consumo diário de água por área bruta locável -  $I_{ca}$  (litros/dia/m<sup>2</sup>) – Equação 23.

$$I_{ca} = \frac{C_{dia}}{A} \quad (23)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $A$  = 70.397,98 m<sup>2</sup>, área bruta locável (BR Malls, acesso em 16 jun. 2016).

- Indicador de consumo de água por funcionários -  $I_{cf}$  (litros/dia/funcionário) – Equação 24.

$$I_{cf} = \frac{C_{dia}}{f} \quad (24)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $f$  = 5.000, média diária do fluxo de funcionários.

- Média diária do consumo de água na torre de resfriamento –  $C_{TR,dia}$  (litros/dia) – Equação 25.

$$C_{TR,dia} = C_{TR,ano} \left( \frac{m^3}{ano} \right) \times \frac{1000 (litros)}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 (meses)} \times \frac{1 (mês)}{30 (dias)} \quad (25)$$

Lê-se:  $C_{TR,ano}$  = média anual do consumo de água na torre de resfriamento (litros/ano);

- Relação do consumo de água no sistema de ar condicionado (Torre de resfriamento) e o consumo de água no SCVV –  $R_{A,S}$  – Equação 26.

$$R_{A,S} = \frac{C_{TR,dia}}{C_{dia}} \quad (26)$$

Lê-se:  $C_{\text{dia}}$  = média diária do consumo de água no SCVV (litros/dia);  $C_{\text{TR,dia}}$  = média diária do consumo de água na torre de resfriamento (litros).

- Indicador de produção de água negra por pessoa -  $I_{\text{pnp}}$  (litros/dia/pessoa) – Equação 27.

$$I_{\text{pnp}} = \frac{P_{\text{n,dia}}}{N} \quad (27)$$

Lê-se:  $P_{\text{n,dia}}$  = média diária da produção de água negra na edificação (litros);  $N = 28.986$ , média diária do fluxo de pessoas (funcionários e clientes).

- Indicador de produção de água cinza por pessoa -  $I_{\text{pcp}}$  (litros/dia/pessoa) – Equação 28.

$$I_{\text{pcp}} = \frac{P_{\text{c,dia}}}{N} \quad (28)$$

Lê-se:  $P_{\text{c,dia}}$  = média diária da produção de água cinza na edificação (litros);  $N = 28.986$ , média diária do fluxo de pessoas (funcionários e clientes).

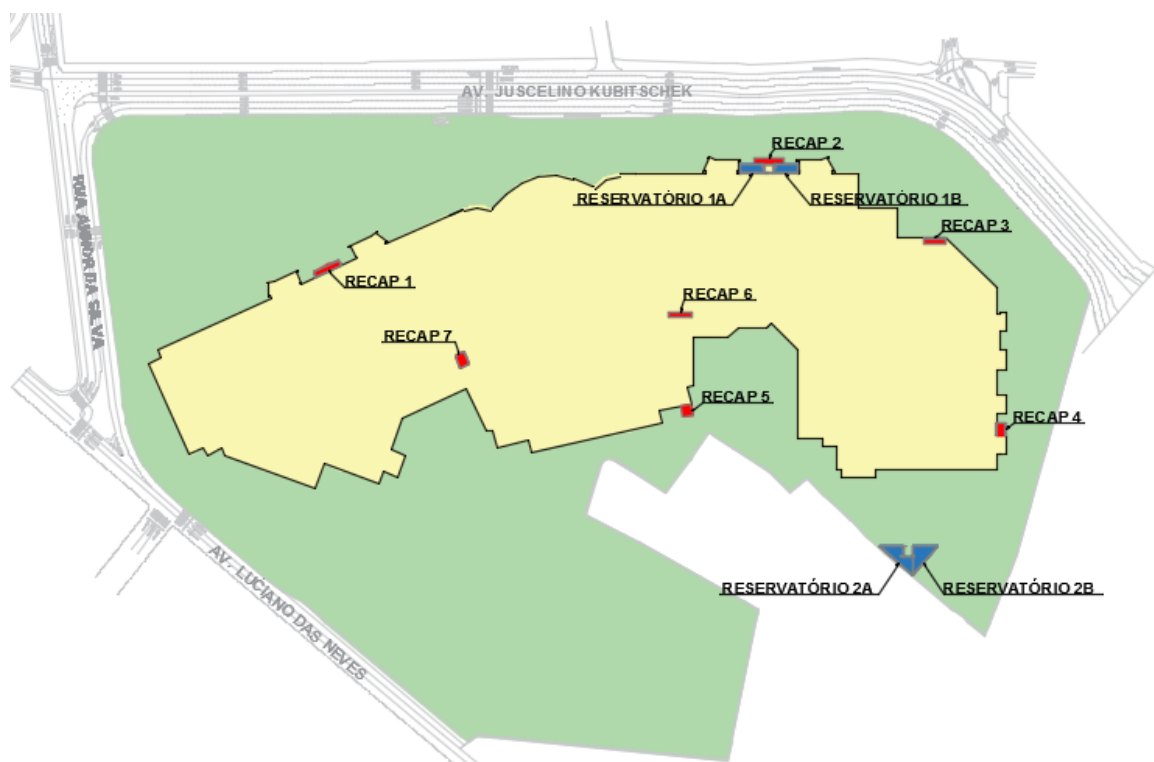
#### 4.6 ESTRATÉGIAS COM A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA EDIFICAÇÃO

No primeiro momento foram identificadas as demandas de água não potável na edificação conforme as atividades de usos menos nobres da água.

No segundo momento foram estabelecidas as estratégias 1, 2, 3, 4 e 5 utilizando as fontes de águas alternativas em substituição à demanda de água não potável (DANP) (Quadro 5).

Interessante frisar que o SCVV possui RECAP's (reservatório de contenção de água pluvial) distribuídos em vários pontos (Figura 26), cuja finalidade é amortecer a vazão de água pluvial a ser encaminhada para o sistema de drenagem público, evitando alagamentos e enchentes.

Figura 26 – Localização dos RECAP's



Fonte: Cozer e Santana. (2016).

A partir das leituras dos projetos e verificação in loco, relacionou-se na Tabela 10 as quantidades dos RECAP's existentes e suas respectivas capacidades (m<sup>3</sup>).

Tabela 10 – Volume dos RECAP's

Reservatório	Volume (m <sup>3</sup> )
RECAP 1	126,00
RECAP 2	126,00
RECAP 3	64,8
RECAP 4	63,00
RECAP 5	136,80
RECAP 6	64,80
RECAP 7	63,00
TOTAL	644,40

Fonte: Cozer e Santana. (2016).

As estratégias 4 e 5 visam o reúso e o aproveitamento das fontes de água não potável considerando os volumes dos RECAP's para o armazenamento de água não potável. Tal dimensionamento foi elaborado segundo o método da simulação (ABNT NBR 15527:2007).

Quadro 5 - Descrição das estratégias 1,2, 3, 4 e 5.

Estratégias	Descrição
Estratégia 1	Somente reúso de água cinza.
Estratégia 2	Somente aproveitamento da água de condensação.
Estratégia 3	Somente aproveitamento da água pluvial.
Estratégia 4	Somente aproveitamento da água pluvial utilizando os RECAP's
Estratégia 5	Aproveitamento das águas pluviais, águas de condensação e reúso das águas cinza utilizando os RECAP's

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Para a análise das estratégias 4 e 5, foi utilizada uma planilha eletrônica (MSExcél®) que permite considerar o volume dos RECAP's e as diferentes vazões de oferta de água não potável disponível no SCVV (Tabela 11).

Tabela 11 – Vazão de Aproveitamento da Água Disponível no SCVV

(Continua)

Meses	Precipitação Média Mensal	*DANP	Área de Captação	Volume da oferta de Água não potável disponível. Exemplo: Volume de Chuva	Volume da cisterna (RECAP's)
	P (mm)	(m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>oferta</sub> (m <sup>3</sup> )	(m3)
Jan	$\left(\frac{\sum P_{jan}}{\text{Número de anos da Série Histórica}}\right)$	DANP	A	$\left(\frac{CxAxP_{jan}}{1000}\right) - \left(\frac{2xA}{1000}\right)$	644,40
fev	$\left(\frac{\sum P_{fev}}{\text{Número de anos da Série Histórica}}\right)$	DANP	A	$\left(\frac{CxAxP_{fev}}{1000}\right) - \left(\frac{2xA}{1000}\right)$	644,40
Mar	$\left(\frac{\sum P_{mar}}{\text{Número de anos da Série Histórica}}\right)$	DANP	A	$\left(\frac{CxAxP_{mar}}{1000}\right) - \left(\frac{2xA}{1000}\right)$	644,40
Abr	.	.	.	.	.
Mai	.	.	.	.	.
Jun	.	.	.	.	.
Jul	.	.	.	.	.
Ago	.	.	.	.	.
Set	.	.	.	.	.
Out	.	.	.	.	.
Nov	.	.	.	.	.
Dez	.	.	.	.	.

\* DANP = Demanda de água não Potável.

(Conclusão)

Nível do Reservatório (Volume antes e Volume depois)		Extravasão	Suprimento de Água
$V_{\text{antes}}$ (m <sup>3</sup> )	$V_{\text{depois}}$ (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
0,00	<p><i>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, será 644,40; se não, será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP)</math>.</i></p>	<p>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, então o volume de extravasão será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) - 644,40</math>. Caso, <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &lt; 644,40</math>, será 0.</p>	<p>Se o <math>V_{\text{depois}} &lt; 0</math>, então será o valor em módulo do <math>V_{\text{depois}}</math>; caso contrário, será 0.</p>
Se o $V_{\text{depois}}$ do mês anterior $> 0$ , será $V_{\text{depois}}$ do mês anterior; se não, será 0.	<p><i>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, será 644,40; se não, será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP)</math>.</i></p>	<p>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, então o volume de extravasão será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) - 644,40</math>. Caso, <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &lt; 644,40</math>, será 0.</p>	<p>Se o <math>V_{\text{depois}} &lt; 0</math>, então será o valor em módulo do <math>V_{\text{depois}}</math>; caso contrário, será 0.</p>
Se o $V_{\text{depois}}$ do mês anterior $> 0$ , será $V_{\text{depois}}$ do mês anterior; se não, será 0.	<p><i>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, será 644,40; s. e não, será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP)</math>.</i></p>	<p>Se <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &gt; 644,40</math>, então o volume de extravasão será <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) - 644,40</math>. Caso, <math>(V_{\text{oferta}} + V_{\text{antes}} - DANP) &lt; 644,40</math>, será 0.</p>	<p>Se o <math>V_{\text{depois}} &lt; 0</math>, então será o valor em módulo do <math>V_{\text{depois}}</math>; caso contrário, será 0.</p>
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA E PRELIMINAR**

Todo SCVV é abastecido pela água da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento), apresentando uma média mensal de consumo de água equivalente a 7.890,38 m<sup>3</sup> em uma série histórica referente aos anos de 2015 e 2016 (Tabela 12).



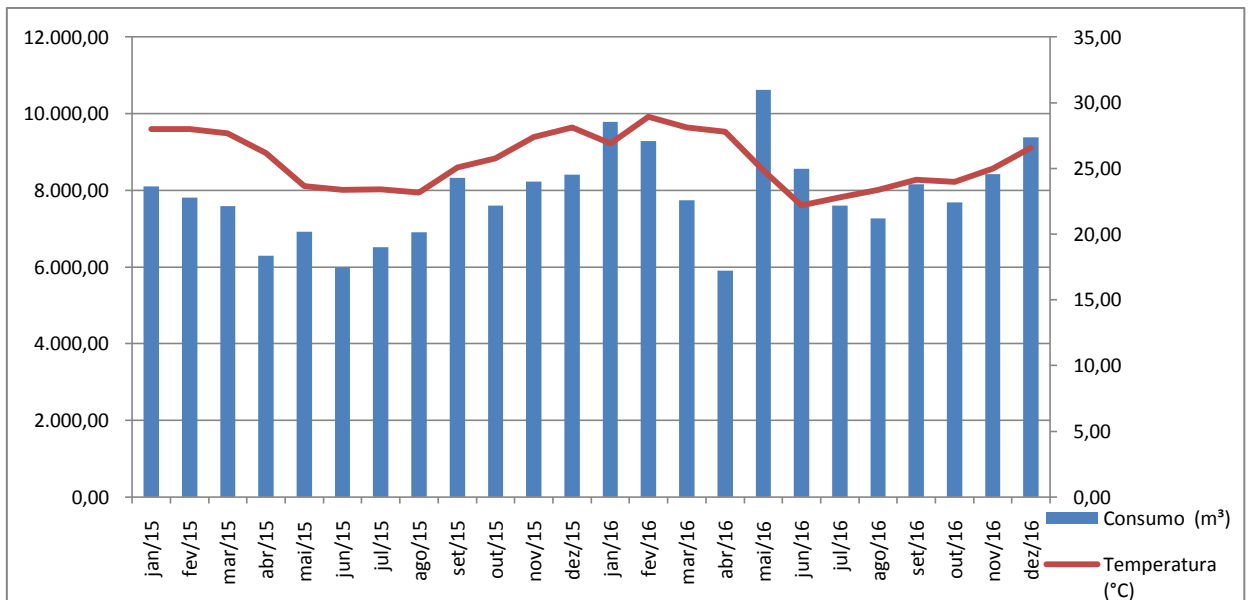
Tabela 12 – Série histórica do consumo de água (2015 / 2016) - CESAN

Referência (mês/ano)	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Leitura Anterior (m³)	Leitura Atual (m³)	Consumo (m³)	Dias de Consumo	Consumo Médio diário (m³)	Temperatura (°C)
jan/15	15/12/2014	14/01/2015	29.348,00	37.445,00	8.097,00	30	269,90	27,98
fev/15	14/01/2015	11/02/2015	37.445,00	45.260,00	7.815,00	28	279,11	28,00
mar/15	11/02/2015	13/03/2015	45.260,00	52.850,00	7.590,00	30	253,00	27,68
abr/15	13/03/2015	10/04/2015	52.850,00	59.151,00	6.301,00	28	225,04	26,19
mai/15	10/04/2015	12/05/2015	59.151,00	66.066,00	6.915,00	32	216,09	23,66
jun/15	12/05/2015	11/06/2015	66.066,00	72.056,00	5.990,00	30	199,67	23,36
jul/15	11/06/2015	13/07/2015	72.056,00	78.579,00	6.523,00	32	203,84	23,42
ago/15	13/07/2015	12/08/2015	78.579,00	85.482,00	6.903,00	30	230,10	23,16
set/15	12/08/2015	14/09/2015	85.482,00	93.814,00	8.332,00	33	252,48	25,08
out/15	14/09/2015	13/10/2015	93.814,00	101.423,00	7.609,00	29	262,38	25,75
nov/15	13/10/2015	12/11/2015	101.423,00	109.652,00	8.229,00	30	274,30	27,38
dez/15	12/11/2015	11/12/2015	109.652,00	118.057,00	8.405,00	29	289,83	28,13
jan/16	11/12/2015	13/01/2016	118.057,00	127.840,00	9.783,00	33	296,45	26,92
fev/16	13/01/2016	15/02/2016	127.840,00	137.131,00	9.291,00	33	281,55	28,93
mar/16	15/02/2016	14/03/2016	137.131,00	144.873,00	7.742,00	28	276,50	28,11
abr/16	14/03/2016	12/04/2016	144.873,00	150.782,00	5.909,00	29	203,76	27,80
mai/16	12/04/2016	12/05/2016	150.782,00	161.407,00	10.625,00	30	354,17	24,89
jun/16	12/05/2016	13/06/2016	161.407,00	169.963,00	8.556,00	32	267,38	22,21
jul/16	13/06/2016	12/07/2016	169.963,00	177.559,00	7.596,00	29	261,93	22,81
ago/16	12/07/2016	11/08/2016	177.559,00	184.830,00	7.271,00	30	242,37	23,36
set/16	11/08/2016	14/09/2016	184.830,00	192.993,00	8.163,00	34	240,09	24,16
out/16	14/09/2016	13/10/2016	192.993,00	200.678,00	7.685,00	29	265,00	23,99
nov/16	13/10/2016	11/11/2016	200.678,00	209.104,00	8.426,00	29	290,55	24,98
dez/16	11/11/2016	13/12/2016	209.104,00	218.488,00	9.384,00	32	293,25	26,59

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O consumo de água pelo SCVV varia conforme os meses dos anos, apresentando maior consumo nos meses mais quentes, setembro a março, e menor consumo nos meses mais frios, abril a agosto (Figura 27). Salvo os meses em que o shopping necessitou de um consumo maior de água devido às novas instalações, como ocorreu em maio de 2016.

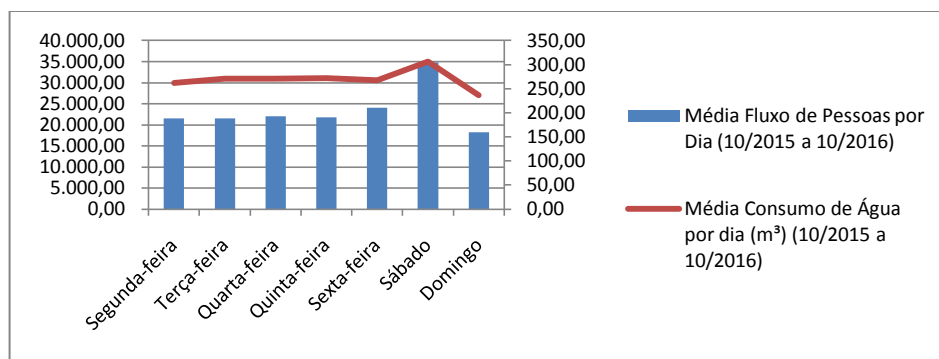
Figura 27 - Consumo de água potável (CESAN) e temperatura (INMET, acesso em 04 abr. 2017) por meses – SCVV



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O consumo de água também varia conforme o fluxo de pessoas. A partir dos dados fornecidos pela administradora BR Malls, foi possível relacionar o consumo médio de água e o fluxo médio de pessoas nos dias da semana (Figura 28).

Figura 28 - Consumo de água potável e fluxo de pessoas por dias da semana (BR Malls)



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Observa-se que o consumo de água é proporcional ao número de pessoas que frequentam o SCVV. Além disso, nota-se que o maior consumo de água ocorre aos sábados, uma vez que muitas pessoas aproveitam esse dia da semana para passear, e o menor consumo no domingo acompanhado do menor fluxo de pessoas, visto que as lojas abrem após as 15 horas e a praça de alimentação às 11 horas.

## 5.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

### 5.2.1 Setorização do consumo de água

A setorização do sistema hidrossanitário do SCVV foi realizada considerando-se as diversas atividades consumidoras de água (Quadro 6). Foi possível realizar a medição individualizada de todos os itens do Quadro 6, sendo “outros” a diferença entre o consumo medido no hidrômetro da CESAN e a soma das leituras de todos os outros hidrômetros.

Quadro 6 - Indicação de medição por hidrômetro

Local	Medição por hidrômetro
Banheiros sociais	X
Refeitório	X
Restaurantes	X
Torre de resfriamento	X
Área de Eventos	X
Cinema	X
Supermercado	X
Caixa de Compensação	X
Salão de beleza	X
Lavanderia	X
Academia	X
Tanques	X
Lojas	X
CESAN	X
Outros	-

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Vale ressaltar que a média do consumo de água aumentou em relação à média calculada com base nas contas de água dos anos de 2015 e 2016 (Tabela 12), pois muitas lojas foram abertas com o passar do tempo, inclusive a academia que teve inauguração no segundo semestre de 2016.

Através das medições foi possível calcular a média diária do consumo de cada atividade monitorada (Tabela 13).

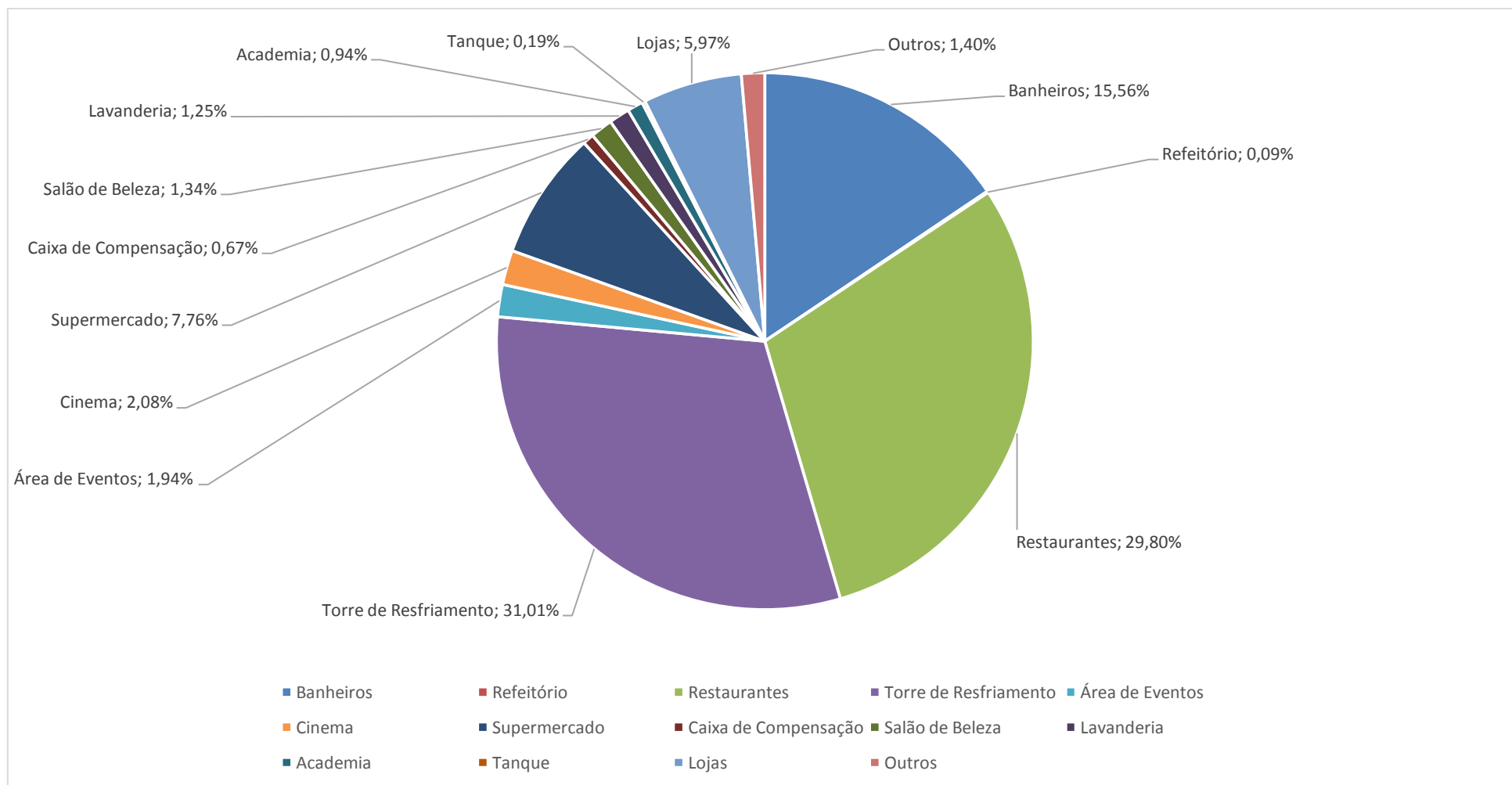
Tabela 13 – Consumo de água por atividade

Atividade	Média consumo diário (m <sup>3</sup> ):	Média consumo mensal (m <sup>3</sup> ):	Média consumo anual (m <sup>3</sup> ):	(%):
Banheiros sociais	47,99	1.439,59	17.275,10	15,56%
Refeitório	0,27	8,23	98,74	0,09%
Restaurantes	91,89	2.756,61	33.079,26	29,80%
Torre de Resfriamento	95,60	2.868,12	34.417,48	31,01%
Área de Eventos	5,97	179,16	2.149,91	1,94%
Cinema	6,42	192,69	2.312,31	2,08%
Supermercado	23,91	717,36	8.608,35	7,76%
Caixa de Compensação	2,08	62,43	749,21	0,67%
Salão de Beleza	4,13	123,90	1.486,80	1,34%
Lavanderia	3,86	115,78	1.389,32	1,25%
Academia	2,90	87,00	1.044,00	0,94%
Tanque	0,58	17,37	208,39	0,19%
Lojas	18,42	552,52	6.631,20	5,97%
Outros	4,31	129,25	1.551,04	1,40%
CESAN	308,34	9.250,09	111.001,11	100,00%
Total medido	304,03	9.120,84	109.450,07	98,60%

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O monitoramento do consumo segregado de água no SCVV indicou que a torre de resfriamento é o grande consumidor de água, responsável por 31,01% do consumo total de água, seguido pelos restaurantes (29,80%) e banheiros (15,56%) (Figura 29).

Figura 29 - Setorização do consumo de água no SCVV



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Nota-se que as grandes atividades consumidoras de água em shoppings são a torre de resfriamento, a praça de alimentação e os banheiros (Tabela 14).

Tabela 14 – Consumo de água em Shopping

Shopping	Localização	Consumo na Torre de Resfriamento (Ar condicionado)	Consumo nos restaurantes (Praça de alimentação)	Consumo nos Banheiros	Referências
SCVV	Vila Velha, ES.	31,01%	29,80%	15,56%	Esta pesquisa Santo e Sanchez, 2011
Região metropolitana de São Paulo	São Paulo, SP.	14%	38%		
A	São Paulo, SP.	20%	30%	40%	Filho et al., 2003
B	São Paulo, SP.	20%			Filho et al., 2003

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Além disso, as demais atividades apresentaram consumos de água bem similares quando comparados ao estudo elaborado por Santo e Sanchez (2011) em um shopping localizado na região metropolitana de São Paulo (Tabela 15).

Tabela 15 – SCVV x Shopping São Paulo

Atividades	SCVV	Shopping São Paulo
Lavanderia	1,25%	1%
Lojas	5,97	6%
Salão de beleza	1,34%	1%
Cinema	2,08%	2%

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

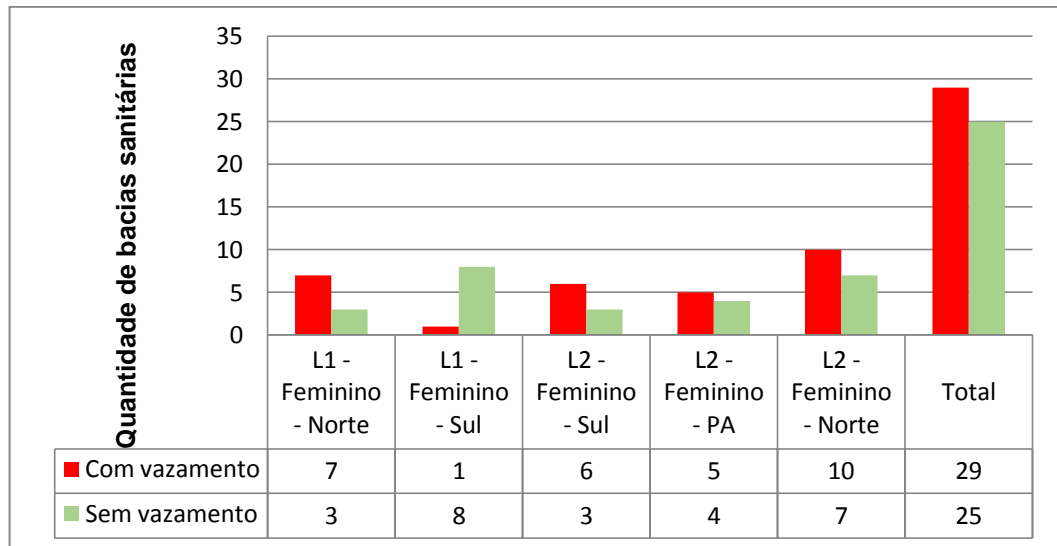
Destaca-se que o volume de água potável utilizada na torre de resfriamento pode ser substituído por outra fonte de água menos nobre. O mesmo pode ser afirmado com relação à água usada nas descargas dos banheiros e para lavagem em geral.

## 5.2.2 Verificação de vazamentos

### 5.2.2.1 Teste do corante com caneta

Foi aplicado o teste do corante nas bacias sanitárias dos banheiros sociais femininos (Figura 30.). Observa-se que, das 54 bacias sanitárias monitoradas, 29 apresentaram vazamento, representando uma porcentagem de 53% da quantidade total de bacias monitoradas (Figura 31).

Figura 30 – Resultado do Teste do corante com caneta



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 31 – Vazamento na bacia sanitária



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

#### 5.2.2.2 Registro de hidrômetros na madrugada

Foram registradas as leituras dos hidrômetros referentes aos banheiros sociais às 2 horas e às 5 horas da manhã durante o período de uma semana.

Assim, pôde-se observar o consumo durante o intervalo de 2 às 5 horas, o que devido à inatividade do SCVV, é um indicativo da magnitude do consumo de água potável devido aos vazamentos (Tabela 17). Apesar da constatação de que muitas bacias sanitárias apresentam vazamento, observou-se nesse estudo que o consumo decorrente dos vazamentos foi irrelevante quando comparado a outras referências bibliográficas (Sabesp, acesso em 27 abr. 2017) (Tabela 16).

Tabela 16 – Perdas por tipo de vazamento e por tipo de aparelho

Aparelho / equipamento sanitário		Perda estimada
Torneiras	Vazamento no flexível	0,86 litros por dia
Mictórios	Filetes visíveis	144 litros por dia
Bacia sanitária	Filetes visíveis	144 litros por dia

Fonte: Adaptado de Sabesp (Disponível em <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes\\_servicos/tabela\\_vazamento.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf)>. Acesso em 27 abr. 2017).

Baseado no teste do corante e nos valores encontrados nos registros dos hidrômetros na madrugada, mostrados na Tabela 17, pôde-se concluir que há vazamentos nos banheiros sociais do SCVV provenientes das bacias sanitárias, porém irrelevantes frente ao valor global do consumo de água na edificação.

Além disso, considerando a média do consumo de água mensal do SCVV igual a 9.250,09 m<sup>3</sup>, os vazamentos provenientes dos aparelhos sanitários dos banheiros sociais representam apenas 0,1% do consumo total. Tal valor tão reduzido é provavelmente devido ao fato do SCVV ser um empreendimento novo e passar por manutenções periódicas.

Ademais o valor gasto com o vazamento corresponde cerca de R\$ 146,88 por mês.



Tabela 17 – Consumo dos banheiros na madrugada

Banheiro	Piso	Setor	25/02/2017	26/02/2017	27/02/2017	28/02/2017	01/03/2017	02/03/2017	03/03/2017	Média	Média	Média
			Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	(m³/ 3 horas)	(litros/ 3 horas)	(litros/dia)
FEM	L1	SUL	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0007	0,7143	5,7143
MASC	L1	SUL	0,0000	0,0160	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0050	0,0041	4,1429	33,1429
FEM	L2	SUL	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MASC	L2	SUL	0,0100	0,0000	0,0010	0,0000	0,0140	0,0000	0,0010	0,0037	3,7143	29,7143
FEM	PA	SUL	0,0090	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	1,2857	10,2857
MASC	PA	SUL	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FEM (PIA)	L1	NORTE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FEM (BACIAS)	L1	NORTE	0,0000	0,0140	0,0020	0,0040	0,0030	0,0030	0,0090	0,0050	5,0000	40,0000
MASC	L1	NORTE	0,0000	0,0150	0,0000	0,0120	0,0000	0,0210	0,0260	0,0106	10,5714	84,5714
FEM	L2	NORTE	0,0040	0,0860	0,0000	0,0040	0,0050	0,0050	0,0010	0,0150	15,0000	120,0000
MASC	L2	NORTE	0,0130	0,0020	0,0000	0,0080	0,0160	0,0170	0,0010	0,0081	8,1429	65,1429
Total Água (m³/dia)											0,389	
Total Água (m³/mês)											11,657	
Valor Água CESAN (valor/m³) - Data base: Março de 2017											R\$ 6,30	
Valor Esgoto CESAN (valor/m³) - Data base: Março de 2017											R\$ 6.30	
Valor total gasto com vazamentos por mês											R\$ 146,88	

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

\* FEM = Feminino

\*MASC = Masculino

### 5.3 DISPONIBILIDADE DE FONTES NÃO POTÁVEIS DE ÁGUA

A edificação comercial produz três tipos de fontes não potáveis de água relevantes para o aproveitamento ou reúso em atividades consumidoras de água cujos usos são considerados como menos nobres, sendo elas: água cinza, água da chuva e água de condensação.

#### 5.3.1 Água cinza

##### 5.3.1.1 Produção de água cinza nos banheiros sociais e no cinema

A partir das leituras realizadas nos hidrômetros referentes ao consumo de pias e bacias sanitárias e bebedouros foi possível mensurar quanto do consumo total do banheiro é representado pelo consumo das pias (Tabela 18).

Tabela 18 – Representatividade do consumo de água nas pias dos banheiros

	Pias	Bacia Sanitária e bebedouro	Total
Consumo total (m <sup>3</sup> ) Período: 12/12/16 - 30/01/17	17,16	459,90	477,06
Total de dias	49	49	49
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	0,35	9,38	9,736
% representativo	≈ 4%	≈ 96%	100%

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Percebe-se que o consumo de água nas pias do banheiro representa 4% do consumo total desse banheiro. Logo, 96% do consumo de água desse banheiro são referentes às bacias sanitárias e ao bebedouro.

A vazão do bebedouro equivale a 0,1 litros por segundo (NBR ABNT 5626:1998), assim, adotando como premissa que uma pessoa mantém acionado o botão de pressão do bebedouro por aproximadamente 20 segundos (ANDRADE; VIEIRA, 2012), o volume de água consumido no bebedouro por uma pessoa é igual a 2 litros, entretanto apenas 40% do total de água consumido é desperdiçado (água cinza) enquanto os 60% são efetivamente ingeridos. Assumindo que somente os 5.000 funcionários bebem água dos bebedouros, tem-se um total de 10.000 litros de água consumida, ou seja, 4.000 litros de água são encaminhados para rede de drenagem.

Assim, adotando-se uma postura conservadora, considerou-se que dos 96%, 1% representa o consumo de água no bebedouro e 95% o consumo de água nas bacias sanitárias.

O resultado obtido foi replicado para os demais banheiros do SCVV, onde foi possível medir somente o consumo total do banheiro através de hidrômetro. Assim, considerou-se 4% do consumo total como consumo das pias (Equação 29), 95% do total para bacias sanitárias e mictórios (Equação 30) e 1% bebedouro (Equação 31), (Tabela 19 e Tabela 22).

$$\text{Consumo Pias} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) = \text{Total do Banheiro} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) \times \frac{4}{100} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Bacias e Mictórios} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) = \\ \text{Total do Banheiro} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) \times \frac{95}{100} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\text{Consumo Bebedouro} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) = \text{Total do Banheiro} \left( \frac{m^3}{\text{dia ou mês ou ano}} \right) \times \frac{1}{100} \quad (31)$$

Tabela 19 – Total de água cinza nos banheiros sociais

Banheiro	Pavimento	Total do Banheiro (m <sup>3</sup> /dia)	Água Cinza		Água Negra
			Consumo Pias (4%) (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Bebedouro (1%) (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Bacias e mictórios (95%) (m <sup>3</sup> /dia)
Feminino social	L1	9,736	0,389	0,097	9,249
Masculino Social	L1	2,870	0,115	0,029	2,726
Feminino social	L1	8,986	0,359	0,090	8,537
Masculino Social	L1	4,743	0,190	0,047	4,505
Feminino social	L2	3,987	0,159	0,040	3,788
Masculino Social	L2	2,122	0,085	0,021	2,016
Masculino Social	L2	3,792	0,152	0,038	3,602
Feminino social	L2	6,388	0,256	0,064	6,068
Feminino social - PA	L2	3,946	0,158	0,039	3,748
Masculino Social - PA	L2	1,418	0,057	0,014	1,347
Total (m <sup>3</sup> /dia)		47,986	1,919	0,480	45,587
Total (m <sup>3</sup> /mês)		1.439,59	57,58	14,40	1.367,61
Total (m <sup>3</sup> /ano)		17.275,10	691,00	172,75	16.411,35

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Interessante destacar que Santo e Sanchez (2011) encontraram em seus estudos realizados em um Shopping Center em São Paulo, que o consumo de água nas pias em relação ao consumo de água total do banheiro representou 27%, enquanto no presente projeto constatou-se que o consumo de água nas pias equivale a 4% do consumo de água total do banheiro. Cabe salientar que a escolha do banheiro a ser monitorado por Santo e Sanchez (2011) foi de um banheiro próximo à praça de alimentação e nesta pesquisa foi escolhido um banheiro distante da praça de alimentação. Além disso, as pias dos banheiros do SCVV são acionadas por sensor.

Considerando o valor encontrado por Santo e Sanchez (2011) nos banheiros do PA do SCVV, obtém-se que o consumo de água nas pias aumenta de 0,158 m<sup>3</sup>/dia para 1,065 m<sup>3</sup>/dia no banheiro feminino do PA e de 0,057 m<sup>3</sup>/dia para 0,256 m<sup>3</sup>/dia no banheiro masculino do PA (Tabela 20).

Tabela 20 – Total de água cinza nos banheiros sociais de acordo com Santo e Sanchez (2011)

Banheiro	Pavimento	Total do Banheiro (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Pias (m <sup>3</sup> /dia) – 4%	Consumo Bacias e mictórios (m <sup>3</sup> /dia) – 95%	Consumo Bebedouro (m <sup>3</sup> /dia) – 1%
Feminino social	L1	9,736	0,389	9,249	0,097
Masculino Social	L1	2,870	0,115	2,726	0,029
Feminino social	L1	8,986	0,359	8,537	0,090
Masculino Social	L1	4,743	0,190	4,505	0,047
Feminino social	L2	3,987	0,159	3,788	0,040
Masculino Social	L2	2,122	0,085	2,016	0,021
Masculino Social	L2	3,792	0,152	3,602	0,038
Feminino social	L2	6,388	0,256	6,068	0,064

Banheiro	Pavimento	Total do Banheiro (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Pias (m <sup>3</sup> /dia) – 27%	Consumo Bacias e mictórios (m <sup>3</sup> /dia) – 72%	Consumo Bebedouro (m <sup>3</sup> /dia) – 1%
Feminino social - PA	L2	3,946	1,065	2,841	0,039
Masculino Social - PA	L2	1,418	0,383	1,021	0,014

Banheiros Sociais	Total do Banheiro	Total Consumo Pias	Total Consumo Bacias e mictórios	Total Consumo Bebedouro
Total (m <sup>3</sup> /dia)	47,986	3,153	44,353	0,480
Total (m <sup>3</sup> /mês)	1.439,59	94,59	1.330,60	14,40
Total (m <sup>3</sup> /ano)	17.275,10	1.135,12	15.967,23	172,75

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A diferença diária no consumo de água nas pias dos banheiros sociais entre a metodologia aplicada neste trabalho (4%) e o valor encontrado por Santo e Sanchez (2011) (27%) nas pias dos banheiros da praça de alimentação (PA) corresponde a 1,23 m<sup>3</sup> por dia (Tabela 21).

Tabela 21 – Diferença do total de água cinza nos banheiros sociais de acordo com Santo e Sanchez (2011)

Banheiro Social	Este trabalho	De acordo com Santo e Sanchez		Diferença	
	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /dia
Pias	691,00	1.135,12	444,11	37,00	1,23
Bacias sanitárias e Mictórios	16.411,35	15.967,23	-444,11	-37,00	-1,23
Bebedouros	172,75	172,75	0,00	0,00	0,00
Total	17.275,10	17.275,10	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Observa-se que a vazão disponível de água cinza conforme Santo e Sanches (2011) aumentou em 444,11 m<sup>3</sup>/ano. Entretanto, com objetivo de se estar a favor da segurança em relação a produção total de água cinza disponível foi considerado o valor menor de vazão, ou seja, 691 m<sup>3</sup>/ano, conforme encontrado neste trabalho.

A mesma metodologia foi aplicada para os banheiros do cinema, seguindo as Equações 29, 30 e 31.

Tabela 22 – Total de água cinza nos banheiros do cinema

Banheiro - Cinema Feminino e Masculino	Total do Banheiro	Água Cinza		Água Negra
		Consumo Pias (4%)	Consumo Bebedouro (1%)	Total Bacias e mictórios (95%)
(m <sup>3</sup> /dia)	6,420	0,257	0,064	6,099
(m <sup>3</sup> /mês)	192,690	7,708	1,927	183,056
(m <sup>3</sup> /ano)	2.312,310	92,492	23,123	2.196,695

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.2 *Produção de água cinza nos banheiros de funcionários*

A partir das contagens do número de frequentadores nos banheiros de funcionários, pôde-se estimar que em média 219 mulheres e 185 homens visitam diariamente os banheiros.

O consumo de água pelos banheiros dos funcionários foi estimado multiplicando-se o número de frequentadores nos banheiros dos funcionários (Nº frequentadores) pelos os indicadores de consumo de água estimados por Gonçalves (2006). Sendo, a bacia sanitária responsável por 6,5 litros por uso e a pia 1 litro por uso.

Pôde-se assim, estabelecer que a produção de água cinza e água negra são equivalentes ao consumo de água pelos aparelhos sanitários e o número de usos pelos frequentadores (Equação 2, Equação 32, Equação 3 e Equação 33).

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 1 \left( \frac{l}{uso} \right) \times N^{\circ} \text{frequentadores} \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (2)$$

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 1 \left( \frac{l}{uso} \right) \times 404 \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} = 0,404 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (32)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{uso} \right) \times N^{\circ} \text{frequentadores} \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (3)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{uso} \right) \times 404 \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} = 2,626 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (33)$$

As produções de água por mês e ano foram calculadas multiplicando a produção de água em m<sup>3</sup>/dia por 30 e 12, respectivamente (Tabela 23).

Tabela 23 – Produção de água nos banheiros de funcionários

	Água Cinza	Água Negra	Total
m <sup>3</sup> /dia	0,404	2,626	3,03
m <sup>3</sup> /mês	12,12	78,78	90,9
m <sup>3</sup> /ano	145,44	945,36	1.090,8

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.3 Produção de água cinza na sala de resgate

Sendo o número de funcionários por dia na sala de resgate igual a 2, dados da BR Malls e os indicadores de consumo de água nas bacias sanitárias e pias iguais a 6,5 l/uso e 1 l/uso, respectivamente (GONÇALVES, 2006). Pôde-se calcular a vazão de produção de água cinza e água negra na sala de resgate, admitindo que cada funcionário utiliza a bacia sanitária e a pia 3 vezes por dia (Equação 34 e Equação 35).

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 1 \left( \frac{l}{uso} \right) \times (2 \times 3) \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} = 0,006 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (34)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{uso} \right) \times (2 \times 3) \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} = 0,039 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (35)$$

As produções de água por mês e ano foram calculadas multiplicando a produção de água em m<sup>3</sup>/dia por 30 e 12, respectivamente (Tabela 24).

Tabela 24 – Produção de água na sala de resgate

	Água Cinza	Água Negra	Total
m <sup>3</sup> /dia	0,006	0,039	0,045
m <sup>3</sup> /mês	0,18	1,17	1,35
m <sup>3</sup> /ano	2,16	14,04	16,2

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

#### 5.3.1.4 Produção de água cinza no vestiário do SCVV

Através dos projetos arquitetônicos foi calculada a área total do vestiário, sendo este igual a 209 m<sup>2</sup>. Conforme WWG (acesso em 13 jul. 2017) um vestiário consome 2,4 litros de água por área por dia. A partir dessas informações foi possível dimensionar o consumo de água no vestiário (Equação 36).

$$\text{Consumo água vestiário} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 209 (m^2) \times 2,4 \left( \frac{l}{m^2} \right) \times \frac{1}{1000} = 0,5 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (36)$$

Entretanto, segundo informações da administração do SCVV o vestiário fica trancado e não é muito utilizado. Sua localização também contribui para a falta de usuários, pois ele se encontra na garagem e um pouco distante do interior do SCVV. Sendo, inclusive, insegura sua utilização.

Dessa forma, a estimativa da produção de água total no vestiário foi considerada como sendo 30% do valor de água consumido (Equação 37).

$$\text{Produção total de água vestiário} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 0,5 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \times \frac{30}{100} = 0,15 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (37)$$

Considerou-se nas estimativas das vazões de água cinza e água negra produzidas no vestiário os valores de: 6,5 l/uso em bacias sanitárias, 1 l/uso em pias e 5,5 l/uso em chuveiros (GONÇALVES, 2006).



Observa-se que a produção de água cinza (pias e chuveiros) é equivalente a 6,5 l/uso, e a produção de água negra também é igual a 6,5 l/uso. Logo, a produção de água cinza e água negra correspondem a 50% da produção total de água no vestiário cada uma (Equação 38 e Equação 39).

$$\text{Água cinza} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 0,15 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \times \frac{50}{100} = 0,075 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (38)$$

$$\text{Água negra} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 0,15 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \times \frac{50}{100} = 0,075 \left( \frac{m^3}{dia} \right) \quad (39)$$

As produções de água por mês e ano foram calculadas multiplicando a produção de água em m<sup>3</sup>/dia por 30 e 12, respectivamente (Tabela 25).

Tabela 25 – Consumo de água no vestiário

	Água Cinza	Água Negra	Total
m <sup>3</sup> /dia	0,075	0,075	0,15
m <sup>3</sup> /mês	2,25	2,25	4,50
m <sup>3</sup> /ano	27,00	27,00	54,00

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.5 Produção de água cinza na academia

Calculou-se o número de usuários na academia conforme a Equação 8, sendo o consumo de água total equivalente a 2,90 m<sup>3</sup>/dia (Tabela 13) e o consumo de água por usuários igual a 0,011 m<sup>3</sup> (WWG, acesso em 13 jul. 2017) (Equação 40).

$$N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{dia} \right) = \left( \frac{\text{Consumo de água total} \left( \frac{m^3}{dia} \right)}{\text{consumo de água por usuários} \left( \frac{m^3}{\text{usuários}} \right)} \right) = \left( \frac{\text{Consumo de água total} \left( \frac{m^3}{dia} \right)}{0,011 \left( \frac{m^3}{\text{usuários}} \right)} \right) \quad (8)$$

$$N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) = \left( \frac{2,90 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)}{0,011 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{usuários}} \right)} \right) = 263,63 \approx 264 \text{ usuários} \quad (40)$$

Pôde-se então, encontrar o volume de água negra produzida na academia, considerando que todos os usuários usam a bacia sanitária uma vez por dia e o volume por descarga igual a 6,5 litros (GONÇALVES, 2006) (Equação 9 e Equação 41).

$$\begin{aligned} \text{Produção de água negra} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) &= \\ \text{volume de água por descarga} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{descarga}} \right) N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) &= \\ 0,0065 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{descarga}} \right) \times N^{\circ} \text{usuários} \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) & \quad (9) \end{aligned}$$

$$\text{Produção de água negra} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = 0,0065 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{descarga}} \right) \times 264 \left( \frac{\text{usuários}}{\text{dia}} \right) = 1,716 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) \quad (41)$$

Assim, a produção de água cinza na academia foi estimada como sendo a subtração do total de água consumida pela produção de água negra (Equação 10 e Equação 42).

$$\begin{aligned} \text{Produção de água cinza} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) &= \\ \text{Consumo de água total} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) - \text{Produção de água negra} & \quad (10) \end{aligned}$$

$$\text{Produção de água cinza} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = 2,90 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) - 1,7 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = 1,2 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) \quad (42)$$

A Tabela 26 resume as vazões da produção de águas cinza e negra na academia.

Tabela 26 – Resumo da produção de água cinza e negra na academia

	Água Cinza	Água Negra	Total
m <sup>3</sup> /dia	1,2	1,7	2,9
m <sup>3</sup> /mês	36,0	51,0	87,0
m <sup>3</sup> /ano	432,0	612,0	1.044,0

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.6 Produção de água cinza nas lojas, nos tanques, na lavanderia e no salão de beleza

Na estimativa da produção de água cinza nas lojas, nos tanques, na lavanderia e no salão de beleza foi considerado que toda vazão de água potável consumida transformou-se em água cinza (Tabela 13).

Sendo assim, estimaram-se como vazão de água cinza nas lojas, nos tanques, na a lavanderia e no salão de beleza os valores de 18,42 m<sup>3</sup>/dia, 0,579 m<sup>3</sup>/dia, 3,859 m<sup>3</sup>/dia e 4,13 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente (Tabela 27).

Tabela 27 – Vazão da produção de água cinza tanques e lavanderia

	m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /ano
Lojas	18,42	552,60	6.631,20
Tanques	0,579	17,366	208,39
Lavanderia	3,859	115,777	1.389,32
Salão de beleza	4,13	123,90	1.486,80

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.7 Produção de água cinza total

A produção de água cinza total equivale à soma das águas produzidas nos banheiros (Tabela 19, Tabela 22 e Tabela 23), na sala de resgate (Tabela 24), no vestiário (Tabela 25), na academia (Tabela 26), nas lojas, nos tanques, na lavanderia e no salão de beleza (Tabela 27) (Tabela 28).

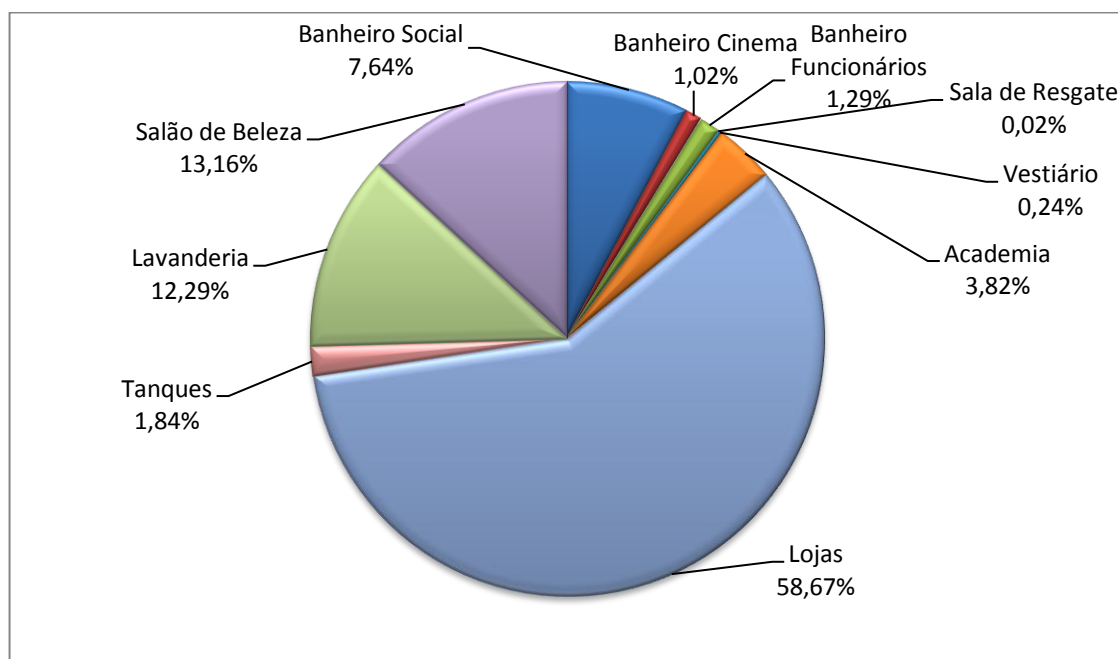
Tabela 28 – Vazão da produção de água cinza total

	m³/dia	m³/mês	m³/ano
Total de Água Cinza - Banheiro Social	2,40	71,98	863,75
Total de Água Cinza - Banheiro Cinema	0,32	9,63	115,62
Total de Água Cinza - Banheiro Funcionários	0,04	12,12	145,44
Total de Água Cinza - Sala de Resgate	0,01	0,18	2,16
Total de Água Cinza – Vestiário	0,08	2,25	27,00
Total de Água Cinza - Academia	1,20	36,00	432,00
Lojas	18,42	552,60	6.631,20
Tanques	0,58	17,37	208,39
Lavanderia	3,86	115,78	1.389,32
Salão de Beleza	4,13	123,90	1.486,80
Total	31,39	941,81	11.301,68

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Os resultados indicam que o maior produtor de água cinza são as lojas, responsáveis por aproximadamente 59% do total de água cinza produzida (Figura 32).

Figura 32 – Produção de água cinza por atividade



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.1.8 Produção de água negra

Pôde-se também, estimar a produção de água negra referente aos banheiros estudados e a academia. Sendo, a produção de água negra equivalente à soma das águas produzidas nas bacias sanitárias e mictórios dos banheiros (Tabela 19, Tabela 22 e Tabela 23), na sala de resgate (Tabela 24), no vestiário (Tabela 25) e na academia (Tabela 26) (Tabela 29) (

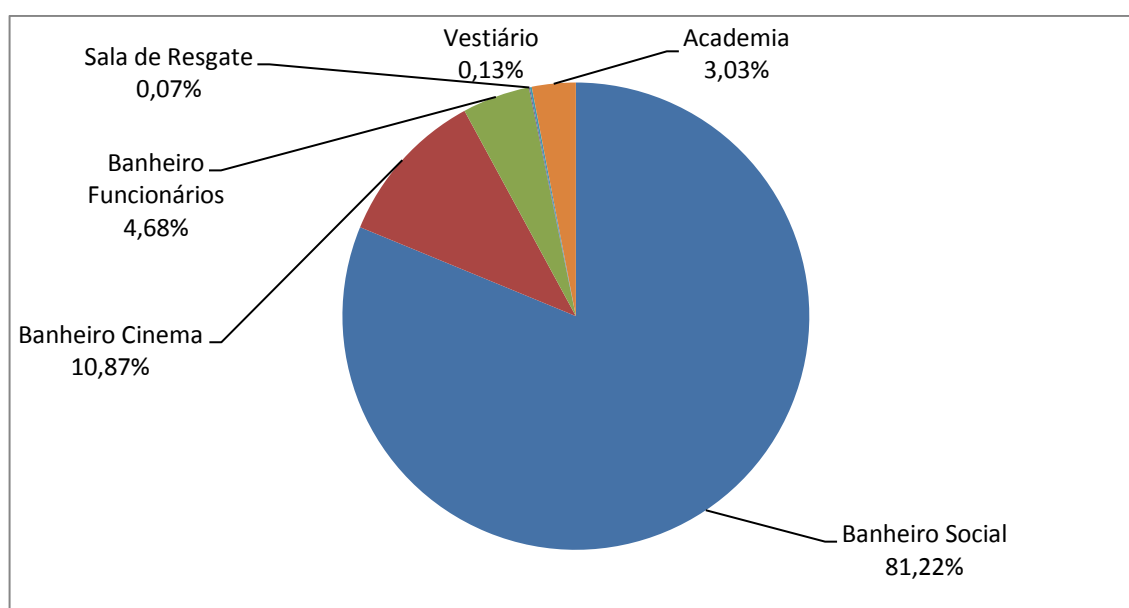
Figura 33).

Tabela 29 – Vazão da produção de água negra total

	m³/dia	m³/mês	m³/ano
Total de Água Negra - Banheiro Social	45,58	1.367,61	16.411,35
Total de Água Negra – Banheiro Cinema	6,09	183,05	2.196,69
Total de Água Negra – Banheiro Funcionários	2,63	78,78	945,36
Total de Água Negra – Sala de Resgate	0,04	1,17	14,04
Total de Água Negra – Vestiário	0,08	2,25	27,00
Total de Água Negra – Academia	1,7	51,0	612,0
<b>Total</b>	<b>56,13</b>	<b>1.683,87</b>	<b>20.206,44</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 33 – Produção de água negra por banheiros

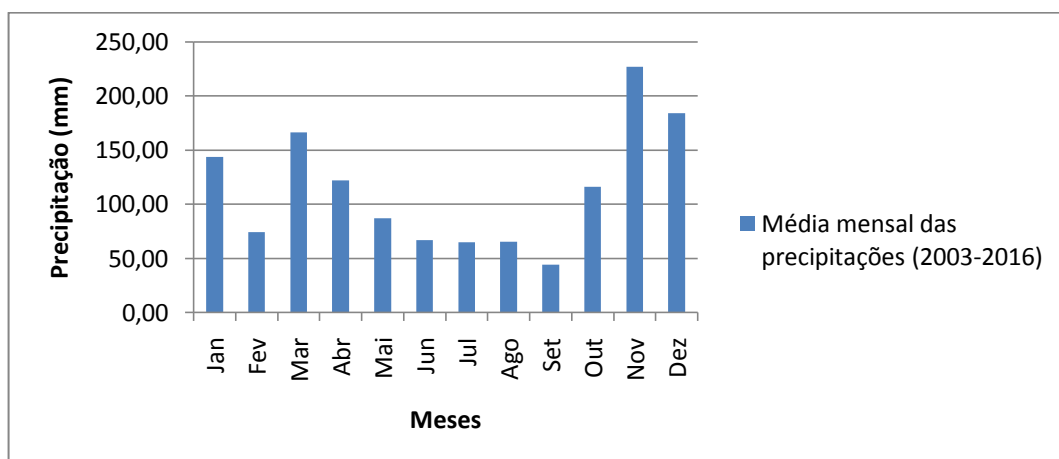


Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 5.3.2 Água da chuva

Segundo a estação pluviométrica nº 83648 (INMET), a distribuição da chuva na região de estudo no período de 2003 a 2016 ocorreu conforme a Figura 34, sendo os meses de novembro e dezembro os mais chuvosos.

Figura 34 – Média mensal das precipitações (2007-2016) - INMET



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A capacidade de aproveitamento de água da chuva na edificação é proporcional à superfície de captação nela existente. No caso do SCVV, a área da superfície de captação considerada nesse estudo como sendo apenas a cobertura da edificação, possui uma área de 50.288,15 m<sup>2</sup>. Optou-se por não considerar áreas onde há circulação de veículos ou de pedestres porque a água de chuva coletada neste tipo de superfície normalmente apresenta qualidade inferior.

Sendo a cobertura do SCVV revestida de concreto, adotou-se um coeficiente de escoamento equivalente à 0,95.

Dessa forma, conforme a Equação 11, item 4.3.3.6, foi calculada a oferta de água da chuva disponível para cada mês do ano, utilizando a média das precipitações dos anos de 2003 a 2016 (Tabela 30).

$$V_{oferta} = \left( \frac{CxAxP}{1000} \right) - \left( \frac{2xA}{1000} \right) \quad (11)$$

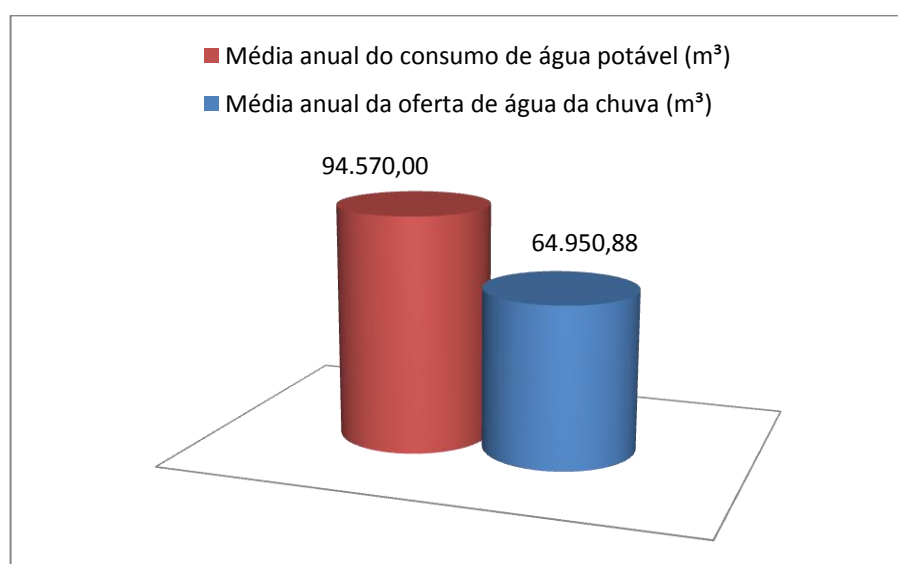
Tabela 30 – Volume da Oferta de Água da Chuva

	Precipitação média mensal (mm)	Área de Captação (m <sup>2</sup> )	Volume da Oferta (m <sup>3</sup> )
Jan	143,78	50.288,15	6.768,26
Fev	74,31	50.288,15	3.449,35
Mar	166,46	50.288,15	7.851,70
Abr	121,86	50.288,15	5.721,00
Mai	86,87	50.288,15	4.049,60
Jun	66,64	50.288,15	3.083,20
Jul	64,57	50.288,15	2.984,24
Ago	65,54	50.288,15	3.030,31
Set	44,06	50.288,15	2.004,20
Out	116,29	50.288,15	5.454,83
Nov	227,01	50.288,15	10.744,75
Dez	184,28	50.288,15	8.703,10
Média mensal	113,47	50.288,15	5.320,38
Média Anual	1361,66	50.288,15	64.950,88

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Esses resultados indicam que a oferta de água da chuva representa cerca de 69% de todo o consumo de água potável (CESAN) (Figura 35).

Figura 35 – Comparação dos Volumes de Água Potável e Oferta de Água da Chuva



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Entretanto, a água da chuva pode ser aproveitada apenas para determinadas atividades que não exigem água com padrão de qualidade de água potável. Por essa razão, no item 5.6 foi dimensionado o volume útil de água da chuva necessária

para suprir parte da demanda de água não potável consumida pelo empreendimento.

### 5.3.3 Água de Condensação

A relação dos TR's de cada *fancoil* existentes nas casas de máquinas onde foram realizadas as cubagens está relacionada na Tabela 31.

Tabela 31 – Relação dos Drenos, Casas de Máquinas e TR's (1TR = 12 mil BTU's)

Dreno	Casa de máquina	TR
1	CM - 4	100
		34
2	CM - 5	34
		34
	CM - 6	43
		51
	CM - 7	36
	36	
3		36
	CM - 14	26
		36
		27
	CM - 15	34
		34
4	CM - 12	40
		43
	CM - 16	76

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O dreno 1 encaminha a água de condensação produzida pela casa de máquina 4, que contém apenas um *fancoil* de 100 TR. O dreno 2 capta o condensado produzido nas casas de máquinas 5, 6 e 7, onde a CM – 5 possui três *fancoils* de 34 TR cada um, a CM – 6 possui apenas um *fancoil* de 43 TR e a CM – 7 possui um *fancoil* de 51 TR e dois de 36 TR. O dreno 3 engloba o condensado das casas de máquina 14 e 15, onde a CM – 14 tem quatro *fancoils*, sendo os TR's de 36, 26, 36 e 27 cada um, e a CM-15 possui três *fancoils* de 34 TR. O quarto dreno capta o condensado das casas de máquinas 12 e 16, sendo que a CM – 12 possui um *fancoil* de 40 TR e a CM – 16 dois *fancoils*, um de 43 TR e outro de 76 TR.

As tabelas do Anexo I mostram os resultados obtidos pela medição de vazão através do método volumétrico de cada dreno detalhadamente. A Tabela 32 mostra o volume de condensado produzido por cada dreno.



Tabela 32 – Resumo do Resultado da medição de vazão através do método volumétrico

Período	Dreno 1 Litros	Dreno 2 Litros	Dreno 3 Litros	Dreno 4 Litros	Soma Litros
10:00 às 14:00 horas	278,12	630,11	235,92	290,56	1434,71
14:00 às 18:00 horas	200,72	671,94	235,16	259,66	1367,48
18:00 às 22:00 horas	195,52	870,08	282,27	266,06	1613,93
Total diário	674,36	2172,13	753,35	816,28	4416,12
Total mensal	20230,67	65163,98	22600,38	24488,45	132483,47

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Considerando somente a produção dos *fancoils* monitorados, em um mês o SCVV produz um total de 132 m<sup>3</sup> de água de condensação (Tabela 32). Como não foi medida a produção de condensado em todos os *fancoils* esse valor deve ser maior.

Segundo as Equação 13 e Equação 14, item 4.3.3.9, foi mensurado o volume de condensado produzido por um *fancoil* de 1 TR (Tabela 33).

Tabela 33 – Cálculo do indicador de produção diária de água de condensação em função da capacidade dos *fancoils* (L/TR.d)

Dreno	Casa de Máquina	TR	Total Diário (L)	Soma TR	Produção 1 TR (L/TR.d)
1	CM - 4	100	674,36	100	6,7
		34			
		34			
2	CM - 6	43	2172,13	268	8,1
		51			
		36			
		36			
3	CM - 14	36	753,35	227	3,3
		26			
		36			
		27			
		34			
CM - 15	34				
	34				
	34				
4	CM - 12	40	816,28	159	5,1
		43			
		76			
Média					5,8

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Através da média aritmética, considerou-se o valor de 5,8 L/TR.d referente ao indicador de produção diária de condensado nos *fancoils*.

Considerando o funcionamento do sistema de ar condicionado igual a 12 horas por dia, Guz (2005) verificou que a produção de condensado em um edifício localizado em San Antônio variou entre 4,56 L/TR.d e 13,68 L/TR.d. Sisco et al. (2017) constataram uma produção equivalente a 9,84 L/TR.d em um prédio localizado em Beirute no Líbano. Entretanto, Al-Farayedhi, Ibrahim e Gandhidasan (2014) encontraram aproximadamente uma produção de 50 L/TR.d de água condensada para um aparelho do tipo *split* de 1,5 TR, em seus estudos na Arábia Saudita.

O valor estimado nesta pesquisa para o indicador de produção de condensado referente a 1 TR está próximo dos valores encontrados por outros autores, cabendo evidenciar que a produção de água de condensação está inteiramente relacionado a temperatura e à umidade relativa do ar (SISCO et al., 2017; LOVELESS, FAROOQ, GHAF FOUR, 2013).

Assim, conforme a Equação 15, item 4.3.3.9, relacionou-se a tonelada de refrigeração total do SCVV com o indicador de produção de água condensada dos *fancoils* (Tabela 34).

Tabela 34 – Relação *Fancoils*, TR's e produção de água condensada no SCVV

TR	Quantidade	Subtotal TR	Total de TR do SCVV	Indicador de produção (L/TR.d)	Total de Condensado (l/dia)	Total de Condensado (l/mês)
26	1	26				
27	1	27				
34	6	204				
36	4	144				
40	3	120				
43	2	86				
50	7	350				
51	1	51	1669,7	5,823	9.722,66	291.679,8
63	2	126				
76	1	76				
88	1	87,7				
90	2	180				
92	1	92				
100	1	100				

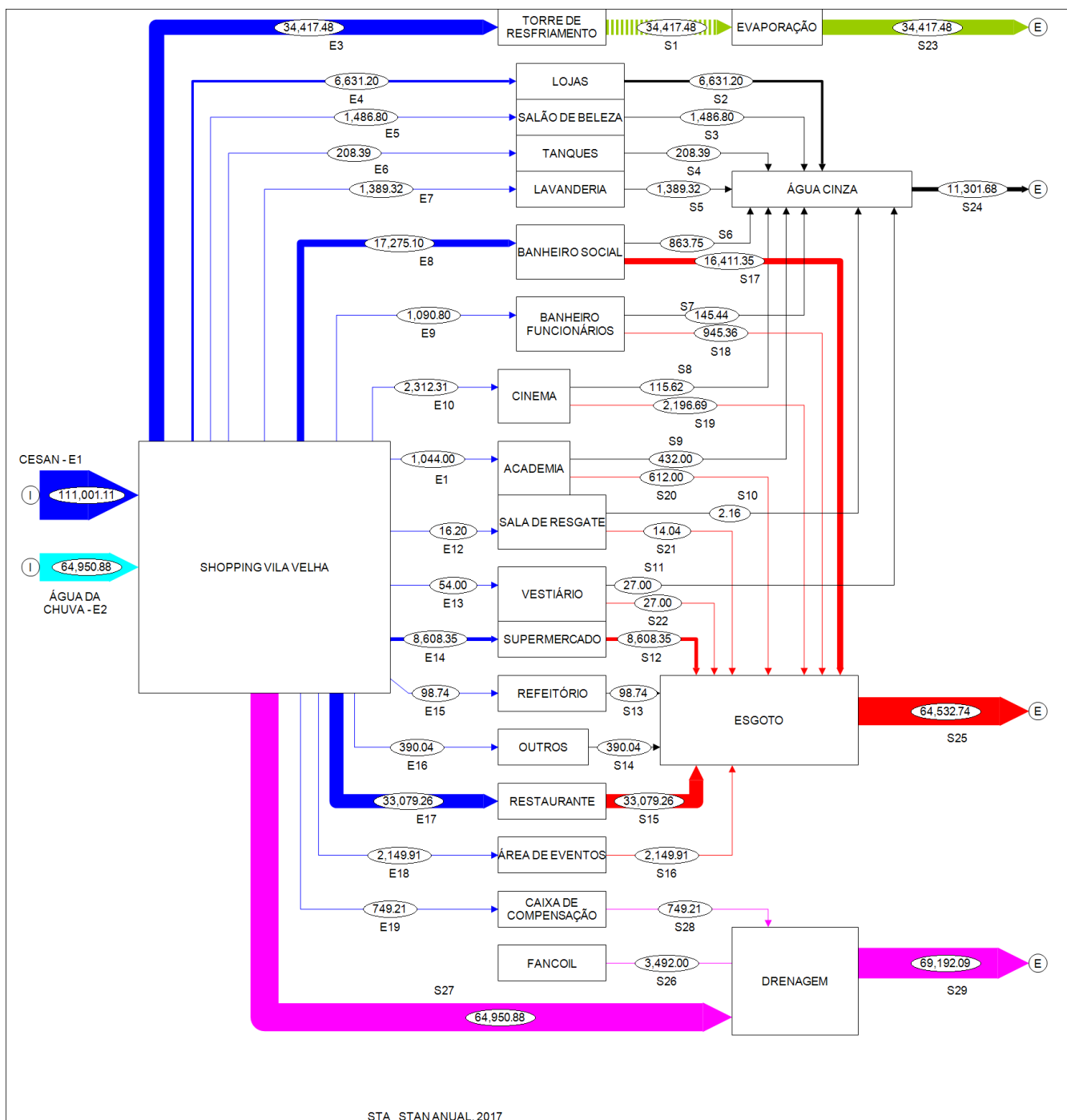
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Através da Tabela 34 conclui-se que a produção total mensal de água de condensação é aproximadamente 291 m<sup>3</sup>, sendo uma produção anual equivalente a 3.492,00 m<sup>3</sup>.

#### 5.4 BALANÇO HÍDRICO DA EDIFICAÇÃO

A partir das vazões de água de entrada e saída coletadas e estimadas segundo itens 5.2 e 5.3, foi elaborado o fluxograma da Figura 36 com a finalidade de ilustrar as correntes líquidas de entrada e as correntes líquidas de saída da edificação.

Figura 36 – Balanço hídrico anual do SCVV



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Diante dos dados apresentados elaborou-se a Tabela 35, na qual foi atribuído um valor de QI para cada corrente líquida, sendo o valor da qualidade da informação igual a 10 para as vazões medidas por hidrômetro, 4 para as vazões medidas com

base em séries históricas consistentes, 2 para vazões coletadas através de simulações e 0,4 para vazões estimadas de forma intuitiva, conforme Quadro 4.

Tabela 35 – Vazões medidas e estimadas (Vm)

(Continua)

Item	Correntes	Processo	Vm (m³/ano)	Medidor		QI
				Sim	Não	
1	E1	CESAN	111.001,11	x		10
2	E2	Água da chuva	64.950,88		x	4
3	E3	Torre de resfriamento	34.417,48	x		10
4	E4	Lojas	6.631,20	x		10
5	E5	Salão de beleza	1.486,80	x		10
6	E6	Tanques	208,39	x		10
7	E7	Lavanderia	1.389,32	x		10
8	E8	Banheiro social	17.275,10	x		10
9	E9	Banheiro funcionários	1.090,80		x	0,4
10	E10	Cinema	2.312,31	x		10
11	E11	Academia	1.044,00	x		10
12	E12	Sala de Resgate	16,20		x	0,4
13	E13	Vestiário	54,00		x	0,4
14	E14	Supermercado	8.608,35	x		10
15	E15	Refeitório	98,74	x		10
16	E16	Outros	390,04		x	0,4
17	E17	Restaurantes	33.079,26	x		10
18	E18	Área de eventos	2.149,91	x		10
19	E19	Caixa de compensação	749,21	x		10
20	S1	Evaporação	34.417,48		x	2
21	S2	Lojas	6.631,20		x	0,4
22	S3	Salão de beleza	1.486,80		x	0,4
23	S4	Tanques	208,39		x	0,4
24	S5	Lavanderia	1.389,32		x	0,4
25	S6	Banheiro social	863,75		x	0,4
26	S7	Banheiro funcionários	145,44		x	0,4
27	S8	Cinema	115,62		x	0,4
28	S9	Academia	432,00		x	0,4
29	S10	Sala de Resgate	2,16		x	0,4
30	S11	Vestiário	27,00		x	0,4
31	S12	Supermercado	8.608,35		x	0,4
32	S13	Refeitório	98,74		x	0,4
33	S14	Outros	390,04		x	0,4
34	S15	Restaurantes	33.079,26		x	0,4
35	S16	Área de eventos	2.149,91		x	0,4
36	S17	Banheiro social	16.411,35		x	0,4

(Conclusão)

37	S18	Banheiro funcionários	945,36	x	0,4
38	S19	Cinema	2.196,69	x	0,4
39	S20	Academia	612,00	x	0,4
40	S21	Sala de Resgate	14,04	x	0,4
41	S22	Vestiário	27,00	x	0,4
42	S23	Evaporação	34.417,48	x	0,4
43	S24	Água cinza	11.301,68	x	0,4
44	S25	Esgoto	64.532,74	x	0,4
45	S26	Fancoil	3.492,00	x	0,4
46	S27	Água da chuva	64.950,88	x	0,4
47	S28	Caixa de compensação	749,21	x	0,4
48	S29	Drenagem	69.192,09	x	0,4

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As equações (Equação 43 a Equação 49) foram definidas com base no fluxograma (Figura 36) (Quadro 7).

Quadro 7 – Quadro de Equações que representam o BH

Equação	Número da Equação
$E1 + E2 = S23 + S24 + S25 + S27 + S28$	43
$E1 + E2 = E3 + E4 + E5 + E6 + E7 + E8 + E9 + E10 + E11 + E12 + E13 + E14 + E15 + E16 + E17 + E18 + E19 + S27$	44
$E3 = S23$	45
$S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10 + S11 = S24$	46
$S12 + S13 + S14 + S15 + S16 + S17 + S18 + S19 + S20 + S21 + S22 = S25$	47
$S26 + S27 + S28 = S29$	48
$E3 + E4 + E5 + E6 + E7 + E8 + E9 + E10 + E11 + E12 + E13 + E14 + E15 + E16 + E17 + E18 + E19 = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10 + S11 + S12 + S13 + S14 + S15 + S16 + S17 + S18 + S19 + S20 + S21 + S22 + S28$	49

Lê-se:

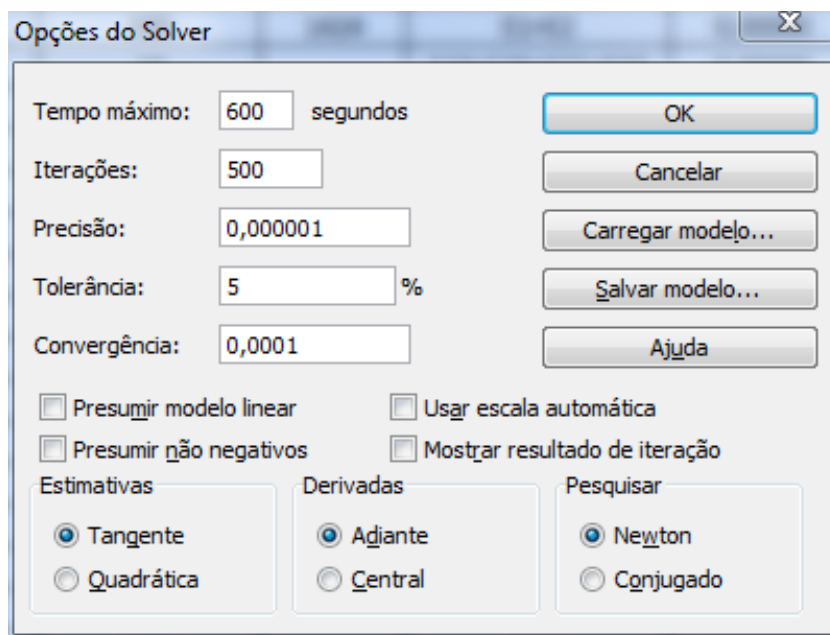
- E1: Consumo médio anual de água potável da CESAN no SCVV ( $m^3/ano$ );
- E2: Precipitação média anual passível de captação no SCVV ( $m^3/ano$ );
- E3: Consumo médio anual de água na torre de resfriamento ( $m^3/ano$ );
- E4: Consumo médio anual de água nas lojas ( $m^3/ano$ );
- E5: Consumo médio anual de água no salão de beleza ( $m^3/ano$ );
- E6: Consumo médio anual de água nos tanques ( $m^3/ano$ );
- E7: Consumo médio anual de água na lavanderia ( $m^3/ano$ );
- E8: Consumo médio anual de água nos banheiros sociais ( $m^3/ano$ );
- E9: Consumo médio anual de água no banheiro de funcionários ( $m^3/ano$ );
- E10: Consumo médio anual de água no cinema ( $m^3/ano$ );
- E11: Consumo médio anual de água na academia ( $m^3/ano$ );
- E12: Consumo médio anual de água na sala de resgate ( $m^3/ano$ );
- E13: Consumo médio anual de água no vestiário ( $m^3/ano$ );
- E14: Consumo médio anual de água no supermercado ( $m^3/ano$ );
- E15: Consumo médio anual de água no refeitório ( $m^3/ano$ );
- E16: Consumo médio anual de água referente à outros ( $m^3/ano$ );
- E17: Consumo médio anual de água nos restaurantes ( $m^3/ano$ );
- E18: Consumo médio anual de água na área de eventos ( $m^3/ano$ );
- E19: Consumo médio anual de água na caixa de compensação ( $m^3/ano$ );
- S1: Média da saída de água na forma de evaporação por ano ( $m^3/ano$ );
- S2: Produção média anual de água cinza nas lojas ( $m^3/ano$ );
- S3: Produção média anual de água cinza no salão de beleza ( $m^3/ano$ );
- S4: Produção média anual de água cinza nos tanques ( $m^3/ano$ );
- S5: Produção média anual de água cinza na lavanderia ( $m^3/ano$ );
- S6: Produção média anual de água cinza nos banheiros sociais ( $m^3/ano$ );
- S7: Produção média anual de água cinza nos banheiros de funcionários ( $m^3/ano$ );
- S8: Produção média anual de água cinza no cinema ( $m^3/ano$ );
- S9: Produção média anual de água cinza na academia ( $m^3/ano$ );

- S10: Produção média anual de água cinza na sala de resgate (m<sup>3</sup>/ano);
- S11: Produção média anual de água cinza no vestiário (m<sup>3</sup>/ano);
- S12: Produção média anual de esgoto no supermercado (m<sup>3</sup>/ano);
- S13: Produção média anual de esgoto no refeitório (m<sup>3</sup>/ano);
- S14: Produção média anual de esgoto referente à outros (m<sup>3</sup>/ano);
- S15: Produção média anual de esgoto nos restaurantes (m<sup>3</sup>/ano);
- S16: Produção média anual de esgoto na área de eventos (m<sup>3</sup>/ano);
- S17: Produção média anual de água negra nos banheiros sociais (m<sup>3</sup>/ano);
- S18: Produção média anual de água negra nos banheiros de funcionários (m<sup>3</sup>/ano);
- S19: Produção média anual de água negra no cinema (m<sup>3</sup>/ano);
- S20: Produção média anual de água negra na academia (m<sup>3</sup>/ano);
- S21: Produção média anual de água negra na sala de resgate (m<sup>3</sup>/ano);
- S22: Produção média anual de água negra no vestiário (m<sup>3</sup>/ano);
- S23: Média da saída de água na forma de evaporação por ano (m<sup>3</sup>/ano);
- S24: Produção média anual de água cinza (m<sup>3</sup>/ano);
- S25: Produção média de esgoto anual por ano (m<sup>3</sup>/ano);
- S26: Produção média de água de condensação anual no SCVV (m<sup>3</sup>/ano);
- S27: Precipitação média anual passível de captação no SCVV (m<sup>3</sup>/ano);
- S28: Drenagem média anual no circuito “*chiller-fancoil*” oriundo da caixa de compensação (m<sup>3</sup>/ano);
- S29: Produção média anual de água encaminhada ao sistema de drenagem de água da chuva do SCVV (m<sup>3</sup>/ano).

Aplicou-se a ferramenta solver do MSExcel® para solução do balanço hídrico reconciliado (BHR). Pretendeu-se com a reconciliação de dados encontrar novos valores de vazões, que se aproximam da realidade do SCVV, a partir da atribuição de valores de QI conforme o nível da qualidade na metodologia aplicada para cada coleta dos dados de vazões. A Figura 37 apresenta as configurações definidas para execução do cálculo das vazões reconciliadas.



Figura 37 – Configurações solver MSEXcel®



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Após várias tentativas, validaram-se os valores obtidos no BHR conforme Tabela 36 e Tabela 37.

Tabela 36 – Solução Solver do MExcel®

(Continua)

Item	Correntes	Processo	Vm (m³/ano)	QI	Vr (m³/ano)	Fórmula	Solver
1	E1	CESAN	111.001,11	10	110.997,41	1,11E-07	8,2E-05
2	E2	Água da chuva	64.950,88	4	64.994,71	7,28E-06	
3	E3	Torre de resfriamento	34.417,48	10	34.419,19	2,47E-07	
4	E4	Lojas	6.631,20	10	6.631,01	8,25E-08	
5	E5	Salão de beleza	1.486,80	10	1.486,80	1,08E-10	
6	E6	Tanques	208,39	10	208,39	7,83E-12	
7	E7	Lavanderia	1.389,32	10	1.389,32	1,05E-10	
8	E8	Banheiro social	17.275,10	10	17.275,43	3,67E-08	
9	E9	Banheiro funcionários	1.090,80	0,4	1.090,73	5,69E-10	
10	E10	Cinema	2.312,31	10	2.312,30	4,99E-10	
11	E11	Academia	1.044,00	10	1.044,00	4,43E-11	
12	E12	Sala de Resgate	16,20	0,4	16,20	1,83E-11	
13	E13	Vestiário	54,00	0,4	54,00	1,93E-10	
14	E14	Supermercado	8.608,35	10	8.608,50	3,21E-08	
15	E15	Refeitório	98,74	10	98,74	1,56E-11	
16	E16	Outros	390,04	0,4	390,27	5,6E-08	
17	E17	Restaurantes	33.079,26	10	33.083,36	1,54E-06	
18	E18	Área de eventos	2.149,91	10	2.149,92	1,77E-09	
19	E19	Caixa de compensação	749,21	10	749,21	1E-11	
20	S1	Evaporação	34.417,48	2	34.392,19	2,16E-06	
21	S2	Lojas	6.631,20	0,4	6.586,21	7,36E-06	
22	S3	Salão de beleza	1.486,80	0,4	1.485,02	2,29E-07	
23	S4	Tanques	208,39	0,4	208,31	2,27E-08	
24	S5	Lavanderia	1.389,32	0,4	1.387,54	2,64E-07	
25	S6	Banheiro social	863,75	0,4	861,54	1,05E-06	
26	S7	Banheiro funcionários	145,44	0,4	145,38	2,7E-08	
27	S8	Cinema	115,62	0,4	115,62	8,91E-12	
28	S9	Academia	432,00	0,4	431,67	9,33E-08	
29	S10	Sala de Resgate	2,16	0,4	2,16	2,42E-12	
30	S11	Vestiário	27,00	0,4	27,00	2,18E-10	
31	S12	Supermercado	8.608,35	0,4	8.532,88	1,23E-05	
32	S13	Refeitório	98,74	0,4	98,74	2,85E-10	
33	S14	Outros	390,04	0,4	390,01	6,96E-10	
34	S15	Restaurantes	33.079,26	0,4	32.979,97	1,44E-06	
35	S16	Área de eventos	2.149,91	0,4	2.145,49	6,76E-07	
36	S17	Banheiro social	16.411,35	0,4	16.678,81	4,25E-05	
37	S18	Banheiro funcionários	945,36	0,4	945,13	9,8E-09	
38	S19	Cinema	2.196,69	0,4	2.192,21	6,64E-07	
39	S20	Academia	612,00	0,4	612,05	1,2E-09	

(Conclusão)

40	S21	Sala de Resgate	14,04	0,4	14,04	2,54E-12
41	S22	Vestiário	27,00	0,4	27,00	3,12E-11
42	S23	Evaporação	34.417,48	0,4	34.419,19	3,95E-10
43	S24	Água cinza	11.301,68	0,4	11.250,45	3,29E-06
44	S25	Esgoto	64.532,74	0,4	64.589,33	1,23E-07
45	S26	Fancoil	3.492,00	0,4	3.488,62	1,5E-07
46	S27	Água da chuva	64.950,88	0,4	64.984,72	4,34E-08
47	S28	Caixa de compensação	749,21	0,4	748,42	1,77E-07
48	S29	Drenagem	69.192,09	0,4	69.221,77	2,94E-08

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Os valores das vazões reconciliadas se aproximam das vazões medidas, uma vez que houve medição por hidrômetro de grande parte das correntes líquidas de entrada, sendo o QI adotado de alta confiabilidade.

A escolha dessa solução teve fundamento nas relações entre as vazões reconciliadas e não reconciliadas, conforme as Equação 18 e Equação 19, e estão mostradas na Tabela 37.

$$Diferença = V_{Ri} - V_{Mi} \quad (18)$$

$$Desvio das vazões (\%) = \frac{100 (V_{Ri} - V_{Mi})}{V_{Ri}} \quad (19)$$

Tabela 37 – Relações entre as vazões reconciliadas e vazões medidas

(Continua)

Item	Correntes	Processo	Vm (m³/ano)	QI	Vr (m³/ano)	Vr-Vm	Desvio (%)
1	E1	CESAN	111.001,11	10	110.997,41	-3,70	0,00
2	E2	Água da chuva	64.950,88	4	64.994,71	43,83	0,07
3	E3	Torre de resfriamento	34.417,48	10	34.419,19	1,71	0,00
4	E4	Lojas	6.631,20	10	6.631,01	-0,19	0,00
5	E5	Salão de beleza	1.486,80	10	1.486,80	0,00	0,00
6	E6	Tanques	208,39	10	208,39	0,00	0,00
7	E7	Lavanderia	1.389,32	10	1.389,32	0,00	0,00
8	E8	Banheiro social	17.275,10	10	17.275,43	0,33	0,00
9	E9	Banheiro funcionários	1.090,80	0,4	1.090,73	-0,07	-0,01
10	E10	Cinema	2.312,31	10	2.312,30	-0,01	0,00
11	E11	Academia	1.044,00	10	1.044,00	0,00	0,00
12	E12	Sala de Resgate	16,20	0,4	16,20	0,00	0,00
13	E13	Vestiário	54,00	0,4	54,00	0,00	0,00
14	E14	Supermercado	8.608,35	10	8.608,50	0,15	0,00
15	E15	Refeitório	98,74	10	98,74	0,00	0,00
16	E16	Outros	390,04	0,4	390,27	0,23	0,06
17	E17	Restaurantes	33.079,26	10	33.083,36	4,10	0,01
18	E18	Área de eventos	2.149,91	10	2.149,92	0,01	0,00
19	E19	Caixa de compensação	749,21	10	749,21	0,00	0,00
20	S1	Evaporação	34.417,48	2	34.392,19	-25,29	-0,07
21	S2	Lojas	6.631,20	0,4	6.586,21	-44,99	-0,68
22	S3	Salão de beleza	1.486,80	0,4	1.485,02	-1,78	-0,12
23	S4	Tanques	208,39	0,4	208,31	-0,08	-0,04
24	S5	Lavanderia	1.389,32	0,4	1.387,54	-1,78	-0,13
25	S6	Banheiro social	863,75	0,4	861,54	-2,21	-0,26
26	S7	Banheiro funcionários	145,44	0,4	145,38	-0,06	-0,04
27	S8	Cinema	115,62	0,4	115,62	0,00	0,00
28	S9	Academia	432,00	0,4	431,67	-0,33	-0,08
29	S10	Sala de Resgate	2,16	0,4	2,16	0,00	0,00
30	S11	Vestiário	27,00	0,4	27,00	0,00	0,00
31	S12	Supermercado	8.608,35	0,4	8.532,88	-75,47	-0,88
32	S13	Refeitório	98,74	0,4	98,74	0,00	0,00
33	S14	Outros	390,04	0,4	390,01	-0,03	-0,01
34	S15	Restaurantes	33.079,26	0,4	32.979,97	-99,29	-0,30
35	S16	Área de eventos	2.149,91	0,4	2.145,49	-4,42	-0,21
36	S17	Banheiro social	16.411,35	0,4	16.678,81	267,46	1,60
37	S18	Banheiro funcionários	945,36	0,4	945,13	-0,23	-0,02
38	S19	Cinema	2.196,69	0,4	2.192,21	-4,48	-0,20
39	S20	Academia	612,00	0,4	612,05	0,05	0,01

(Conclusão)

40	S21	Sala de Resgate	14,04	0,4	14,04	0,00	0,00
41	S22	Vestiário	27,00	0,4	27,00	0,00	0,00
42	S23	Evaporação	34.417,48	0,4	34.419,19	1,71	0,00
43	S24	Água cinza	11.301,68	0,4	11.250,45	-51,23	-0,46
44	S25	Esgoto	64.532,74	0,4	64.589,33	56,59	0,09
45	S26	Fancoil	3.492,00	0,4	3.488,62	-3,38	-0,10
46	S27	Água da chuva	64.950,88	0,4	64.984,72	33,84	0,05
47	S28	Caixa de compensação	749,21	0,4	748,42	-0,79	-0,11
48	S29	Drenagem	69.192,09	0,4	69.221,77	29,68	0,04

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Os desvios encontrados foram tão pequenos que a setorização do consumo de água potável não se alterou. Entretanto, destaca-se que os valores encontrados para as vazões reconciliadas das correntes S17 (Banheiro social), S15 (restaurantes) e S12 (Supermercado) apresentaram as maiores discrepâncias em relação às respectivas vazões medidas. Pode-se concluir que tal resultado é consequência dos baixos valores de QI atribuídos as correntes líquidas em questão.

A partir do BHR pode-se calcular o coeficiente de retorno total da edificação ( $CR_{total}$ ), sendo representado pela soma das vazões de água cinza (S20) e esgoto (S21) divididas pela vazão de água efetivamente fornecida (E1) (Equação 50).

$$CR_{total} = \frac{(S24+S25)}{E1} \times 100\% = \frac{(11.250,45+64.589,33)}{110.997,41} \times 100 = 68,33\% \quad (50)$$

Onde:

$CR_{total}$ : Coeficiente de retorno total da edificação;

E1: Consumo médio anual de água potável da CESAN no SCVV ( $m^3/ano$ );

S24: Produção média anual de água cinza ( $m^3/ano$ );

S25: Produção média de esgoto anual por ano ( $m^3/ano$ ).

O coeficiente de retorno calculado foi de 68,33%, sendo abaixo do valor estipulado na ABNT NBR 9649:1986 em que se considera um coeficiente de 80% e abaixo dos coeficientes de retorno encontrados por Aguiar (2011), que em seu trabalho em um edifício multifamiliar dotado de sistema de reúso de águas cinza calculou um

coeficiente de retorno igual a 97% considerando somente a água potável consumida e um valor de 88% quando considerado a água potável consumida mais a água cinza tratada, e Pertel (2009), que, em seu estudo também em um edifício multifamiliar dotado de sistema de reúso de águas cinza encontrou um coeficiente de retorno equivalente a 69% considerando somente a água potável consumida.

Percebe-se que 68,33% da água no SCVV saem na forma de esgoto (S24 e S25), ou seja, os restantes, aproximadamente 31,67%, são referentes à evaporação (S23). Tem-se ainda que o valor do  $CR_{total}$  encontrado no SCVV pode ser ainda menor quando a edificação adotar sistemas de reúso de água.

Ademais, pôde-se avaliar o coeficiente de retorno de água cinza ( $CR_{\text{água cinza}}$ ) (Equação 51) e o coeficiente de retorno de água negra ( $CR_{\text{água negra}}$ ), sendo este último referente às saídas nos banheiros sociais (S17), nos banheiros de funcionários (S18), no cinema (S19), na academia (S20), na sala de resgate (S21) e no vestiário (S22) (Equação 52).

$$CR_{\text{água cinza}} = \frac{(S24)}{E1} \times 100\% = \frac{(11.250,45)}{110.997,41} \times 100 = 10,13\% \quad (51)$$

Onde:

$CR_{\text{água cinza}}$ : Coeficiente de retorno de água cinza da edificação;

E1: Consumo médio anual de água potável da CESAN no SCVV ( $m^3$ /ano);

S24: Produção média anual de água cinza ( $m^3$ /ano);

$$CR_{\text{negra}} = \frac{(S17+S18+S19+S20+S21+S22)}{E1} \times 100\% = \frac{(16.678,81+945,13+2.192,21+612,05+14,04+27,00)}{110.997,41} \times 100 = 18,44\% \quad (52)$$

Onde:

$CR_{\text{água negra}}$ : Coeficiente de retorno de água cinzal da edificação;

E1: Consumo médio anual de água potável da CESAN no SCVV ( $m^3$ /ano);

S17: Produção média anual de água negra nos banheiros sociais (m<sup>3</sup>/ano);

S18: Produção média anual de água negra nos banheiros de funcionários (m<sup>3</sup>/ano);

S19: Produção média anual de água negra no cinema (m<sup>3</sup>/ano);

S20: Produção média anual de água negra na academia (m<sup>3</sup>/ano);

S21: Produção média anual de água negra na sala de resgate (m<sup>3</sup>/ano);

S22: Produção média anual de água negra no vestiário (m<sup>3</sup>/ano);

Cabe salientar, que há outras fontes de águas negras e águas cinza no SCVV, mas não foram levadas em consideração nos cálculos dos CR<sub>água cinza</sub> e CR<sub>água negra</sub>, pois não foi possível estimar suas vazões. Logo, conclui-se que os coeficientes de retorno de águas cinza e negras serão menores dos que os calculados.

## 5.5 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA NÃO POTÁVEL

Os principais indicadores encontrados com os valores das vazões reconciliadas foram:

- Média diária do consumo de água na edificação – C<sub>dia</sub> (litros/mês), conforme Equação 20. Sendo, o consumo anual dado pela corrente de água de entrada E1 do BHR (Equação 53).

$$C_{dia} = 110.997,41 \left( \frac{m^3}{ano} \right) \times \frac{1000 (litros)}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 (meses)} \times \frac{1(mês)}{30 (dias)} = 308.326,14 \left( \frac{litros}{dia} \right) \quad (53)$$

- Indicador de consumo de água por pessoa - I<sub>cp</sub> (litros/dia/pessoa), conforme Equação 21 e expresso na Equação 54.

$$I_{cp} = \frac{308.326,14 \left( \frac{litros}{dia} \right)}{28.986 (pessoas)} = 10,64 (litros/dia/pessoa) \quad (54)$$

- Indicador de consumo de água por veículos –  $I_{cv}$  (litros/dia/nº veículos); segundo a Equação 22 e mostrado na Equação 55.

$$I_{cv} = \frac{308.326,14 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)}{7.995 \text{ (veículos)}} = 38,56 \text{ (litros/dia/nº de veículos)} \quad (55)$$

- Indicador de consumo diário de água por área bruta locável -  $I_{ca}$  (litros/dia/m²); Conforme Equação 23 e determinado na Equação 56.

$$I_{ca} = \frac{308.326,14 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)}{70.397,98 \text{ (m}^2\text{)}} = 4,38 \text{ (litros/dia/m}^2\text{)} \quad (56)$$

- Indicador de consumo de água por funcionários -  $I_{cf}$  (litros/dia/funcionário), como descrito na Equação 24 e encontrado na Equação 57.

$$I_{cf} = \frac{308.326,14 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)}{5000 \text{ (funcionários)}} = 61,67 \text{ (litros/dia/funcionário)} \quad (57)$$

- Média diária do consumo de água na torre de resfriamento –  $C_{TR,dia}$  (litros/dia); Conforme Equação 25. Sendo, o consumo anual na torre de resfriamento dado pela corrente de água de entrada E3 do BHR (Equação 58).

$$C_{TR,dia} = 34.419,19 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ano}}\right) \times \frac{1000 \text{ (litros)}}{1 \text{ (m}^3\text{)}} \times \frac{1 \text{ (ano)}}{12 \text{ (meses)}} \times \frac{1 \text{ (mês)}}{30 \text{ (dias)}} = 95.608,86 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right) \quad (58)$$

- Relação do consumo de água no sistema de ar condicionado (Torre de resfriamento) e o consumo de água no SCVV –  $R_{A,S}$ ; Como determinado na Equação 26 e ilustrado na Equação 59.



$$R_{A,S} = \frac{95.608,86 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)}{308.326,14 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)} = 0,31 = 31\% \quad (59)$$

- Indicador de produção de água negra por pessoa -  $I_{pnp}$  (litros/dia/pessoa); Conforme Equação 27. Onde:  $P_{n,dia}$  é média diária da produção de água negra na edificação (litros). Foi considerada como água negra as correntes de saídas S17, S18, S19, S20, S21 e S22 do BHR, 16.678,81 m<sup>3</sup>/ano, 945,13 m<sup>3</sup>/ano, 2.192,21 m<sup>3</sup>/ano, 612,05 m<sup>3</sup>/ano, 14,04 m<sup>3</sup>/ano e 27,00 m<sup>3</sup>/ano respectivamente. Total de 20.469,24 m<sup>3</sup>/ano (Equação 60, Equação 27 e Equação 61).

$$P_{n,dia} = 20.469,24 \left(\frac{m^3}{ano}\right) \times \frac{1000 \text{ (litros)}}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 \text{ (meses)}} \times \frac{1(mês)}{30 \text{ (dias)}} = 56.859,00 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right) \quad (60)$$

$$I_{pnp} = \frac{P_{n,dia}}{N} \quad (27)$$

$$I_{pnp} = \frac{56.859,00 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right)}{28.986 \text{ (pessoas)}} = 1,96 \text{ (litros/dia/pessoa)} \quad (61)$$

- Indicador de produção de água cinza por pessoa -  $I_{pcp}$  (litros/dia/pessoa); Segundo Equação 28.

Para o cálculo de  $P_{c,dia}$ , foi considerada como água cinza a corrente de saída S24 do BHR, 11.250,45 m<sup>3</sup>/ano (Equação 62).

$$P_{c,dia} = (11.250,45) \left(\frac{m^3}{ano}\right) \times \frac{1000 \text{ (litros)}}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 \text{ (meses)}} \times \frac{1(mês)}{30 \text{ (dias)}} = 31.251,25 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}}\right) \quad (62)$$

Logo, o indicador de produção de água cinza por pessoa foi avaliado dividindo o resultado da produção diária de água cinza pelo fluxo de pessoas (Equação 28 e Equação 63).

$$I_{pcp} = \frac{P_{c,dia}}{N} \quad (28)$$

$$I_{pcp} = \frac{31.251,25}{28.986} = 1,08 \text{ (litros/dia/pessoa)} \quad (63)$$

O valor do indicador de produção de água cinza por pessoa foi relativamente baixo, pois algumas fontes de águas cinza foram computadas como águas negras, devido à falta da estimativa de vazão de água cinza produzida nas atividades em que não foram possíveis realizar o computo da produção do efluente de forma segregada (água cinza e água negra).

Sabe-se que muitos shoppings não possuem lavanderia, sendo assim, como o volume de água cinza considerada na corrente de saída S24 engloba o volume de água produzida pela lavanderia, calculou-se também o indicador  $I_{pcp}$  descontando o valor da saída S5 referente à lavanderia (1.387,54 m<sup>3</sup>/ano) –  $P_{c,mês-sem \text{ lavanderia}}$  (Equação 64).

$$P_{c,mês-sem \text{ lavanderia}} = (11.250,45 - 1.387,54) \left( \frac{m^3}{ano} \right) \times \frac{1000 \text{ (litros)}}{1(m^3)} \times \frac{1(ano)}{12 \text{ (meses)}} \times \frac{1(mês)}{30 \text{ (dias)}} = 27.396,97 \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) \quad (64)$$

Assim, estabeleceu-se que o indicador de produção de água cinza por pessoa desconsiderando a produção pela lavanderia foi de 0,93 litros/dia/pessoa (Equação 65).

$$I_{pcp} = \frac{27.396,97}{28.986} = 0,95 \text{ (litros/dia/pessoa)} \quad (65)$$

Para fins de comparação a Tabela 38 relaciona os valores dos indicadores encontrados com os valores de referência.

Tabela 38 – Comparação dos indicadores de consumo de água em Shopping Center

Indicadores	Unidades	Valores	Referências
$I_{cv}$	Litros/dia/nº veículos	8	Metcalf & Eddy, 1991; Geyer & Lentz, 1962
$I_{cv}$	Litros/dia/nº veículos	38,56	Esta pesquisa
$I_{ca}$	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4	Hoddinot, M., 1981; Billing & Jones, 1996; Filho et al., 2003
$I_{ca}$	Litros/dia/m <sup>2</sup>	6	Syed R. Qasim, 1994
$I_{ca}$	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3	Filho et al., 2003
$I_{ca}$	Litros/dia/m <sup>2</sup>	4,38	Esta pesquisa
$I_{cp}$	Litros/dia/pessoa	16,35	Nunes, 2006
$I_{cp}$	Litros/dia/pessoa	10,64	Esta pesquisa
$I_{cf}$	Litros/dia/funcionário	38	Metcalf & Eddy, 1991; Geyer & Lentz, 1962
$I_{cf}$	Litros/dia/funcionário	40	Syed R. Qasim, 1994
$I_{cf}$	Litros/dia/funcionário	61,67	Esta pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Através dos indicadores encontrados pode-se afirmar que o consumo de água no SCVV é alto quando comparado a outros shoppings. Destaca-se o indicador  $I_{cv}$  (litros/dia/nº veículos), cujo o valor encontrado nessa pesquisa é bem superior a outros shoppings. Tal fato pode ser atribuído a localização do empreendimento, onde esse está situado em uma área urbana com elevada densidade populacional e próximo a uma grande universidade particular, o que permite que muitas pessoas adentram ao SCVV sem utilização de veículos.

O indicador  $I_{ca}$  (litros/dia/m<sup>2</sup>) ficou na média quando comparado a outras fontes bibliográficas, indicando que o consumo está razoável em relação à área do empreendimento.

Por último, o indicador  $I_{cf}$  (litros/dia/funcionários) demonstra que consumo de água é maior do que em outras edificações do mesmo setor, podendo caracterizar possíveis desperdícios, ou que o SCVV trabalha com poucos funcionários.

### 5.5.1 ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA VIA APROVEITAMENTO DE DIFERENTES FONTES DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA EDIFICAÇÃO

#### 5.5.2 Demanda de Água não Potável - DANP

No SCVV foram destacadas como atividades que não dependem de água potável o abastecimento das descargas das bacias sanitárias, a reposição da água na torre de resfriamento e lavagem em geral (GONÇALVES, 2009)

As vazões correspondentes à demanda de água não potável com base no BHR estão estabelecidas na Tabela 39.

A demanda de água não potável foi mensurada com base nas correntes de saídas S17 (Banheiros sociais), S18 (Banheiro funcionários), S19 (Cinema), S20 (Academia), S21 (Sala de resgate), S22 (Vestiário), e nas correntes de entradas E3 (Torre de resfriamento) e E6 (Tanques).

Tabela 39 – Demanda de Água Não Potável

Atividade	Corrente	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /dia
Bacias Sanitárias e mictórios Banheiros Sociais	S17	16.678,81	1.389,90	46,33
Bacias Sanitárias e mictórios Banheiros Funcionários	S18	945,13	78,76	2,63
Bacias Sanitárias e mictórios Banheiros Cinema	S19	2.192,21	182,68	6,09
Bacias Sanitárias e mictórios Banheiros Academia	S20	612,05	51,00	1,70
Bacia Sanitária Banheiro Sala de Resgate	S21	14,04	1,17	0,04
Bacias Sanitárias e mictórios Vestiário	S22	27,00	2,25	0,08
Torre de Resfriamento	E3	34.419,19	2.868,27	95,61
Lavagem em Geral (Tanques)	E6	208,39	17,37	0,58
<b>Total da Demanda de Água Não Potável</b>		<b>55.096,82</b>	<b>4.591,40</b>	<b>153,05</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Sendo a média do consumo mensal de água potável o valor da entrada E1 (110.997,41 m<sup>3</sup>/ano) do BHR dividido por 12 meses (9.249,87 m<sup>3</sup>/mês) tem-se que a DANP representa aproximadamente 50% do total, ou seja, metade do consumo de água do SCVV pode ser substituído por fontes alternativas de água.

Neto et al. (2012), constataram que aproximadamente 65% do consumo de água utilizada no aeroporto, localizado em Minas Gerais, é exclusivamente para atender demandas não potáveis de água. No shopping JK Iguatemi, localizado no estado de São Paulo, a DANP também representa cerca de 50% do consumo de água potável (REVISTA TAE, 2012). Esses dados indicam que grandes empreendimentos não

residenciais, como shopping centers e aeroportos possui uma DANP alta, que pode atingir a metade do consumo total de água.

Dessa forma, apresentando grande DANP, esses empreendimentos se tornam interessantes para implantação de PCRA, que contempla, além de dispositivos e sistemas economizadores, o emprego de sistemas de aproveitamento e reúso de água.

### 5.5.3 Estratégias para conservação de água

Diante dos dados obtidos no BHR constatou-se que a produção de água cinza (saída S24) representa somente 20% da DANP da edificação, enquanto a água de condensação (saída S26) e a água da chuva (saída S27) representam 6% e 118% da DANP respectivamente (Tabela 40).

Tabela 40 – Estratégias 1,2 e 3

Estratégias	Corrente	m³/ano	m³/mês	m³/dia	Representação
Estratégia 1 - Reposição com Água Cinza	S24	11.250,45	937,54	31,25	20%
Estratégia 2 - Reposição com Água de Condensação	S26	3.488,62	290,72	9,69	6%
Estratégia 3- Reposição com Água de Chuva	S27	64.984,72	5.415,39	180,51	118%
Total da Demanda de Água Não Potável		55.096,82	4.591,40	153,05	100%

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Percebe-se que a vazão da oferta de água cinza representa apenas 20% da DANP, o que está de acordo com o trabalho de Gois, Rios e Constanzi (2015). Para esses autores, centros comerciais possuem pouca produção de água cinza, devido à falta de utilização de aparelhos como máquinas de lavar e chuveiros que são responsáveis por grandes volumes de água cinza.

A estratégia 2 prevê o aproveitamento da água de condensação, conforme o apresentado na Tabela 41. A partir desses resultados, pode-se afirmar que o valor da produção de condensado encontrado neste trabalho é coerente com os valores encontrados por outros autores, muito embora as diferenças nas produções de água condensada sejam consequências das características das edificações e da região onde estão localizadas.

Tabela 41 - Volume captado de água condensada por local segundo vários autores

Referência	Local	Construção	Volume captado de água condensada
Guz, 2005	San Antônio, EUA	Shopping	28,380 m <sup>3</sup> /mês
Guz, 2005	San Antônio, EUA	Biblioteca	163,50 m <sup>3</sup> /mês
Guz, 2005	Bahrain	Aeroporto	725,00 m <sup>3</sup> /mês
FEMP, 2010	Athenas, Geórgia	Laboratório	255,515 m <sup>3</sup> /mês
Esta pesquisa	Vila Velha, ES	Shopping	290,72 m <sup>3</sup> /mês

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tem-se ainda, que o valor da produção de água de condensação (3.488,62 m<sup>3</sup>/ano) por área bruta locável do SCVV (70.397,98 m<sup>2</sup>), é equivalente a 49,55 l/ano/m<sup>2</sup>. Comparando-se tal valor aos publicados por Nassar e Moura (2015), verifica-se que a vazão de água de condensação do SCVV encontra-se abaixo da média de outras edificações localizadas nas cidades de São Paulo (90 l/ano/m<sup>2</sup>), Florianópolis (107 l/ano/m<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (145 l/ano/m<sup>2</sup>) e Recife (195 l/ano/m<sup>2</sup>) (Tabela 4).

No entanto, a estratégia 3 evidencia a alta oferta de água da chuva, sendo maior que o total da DANP. Porém, seu aproveitamento deve ser realizado de forma a viabilizar economicamente o empreendimento, visto que armazenar grandes volumes de água da chuva resulta na execução de grandes cisternas (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008). Segundo Gois, Rios e Constanzi (2015) em um sistema de aproveitamento da água da chuva o item mais caro é a cisterna.

Dessa forma, as estratégias 4 e 5 consideram a utilização dos RECAP's (reservatórios de contenção de água pluvial) já existentes no centro comercial.

#### **5.5.4 Estratégia 4: Aproveitamento da Água da Chuva com utilização dos RECAP's**

Com base nas precipitações mensais e o volume disponível dos RECAP's foi dimensionado pelo método da simulação (ABNT NBR 15527:2007) a eficiência de aproveitamento de água da chuva (Tabela 42).

Através da Tabela 42 pode-se afirmar que a porcentagem de falhas (meses não atendidos no ano com água de chuva) é de 41,67% e a vazão anual aproveitável de

47.438,11 m<sup>3</sup>, o que substitui uma parte significativa do consumo anual de água potável no SCVV.

Tabela 42 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva

Meses	Precipitação Média Mensal	DANP	Área de Captação	Volume de Chuva	Volume Cisterna (RECAP's)	Nível do Reservatório		Extravasão	Suprimento de Água
	(mm)					(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )		
Jan	143,78	4.591,40	50.288,15	6.768,26	644,40	0,00	644,40	1.532,46	0,00
fev	74,31	4.591,40	50.288,15	3.449,35	644,40	644,40	-497,65	0,00	497,65
Mar	166,46	4.591,40	50.288,15	7.851,70	644,40	0,00	644,40	2.615,90	0,00
Abr	121,86	4.591,40	50.288,15	5.721,00	644,40	644,40	644,40	1.129,59	0,00
Mai	86,87	4.591,40	50.288,15	4.049,60	644,40	644,40	102,60	0,00	0,00
Jun	66,64	4.591,40	50.288,15	3.083,20	644,40	102,60	-1.405,60	0,00	1.405,60
Jul	64,57	4.591,40	50.288,15	2.984,24	644,40	0,00	-1.607,16	0,00	1.607,16
Ago	65,54	4.591,40	50.288,15	3.030,31	644,40	0,00	-1.561,09	0,00	1.561,09
Set	44,06	4.591,40	50.288,15	2.004,20	644,40	0,00	-2.587,20	0,00	2.587,20
Out	116,29	4.591,40	50.288,15	5.454,83	644,40	0,00	644,40	219,03	0,00
Nov	227,01	4.591,40	50.288,15	10.744,75	644,40	644,40	644,40	6.153,34	0,00
Dez	184,28	4.591,40	50.288,15	8.703,10	644,40	644,40	644,40	4.111,70	0,00
Total Anual	1.361,66	55.096,82		63.844,54				15.762,03	7.658,71

Fonte: Elaborado pela autora (2017).



### **5.5.5 Estratégia 5: Aproveitamento da água da chuva, água de condensação e reúso da água cinza com utilização dos RECAP's**

Levando-se em consideração que as águas cinza e de condensação são produzidas todos os meses do ano, nesta estratégia foi adicionada à vazão de água da chuva aproveitável, as médias mensais das produções de águas condensada e águas cinza, 290,72 m<sup>3</sup>/mês e 937,54 m<sup>3</sup>/mês, respectivamente (Tabela 43).

Considerou-se como possível o envio das vazões de água de condensação e de reúso de água cinza também para os RECAP's, juntamente com a água da chuva.

Tabela 43 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva, água de condensação e água cinza

Meses	Precipitação Média Mensal	DANP	Área de Captação	Volume de Chuva (A)	Volume de Água Condensada (B)	Volume de Água Cinza (C)	Volume da Oferta de Água (A)+(B)+(C)	Volume Cisterna (RECAP's)	Nível do Reservatório		Extravasão	Suprimento de Água
	(mm)								(m³)	(m²)		
Jan	143,78	4.591,40	50.288,15	6.768,26	290,72	937,54	7.996,52	644,40	0,00	644,40	2.760,72	0,00
fev	74,31	4.591,40	50.288,15	3.449,35	290,72	937,54	4.677,61	644,40	644,40	644,40	86,21	0,00
Mar	166,46	4.591,40	50.288,15	7.851,70	290,72	937,54	9.079,96	644,40	644,40	644,40	4.488,56	0,00
Abr	121,86	4.591,40	50.288,15	5.721,00	290,72	937,54	6.949,25	644,40	644,40	644,40	2.357,85	0,00
Mai	86,87	4.591,40	50.288,15	4.049,60	290,72	937,54	5.277,85	644,40	644,40	644,40	686,45	0,00
Jun	66,64	4.591,40	50.288,15	3.083,20	290,72	937,54	4.311,46	644,40	644,40	364,46	0,00	0,00
Jul	64,57	4.591,40	50.288,15	2.984,24	290,72	937,54	4.212,50	644,40	364,46	-14,45	0,00	14,45
Ago	65,54	4.591,40	50.288,15	3.030,31	290,72	937,54	4.258,57	644,40	0,00	-332,84	0,00	332,84
Set	44,06	4.591,40	50.288,15	2.004,20	290,72	937,54	3.232,45	644,40	0,00	-1.358,95	0,00	1.358,95
Out	116,29	4.591,40	50.288,15	5.454,83	290,72	937,54	6.683,08	644,40	0,00	644,40	1.447,28	0,00
Nov	227,01	4.591,40	50.288,15	10.744,75	290,72	937,54	11.973,00	644,40	644,40	644,40	7.381,60	0,00
Dez	184,28	4.591,40	50.288,15	8.703,10	290,72	937,54	9.931,36	644,40	644,40	644,40	5.339,95	0,00
Total Anual	1.361,66	55.096,82		63.844,54	3.488,62	11.250,45	78.583,61				24.548,62	1.706,23

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Em comparação com a estratégia 4, a estratégia 5 traz uma economia de 5.952,48 m<sup>3</sup> de suprimento de água potável por ano (Tabela 44). Tal resultado evidencia as vantagens de associar vários sistemas de aproveitamento e reaproveitamento de água.

Tabela 44 – Comparação Estratégias 4 e 5.

Estratégias	Precipitação Média Anual (mm)	DANP Anual (m <sup>3</sup> )	Volume da Oferta de Água Anual (m <sup>3</sup> )	Extravasão Anual (m <sup>3</sup> )	Suprimento de Água Anual (m <sup>3</sup> )
Estratégia 4	1.361,66	55.096,82	63.844,54	15.762,03	7.658,71
Estratégia 5	1.361,66	55.096,82	78.583,61	24.548,62	1.706,23
Diferença	0,00	0,00	14.739,07	8.786,59	-5.952,48

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Entretanto, avaliando a estratégia 5, ainda têm-se 25% de falhas, ou seja, haverá meses em que a oferta de água não potável não será suficiente para suprir toda demanda de água não potável.

Com isso, optou-se por calcular para qual vazão de DANP todas as águas não potáveis produzidas conseguiriam suprir a demanda sem que houvesse suprimento de outra fonte de água (Equação 66).

$$DANP\ reduzida = DANP \times X\% \quad (66)$$

Onde X representou o fator que reduziu a DANP com objetivo de encontrar a vazão de água não potável que pode ser totalmente atendida pelas fontes de água não potável do SCVV.

Assim, obteve-se como resultado a vazão de DANP equivalente a 3.856,78 m<sup>3</sup>/mês, sendo referente a aproximadamente 84% da DANP, (Tabela 45).

Pode-se observar da Tabela 45 que não ocorreu suprimento de outras fontes de águas e não houve falhas.

Tabela 45 – Vazão de Aproveitamento da Água da Chuva, água de condensação e água cinza com 84% da DANP

Meses	Precipitação Média Mensal	DANP	Área de Captação	Volume de Chuva (A)	Volume de Água Condensada (B)	Volume de Água Cinza (C)	Volume da Oferta de Água (A)+(B)+(C)	Volume Cisterna (RECAP's)	Nível do Reservatório		Extravasão	Suprimento de Água
	(mm)								(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )		
Jan	143,78	3.856,78	50.288,15	6.768,26	290,72	937,54	7.996,52	644,40	0,00	644,40	3.495,34	0,00
fev	74,31	3.856,78	50.288,15	3.449,35	290,72	937,54	4.677,61	644,40	644,40	644,40	820,83	0,00
Mar	166,46	3.856,78	50.288,15	7.851,70	290,72	937,54	9.079,96	644,40	644,40	644,40	5.223,18	0,00
Abr	121,86	3.856,78	50.288,15	5.721,00	290,72	937,54	6.949,25	644,40	644,40	644,40	3.092,47	0,00
Mai	86,87	3.856,78	50.288,15	4.049,60	290,72	937,54	5.277,85	644,40	644,40	644,40	1.421,08	0,00
Jun	66,64	3.856,78	50.288,15	3.083,20	290,72	937,54	4.311,46	644,40	644,40	644,40	454,68	0,00
Jul	64,57	3.856,78	50.288,15	2.984,24	290,72	937,54	4.212,50	644,40	644,40	644,40	355,72	0,00
Ago	65,54	3.856,78	50.288,15	3.030,31	290,72	937,54	4.258,57	644,40	644,40	644,40	401,79	0,00
Set	44,06	3.856,78	50.288,15	2.004,20	290,72	937,54	3.232,45	644,40	644,40	20,08	0,00	0,00
Out	116,29	3.856,78	50.288,15	5.454,83	290,72	937,54	6.683,08	644,40	20,08	644,40	2.201,98	0,00
Nov	227,01	3.856,78	50.288,15	10.744,75	290,72	937,54	11.973,00	644,40	644,40	644,40	8.116,22	0,00
Dez	184,28	3.856,78	50.288,15	8.703,10	290,72	937,54	9.931,36	644,40	644,40	644,40	6.074,58	0,00
Total Anual	1.361,66	46.281,33		63.844,54	3.488,62	11.250,45	78.583,61				31.657,88	0,00

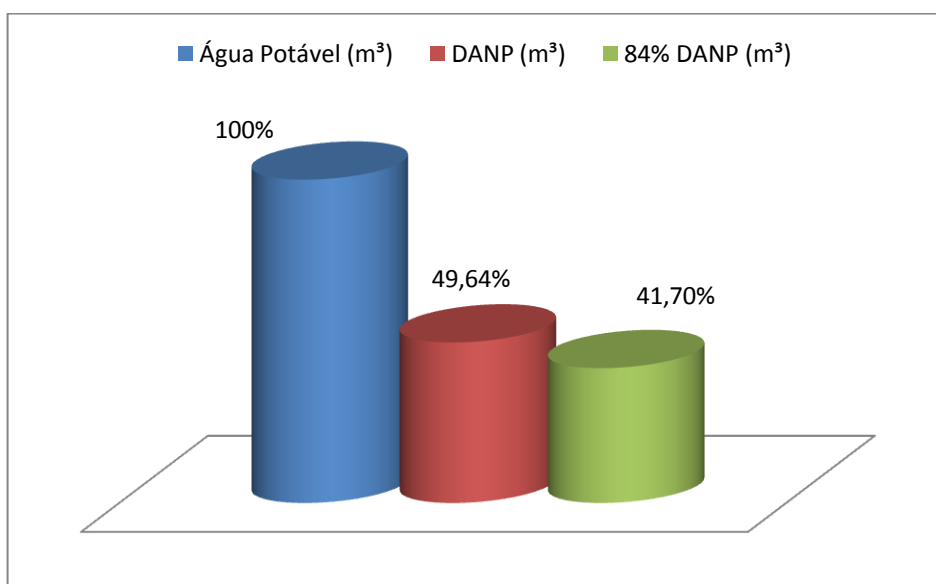
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Vale ressaltar que aproveitando os reservatórios existentes e as fontes de água não potável no empreendimento (água cinza, água de condensação e água da chuva) pode-se suprir 84% da DANP, o que equivale a aproximadamente 41,70% da demanda de água potável (Figura 38 e Tabela 46).

Ou seja, essa estratégia pode gerar uma economia de 46.281,33 m<sup>3</sup> de água potável por ano (Equação 67).

$$\begin{aligned} \text{Economia de água} &= 84\% \text{ DANP} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{mês}} \right) \times 12 \text{ (meses)} = 3.856,78 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{mês}} \right) \times 12 \text{ (meses)} = \\ &46.281,33 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right) \end{aligned} \quad (67)$$

Figura 38 – Consumo de água potável x DANP x 84% DANP



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tabela 46 – Comparação do consumo de água potável e as demandas de águas não potável.

	Água Potável (m <sup>3</sup> )	DANP (m <sup>3</sup> )	84% DANP (m <sup>3</sup> )
Anual	110.997,41	55.096,82	46.281,33
Mensal	9.249,78	4.591,40	3.856,78
%	100%	49,64%	41,70%

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Sendo assim, se o SCVV tem capacidade de atender 84% da DANP utilizando outras fontes de água não potável o empreendimento deixaria de comprar 46.281,33 m<sup>3</sup>/ano de água da concessionária, o que representa uma economia de 291.572,37 reais por ano, considerando o valor da água pela CESAN igual a 6,30 (reais/m<sup>3</sup>) (CESAN - Data base: Março de 2017).

## 6 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou as possibilidades de uso de fontes alternativas de água em um shopping center situado no Município de Vila Velha, Espírito Santo.

Através da setorização do consumo de água no empreendimento foi possível se observar que os maiores consumidores de água são a torre de resfriamento, os restaurantes e os banheiros sociais, responsáveis pelo consumo de 31,01%, 29,80% e 15,56% do total da água potável que alimenta o sistema, respectivamente.

A pesquisa também avaliou as fontes de água não potável mais relevantes neste caso: a água cinza tratada para efeito de reúso, a água de chuva e a água de condensação para suprimento da demanda de água não potável (DANP).

As águas cinza e de condensação representam apenas 20% e 6%, respectivamente, da DANP. Enquanto, o estudo da oferta de águas pluviais demonstrou que esta seria uma fonte de água, capaz de suprir 118% DANP, devido, sobretudo, à grande área de captação da cobertura da edificação.

Entretanto, como a água de chuva é intermitente, somente o seu aproveitamento utilizando os reservatórios disponíveis (RECAP's) admite 41,67% de falhas (meses não atendidos no ano). Porém, a utilização das três fontes de água não potável disponíveis no SCVV conseguem atender a 84% da DANP. Ou seja, é vantajosa a junção de todas as fontes de águas alternativas disponíveis para substituição da água potável.

Sendo assim, se o SCVV tem capacidade de atender 84% da DANP utilizando outras fontes de água não potável o empreendimento deixaria de comprar 46.281,33 m<sup>3</sup>/ano de água da concessionária, o que representa uma economia de 291.572,37 reais por ano.

De maneira geral, o estudo conclui que centros comerciais de grande porte possuem elevado potencial de produção de águas alternativas. Ademais, a utilização de fontes não potável de água traz como benefícios uma economia financeira, bem como o alívio nos sistemas de drenagens de esgoto e sistemas pluviais da rede pública e a atração por novos clientes que se importam com o meio ambiente e causas ecológicas.

## **7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Estudar a viabilidade econômica para implantação dos sistemas de aproveitamento e reaproveitamento de fontes de água não potáveis.
- Realizar medições das vazões de esgoto na edificação, bem como a vazão de água cinza produzida nos bebedouros.
- Estudar a segregação de diferentes tipos de águas residuárias na área de eventos e no supermercado.
- Relacionar as prioridades para o uso das três fontes de água não potáveis estudadas neste trabalho em relação as suas qualidades (características físico-químicas).



## 8 REFERÊNCIAS

AGUIAR, K. C. **Comparação dos potenciais de conservação de água com a prática do reúso de águas cinza e com a coleta segregada de urina humana em uma edificação residencial multifamiliar.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

ALEXANDRE, E. C. F.; CASTRO, M. L. de; PESQUERO, M. A. Caracterização e tratamento de águas cinza com fins não potáveis. **Revista de Biotecnologia e Ciência.** Anápolis, v. 2, n. 2, p. 106-116, 2013.

AL-FARAYEDHI, A. A.; IBRAHIM, N. I.; GANDHIDASAN, P. Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions. **Desalination**, p. 60-67, 2014.

AL-JAYYOUSI, O. R. Greywater reuse: towards sustainable water management. **Desalination**, p. 181-192, 2003.

AL-SALLAL, K. A.; AL-RAIS, L.; DALMOUNK, M. B. Designing a sustainable house in the desert of Abu Dhabi. **Renewable Energy**, p. 80-84, 2013.

ALWI, S. R. W.; MANAN, Z. A.; SAMING, M. H.; MISRAN, N. A holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. **Journal of Environmental Management**, p. 219-252, 2008.

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

AMWUA – ARIZONA MUNICIPAL WATER USERS ASSOCIATION. **Facility manager's guide to water management.** Versão 2.7. Arizona: AMWUA, 2008.

ANDRADE, O. F.; VIEIRA, F. D. Avaliação do desperdício hídrico de água potável no uso de bebedouro elétrico de pressão por alunos de uma escola pública em Cabo Frio – RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, RJ, v. 6, n. 1, p. 115-137, 2012.

AQUIM, P. M. **Balço de massa: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e curtimento**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2004.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

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

BAPTISTA, M.; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 2ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

BASTO, J. E. **Qualidade do ar interno**. 2007. **Apostila de Engenharia de Segurança do Trabalho**, ANEST (Associação Nacional de Engenharia de Segurança do Trabalho), Itajaí, 2007.

BEAL, C. D.; STEWART, R. A. Identifying Residential Water end Uses Underpinning Peak Day and Peak Hour Demand. **Journal of Water Resources Planning and Management**, 2014.

BR MALLS. **Shopping Vila Velha**. Disponível em <<http://www.shoppingvilavelha.com.br/ShoppingDetalhe>>. Acesso em 16 jun. 2016.

CHEESMAN, J.; BENNETT, J.; SON, T. V. H. Estimating household water demand using revealed and contingent behaviors: Evidence from Vietnam. **Water Resources Research**, v. 44, 2008.

CHUA, K. J.; CHOU, W. M.; YAN, J. Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies. **Applied Energy**, p. 87-104, 2013.

CHUNG, E.; LEE, K. S. Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multicriteria decision making techniques. **Journal of Environmental Management**, p. 1502-1522, 2009.

COHIM, E., GARCIA, A., KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de águas de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador, Bahia. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/publicacoes/pub\\_art74.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2016.

COOK, S.; SHARMA, A. K.; GURUNG, T. R.; Evaluation of alternative water sources for commercial buildings:A case study in Brisbane, Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, p.86-93, 2014.

COZER, A. D.; SANTANA, E. N. **Aproveitamento de águas pluviais em edificações comerciais estudo de caso: Shopping Vila Velha - ES**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

CROWE, C. M. Reconciliation of process flow rates by matrix projection. **AIChE Journal**. v. 32, n. 4, p.616-623, 1986.

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

ECOCASA. **Água um importante ativo da economia verde**. São Paulo, 2014. Disponível em <<http://www.ecocasa.com.br/agua-um-importante-ativo-da-economia-verde>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

EL-SALAM, M. M. A.; EL-NAGGAR, H. M. In-plant control for water minimization and wastewater reuse: a case study in pasta plants of Alexandria Flour Mills and Bakeries Company, Egypt. **Journal of Cleaner Production**, p. 1403-1412, 2010.

EROKSUZ, E., RAHMAN, A. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. **Resources, Conservation and Recycling**. p. 1449-1452, 2010.

FEMP - Federal Energy Management Program. **Air Handler condensate recovery at the Environmental Protection Agency's Science and Ecosystem Support Division**; DOE/GO-102010-2930, 2010.

FIDAR, A. M.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance evaluation of conventional and water saving taps. **Science of the Total Environment**, p. 815-824, 2016.

FIESP/CIESP – Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reúso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. São Paulo, 2004.

FILHO, G. R. O. A crise da água na região metropolitana de São Paulo em 2014 e a ineficiente gestão dos recursos hídricos. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 29, n. 1, p. 5-20, jan/jul. 2015.

FILHO, J. H., LOURENÇO, P. F. B., BERTOLO, R. S., NASCIMENTO, R. A. **Sustentabilidade no Ambiente Construído – PCC 5100**: Parâmetros que influem na sustentabilidade do shopping centers. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

FIORI, S., FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

FIRJAN/SEBRAE – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro / Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro. **Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria..** Rio de Janeiro, 2007.

FONTANA, D., KALID, R., SARTORI, I., KIPERSTOK, A., SILVA, M., SALES, E. A., FILHO, J. G. P., PERAZZO, S. Balanço hídrico – uma nova sistemática. In: II Congresso Brasileiro de Termodinâmica Aplicada – CBTERMO., 2004, Paraná. **Anais...XV COBEQ A Engenharia Química e o Crescimento Sustentável**, 2004. 7.p.

FRANÇA, R. L. S., SOUZA, D. F. S., JUNIOR, A. M. O. A reconciliação de dados na resolução de problemas industriais. **Scientia Plena**. V. 12, n. 8, 2016.

FREIRE, M. T. M. **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da

Bahia, Salvador, 2011.

FREIRE M. T. M., KALID R. A., AMORIM G.J.S., KIPERSTOK A. Balanço hídrico reconciliado como instrumento de apoio à gestão do consumo de água em instalações aeroportuárias: o estudo de caso o Aeroporto Internacional de Salvador Bahia/Brasil. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 32., 2010, Punta Cana, República Dominicana. **Anais...** República Dominicana: AIDIS, 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUJIMOTO, R. K.; NUNES, S. S.; ILHA, M. S. O. Análise dos testes de detecção de vazamentos em bacias sanitárias. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Paraná. **Anais...** Paraná: ENTAC, 2002.

GHISI, E., FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**. P. 2512-2522, 2007.

GHISI, E., BRESSAN, D. L., MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**. P. 1654-1666, 2007.

GILRON, J. Water-energy nexus: matching sources and uses. **Clean Technologies and Environmental Policy**, p. 1471-1479, 2014.

GOIS, E. H. B. de.; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, p. 263-271, 2015.

GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Prosab-Finep Edital 4. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso Racional de Água e Energia**. Prosab-Finep Edital 5. Rio de Janeiro: Abes, 2009.

GONÇALVES, R. F., SIMÕES, G. M. S. da., WANKE, R. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). **Revista AIDIS**, v. 3, n. 1, p. 120-131, 2010.

GOSSLING, S. New performance indicators for water management in tourism. **Tourism Management**, p. 233-244, 2015.

GUZ, K. Condensate Water Recovery. **ASHRAE Journal**, v. 47, n. 6, 2005.

HURLIMANN, A. Household use of and satisfaction with alternative water sources in Victoria Australia. **Journal of Environmental Management**, p. 2691-2697, 2011.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 21 jun. 2016.

JONES, M. P., HUNT, W. F. Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. **Resources, Conservation and Recycling**. p. 623-629, 2010.

JOUSTRA, C. M.; YEH, D. H. Demand- and source-driven prioritization framework toward integrated building water management (IBWM). **Sustainable Cities and Society**. p. 114-125, 2015.

KESHAVARZI, A. R.; SHARIFZADEH, M.; HAGHIGHI, A. A. K.; AMIN, S.; KESHTKAR, Sh.; BAMDAD, A. Rural domestic water consumption behavior: A case study in Ramjerd area, Fars province, I.R. Iran. **Water Research**, p. 1173-1178, 2006.

KHASTAGIR, A., JAYASURIYA, N. Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation. **Journal of Hidrology**. p. 181-188, 2010.

KUMAR, P.; SAROJ, D. P. Water-energy-pollution nexus for growing cities. **Urban Climate**, p. 846-853, 2014.

LEE, K. E., MOKHTAR, M., HANAFIAH, M. M., HALIM, A. A., BADUSAH, J. Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. **Journal of Cleaner Production**, p. 218-222, 2016.

LI, Z., BOYLE, F., REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**. p. 1-8, 2010.

LICINA, D.; SEKHAR, C. Energy and water conservation from air handling unit condensate in hot and humid climates. **Energy and Buildings**, p. 257-263, 2012.

LOIOLA, R. O aquecimento global não é o vilão da crise hídrica de São Paulo. **Veja.com**. Fev/2015. Seção Ciência. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/o-aquecimento-global-nao-e-o-vilao-da-crise-hidrica-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 28 out. 2015.

LOVELESS, K. J.; FAROOQ, A.; GHAFFOUR, N. Collection of condensate water: Global potential and water quality impacts. **Water Resources Management**, p. 1351-1361, 2013.

MANCUSO, P. C. S.; MANFREDINI, B. Reúso de água em sistemas de resfriamento. Estudo de caso: subestação conversora de energia furnas centrais elétricas. In: CONGRESSO REGIONAL, IV REGIÓN, 5,2005, Asunción. **Anais...** Asunción, Paraguay: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005. p.1-21.

MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GOMEZ, L. A. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: Estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis – SC. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 2004.

MARKS, J.; MARTIN, B.; ZADOROZNYJ, M. How Australians order acceptance of recycled water. **Journal of Sociology**, p. 83-99, 2008.

MARTIN, M. Em plena crise, Sabesp ainda premia grandes consumidores. **El País**, São Paulo, 12 fev 2015. Disponível em: <[http://brasil.elpais.com/brasil/2015/02/12/politica/1423765554\\_696443.html](http://brasil.elpais.com/brasil/2015/02/12/politica/1423765554_696443.html)>. Acesso em: 22 de fev. 2016.

MARTINS, M.A.F., AMARO, C., SOUZA, L., KALID, R., KIPERSTOK. A. New objective function for data reconciliation in water balance from industrial process. **Journal of Cleaner Production**. v. 18, p. 1184-1189, 2010.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) –

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2009.

MAYER, P., DEOREO, W., LEWIS, D. M. **Seattle home water conservation study: The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single – family homes**. Colorado: The United States Environmental Protection Agency, 2000.

MUN, J.S., HAN, M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification. **Journal of Environmental Management**. p. 147-153, 2012.

NAIR, S.; GEORGE, B.; MALANO, H. M.; ARORA, M.; NAWARATHNA, B. Water-energy-greenhouse gas nexus of urban water systems: Review of concepts, state-of-art and methods. **Resources, Conservation and Recycling**, p. 1-10, 2014.

NASSAR, B.; MOURA, C. Aproveitamento de condensado das serpentinas. **ATMOS Engenharia de Climatização**, 2015. Disponível em <<http://www.atmosclimatizacao.com.br/artigos-tecnicos>>. Acesso em 02 jun. 2016.

NETO, R. F. M.; CARVALHO, I. C. CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. F. Rainwater use in airports: A case study in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**. p. 36-43, 2012.

NICOLETTE, J.; BURR, S.; ROCKEL, M. A Practical Approach for Demonstrating Environmental Sustainability and Stewardship through a Net Ecosystem Service Analysis. **Sustainability**, p. 2152-2177, 2013.

NOVOTNY, V. Water and Energy Link in the Cities of the Future – Achieving Net Zero Carbon and Pollution Emissions Footprint. In: LAZAROVA, V.; CHOO, K. H.; CORNEL, P. **Water Energy Interactions in Water Reuse**. London: IWA Publishing, 2012.

NSWHEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**, 2000. Disponível em <<http://www.health.nsw.gov.au/environment/domesticwastewater/Documents/greywater-reuse-policy.pdf>>. Acesso em 31 mai. 2016.

NUNES, R. T. S. **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reúso em shopping Center**. 2006. Dissertação (Mestrado em



Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, G. L. **A metodologia TECLIM para uso racional da água na indústria: Uma proposta de sistematização**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

PATTANAYAK, S. K.; YANG, J. C. Coping with unreliable public water supplies: Averting expenditures by households in Kathmandu, Nepal. **Water Resources Research**, v. 41, 2005.

PERTEL, M. **Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

PURA. Programa de uso racional da água. **Diretrizes de Gestão de Sistemas de Reservação de Água Potável**, versão 1.13. São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.pura.usp.br/pesquisa-e-extensao/dtrs/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

QUADROS, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

RAHMAN, A., KEANE, J., IMTEAZ, M. A. Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. **Resources, Conservation and Recycling**. p. 16-21, 2012.

RAPOPORT, B. **Águas cinza: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial**. 2004. Monografia. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

REVISTA TAE. **Tratamento de água: Shopping JK Iguatemi tem sistema de tratamento de água de chuva**. 2012. Disponível em <<http://www.revistatae.com.br>>. Acesso em: 28 mai. 2017.

RODRIGUES, I., MARTINS, M., HARTMANN, A., KALID, R. **Utilização de questionários na estimativa da incerteza em reconciliação de dados do balanço hídrico**. Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

SABESP. **Escassez hídrica atinge outros países e situação é agravada por mudanças climáticas**. São Paulo, 17 dez. 2014. Notícias. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaold=65&id=6388>>. Acesso em 22 fev. 2016.

SABESP. **Testes de Vazamentos**. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=244>>. Acesso em 27 abr. 2017.

SANTO, G. E.; SANCHEZ, J. G. Caracterização do uso da água em shopping centers da região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, L. M. **Estudo da demanda de água não potável e desenvolvimento de um sistema de reúso de água cinza para habitação de interesse social**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SINGH, V. P.; KHEDUN, C. P.; MISHRA, A. K. Water, Environment, Energy, and Population Growth: Implications for Water Sustainability under Climate Change. **Journal of Hydrologic Engineering**, p. 667-673, 2014.

SISCO, L.; MONZER, S.; FARAJALLA, N.; BASHOUR, I.; SAOUD, I. P. Roof top gardens as a means to use recycled waste and A/C condensate and reduce temperature variation in buildings. **Building and Environment**, 2017.

THERMOKEY. **Torre de resfriamento versus condensador adiabático com tubos em alumínio para amônia.** Disponível em: <[http://www.thermokey.com.br/bra/downloads%5CArtigo\\_Comparativo%20Torre%20x%20CDA.pdf](http://www.thermokey.com.br/bra/downloads%5CArtigo_Comparativo%20Torre%20x%20CDA.pdf)>. Acesso em 19 jan. 2016.

VALLE, E. C. de. **Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação e monitoramento de sistemas de medição de águas Industriais, sujeitos a baixa qualidade de informação.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial, Bahia, 2013.

VERGARA, S. C.; BRANCO, P. D. Empresa Humanizada: a organização necessária e possível. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 20-30, 2001.

WAIDYASEKARA, K. G. A. S; SILVA, M. L. de; RAMEEZDEEN, R. **Comparative study of Green building rating systems: in terms of water efficiency and conservation.** In: THE SECOND WORLD CONSTRUCTION SYMPOSIUM 2013. SOCIO-ECONOMIC SUSTAINABILITY IN CONSTRUCTION, 2013, Sri Lanka. Anais... Colombo, Sri Lanka, 2013, p. 108-117.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 291-300, 2010.

WIENER, M. J.; JAFVERT, C. T.; NIES, L. F. The assessment of water use and reuse through reported data: A US case study. **Science of the Total Environment**, p. 70-77, 2016.

WWG - Wastewater Gardens. **Estimated water consumption in the world + Per appliance and sector.** Disponível em: <[http://www.wastewatergardens.com/pdf/WWG\\_InfoSheet\\_InternationalWaterConsump.pdf](http://www.wastewatergardens.com/pdf/WWG_InfoSheet_InternationalWaterConsump.pdf)>. Acesso em 13 jul. 2017.

YANG, J. S.; CHUNG, E. S.; KIM, S. U.; KIM, T. W. Prioritization of water management under climate change and urbanization using multi-criteria decision making methods. **Hydrology and Earth System Sciences**, p. 801-814, 2012.

## 9 ANEXOS

### Medição de vazão através do método volumétrico do Dreno 1

Data	Dreno	Horário Início	Horário Final	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (L)
07/mar	1	10:00	11:00	26,00	26,00	27,00	0,26	0,23	0,06	59,54
07/mar	1	11:00	12:00	46,50	47,50	47,00	0,21	0,23	0,05	46,73
07/mar	1	12:00	13:00	68,00	69,50	70,50	0,49	0,23	0,11	110,04
07/mar	1	13:00	14:00	76,00	76,50	75,50	0,27	0,23	0,06	61,81
07/mar	1	14:00	15:00	20,00	18,50	20,00	0,20	0,23	0,04	44,09
07/mar	1	15:00	16:00	29,00	27,00	28,00	0,09	0,23	0,02	19,22
07/mar	1	16:00	17:00	44,00	43,00	44,00	0,35	0,23	0,08	79,52
07/mar	1	17:00	18:00	61,00	60,30	61,00	0,26	0,23	0,06	57,89
07/mar	1	18:00	19:00	18,00	17,00	18,00	0,18	0,23	0,04	39,95
07/mar	1	19:00	20:00	24,00	23,00	24,00	0,06	0,23	0,01	13,57
07/mar	1	20:00	21:00	44,50	44,00	44,50	0,38	0,23	0,09	86,68
07/mar	1	21:00	22:00	63,00	62,40	63,00	0,24	0,23	0,06	55,32

## Medição de vazão através do método volumétrico do Dreno 2

Data	Dreno 2	Horário Início	Horário Final	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (L)
15/mar	2	10:10	11:10	55,00	57,00	57,00	0,56	0,23	0,13	127,38
15/mar	2	11:10	11:50	94,00	94,00	94,00	0,94	0,23	0,21	212,55
15/mar	2	12:00	13:00	68,00	68,00	67,50	0,68	0,23	0,15	153,38
15/mar	2	13:00	14:00	59,50	61,00	61,00	0,61	0,23	0,14	136,80
15/mar	2	14:00	15:00	69,00	68,00	68,00	0,68	0,23	0,15	154,51
15/mar	2	15:00	16:00	69,00	69,00	69,00	0,69	0,23	0,16	156,02
15/mar	2	16:00	17:00	81,50	81,00	81,00	0,81	0,23	0,18	183,53
15/mar	2	17:00	18:00	79,00	78,00	79,00	0,79	0,23	0,18	177,88
15/mar	2	18:00	19:00	78,00	77,50	78,00	0,78	0,23	0,18	175,99
15/mar	2	19:00	20:00	94,00	94,00	94,00	0,94	0,23	0,21	212,55
15/mar	2	20:10	21:00	90,00	90,00	91,00	0,90	0,23	0,20	204,26
15/mar	2	21:00	21:45	91,00	92,00	92,00	0,92	0,23	0,21	207,27
15/mar	2	21:45	22:00	3 galões de 20litros e 2 garrafas de 5 litros			-	0,23	0,07	70,00

## Medição de vazão através do método volumétrico do Dreno 3

Data	Dreno	Operador	Horário	Horário Início	Horário Final	Altura 1	Altura 2	Altura 3	altura (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Volume (L)
22/mar	3	Carol	10 as 11	10:10	11:10	28,00	28,00	28,00	0,280	0,226	0,063	63,313
22/mar	3	Carol	11 as 12	11:10	11:50	53,00	54,00	54,00	0,257	0,226	0,058	58,037
22/mar	3	Carol	12 as 13	12:00	13:00	36,00	37,00	36,50	0,365	0,226	0,083	82,533
22/mar	3	Carol	13 as 14	13:00	14:00	49,50	51,50	51,00	0,142	0,226	0,032	32,033
22/mar	3	Celso	14 as 15	14:00	15:00	37,00	36,00	37,00	0,367	0,226	0,083	82,909
22/mar	3	Celso	15 as 16	15:00	16:00	57,00	58,00	57,00	0,207	0,226	0,047	46,731
22/mar	3	Celso	16 as 17	16:00	17:00	38,00	37,00	39,00	0,380	0,226	0,086	85,924
22/mar	3	Celso	17 as 18	17:00	18:00	47,00	46,00	47,00	0,087	0,226	0,020	19,597
22/mar	3	Fernanda	18 as 19	18:00	19:00	39,00	38,00	39,00	0,387	0,226	0,087	87,432
22/mar	3	Fernanda	19 as 20	19:00	20:00	32,00	32,50	32,00	0,322	0,226	0,073	72,734
22/mar	3	Fernanda	20 as 21	20:10	21:00	29,00	29,50	29,00	0,292	0,226	0,066	65,951
22/mar	3	Fernanda	21 as 22	21:00	22:00	25,00	24,50	25,00	0,248	0,226	0,056	56,152

## Medição de vazão através do método volumétrico do Dreno 4

Data	Dreno	Operador	Horário	Horário Início	Horário Final	Altura 1	Altura 2	Altura 3	altura (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Volume (L)
23/mar	4	Carol	10 as 11	10:10	11:10	34,00	33,50	33,50	0,337	0,226	0,076	76,126
23/mar	4	Carol	11 as 12	11:10	11:50	56,00	55,50	56,00	0,222	0,226	0,050	50,123
23/mar	4	Carol	12 as 13	12:00	13:00	57,00	56,50	57,00	0,347	0,226	0,078	78,387
23/mar	4	Carol	13 as 14	13:00	14:00	73,00	72,00	73,00	0,380	0,226	0,086	85,924
23/mar	4	Celso	14 as 15	14:00	15:00	33,00	32,00	33,00	0,327	0,226	0,074	73,865
23/mar	4	Celso	15 as 16	15:00	16:00	56,50	55,50	56,50	0,235	0,226	0,053	53,137
23/mar	4	Celso	16 as 17	16:00	17:00	58,00	57,00	58,00	0,342	0,226	0,077	77,257
23/mar	4	Celso	17 as 18	17:00	18:00	59,00	58,00	59,00	0,245	0,226	0,055	55,399
23/mar	4	Fernanda	18 as 19	18:00	19:00	31,50	31,00	31,50	0,313	0,226	0,071	70,850
23/mar	4	Fernanda	19 as 20	19:00	20:00	31,50	31,00	31,50	0,313	0,226	0,071	70,850
23/mar	4	Fernanda	20 as 21	20:10	21:00	29,50	29,00	29,50	0,293	0,226	0,066	66,328
23/mar	4	Fernanda	21 as 22	21:00	22:00	26,00	25,00	26,00	0,257	0,226	0,058	58,037