

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA CONSERVAÇÃO DE
ÁGUA E REDUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM UM
EDIFÍCIO RESIDENCIAL DOTADO DE SISTEMA DE REÚSO
DE ÁGUA CINZA**

MAYARA MILANEZE ALTOÉ BASTOS

VITÓRIA
2013

MAYARA MILANEZE ALTOÉ BASTOS

**OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA CONSERVAÇÃO DE
ÁGUA E REDUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM UM
EDIFÍCIO RESIDENCIAL DOTADO DE SISTEMA DE REÚSO
DE ÁGUA CINZA**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves

Co-orientador: Prof. MSc. Karolyna Costa Aguiar

VITÓRIA

2013

MAYARA MILANEZE ALTOÉ BASTOS

OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA
E REDUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL DOTADO DE SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA
CINZA

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovado em 11 de setembro de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador - UFES

Profa. Dra. Edumar Ramos Cabral Coelho
Examinador Interno - UFES

Prof. MSc. Jair Casagrande
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força para seguir em frente.

À minha família e amigos por todo o apoio.

Ao meu namorado pela compreensão nas horas de ausência e pelo apoio.

À Karolyna Aguiar, minha co-orientadora, por estar sempre disposta a ajudar e compartilhar seus conhecimentos.

Ao João, técnico da Fluir Engenharia, pela disponibilidade em me ajudar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Franci, pela orientação, pelos ensinamentos e incentivo.

Aos meus examinadores, Edumar Coelho e Jair Casagrande, pela disponibilidade em me avaliar.

Ao Núcleo Água - UFES, por fornecer os dados para a pesquisa.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo estimar o potencial de conservação de água potável e de redução de esgoto doméstico, em um edifício residencial multifamiliar dotado de sistema de tratamento de água cinza-clara, localizado em Vitória – ES. A partir do estado de funcionamento real da edificação foi realizada a proposição de cenários hipotéticos alternativos, que consideram o reúso de água cinza e o gerenciamento de urina humana. O impacto foi quantificado a partir da comparação de índices *per capita* de água potável e de esgoto doméstico. O cenário 1 refere-se ao edifício residencial multifamiliar monitorado, com reúso de água para descarga de bacias sanitárias, limpeza de áreas comuns e rega de jardins. O cenário 2 é um edifício convencional, sem reúso, tomado como base de comparação. No cenário 3, além do reúso na edificação, considera-se ainda a venda de água de reúso não potável produzida na própria edificação para a Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) para limpeza de ruas e rega de jardins públicos. Os cenários 4 e 5 consideram que a edificação utiliza, respectivamente, bacia sanitária segregadora (BSS) e mictório seco unissex em conjunto com bacia sanitária convencional, levando-se em conta situações com e sem reúso de água na edificação. No que se refere à economia de água potável, o cenário real apresenta uma redução de 23% no consumo. O mesmo potencial foi observado na redução de esgoto doméstico. O cenário que apresentou menor geração de esgoto doméstico foi o 3, visto que o descarte de água de reúso foi reduzido com a venda para a PMV. Dentre as situações estudadas, a que apresentou melhor desempenho no que se refere ao uso racional de água foi o cenário 4, com redução de 18% na demanda total por água. Em relação ao impacto obtido pela mudança do dispositivo sanitário, a adoção da BSS, cenário 4, reduziu em 91% a demanda por água para esse dispositivo. No cenário 5, que considera o uso do mictório seco para urinar em conjunto com bacia sanitária para afastamento das fezes, a redução foi de 86% em relação ao uso do sistema convencional de descarga, com 6,8 litros.

Palavras-chave: Reúso de Água. Separação de Urina. Consumo de Água. Geração de Efluentes.

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the potential conservation of drinking water and reduction of domestic sewage in a multifamily residential building endowed with light-greywater treatment system, located in Vitoria – ES. The study considered the building in the real operation to propose alternative scenarios, which take into account water reuse and managing of human urine. The impact was measured by comparing the *per capita* rates of drinking water and domestic sewage. Scenario 1 refers to the multifamily residential building monitored that reuse water for toilet flushing, cleaning of common areas and watering gardens. Scenario 2 is a conventional building, without reuse, taken as a basis for comparison. In scenario 3, in addition to reuse, the building sells non-potable water to Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) in order to clean streets and irrigate public gardens. The scenarios 4 and 5 consider, respectively, urine-separating toilet (UST) and waterless unisex urinal in addition to toilet bowl, taking into account situations with and without water reuse in the building. In relation to potable water savings, the real scenario presents a 23% reduction in consumption. The same decrease was observed in the potential generation of wastewater. The scenario with the lowest generation of sewage was scenario 3, since the disposal of reclaimed water was reduced with the sale to PMV. Among the cases studied, the one that showed the best performance in relation to the rational use of water was scenario 4, with 18% reduction in total demand for water. Regarding the impact achieved by changing the sanitary appliance, the adoption of UST, scenario 4, decreased 91% the demand for water. In scenario 5, which considers the use of waterless urinal in addition to toilet bowl for removal of feces, the reduction was 86% compared to the conventional flushing system, with 6.8 liters.

Keywords: Water Reuse. Urine Diversion. Water Consumption. Wastewater Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do consumo de água em empreendimentos	21
Figura 2 - A separação dos elementos do saneamento ecológico e os exemplos de possíveis tratamentos e utilizações	28
Figura 3 - Bacias sanitárias compartimentadas.....	34
Figura 4 - Mictórios convencionais	36
Figura 5 - Mictórios Unissex sem água	36
Figura 6 - Áreas da edificação em estudo	38
Figura 7 - ETAC instalada na edificação	39
Figura 8 - Esquema de distribuição de água e coleta de esgoto no edifício	40
Figura 9 - Tulipas da caixa de entrada da ETAC.....	42
Figura 10 - Esquema do funcionamento da ETAC em 2008	43
Figura 11 - Modelo atual da ETAC (2013).....	44
Figura 12 - Bacia sanitária segregadora	61
Figura 13 - Consumo médio de água potável e de reúso e geração média de esgoto doméstico	72
Figura 14 - Indicadores per capita médios de consumo de água e geração de esgoto	77
Figura 15 - Produção per capita por porção de esgoto produzido na edificação	79
Figura 16 - Indicadores <i>per capita</i> de consumo nos dispositivos sanitários em cada cenário	81
Figura 17 - KARCHER HD585 – Prof S. 220 V	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição do consumo de água em edificações	20
Tabela 2 - Indicadores de consumo per capita de água potável encontrados na literatura	22
Tabela 3: Consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2007 a 2010, segundo estado e região sudeste	23
Tabela 4 - Consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2007 a 2010, segundo estado e região nordeste	24
Tabela 5 - Volume de urina excretado por indivíduo em um dia	31
Tabela 6 - Frequência diária do uso da BS na residência	31
Tabela 7 - Produção de fezes por ato de defecar	32
Tabela 8 - Diferentes tipos de bacias sanitárias quanto ao tipo de descarga utilizada	35
Tabela 9 – Valor médio da população da edificação.....	47
Tabela 10 - Consumos médios de água nos cenários e conservação do recurso	75
Tabela 11 - Valores de índices de consumo (IC) per capita de água potável (AP) e de água de reúso (AR) encontrados na literatura.....	76
Tabela 12 - Indicadores médios <i>per capita</i> de produção de esgoto e redução na geração	78
Tabela 13 - Indicadores de produção <i>per capita</i> de esgoto, água cinza-clara e escura, água negra, água marrom e água amarela em comparação com estudo semelhante.....	80
Tabela 14 - Reduções de consumo de água e produção de esgoto para os cenários	82
Tabela 15 - Descrição das atividades de limpeza na edificação	93
Tabela 16 - Descrição da atividade de rega de jardim na edificação	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontos de consumo de água potável e não potável.....	41
Quadro 2 - Hidrometração da edificação em estudo	45
Quadro 3 - Descrição dos cenários de consumo de água e produção de esgoto a serem estudados.....	46

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AA	Águas amarelas
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ACclaras	Águas cinza-claras
ACescuras	Águas cinza-escuras
AM	Águas marrons
AN	Águas negras
ANA	Agência Nacional das Águas
AP	Água potável
AR	Água de reúso
BS	Bacia Sanitária
BSS	Bacia Sanitária Segregadora
C1	Cenário 1
C2	Cenário 2
C3a	Cenário 3a
C3b	Cenário 3b
C4a	Cenário 4a
C4b	Cenário 4b
C5a	Cenário 5a
C5b	Cenário 5b
CEDAE	Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
DEC	Decantador Secundário
e_1	Produção per capita de águas residuárias na edificação (L/hab.dia) no cenário 1
e_2	Produção per capita de águas residuárias na edificação (L/hab.dia) no cenário 2
e	Impacto de redução de produção de esgoto doméstico por pessoa (%)
e_x	Indicador de produção per capita de esgoto doméstico na edificação (L.hab/dia) no cenário em estudo
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinzas
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
Freq	Frequência diária de uso da bacia sanitária para urinar por pessoa do edifício (vezes/hab.dia)
FT	Filtro Terciário
hab	Habitantes
IC	Índice de consumo
IP	Índice de produção
L	Litros
L/dia	Litros por dia
L/hab.dia	Litros por habitante por dia
M	Metro
m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico
m^3 /dia	Metro cúbico por dia

PMV	Prefeitura Municipal de Vitória
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
%	Porcentagem
Pop	População da edificação (hab)
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
$\bar{Q}_{\text{Potável1}}$	Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1
$\bar{Q}_{\text{Reúso1}}$	Consumo médio diário de água de reúso na edificação (L/dia) no cenário 1
\bar{Q}_{AC1}	Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{ACextravasor}}$	Vazão média diária de água cinza que é descartada na rede de esgoto pelo extravasor (L/dia)
\bar{Q}_{ETAC}	Vazão média diária de água cinza-clara que entra na ETAC para ser tratada (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Excedente1}}$	Vazão média diária de água cinza-clara bruta/água de reúso descartada na edificação (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Rextravasor}}$	Vazão média diária de água de reúso descartado na rede de esgoto (L/dia)
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à edificação (L/dia) no cenário 1
\bar{Q}_{BSapt}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente ao conjunto de apartamentos (L/dia) para o cenário 1
$\bar{Q}_{\text{BSoutros}}$	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à área de lazer e ao térreo (L/dia) para o cenário 1
$\bar{Q}_{\text{LReúso}}$	Consumo médio diário de água de reúso na área de lazer da edificação (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{CReúso}}$	Consumo médio diário de água de reúso na área comum da edificação (L/dia)
\bar{Q}_{Limpeza}	Consumo médio diário de água de reúso para limpeza de áreas comuns na edificação (L/dia)
\bar{Q}_{Jardins}	Consumo médio diário de água de reúso para rega de jardins na edificação (L/dia)
\bar{Q}_{AN1}	Vazão média diária de águas negras gerada na edificação (L/dia)
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à edificação (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{BSoutros}}$	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à área de lazer e ao térreo (L/dia) para o cenário 1
\bar{Q}_{Coz1}	Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente à edificação (L/dia)
\bar{Q}_{Esgoto1}	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para a situação real (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Potável2}}$	Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 2
\bar{Q}_{Esgoto2}	Vazão média diária de esgoto doméstico (l/dia) produzida no cenário 2
$\bar{Q}_{\text{Reúso3a}}$	Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 3a (L/dia)
\bar{Q}_{PMV3a}	Vazão média diária de água de reúso disponível para venda à PMV (L/dia) no cenário 3 ^a

$\bar{Q}_{\text{Potável3a}}$	Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 3a
$\bar{Q}_{\text{Esgoto3a}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico (L/dia) produzida no edifício no cenário 3a
$\bar{Q}_{\text{Reúso3b}}$	Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 3b (L/dia)
\bar{Q}_{PMV3b}	Vazão média diária de água de reúso disponível para venda à PMV (L/dia) no cenário 3a
$\bar{Q}_{\text{Potável3b}}$	Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 3b
$\bar{Q}_{\text{Esgoto3b}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico (L/dia) produzida no edifício no cenário 3b
$\bar{Q}_{\text{Potável4a}}$	Consumo médio diário de água potável (L/dia) no edifício no cenário 4a
\bar{Q}_{BSS4a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4a
\bar{Q}_{BSS4a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4a
$\bar{Q}_{\text{Esgoto4a}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 4a (L/dia)
\bar{Q}_{AM4a}	Vazão média diária de água marrom no edifício no cenário 4a (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Esgoto4b}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 4b (L/dia)
\bar{Q}_{AM4b}	Vazão média diária de água marrom no edifício para o cenário 4b (L/dia)
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias no cenário 1 (L/dia)
\bar{Q}_{BSS4b}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4b
\bar{Q}_{Urina4}	Vazão média diária de urina produzida no edifício para o cenário 4 (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Potável5a}}$	Consumo médio diário de água potável (L/dia) no edifício no cenário 5a
\bar{Q}_{BS5a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias no cenário 5a
$\bar{Q}_{\text{Esgoto5a}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 5a (L/dia)
\bar{Q}_{AN5a}	Vazão média diária de águas negras no edifício (L/dia)
\bar{Q}_{AN5a}	Vazão média diária de águas negras no edifício (L/dia)
$\bar{Q}_{\text{Esgoto5b}}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 5b (L/dia)
\bar{Q}_{BS5b}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 5b
\bar{Q}_{Urina5}	Vazão média diária de urina produzida no edifício para o cenário 5 (L/dia)
q	Impacto de redução do consumo de água potável por pessoa (%)
q_2	Indicador de consumo per capita de água potável na edificação (L/hab.dia) no cenário 2
q_x	Indicador de consumo per capita de água potável na edificação

	(L/hab.dia) no cenário em estudo
r_1	Consumo per capita de água de reúso na edificação (L/hab.dia) no cenário 1
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEMSE	Secretaria de Serviços
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TQE	Tanque de equalização
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
USEPA	Environmental Protection Agency
USP	Universidade de São Paulo
V_{urina}	Volume médio de urina excretado por pessoa no ato de urinar (L)
V_{fezes}	Volume médio de fezes excretado por pessoa no ato de defecar (L/hab.dia)
V_{4a}	Volume de água potável (L/dia) utilizado nas descargas das BSS no cenário 4a
V_{5a}	Volume de água potável (L/dia) utilizado nas descargas das bacias sanitárias no cenário 5a

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
3. JUSTIFICATIVA	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1. CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL.....	19
4.2. INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA	21
4.3. CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	25
4.3.1. <i>Saneamento ecológico ou Ecossaneamento</i>	27
4.3.2. <i>Aparelhos e dispositivos economizadores</i>	33
5. METODOLOGIA.....	38
5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	38
5.2. MONITORAMENTO DO CONSUMO	45
5.3. CENÁRIOS DE CONSUMO DE ÁGUA E DE PRODUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO	46
5.3.1. <i>Cenário 1</i>	48
5.3.2. <i>Cenário 2</i>	55
5.3.3. <i>Cenário 3</i>	57
5.3.4. <i>Cenário 4</i>	60
5.3.5. <i>Cenário 5</i>	66
5.4. IMPACTO DE REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL	70
5.5. IMPACTO DE REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO	70
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
7. CONCLUSÕES	84
8. RECOMENDAÇÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APÊNDICE A – PLANILHA COM A DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES.....	93
DE LIMPEZA DA ÁREA COMUM DO EDIFÍCIO.....	93
APÊNDICE B – PLANILHA COM A DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES.....	94
DE REGA DE JARDIM DO EDIFÍCIO	94

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades econômicas e a crescente urbanização acarretam no aumento da demanda por recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade, favorecendo assim, a deterioração dos mananciais. Os resultados deste cenário incluem problemas no abastecimento e escassez hídrica, sendo fundamental, portanto, a sensibilização da sociedade acerca da importância deste recurso natural e de seu uso racional. Neste contexto, a busca por sistemas alternativos de gestão de água que contribuam com a sua conservação se mostra como uma solução para o cenário atual de estresse hídrico, em que a demanda de água supera a sua oferta em várias regiões do planeta.

Para Zanchetta (2007), os sistemas convencionais centralizados de abastecimento de água e esgoto, utilizados em países industrializados, não são considerados uma solução sustentável ao saneamento, visto que implicam em altos custos, impactos ambientais significantes, além de elevado consumo de água e energia. Alternativas a este cenário incluem o reúso de água para fins menos nobres e a reciclagem de nutrientes.

Uma alternativa para a reciclagem de nutrientes é a utilização, em áreas agrícolas cultiváveis, do esgoto doméstico gerado em áreas urbanas. A urina é a parcela do esgoto que contém a maior carga de nutrientes e, ao mesmo tempo, constitui menos de 1% do volume de esgoto convencional (JOHANSSON & NYKVIST, 2001).

Desta forma, o sistema de reciclagem de nutrientes é uma prática que, além de reduzir de maneira significativa o volume de água potável necessário para transportar os resíduos nas redes coletoras, diminui também a entrada de nutrientes nas estações de tratamento a partir da adoção da separação de urina e fezes na fonte geradora. Um exemplo é a adoção, em edificações, de bacias sanitárias com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina. Nesse contexto, a urina deixa de participar do tratamento convencional de esgoto podendo ser utilizada na agricultura como fertilizante natural.

Outra prática que colabora com a sustentabilidade hídrica, é o reúso de água para usos não potáveis na escala das edificações residenciais. As águas provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa e tanque, ou seja, que não possuem contribuição fecal, são denominadas águas cinzas, e podem ser reutilizadas após tratamento. De acordo com Pertel (2009), a utilização deste tipo de fonte alternativa se mostra como uma saída para atender demandas que não exigem o uso de água potável, sendo empregadas, por exemplo, nas descargas das bacias sanitárias, rega de jardins, limpeza de áreas externas e de automóveis.

Segundo Gonçalves (2006, p.15), em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis. Sendo assim, o autor considera que a conservação de água seria garantida se fosse estabelecido um sistema de abastecimento de rede dupla de água, sendo uma rede de água potável e outra de água de reúso.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar o potencial de conservação de água potável e de redução de esgoto doméstico em um edifício residencial multifamiliar dotado de sistema de tratamento de águas cinza-claras e também, em cenários alternativos propostos para a edificação.

Como objetivos específicos para consecução do objetivo geral têm-se:

- Calcular o consumo médio de água de reúso e água potável em um edifício residencial dotado de sistema de tratamento de águas cinza-claras com base em banco de dados fornecido pelo Núcleo Água – UFES;
- Estimar a produção média de águas residuárias em um edifício residencial dotado de sistema de tratamento de águas cinza-claras com base em banco de dados fornecido pelo Núcleo Água – UFES e em estimativas de geração de águas negras e cinza-escuras;
- Estimar o consumo médio de água de reúso, de água potável e de produção de águas residuárias em cenários hipotéticos que considerem a venda de água de reúso para Prefeitura Municipal de Vitória;
- Estimar o consumo médio de água de reúso, de água potável e de produção de águas residuárias em cenários hipotéticos que adotem o gerenciamento segregado da urina humana;
- Verificar o impacto de conservação de água potável e de redução de esgoto doméstico para os cenários propostos a partir da comparação dos indicadores *per capita*.

3. JUSTIFICATIVA

“Os rios Santa Maria da Vitória e Jucu, os dois principais mananciais que abastecem a Grande Vitória, garantem água potável aos moradores da Região Metropolitana até 2030” (Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN, 2012).

Diante deste cenário de incerteza para a região da Grande Vitória, em que a qualidade dos mananciais e sua disponibilidade hídrica não acompanham o consumo humano, situação observada também em outros centros urbanos brasileiros, fica evidente a necessidade de adotar tecnologias alternativas ao sistema convencional de saneamento. Tratar efluentes sanitários como um recurso a ser aproveitado é uma medida de controle de poluição dos corpos d’água e de aumento de oferta de água. Outros benefícios deste tipo de sistema podem ser citados, como a reciclagem de nutrientes e vantagens para o solo.

O reúso de água insere-se no cenário brasileiro como uma importante alternativa de conservação deste recurso natural ao permitir que importantes volumes do mesmo sejam poupados, usando-se a água de qualidade inferior, geralmente efluentes pós-tratados, para atendimento de finalidades que podem prescindir da potabilidade (TELLES E COSTA, 2007, *apud* AGOSTINI, 2009). Outra tecnologia que atua na redução do desperdício de água e reduz a poluição hídrica, é a segregação de urina das demais águas residuárias. Desta forma, ela pode ser recuperada e utilizada como fertilizante natural na agricultura.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma avaliação do potencial de conservação de água e de redução de esgoto doméstico em um edifício residencial multifamiliar dotado de reúso de águas cinza-claras e, em cenários hipotéticos que consideram o reúso e o gerenciamento de águas amarelas na edificação. O estudo contribui, portanto, para estimular a discussão sobre os sistemas alternativos de saneamento, além de incentivar novos estudos do tema de forma a favorecer sua adoção.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Consumo de Água Residencial

A água é utilizada em todos os segmentos da sociedade e está presente no uso doméstico, comercial, industrial, público e agrícola (GONÇALVES, 2006). De acordo com Tomaz (2000 apud GONÇALVES, 2006), o consumo residencial inclui o uso de água nas residências unifamiliares e edifícios multifamiliares.

De acordo com Gonçalves (2009), o consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. O autor cita que na região metropolitana de São Paulo, as residências consomem um volume que corresponde a 84,4% do consumo total urbano, incluindo também a demanda das pequenas indústrias. Na cidade de Vitória o valor é similar, correspondendo a aproximadamente 85% do total consumido na região (RODRIGUES, 2005).

O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo às residências. Segundo Terpstra (1999, *apud* GONÇALVES, 2006), as atividades de limpeza, higiene pessoal, descarga de banheiros e consumo referem-se aos usos internos. O uso externo refere-se à irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos, piscinas, dentre outros (GONÇALVES, 2006; FALKENBERG, 2005).

Fatores físicos, culturais e econômicos influenciam o consumo doméstico, dentre os quais destaca-se: localização geográfica, nível sócio-econômico da população abastecida, condições climáticas, preço da tarifa água, hábitos de higiene, nível de conscientização, quantidade de moradores, dias da semana e feriados (FALKENBERG, 2005).

A Tabela 1 apresenta distribuições de consumo de água determinadas por estudos em edificações situadas no Brasil e no exterior: prédio situado no campus da Universidade de São Paulo (USP); pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) realizada em residência localizada em Florianópolis - SC e ainda, três estudos no exterior, sendo um australiano NSWHealth (2000), um americano EPA (1992) e outro dinamarquês, Jensen (1991).

Tabela 1 - Distribuição do consumo de água em edificações

Setor da residência	Brasil, SP [*]	Brasil, SC ^{**}	Austrália ^{3*}	Dinamarca ^{4*}	EUA ^{5*}
Banheiro	63%	50%	70%	50%	74%
Bacia sanitária	29%	21%	32%	20%	41%
Lavatório	6%	29%	5%	10%	-
Chuveiro	28%		33%	20%	33%
Banheira	-			-	-
Cozinha	22%	15%	7%	25%	5%
Pia de Cozinha	17%	15%	7%	5%	5%
Máq de lavar louça	5%	-		20%	-
Área de serviço	15%	35%	23%	15%	21%
Máq de lavar roupa	9%	35%	23%	15%	21%
Tanque	6%		-	-	-
Torneira de uso geral	-	-	-	-	-
Outros	-	-	-	10%	-
Lavagem de carros	-	-	-	10%	-

Citado por Gonçalves, 2006; ^{**} Citado por Gonçalves, 2009; ³NSWhealth, 2000; ⁴Jensen, 1991; ⁵USEPA, 1992

Conforme observado na Tabela 1, comparado às demais áreas da residência o banheiro consome o maior volume de água potável, sendo uma parcela considerável destinada ao uso da bacia sanitária e do chuveiro. Essa situação indica a possibilidade de adotar sistemas que considerem a água de reúso para fins não potáveis como, por exemplo, o uso em bacias sanitárias.

Outros usos não potáveis em residências citados por Gonçalves (2006) incluem a lavagem de roupas, de carros e calçadas, a irrigação de jardins, entre outros. Entretanto, o uso para higiene pessoal, consumo humano e preparação de alimentos, exige que a água esteja de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Legislação Federal, Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

A Figura 1 apresenta outras distribuições do consumo de água, agora em empreendimentos de alta renda, sendo um horizontal (loteamento) e outro vertical

(edifício). De acordo com o estudo, elaborado pela Universidade de São Paulo (USP), o consumo no empreendimento horizontal é de 325 L/hab.dia e no vertical é de 295 L/hab.dia.

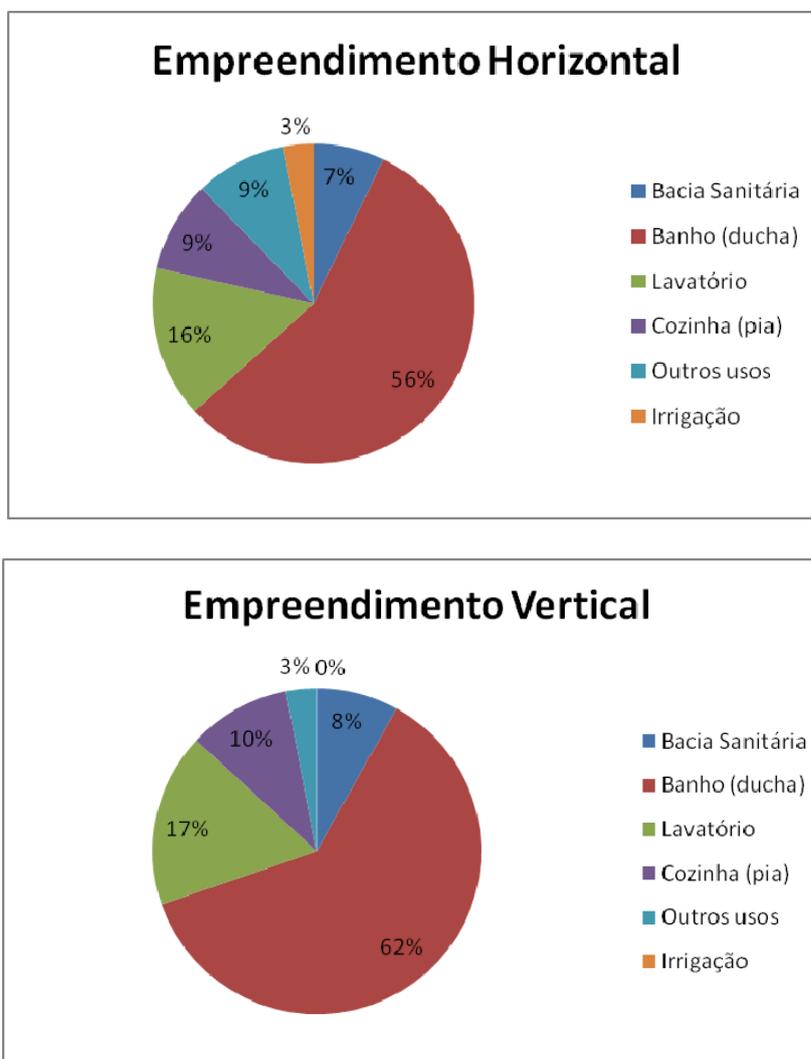


Figura 1 - Distribuição do consumo de água em empreendimentos
 Fonte: Adaptado de Mierzwa et. al, 2006

4.2. Indicadores de Consumo de Água

O índice mais comumente utilizado para referenciar-se ao uso da água em áreas urbanas é o indicador de consumo diário *per capita* (IC *per capita*), expresso em litros por habitante dia (L/hab.dia). Esse valor é dado pela relação entre o volume de água consumido em um determinado período e o número de agentes consumidores nesse mesmo período, denominado período histórico. Existem ainda

outros índices, como o por área, expresso em litros por m² por dia (L/m².dia) e o por dormitório, expresso em litros por dormitório por dia (L/dorm.dia). De acordo com Aguiar (2011), os indicadores por área e por dormitório são mais utilizados quando não se sabe ao certo o número de pessoas (agentes consumidores). Na Tabela 2, são apresentados os indicadores de consumo *per capita* encontrados por diversos autores. Destaca-se que estes índices de consumo *per capita* apresentado na Tabela 2, representam o consumo da edificação sem as perdas na rede distribuidora, visto que se referem ao volume de água micromedido, apurado pelos hidrômetros instalados na edificação.

Tabela 2 - Indicadores de consumo per capita de água potável encontrados na literatura

Referência	Local	Padrão da Edificação	IC <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Macintyre, 1996	Brasil	Apartamentos de Luxo	300 a 400
Mayer, 1999	Texas - EUA	Edificação convencional	263
Rodrigues, 2005	Vitória - ES	SIMIC	155
		BASC	189
		SECO	223
Pertel, 2009	Vitória - ES	Edificação convencional	245
		Edificação dotada de reúso de água cinza	164
Agostini, 2009	Vitória - ES	Edificação dotada de reúso de água cinza	182
Aguiar, 2011	Vitória - ES	Edificação dotada de reúso de água cinza	234

SIMIC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada; BASC – Edifícios dotados de bacia com caixa de descarga acoplada; SECO – Edifícios sem dispositivos economizadores

Destaca-se que os estudos de Pertel (2009) e Agostini (2009) foram realizados na mesma edificação dotada de reúso de água, apresentando resultados distintos devido ao período de monitoramento considerado por cada autor.

De acordo com a CESAN, em 2012, o consumo médio *per capita* na Grande Vitória variava entre 140 a 180 L/hab.dia.

Sabe-se que os padrões de consumo se modificam ao longo dos anos e que variam de acordo com diversos fatores, entre eles a região demográfica. No âmbito nacional, dados apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) tratam dos consumos médios *per capita* de água (Tabela 3) nos estados da região Sudeste, evidenciando o cenário de mudança do consumo de

água entre os anos de 2007 e 2010, último ano disponível no sistema de informação. Os valores apresentados na Tabela 3 referem-se ao *per capita* médio dos estados e região sudeste, portanto consideram consumos residencial, comercial, industrial e as perdas de água no sistema de distribuição.

Tabela 3: Consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2007 a 2010, segundo estado e região sudeste

Estados/ Regiões	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2007	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2008	Variação (%) 2007/2008	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2009	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2010	Variação (%) 2009/2010
Espírito Santo	192,4	185,0	-3,8	182,6	193,3	5,9
Minas Gerais	142,5	138,3	-2,9	137,4	147,0	7,0
Rio de Janeiro	205,8	236,3	14,8	189,1	236,3	25,0
São Paulo	175,0	176,0	0,6	177,8	184,7	3,9
Sudeste	173,8	178,1	2,5	170,4	185,9	9,1
Brasil	149,6	151,2	1,1	148,5	159,0	7,1

Fonte: Criado pelo autor com dados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2008, p. vii e 2010, p. xiii

IC per capita - Consumo médio *per capita* de água (L/hab.dia)

A partir das informações do SNIS, verifica-se que, no Espírito Santo, houve uma queda de 3,8% no consumo médio *per capita* entre os anos de 2007 e 2008, entretanto de 2009 a 2010 ocorreu um aumento significativo de 5,9%, sendo que o índice chegou a 193,3 L/hab.dia. Destaca-se que não é possível afirmar que este aumento esteja relacionado ao consumo residencial.

A intensificação do consumo se mostrou recorrente na região Sudeste, com destaque para os Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, que apresentaram valores acima da média do Brasil e dos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

A Tabela 4 apresenta os índices *per capita* para os mesmos anos da tabela anterior, agora para a região Nordeste do Brasil. Percebe-se um cenário bem distinto daquele exposto para o Sudeste, que possui maior disponibilidade hídrica quando comparado ao Nordeste do país, além de ser uma região mais industrializada. Assim

como para a Tabela 3, os valores apresentados na Tabela 4 referem-se ao *per capita* médio dos estados e região, portanto incluem os consumos residencial, comercial, industrial e as perdas de água no sistema público de distribuição.

Tabela 4 - Consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2007 a 2010, segundo estado e região nordeste

Estados/ Regiões	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2007	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2008	Varição (%) 2007/2008	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2009	IC per capita (L/hab.dia) Ano 2010	Varição (%) 2009/2010
Alagoas	89,7	89,2	-0,6%	86,8	91,6	5,5%
Bahia	122,1	121,7	-0,3%	120,0	120,3	0,2%
Ceará	151,8	131,0	-13,7%	130,3	139,4	7,0%
Maranhão	115,4	103,8	-10,1%	147,2	128,8	-12,5%
Paraíba	98,0	92,0	-6,1%	103,2	111,3	7,9%
Pernambuco	85,1	90,2	6,0%	90,9	96,6	6,3%
Piauí	103,5	109,8	6,1%	114,2	115,9	1,5%
Rio Grande do Norte	126,8	116,0	-8,5%	113,9	124,7	9,5%
Sergipe	119,1	117,9	-1,0%	117,3	118,7	1,2%
Nordeste	114,8	110,5	-3,7%	114,4	117,3	2,5%
Brasil	149,6	151,2	1,1	148,5	159,0	7,1

Fonte: Criado pelo autor com dados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2008, p. vii e 2010, p. xiii

IC per capita - Consumo médio *per capita* de água (L/hab.dia)

Observa-se que os menores consumos médios estaduais ocorreram em Alagoas e em Pernambuco. Em 2010, o consumo em Alagoas foi 22,0% menor que a média da região Nordeste e 42,4% inferior à média do país, enquanto em Pernambuco foi 17,6% menor que a média da região Nordeste e 39,2% inferior à média do país. De acordo com o SNIS, em ambos os estados, a situação sinaliza a existência de intermitência e racionamento de água, com demanda reprimida entre os usuários do sistema.

Esse cenário brasileiro apenas reforça a necessidade de soluções e ferramentas que permitam a aplicação de alternativas estruturais que reduzam a necessidade de uso de água potável para fins menos nobres e, que também incentivem a adoção de equipamentos que demandem um volume inferior de água.

4.3. Conservação de Água

Segundo a United States *Environmental Protection Agency* (USEPA, 1998), a conservação de água é entendida como qualquer redução benéfica nas perdas de água, desperdício ou uso. Para Gonçalves (2006, p. 48), a conservação deste recurso pode ser definida da seguinte forma: “conjunto de práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso, incidindo de maneira sistêmica sobre a demanda e a oferta de água.”

Um exemplo é o uso de fontes alternativas de água na escala das edificações, tais como o aproveitamento da água da chuva e o reúso de águas cinzas, ou seja, fontes que não são provenientes do abastecimento público de água. Assim, a demanda de água pode ser controlada e a oferta ampliada, de forma que os usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.

O uso racional, assim como a utilização de fontes alternativas de água, está inserido no contexto de conservação. Ações de uso racional referem-se, basicamente, àquelas de combate ao desperdício quantitativo, como: a priorização do uso de aparelhos sanitários economizadores de água; o incentivo à adoção da medição individualizada; a conscientização do usuário para não desperdiçar água no ato do uso; a detecção e o controle de perdas de água no sistema predial de água fria; o estabelecimento de tarifas inibidoras do desperdício, dentre outras (SANTOS, 2002).

Para Hespanhol e Gonçalves (2005), as iniciativas de racionalização do uso e de reúso de água se constituem em elementos fundamentais para a ampliação da eficiência do uso desse recurso, resultando em:

- Aumento da disponibilidade para os demais usuários;
- Flexibilização dos suprimentos existentes para outros fins;
- Atendimento ao crescimento populacional;
- Suporte à implantação de novas indústrias; e
- Preservação e conservação do meio ambiente.

A fim de adotar práticas voltadas para a economia de água e proteção dos recursos hídricos naturais, o Brasil conta com diversos programas que incentivam a conservação de água no que se refere aos seus múltiplos usos e, que possibilitam a sua conservação no aspecto quantitativo e qualitativo.

De acordo com o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações, elaborado pela ANA e pelo FIESP (2005), entende-se por Programa de Conservação de Água o conjunto de ações que tem como objetivo otimizar o consumo de água com a conseqüente redução do volume de efluentes gerados, a partir da racionalização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado.

Podem-se citar alguns programas nacionais de conservação de água como o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, que tem como objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras; o Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (PROÁGUA Nacional), cuja implementação é compartilhada entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Ministério de Integração Nacional, visando garantir a oferta sustentável de água em quantidade e qualidade adequadas aos usos múltiplos, especialmente nas regiões menos desenvolvidas do País; e o Programa de Pesquisa em Saneamento (PROSAB), que tem por objetivo apoiar o desenvolvimento de pesquisas e o aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos. Tecnologias essas de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resultem na melhoria das condições de vida da população brasileira, especialmente as menos favorecidas.

Outra iniciativa é o Projeto Reúso, que é apoiado pela ANA e conta com a parceria da Universidade Federal de Campina Grande-PB - UFCG, da Prefeitura Municipal e do Governo do Estado da Paraíba. Esse projeto, além de fornecer subsídios para a regulamentação do uso de águas residuárias no País, busca demonstrar a viabilidade técnica e econômica do tratamento de esgoto municipal e

seu reúso como água de utilidade na indústria ou como água de irrigação na agricultura.

4.3.1. Saneamento ecológico ou Ecossaneamento

De acordo com Zanchetta (2007, p. 23), idealmente, os sistemas ecológicos de saneamento permitem a recuperação completa de todos os nutrientes das fezes, urina e águas cinzas, beneficiando a agricultura, minimizando riscos da poluição da água, bem como favorecendo o seu uso econômico e reúso máximo.

Entretanto, o sistema ecológico citado não é aquele que domina os centros urbanos, em especial o Brasil. O cenário atual considera que o meio natural é capaz de processar infinitamente os resíduos que são gerados, sendo o problema transferido para comunidades ribeirinhas, intensificando a degradação do ambiente e a situação da saúde pública. Para Esrey *et al.* (2001), o saneamento ecológico é uma nova concepção de saneamento que se enquadra dentro do conceito de sustentabilidade, sendo a única solução com futuro nas regiões metropolitanas do planeta.

O conceito de ecossaneamento é proveniente dos países nórdicos, principalmente a Suécia, sendo uma prática ainda pouco difundida no Brasil, mas que se insere em vários estudos, como aqueles desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento (PROSAB).

Para Hespanhol (2008), o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento de fontes alternativas para usos menos restritivos da água se constitui, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e a gestão da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

“As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais, bem como de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem de pátios e agrícola, e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos.” (ANA e FIESP, 2005, Cap. 2, p. 11)

No que se refere ao esgoto doméstico, o ecossaneamento propõe que os efluentes sejam separados e representados cada um por uma cor de acordo com suas características. Para Zanchetta (2007), a caracterização dos diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reúso. Quanto mais informação se obtiver do efluente, melhor se poderá caracterizá-lo e, assim, escolher o tratamento mais adequado, de forma a atender aos requisitos de qualidade exigidos para o reúso pretendido.

A Figura 2 apresenta um esquema que inclui todos os elementos do saneamento ecológico, ou seja, as águas residuárias residenciais segregadas, a água de chuva e os resíduos orgânicos. Apresenta ainda, os respectivos tratamentos para cada efluente e os possíveis usos posteriores.

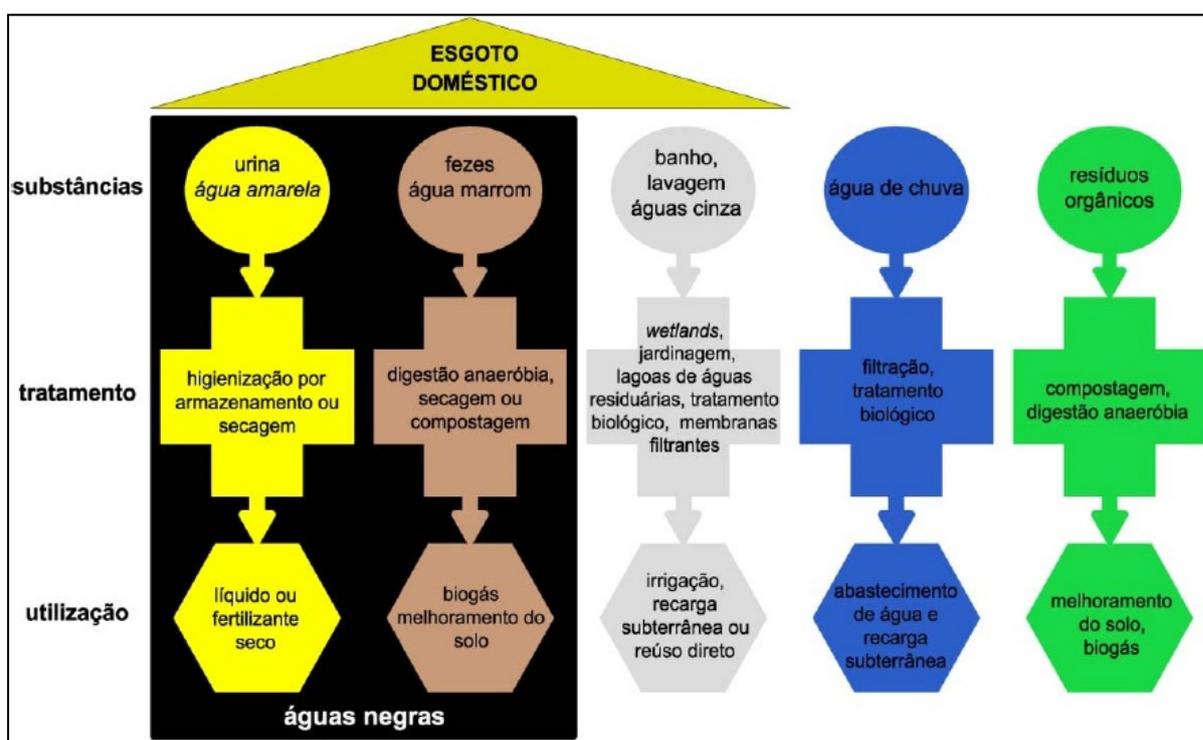


Figura 2 - A separação dos elementos do saneamento ecológico e os exemplos de possíveis tratamentos e utilizações

Fonte: UNESCO/IHP & GTZ, 2006, p. 15; Adaptado por Aguiar, 2011, p. 30

Para Otterpohl (2001 *apud* ZANCHETTA, 2012), água negra é o efluente proveniente das bacias sanitárias, incluindo fezes, urina e papel higiênico, principalmente. A água marrom é o efluente gerado em bacias segregadoras a partir da descarga hídrica das fezes.

Águas cinza-escuras são águas residenciais das quais se excluem os efluentes de bacias sanitárias. São, portanto, as águas originadas de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha e de máquinas ou tanques de lavar roupas (HESPANHOL, 2008 *apud* JEFFERSON *et al.*, 1999; ERIKSSON *et al.* 2002; OTTOSON & STENSTROM, 2003). De acordo com Hespanhol (2008), as águas cinza-claras são águas residenciais das quais se excluem, além dos efluentes de bacias sanitárias, os efluentes provenientes da cozinha.

As vantagens destacadas por Hespanhol (2008) acerca do reúso de água cinza incluem: pequena variação de vazão durante todo o ano; possibilidade de ser facilmente coletada; e, menor concentração de carga orgânica e de organismos termotolerantes, exigindo, portanto, um nível de tratamento inferior ao necessário para tratamento de esgotos domésticos. É importante ressaltar também, que as águas cinza-claras apresentam características de qualidade diferentes, dependendo de suas origens, ou seja, se são provenientes de lavatórios, da lavagem de roupas ou de chuveiros e, ainda, dos hábitos e da cultura da população.

Segundo o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações (ANA e FIESP, 2005), a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a adoção de sistemas alternativos de oferta de água. Sendo assim, o manual apresenta algumas exigências mínimas para reúso de água segundo diversos usos em uma edificação e, a partir destas considerações, estabelece padrões de qualidade da água de reúso.

Valentina (2009) cita algumas cidades brasileiras que incentivam a prática do reúso a partir de legislações que regulamentam a utilização de fontes alternativas de água: Curitiba – PR (Lei nº 10.785/03), Maringá – PR (Lei nº 6.345/03) e Vitória – ES, (Lei nº 7079/07). Esta última institui o Programa de Conservação, Redução e Racionalização do Uso da Água nas Edificações Públicas no Município.

Recentemente, em Niterói, a Lei nº 2.856, de 25 de julho de 2011 instituiu mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. No Rio de Janeiro, a Lei nº 5.279, de 27 de junho de 2011, criou no Município o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

De acordo com Mancuso e Filho (2003), o reúso de água para fins não potáveis incluem: descargas sanitárias; irrigação de jardins; lavagem de ruas; usos em grandes edifícios para reserva contra incêndio e resfriamento de equipamentos de ar condicionado. Alguns dos casos citados requerem distribuição em caminhões, como lavagem de ruas, por exemplo, enquanto, para outros, são necessários sistemas separados de distribuição, o que a literatura designa como *sistemas duplos*.

Os *sistemas duplos* são usados como prevenção contra a possibilidade de uso dessa água para outros fins, embora se recomende que a água de reúso para fins não potáveis deva ter qualidade tal que não represente perigo à saúde, ainda que após sua eventual ingestão, mesmo por alguns meses (MANCUSO e FILHO, 2003).

De acordo com Pertel (2009), as edificações dotadas de reúso de águas cinzas necessitam de algumas modificações no sistema de abastecimento e no sistema de coleta de esgoto doméstico. A água potável e a água de reúso requerem sistemas hidráulicos independentes. É importante ainda, que as tubulações dos sistemas de abastecimento de água potável e de reúso tenham cores distintas e nenhuma interligação entre si, ou seja, o sistema deve ser concebido sem conexão cruzada (cruzamento entre tubulações de água de abastecimento e água não potável ou de qualidade desconhecida), a fim de evitar uma eventual contaminação da água potável por água de reúso. Além disso, deve existir um sistema para abastecer as bacias sanitárias com água potável, caso ocorra algum problema com o sistema de reúso.

Outro elemento do sistema de saneamento ecológico é a água amarela. Para Zanchetta (2007), esse termo é usado quando a urina é coletada separada das fezes e reutilizada como fertilizante natural na agricultura. Desta forma, o reúso deste efluente contribui com a economia de água, com a redução da poluição no meio ambiente e, ainda, possibilita a redução do uso de fertilizante artificial. Destaca-se que a urina coletada neste tipo de sistema pode conter ou não água, o que varia de acordo com a escolha do equipamento sanitário instalado, que pode ser seco ou não.

Esse tipo de sistema pode favorecer, principalmente, regiões que sofrem com a escassez de água e a necessidade de fertilizante para uso na agricultura. Cenário de diversas regiões do mundo e também de estados brasileiros.

Hellström (1998 *apud* KVARNSTRÖM, *et al.*, 2006) destaca algumas vantagens da separação de urina na fonte, de acordo com o autor a adoção deste sistema pode reduzir a energia usada em uma estação de tratamento de águas residuárias e, ao mesmo tempo, aumentar o rendimento da remoção do nitrogênio.

De acordo com Zanchetta (2007), o volume de urina que é excretado pelo corpo humano varia tanto de pessoa para pessoa quanto de um dia para o outro. As principais razões desta flutuação são as quantidades de líquido ingerido e as perdas por transpiração. A Tabela 5 apresenta volumes médios de urina diários por pessoa adulta de acordo com a literatura.

Tabela 5 - Volume de urina excretado por indivíduo em um dia

Autor	Ano	País ou Região	Volume de urina excretado em um dia (L)
Zanchetta	2007	Vitória, Brasil	1,23
Bazzarella et al	2005	Vitória, Brasil	1,25
Rauch et al*	2003	Europa	1,50
Fittschen & Hahn*	1998	Alemanha	1,57
Média			1,39

*Citado por Zanchetta, 2007

A Tabela 6 apresenta alguns estudos relacionados ao uso da bacia sanitária (BS) em residências.

Tabela 6 - Frequência diária do uso da BS na residência

(continua)

Autor	Ano	País ou Região	Edificação	Frequência diária de uso da BS na residência por morador (vezes/morador.dia)
Aguiar	2011	Vitória, Brasil	Residências unifamiliares e multifamiliares	5,0
Health Canada*	2010	Canadá	Residências	3,0
South West Water*	2010	Inglaterra	Residências	4,0
Barreto e Medeiros*	2008	SP, Brasil	Residências unifamiliares	4,0
O'Toole, Leder e Sinclair*	2008	Austrália	Residências unifamiliares	3,5

(conclusão)

Autor	Ano	País ou Região	Edificação	Frequência diária de uso da BS na residência por morador (vezes/morador.dia)
Mierzwa et al.*	2006	Brasil	Residências verticais e horizontais	4,0
Wikes et al.*	2005	EUA	Residências unifamiliares	5,2
Mayer et al.*	2004	Tampa, EUA	Residências unifamiliares	5,0
Roberts*	2004	Melbourne, Austrália	Residências unifamiliares	4,2
Vickers*	2002	EUA	Residências	5,1

Fonte: Adaptado de Aguiar, 2011

*Citado por Aguiar, 2011

De acordo com Gonçalves (2006, p. 225), uma pessoa urina, em média, quatro vezes por dia e, desta forma, efetua quatro descargas sanitárias para afastamento da urina. Neste caso, de acordo com o autor, o dispêndio de água potável é de pelo menos 24 L/hab.dia (caso se utilize descargas reduzidas de 6 litros), isso equivale à cerca de 1/6 do consumo *per capita* de água potável, que pode ser preservado mediante a coleta da urina para posterior utilização na agricultura.

Para a utilização da urina como fertilizante são necessárias mudanças nos sistemas hidráulicos de casas e edifícios, com a utilização de tubulações distintas que atendam as bacias sanitárias, sendo uma para as águas marrons ou negras e, outra apenas para as águas amarelas (urina), conduzindo-as para reservatórios separados (ZANCHETTA, 2007).

A Tabela 7 apresenta a produção de fezes por ato de defecar, considerando que o indivíduo utilize a bacia sanitária uma vez por dia para as fezes.

Tabela 7 - Produção de fezes por ato de defecar

Autor	Ano	País ou Região	Produção de fezes por ato de defecar (g)
Rebouças*	2010	Vitória, Brasil	130,0
Gailard*	2002	Média Mundial	138,0
Del Porto e Steinfeld*	1999	Média Mundial	150,0
Esrey et al.	1998	Média Mundial	140,0
Média (g/hab.dia)			139,5
Média (mL/hab.dia)			139,5
Média (L/hab.dia)			0,1395

*Citado por Aguiar, 2011

4.3.2. Aparelhos e dispositivos economizadores

Os equipamentos economizadores de água têm como objetivo principal propiciar menor consumo, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água gerada. De acordo com informações da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), o valor percentual de economia pode variar em função da pressão do ramal de alimentação, do número de usos (frequência), tempo de acionamento e hábitos dos usuários.

Um exemplo são as bacias sanitárias que utilizam válvula de descarga para afastamento dos dejetos. Neste caso, o volume de água utilizado pode ser controlado pelo usuário, já que o tempo de acionamento do dispositivo está relacionado com a quantidade de dejetos na bacia sanitária.

No mercado existe uma série de aparelhos e dispositivos sanitários economizadores de água, como bacias sanitárias de volume reduzido de descarga, arejadores, dispositivos direcionadores de jato, torneira de acionamento hidromecânico, torneira com funcionamento por sensor de presença, dentre outros.

Segundo dados da SABESP, a introdução de aparelhos como a bacia sanitária de volume reduzido, com consumo de 6 litros/descarga, pode acarretar em uma economia de água de cerca de 50%, caso a bacia sanitária de 12 L/descarga seja substituída pela bacia sanitária de volume reduzido. Ainda de acordo com a SABESP, a instalação de reguladores e restritores de vazão em torneiras e duchas também colaboraram para redução do consumo de água em edificações, com economia atingindo valores que variam de 32% a 72%, dependendo da pressão do ramal de alimentação do equipamento.

Considerando que o uso mais frequente da bacia sanitária é para remoção apenas de urina, existe a descarga dual, que oferece ao usuário a possibilidade de escolha entre dois volumes de descarga, um maior, igual ao volume útil da caixa, e outro menor, igual à metade desse volume (GONÇALVES, 2006).

Existem ainda outros aparelhos economizadores de água muito eficientes, porém pouco empregados no Brasil, como sanitários secos, sanitários segregadores de fezes e urina, sanitários compostáveis, mictórios secos, seja unissex ou feminino.

As bacias sanitárias segregadoras de urina são dispositivos muito utilizados na Suécia, local em que o saneamento ecológico já é recorrente. De acordo com Louro e Júnior (2011), em países, tais como África do Sul, China e Alemanha a segregação da urina para utilização de nutrientes também é comum. A Figura 3 apresenta o sanitário com compartimentos e saídas diferentes para urina (águas amarelas) e, para as fezes (águas marrons), contendo válvula de descarga de acionamento duplo. O objetivo da bacia compartimentada é a separação da urina para utilização como fertilizante na agricultura. Além disso, se comparados com as bacias sanitárias convencionais, podem reduzir em até 90% o consumo de água para descarga sanitária (GONÇALVES, 2006).



Figura 3 - Bacias sanitárias compartimentadas

A. Dubbletten from BB Innovation & Co AB; **B.** DS toilet from Wost Man Ecology AB

Fonte: Gonçalves, 2006, p. 229

O consumo de água utilizado na descarga das bacias sanitárias pode ser influenciado com a adoção do sistema compartimentado, como indicam os dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Diferentes tipos de bacias sanitárias quanto ao tipo de descarga utilizada

Tipo de vaso sanitário	Volume por descarga (L/descarga)	Descarga longa (L/descarga) **	Descarga pequena (L/descarga) ***	Volume total (L/hab.dia) ****
Volume de descarga muito pequeno	0,6 a 1,0	2,0	0,2	3,0 a 6,0
Descarga a vácuo	0,8 a 1,0	–	–	–
Com separador de urina	–	4,0 a 6,0	0,2	5,0 a 7,0
Volume de descarga pequeno convencional, com dois botões *	–	4,0	2,0	14,0
Volume de descarga convencional	6,0 a 12,0	–	–	36,0 a 72,0

* um botão para descarga longa e outro para descarga pequena.

** volume de água utilizado só para fezes.

*** volume de água utilizado só para urina.

**** volume de água calculado assumindo que uma pessoa utiliza o vaso sanitário uma vez para fezes e 5 vezes para urina em um período de um dia.

Fonte: Gonçalves, 2006, p. 229

Outros dispositivos utilizados para coleta segregada da urina são os mictórios femininos e masculinos, apresentados na Figura 4, respectivamente. Também com o intuito de reduzir o consumo de água, esses mictórios são utilizados principalmente em edifícios públicos. No Brasil, o mictório feminino é pouco utilizado.



Figura 4 - Mictórios convencionais

A. Feminino; **B.** Masculino

Fonte: Zanchetta, 2007, p. 29

Outro equipamento que favorece ainda mais conservação de água é o mictório seco, visto que não utiliza água ou válvula de descarga para afastamento das águas amarelas. Este tipo de mictório utiliza um dispositivo dotado de um selo líquido que é composto por uma substância oleosa, menos densa que a urina, funcionando como uma barreira. Esse tipo de mictório é adotado em escolas, bancos e restaurantes na Europa e na América do Norte (GONÇALVES, 2006).

Outros modelos ainda mais modernos surgem no mundo, como o mictório apresentado Figura 5, semelhante a uma bacia sanitária e que pode ser utilizada por homens, mulheres e crianças, também sem o uso de água para afastamento da urina. A água é utilizada apenas na limpeza do dispositivo.



Figura 5 - Mictórios Unisex sem água

Fonte: Uridan Waterless Solutions

De acordo com Louro e Júnior (2011), para viabilizar a estocagem da urina na área urbana e seu retorno ao campo, uma iniciativa interessante seria a adoção de incentivos fiscais, como a redução de IPTU ou da tarifa do serviço de esgotamento sanitário, a fim de que novos empreendimentos residenciais ou comerciais já fossem construídos com o sistema sanitário preparado para a segregação e estocagem da urina. Ainda segundo os autores, as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) poderiam se responsabilizar pela coleta da urina por caminhão vácuo e estocagem com controle de tempo e temperatura, de modo a garantir a estabilização da urina, que poderia ser vendida para produtores rurais ou mesmo como insumo para indústrias de fertilizantes.

No que se refere ao tratamento de esgoto doméstico, umas das vantagens é a redução dos custos de tratamento, benefício destacado por Maurer *et al.* (2003). Outra questão destacada por Udert *et al.* (2003 *apud* ZANCHETTA, 2007) é que após a retirada da urina, os níveis de carbono e nitrogênio ficam praticamente balanceados. Dessa forma, de acordo com o autor, as bactérias que degradam a matéria orgânica podem absorver todo conteúdo de nitrogênio e, o excesso de fósforo que permanece após um tratamento biológico pode ser facilmente reduzido.

É importante destacar que a aceitação por parte dos usuários de sistemas que utilizem mictórios unissex, bacias segregadoras e outros aparelhos para separação de urina e fezes é um risco que deve ser considerado pelo projetista. De acordo com Kvarnström, *et al.* (2006), para estabelecer um sistema estável e sólido os usuários têm que aceitar, por exemplo, as mudanças de hábito de uso da bacia sanitária e os custos mais altos. Outro ponto que merece atenção refere-se à necessidade de instruir os usuários para o correto uso do novo sistema.

Ressalta-se ainda, que para tomada de decisão quanto à mudança do sistema convencional para o sistema de separação na fonte, é fundamental levar em consideração, além dos custos iniciais e de manutenção, os benefícios para o meio ambiente, como economia de água e ciclagem de nutrientes. Em um município, a adoção ou não do sistema pode ser analisado a partir de uma comparação entre os custos de tratamento de águas residuárias e do sistema segregado de excretas (KVARNSTRÖM, *et al.*, 2006).

5. METODOLOGIA

5.1. Considerações Gerais

Este estudo foi realizado com base em um banco de dados referente ao ano de 2008 fornecido pelo Núcleo Água, grupo de pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Os dados referem-se ao monitoramento do consumo de água em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão dotada de reúso de água cinza localizada na Rua Constante Sodré, 1323, no bairro Praia do Canto, em Vitória – ES. As vazões de esgoto foram calculadas considerando o valor médio do excedente de água cinza-clara na edificação (banco de dados), além das estimativas de produção do efluente da cozinha (águas cinza-escuras) e de águas negras ou marrons e amarelas, de acordo com o dispositivo sanitário adotado em cada cenário. Os cálculos relacionados são apresentados adiante.

Destaca-se que as informações aqui elencadas sobre a estrutura da edificação foram coletadas nos estudos realizados por Valentina (2009) e por Pertel (2009).

A edificação, cuja ocupação iniciou-se em agosto de 2007, possui dois apartamentos por andar e, no total, 20 pavimentos, sendo: 1 térreo, 1 pavimento técnico; 2 pavimentos de garagem; 15 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando 8427,03 m² de área de construída.

A entrada principal de moradores e funcionários, localizada no térreo, inclui 121,20m² de área permeável, recepção, portaria, salão de festas, quadra de squash, copa para funcionários, além de 2 lavabos no salão de festas e 1 banheiro na portaria. Algumas áreas da edificação são apresentadas a seguir, Figura 6 A, B e C.



Figura 6 - Áreas da edificação em estudo

A. Edificação dotada de reúso; **B.** Área permeável; **C.** Área de lazer

Fonte: Pertel, 2009, p. 68

No pavimento técnico está instalada a Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) com área de 27m², Figura 7. Acima deste andar estão os dois pavimentos de garagem, o primeiro com 48 vagas e o segundo com 52 vagas. Destaca-se que ocorreram mudanças no sistema da ETAC, essas modificações serão tratadas ainda neste tópico.



Figura 7 - ETAC instalada na edificação

Fonte: Pertel, 2009, p. 68

Cada apartamento possui 174,48m² de área construída, sendo constituídos por 4 quartos, 4 banheiros, 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 3 varandas. A área de lazer com piscina, sauna, churrasqueira, copa, 3 banheiros e academia de ginástica constitui a cobertura.

O sistema hidrossanitário da edificação em estudo foi estruturado de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza-claras e, em águas negras (efluentes de bacias sanitárias) juntamente com águas cinza-escuras (efluente da pia da cozinha), permitindo ainda o abastecimento de água em duas linhas independentes: uma de reúso e outra de água potável.

As águas negras, juntamente com as cinza-escuras, são coletadas por tubulações distintas das águas cinza-claras e conduzidas à rede de coleta de esgoto. A água cinza-clara é conduzida até a ETAC e, após tratamento, a agora chamada água de reúso é armazenada em um reservatório inferior e, quando necessário, é enviada para um superior para que seja distribuída para uso nas descargas da bacia sanitária e torneiras instaladas no prédio.

É importante frisar que os reservatórios de água de reúso e de água potável são independentes, sendo que foi prevista a reversão do sistema de reúso para abastecimento com água potável, caso seja necessário. Nessa situação, será preciso realizar um processo manual de abertura e fechamento de válvulas das tubulações de recalque. Não há risco de contaminação da tubulação de água potável com água de reúso, visto que a tubulação de água potável chega ao reservatório do lado oposto da de água de reúso. A Figura 8 ilustra o esquema de distribuição de água potável e água de reúso no edifício, assim como a coleta segregada dos efluentes.

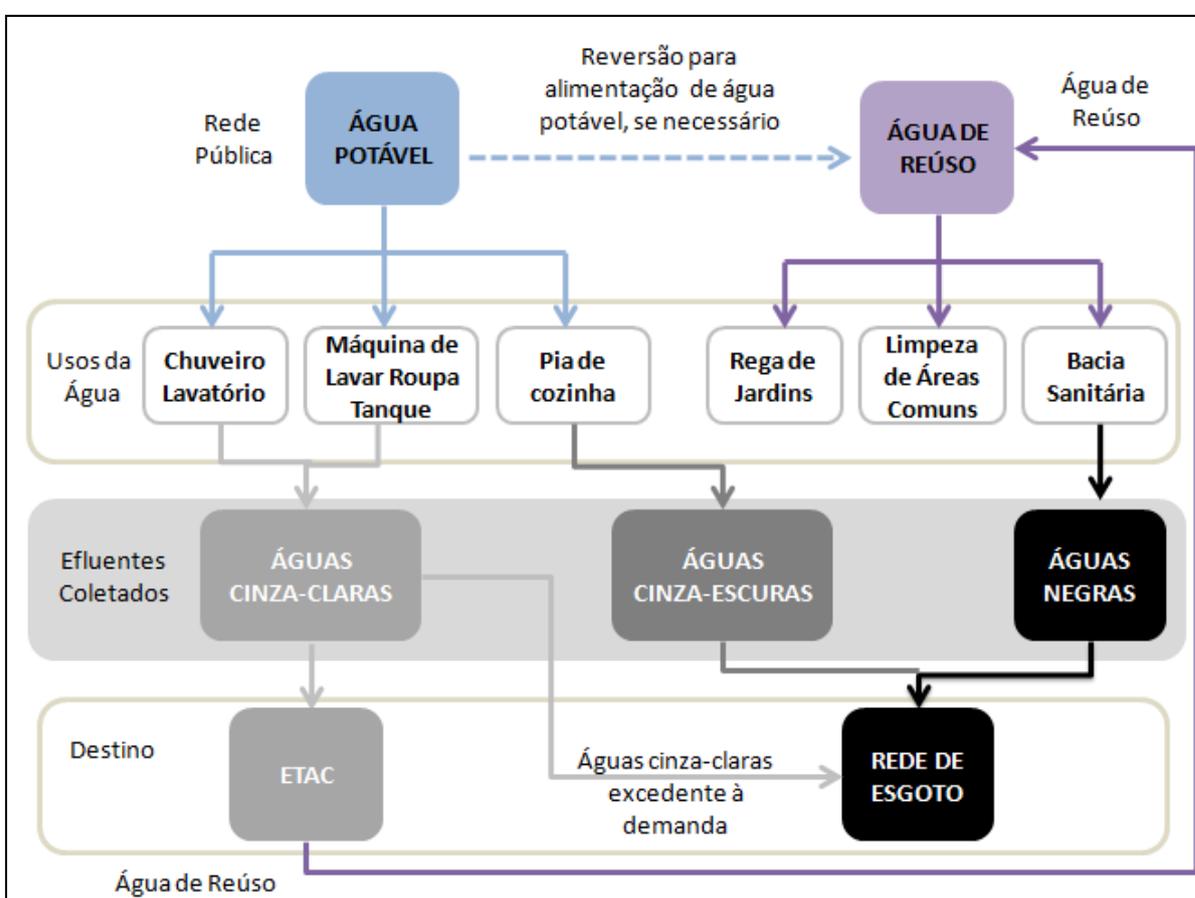


Figura 8 - Esquema de distribuição de água e coleta de esgoto no edifício

Fonte: Criado pelo autor com base em Aguiar, 2011, p. 38

O Quadro 1 mostra os pontos de consumo de água potável e de reúso.

Quadro 1 - Pontos de consumo de água potável e não potável

Pavimentos	Tipo de água	Acessórios	Locais de uso
Térreo	Potável	1 chuveiro, 3 lavatórios, 1 tanque e 1 pia	Banheiro, lavabo e copa
	Não potável	3 bacias sanitárias e 2 torneiras	Banheiro, lavabo e jardim
Pavimento técnico	Não potável	1 torneira	ETAC
G1 e G2	Não potável	9 torneiras	Estacionamento
4º ao 18º (apartamentos)	Potável	4 chuveiros, 5 lavatórios, 1 pia, 1 tanque e 1 máquina de lavar	Banheiro, lavabo, cozinha e área de serviço
	Não potável	5 bacias sanitárias	Banheiro e lavabo
Cobertura (área de lazer)	Potável	2 duchas, 2 lavatórios e 3 pias	Lavabo, sauna, piscina, copa e churrasqueira
	Não potável	3 bacias sanitárias e 1 torneira	Lavabo e área privativa

Fonte: Pertel, 2009, p. 69

Os efluentes provenientes dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são coletados por um ramal predial especial de coleta de águas cinza e em seguida, direcionado por gravidade à ETAC. Destaca-se que a água cinza-clara gerada no térreo da edificação não é encaminhada para a ETAC, sendo, portanto, descartada diretamente na rede pública de esgoto.

No pavimento técnico, o efluente passa, primeiramente, pela caixa de entrada, que tem a função de controlar a vazão na entrada da ETAC, direcionando o excesso para a rede de coleta de esgoto. Em seu interior, a caixa possui dois vertedores reguláveis, tipo tulipa, de 100 mm de diâmetro, conforme Figura 9. A água que converge em uma das tulipas é direcionada para a ETAC e a que converge para a outra é direcionada para a rede de coleta de esgoto. O controle da vazão é feito através do ajuste da altura das tulipas.



Figura 9 - Tulipas da caixa de entrada da ETAC
Fonte: Vaz, 2009, p. 76

A água cinza que converge para a ETAC é então conduzida, em ordem, pelos três compartimentos do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), em seguida para o Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador Secundário (DEC), tanque de equalização (TQE), Filtro Terciário (FT) e Desinfecção por cloração (realizado no reservatório inferior), conforme a Figura 10.

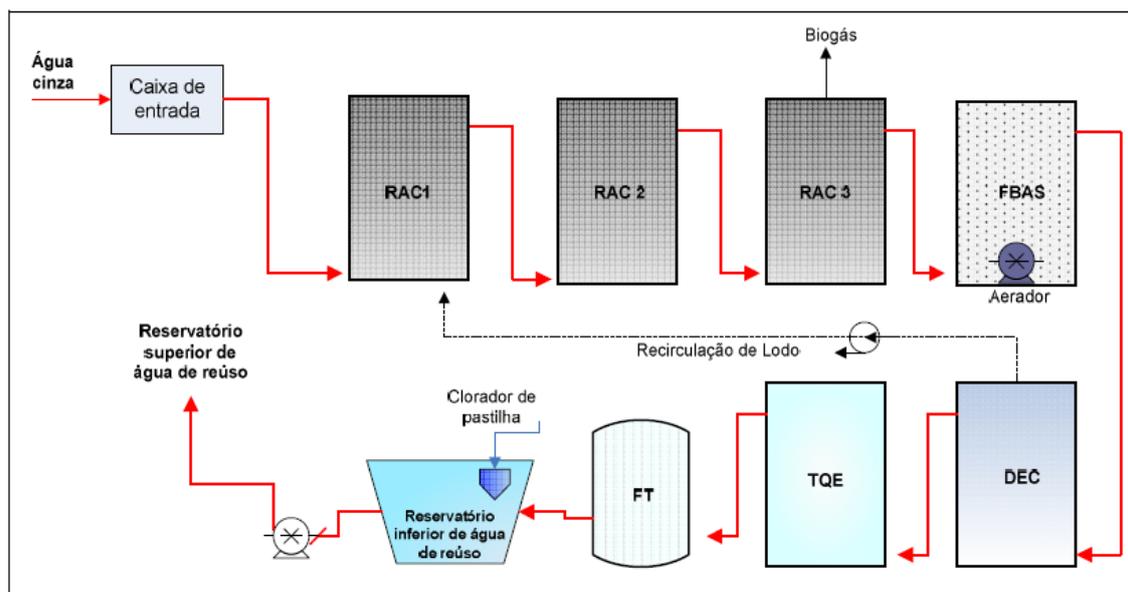


Figura 10 - Esquema do funcionamento da ETAC em 2008
 Fonte: Pertel, 2009, p. 82

Realizado o processo, a água cinza tratada, que passa a ser chamada de água de reúso, é armazenada no reservatório inferior com volume de 14 m³, de onde é bombeada para um reservatório superior, localizado acima da área de lazer, com volume de 9 m³, a partir do qual alimentará as bacias sanitárias e as torneiras destinadas à limpeza da área externa e à jardinagem.

Destaca-se, que o esquema apresentado na Figura 10 refere-se ao processo de tratamento existente no ano de 2008. Atualmente, o sistema não conta mais com o filtro terciário, sendo a retenção de impurezas realizada por um filtro de areia e um de carvão ativado. Entretanto, os dados utilizados no presente trabalho são referentes à pesquisa de 2008.

A Figura 11 apresenta a estrutura atual da ETAC instalada na edificação em estudo.



Figura 11 - Modelo atual da ETAC (2013)

Agostini (2009) realizou um estudo na mesma edificação a fim de avaliar a viabilidade econômica do sistema de reúso de águas cinza-claras instalado em 2007. A pesquisa constatou que o sistema de reúso de águas cinza apresenta grande potencial econômico, uma vez que a economia anual (cerca de R\$6.224) promovida pela substituição de parte da água potável por água de reúso é superior aos custos de manutenção e operação, a tal ponto que permite o abatimento do montante investido em um prazo de 12 anos.

De acordo com Gonçalves et. al. (2010), a inserção de uma etapa anaeróbia no fluxograma de tratamento aumenta sensivelmente a viabilidade do sistema de reúso, por permitir a remoção de 50% da matéria orgânica da água cinza sem a necessidade de aeração. Ainda conforme o autor, o acréscimo no custo da construção para edifícios com reúso de águas cinzas é em torno de 1,54%.

O edifício possui o aquecimento da água feito por meio de um aquecedor de gás de passagem ou acumulação por apartamento, havendo misturadores de água nos banheiros. Há pontos de água quente nos banheiros e na cozinha. A edificação apresenta ainda, medidas de economia de água na concepção de seu sistema hidrossanitário, como caixas acopladas nas bacias sanitárias, arejadores nas torneiras de pias e lavatórios e medidores individuais de água por apartamento.

5.2. Monitoramento do Consumo

Os dados analisados neste estudo referem-se ao monitoramento realizado em 2008 do consumo de água potável e de reúso no edifício. A população total, naquela época, era de 70 pessoas, entre moradores e empregados dos apartamentos, além dos três funcionários da edificação, um porteiro (um de dia e outro à noite) e duas funcionárias responsáveis pela limpeza, totalizando 73 pessoas. O período de interesse abrange a coleta de dados realizada entre 18 de abril e 01 de dezembro de 2008, incluindo finais de semana e feriados. O monitoramento foi efetuado pelo Núcleo Água – UFES, sendo a coleta realizada por meio de leituras manuais diárias, com início sempre às 8h00min em um mesmo hidrômetro, já pré-determinado e, em seguida, nos demais hidrômetros da edificação, seguindo uma sequência pré-definida.

A edificação dispõe de um sistema de monitoramento que conta com 39 hidrômetros distribuídos de modo a quantificar o consumo de água potável e não potável na área de lazer, nos apartamentos e na área comum, além do volume descartado pelo extravasor da caixa de entrada da ETAC e, ainda, na entrada da estação, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Hidrometração da edificação em estudo

(continua)

Quantidade e localização dos hidrômetros	Parâmetro Monitorado
1 hidrômetro geral (hidrômetro da concessionária)	Total de água potável captada do sistema de distribuição de água
1 hidrômetro na coluna de água potável	Total de água potável consumida na edificação
1 hidrômetro na coluna de água não potável	Total de água não potável consumida na edificação
1 hidrômetro de água potável na cobertura	Água potável consumida na área de lazer
1 hidrômetro de água não potável na cobertura	Água não potável consumida na área de lazer
30 hidrômetros individuais	Água potável consumida em cada apartamento
1 hidrômetro de água potável no 4º pavimento	Total de água potável consumida na área comum
1 hidrômetro de água não potável no 4º pavimento	Total de água não potável consumida na área comum

(conclusão)

Quantidade e localização dos hidrômetros	Parâmetro Monitorado
1 hidrômetro no extravasor da caixa de entrada da ETAC	Total de água cinza que é descartada no extravasor
1 hidrômetro na entrada da ETAC	Total de água cinza que entra na ETAC para ser tratada

Fonte: Agostini, 2009; Valentina (2009)

5.3. Cenários de Consumo de Água e de Produção de Esgoto Doméstico

Como o intuito de avaliar o potencial de conservação de água e minimização de geração de esgoto doméstico a partir do reúso e água e/ou com a adoção de soluções alternativas, como, o uso da coleta segregada ou seca da urina humana no edifício, foram estudados 5 (cinco) cenários de consumo de água e produção de esgoto, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição dos cenários de consumo de água e produção de esgoto a serem estudados

Cenário	Descrição
Cenário 1	Água de reúso nas descargas de bacias sanitárias, para rega de jardim e limpeza de áreas comuns. Cenário real.
Cenário 2	Sem utilização de fontes alternativas de água (somente água potável).
Cenário 3	Água de reúso para descargas de bacia sanitária, rega de jardim, limpeza de áreas comuns e para venda para a PMV (limpeza de ruas e rega de jardim).
Cenário 3a	34% da água de reúso são usadas no edifício e 26% são vendidas.
Cenário 3b	34% da água de reúso são usadas no edifício e 46% são vendidas.
Cenário 4	Com coleta segregada da urina através do uso de bacia sanitária segregadora.
Cenário 4a	Com coleta segregada da urina através do uso de bacia sanitária e desvio da urina para reservatório de armazenamento com potencial para o reúso agrícola. A edificação não utiliza água de reúso.
Cenário 4b	Mescla do cenário 4a com água de reúso nas descargas das bacias sanitárias segregadoras, rega de jardim e limpeza de áreas comuns.
Cenário 5	Com coleta seca e segregada da urina humana por meio do uso de mictório seco unissex. A bacia sanitária é utilizada para afastamento das fezes.
Cenário 5a	Com coleta seca e segregada da urina através do uso de mictório seco unissex e desvio da urina para reservatório de armazenamento para reúso agrícola. A edificação não utiliza água de reúso.
Cenário 5b	Mescla do cenário 5a com água de reúso nas descargas das bacias sanitárias (no caso de defecação), rega de jardim e limpeza de áreas comuns.

Para os cálculos, considerou-se o valor médio de moradores e empregados referente ao período monitorado pelo Núcleo Água – UFES, de 18 de abril a 01 de dezembro de 2008, como apresentado na Tabela 9. Para realização de todos os cálculos envolvendo o consumo residencial foram considerados somente os apartamentos efetivamente ocupados por moradores.

Tabela 9 – Valor médio da população da edificação

Apartamento	Média de moradores e empregados (hab)
1801	2
1802	3
1701	2
1702	3
1601	3
1602	4
1501	3
1502	3
1401	0
1402	3
1301	3
1302	5
1201	4
1202	0
1101	3
1102	3
1001	3
1002	2
901	0
902	4
801	0
802	2
701	0
702	2
601	2
602	3
501	0
502	2
401	4
402	2
Portaria	3
Soma	73

Fonte: Criada pelo autor com base em Pertel, 2009, p. 74

5.3.1. Cenário 1

O Cenário 1 apresenta o consumo de água e a produção de esgoto doméstico na situação real da edificação, ou seja, com utilização de água de reúso nas descargas de bacias sanitárias, para rega de jardim e limpeza de área pavimentada (área de lazer e área comum do edifício).

5.3.1.1. Consumo de Água Potável e de Água de Reúso

A setorização da medição do consumo permitiu avaliar a distribuição de água no edifício residencial estudado. A partir dos dados das leituras dos hidrômetros, em dois dias consecutivos, o Núcleo Água – UFES pode obter o volume de água consumido no período de aproximadamente 24 horas entre as leituras. Esse processo foi repetido em todo o período de medição do monitoramento.

Desta forma, é possível estimar o consumo diário de água potável, em litros, para cada apartamento, para área de lazer e também para a área comum do edifício. De posse desses consumos, determina-se o consumo médio diário de água potável nos apartamentos ($\bar{Q}_{AptPotável}$), na área de lazer ($\bar{Q}_{LPotável}$) e na área comum ($\bar{Q}_{CPotável}$) em todo o período considerado. A soma desses três consumos fornece o consumo médio diário de água potável em toda a edificação ($\bar{Q}_{Potável1}$), conforme apresenta a Equação 1, baseada em Agostini (2009).

$$\bar{Q}_{Potável1} = \bar{Q}_{AptPotável} + \bar{Q}_{LPotável} + \bar{Q}_{CPotável} \quad (1)$$

A partir do consumo médio diário de água potável (L/dia) no edifício como um todo, calcula-se o indicador *per capita* de consumo de água (L/hab.dia), apresentado pela Equação 2.

$$q_1 = \frac{\bar{Q}_{Potável1}}{Pop} \quad (2)$$

Onde,

q_1 Consumo *per capita* de água potável na edificação (L/hab.dia) no cenário 1;

$\bar{Q}_{Potável1}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1;
 Pop População da edificação (hab).

Para os demais cenários deste estudo, o cálculo do consumo *per capita* é calculado da mesma forma, sendo que o consumo médio de água potável pode variar.

Para cálculo do consumo de água de reúso, procede-se da mesma forma. Levou-se em consideração neste caso, o valor micromedido no hidrômetro da coluna de água de reúso $\bar{Q}_{Reúso1}$, que indica o consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente (L/dia). Destaca-se que o valor micromedido refere-se a 34% do total de água cinza produzida na edificação em estudo. Esse dado será necessário no cenário 3 deste estudo.

O indicador *per capita* de consumo de água de reúso (L/hab.dia) é apresentado pela Equação 3.

$$r_1 = \frac{\bar{Q}_{Reúso1}}{Pop} \quad (3)$$

Onde,

r_1 Consumo *per capita* de água de reúso na edificação (L/hab.dia) no cenário 1;
 $\bar{Q}_{Reúso1}$ Consumo médio diário de água de reúso na edificação (L/dia) no cenário 1;
 Pop População da edificação (hab).

Para os demais cenários deste estudo, o cálculo do consumo *per capita* é calculado da mesma forma, sendo que o consumo médio de água de reúso pode variar.

5.3.1.2. Produção de Esgoto Doméstico

No caso do edifício em estudo, a água residuária a ser encaminhada ao sistema de coleta pública de esgoto inclui os efluentes provenientes da pia da cozinha, das bacias sanitárias e, ainda, o excedente da água cinza, ou seja, o volume que não é enviado para o tratamento na ETAC ou mesmo a água de reúso

que não é consumida pela edificação e nem armazenada. A seguir, será apresentado como cada uma dessas parcelas é calculada.

A quantificação da água cinza produzida no edifício foi realizada a partir dos dados do monitoramento de dois hidrômetros, um localizado após a caixa de entrada da ETAC, que mede a vazão de água que é enviada para o tratamento na ETAC, e outro localizado no extravasor, que contabiliza o valor que não é encaminhado para a ETAC. Mesma metodologia utilizada por Valentina (2009). Desta forma, é possível estimar as vazões médias diárias referentes ao que é tratado na ETAC e o que é descartado na rede coletora de esgoto público. A partir da soma desses dois valores é possível estimar o total de água cinza-clara produzida na edificação, proveniente de pias de banheiro, tanques, máquinas de lavar e chuveiros, Equação 4.

$$\bar{Q}_{AC1} = \bar{Q}_{AC_{extravasor}} + \bar{Q}_{ETAC} \quad (4)$$

Onde,

\bar{Q}_{AC1}	Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia);
$\bar{Q}_{AC_{extravasor}}$	Vazão média diária de água cinza que é descartada na rede de esgoto pelo extravasor (L/dia).
\bar{Q}_{ETAC}	Vazão média diária de água cinza-clara que entra na ETAC para ser tratado (L/dia);

Em 2008, ano em que o monitoramento foi realizado, parte da água tratada também era descartada na rede pública de esgoto ($\bar{Q}_{R_{extravasor}}$). Essa vazão média correspondia àquele que não era utilizado para consumo de água na edificação, mas que era tratado, já que a ETAC foi projetada para atender a edificação em sua ocupação total, o que não era observado em 2008. Destaca-se que Valentina (2009), em seu estudo, considerou que a água que não era reutilizada na edificação seguia para a rede de esgoto. O presente estudo fez a mesma consideração. A estimativa do volume descartado, $\bar{Q}_{Excedente1}$, é dado pela Equação 5:

$$\bar{Q}_{Excedente1} = \bar{Q}_{AC_{extravasor}} + \bar{Q}_{R_{extravasor}} \quad (5)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Excedente1}$	Vazão média diária de água cinza-clara bruta/água de reúso descartada na edificação (L/dia);
------------------------	--

$\bar{Q}_{AC_{extravasor}}$ Vazão média diária de água cinza que é descartada na rede de esgoto pelo extravasor (L/dia).

$\bar{Q}_{R_{extravasor}}$ Vazão média diária de água de reúso descartada na rede de esgoto (L/dia).

Para cálculo do efluente proveniente das bacias sanitárias da edificação, foi levado em consideração o consumo de água de reúso nas bacias sanitárias dos apartamentos e daquelas instaladas no térreo e na área de lazer. As metodologias para determinação dos consumos são apresentadas a seguir.

Dado que não existe micromedição de água de reúso em cada apartamento, mas que existem aparelhos de medição na coluna de distribuição da água de reúso, na área de lazer e na área comum do edifício, como apresentado pela Quadro 2 do item 5.2, é possível determinar o consumo médio total de água de reúso pelas bacias sanitárias no conjunto dos apartamentos (\bar{Q}_{BSapt}).

No que se refere à área de lazer e o térreo, não é possível contabilizar de maneira separada o volume de água utilizado nas seis bacias sanitárias instaladas (Quadro 1, item 5.1) e o consumo de água de reúso para limpeza de áreas comuns e rega de jardins. Desta forma, foi realizada uma entrevista com uma funcionária da edificação para conhecer a rotina de limpeza e de rega de áreas ajardinadas a fim de obter, por subtração, o consumo nas bacias sanitárias do térreo e da área de lazer ($\bar{Q}_{BSoutros}$).

A Equação 6 apresenta o consumo de água de reúso nas bacias sanitárias para toda edificação:

$$\bar{Q}_{BS1} = \bar{Q}_{BSapt} + \bar{Q}_{BSoutros} \quad (6)$$

Os cálculos para o consumo das bacias sanitárias nos apartamentos e nas outras áreas da edificação são apresentados nas Equações 7 e 8.

$$\bar{Q}_{BSapt} = [\bar{Q}_{Reúso1} - (\bar{Q}_{LReúso} + \bar{Q}_{CReúso})] \quad (7)$$

$$\bar{Q}_{BSoutros} = [(\bar{Q}_{LReúso} + \bar{Q}_{CReúso}) - (\bar{Q}_{Limpeza} + \bar{Q}_{Jardins})] \quad (8)$$

Onde,

\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à edificação (L/dia) no cenário 1;
\bar{Q}_{BSapt}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente ao conjunto de apartamentos (L/dia) para o cenário 1;
$\bar{Q}_{BSoutros}$	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à área de lazer e ao térreo (L/dia) para o cenário 1;
$\bar{Q}_{Reúso1}$	Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente (L/dia);
$\bar{Q}_{LReúso}$	Consumo médio diário de água de reúso na área de lazer da edificação (L/dia);
$\bar{Q}_{CReúso}$	Consumo médio diário de água de reúso na área comum da edificação (L/dia).
$\bar{Q}_{Limpeza}$	Consumo médio diário de água de reúso para limpeza de áreas comuns na edificação (L/dia).
$\bar{Q}_{Jardins}$	Consumo médio diário de água de reúso para rega de jardins na edificação (L/dia).

Destaca-se que a entrevista com a funcionária foi realizada levando-se em conta que a rotina de trabalho não foi alterada significativamente desde 2008. Isso porque, a empresa que administra o condomínio e contrata os funcionários é a mesma até a presente data. Deve-se atentar, entretanto, para o fato de que pode haver mudança no modo de limpeza e rega de pessoa para pessoa.

A entrevista, baseada em Aguiar (2011), foi realizada em julho de 2013. Foram levantados dados referentes à frequência de utilização de mangueira e baldes para limpeza e rega, respectivamente, além do tempo de utilização pelo usuário, vazão da mangueira e volume do balde utilizado. A vazão volumétrica da mangueira foi estimada por medição direta em reservatório de volume conhecido, sendo o tempo de enchimento do recipiente cronometrado. A edificação utiliza ainda máquina de alta pressão para limpeza de algumas áreas, sendo a vazão obtida junto ao fabricante e, o tempo e frequência de uso junto à funcionária entrevistada. Os Apêndices A e B apresentam os dados coletados.

O volume de água de reúso consumido nas bacias sanitárias é encaminhado para o sistema público de esgoto juntamente com as excretas e o papel higiênico, conjunto denominado águas negras. Desta forma, deve-se somar o volume diário de

urina (águas amarelas) e das fezes (águas marrons) ao consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias a fim de se obter o volume diário de águas negras gerado, como apresentado na Equação 9. O volume de papel higiênico utilizado pelo indivíduo após evacuação e que é eventualmente descartado na bacia sanitária foi desconsiderado neste estudo.

$$\bar{Q}_{AN1} = (\bar{Q}_{BS1} + \bar{Q}_{BSoutros}) + (V_{urina} \cdot (Freq + 1) \cdot Pop) + (V_{fezes} \cdot Pop) \quad (9)$$

Onde,

\bar{Q}_{AN1}	Vazão média diária de águas negras gerada na edificação (L/dia);
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à edificação (L/dia);
$\bar{Q}_{BSoutros}$	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias, referente à área de lazer e ao térreo (L/dia) para o cenário 1;
V_{urina}	Volume médio de urina excretado por pessoa no ato de urinar (L);
$Freq$	Frequência diária de uso da bacia sanitária para urinar por pessoa do edifício (vezes/hab.dia);
V_{fezes}	Volume médio de fezes excretado por pessoa no ato de defecar (L);
Pop	População do edifício no cenário 1 (hab);

No presente estudo foi considerado a frequência média de 4 utilizações da bacia sanitária para urinar, como posto no item 4.3.1, somado ao volume de urina excretado juntamente com as fezes, logo 5 utilizações, média obtida por Aguiar (2011) em seu estudo. Destaca-se que esses valores referem-se ao uso da bacia sanitária por pessoa em sua residência.

Para o volume médio de urina no ato de urinar será considerado o valor de 280 mL. Essa estimativa refere-se ao valor encontrado na divisão do volume médio de urina excretado diariamente por uma pessoa (1,39 L/hab.dia), item 4.3.1 deste trabalho, pela média de 5 utilizações da bacia sanitária para urinar. O valor do volume de fezes excretado por pessoa adulta, 139,5 g/hab.dia (0,1395 L/hab.dia), foi obtido por uma média de valores encontrados na literatura, Tabela 7 do item 4.3.1 deste estudo.

Considerando que o consumo de água nas pias de cozinha não é monitorado, optou-se por usar como referência o estudo realizado pela USP por Mierzwa et. al

(2006), em um empreendimento vertical de alta renda, o que condiz com o padrão da edificação em estudo. O resultado do estudo é apresentado na Figura 1, item 4.1 deste trabalho. Destaca-se que no estudo de Mierzwa et. al (2006), o valor de consumo *per capita* de água relativo à cozinha foi apenas 6% superior ao obtido neste estudo.

Assim, 10% do total de água consumida na edificação são destinadas à cozinha. Desta forma, a parcela de água residuária proveniente da cozinha é dada pela Equação 10.

$$\bar{Q}_{Coz1} = 0,10 \cdot (\bar{Q}_{Potável1} + \bar{Q}_{Reúso1}) \quad (10)$$

Onde,

- \bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente à edificação (L/dia);
- $\bar{Q}_{Potável1}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1;
- $\bar{Q}_{Reúso1}$ Consumo médio diário de água de reúso na edificação (L/dia) no cenário 1.

Assim, a produção diária média de água residuária na edificação é dada pela Equação 11. Destaca-se que do total da água de reúso produzida, uma parcela é utilizada para rega de jardins e limpeza de áreas comuns, volume que, de acordo com Tsutiya & Sobrinho (2011), não retorna ao sistema de esgoto público.

$$\bar{Q}_{Esgoto1} = \bar{Q}_{Excedente1} + \bar{Q}_{AN1} + \bar{Q}_{Coz1} \quad (11)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Esgoto1}$ Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para a situação real (L/dia);
- $\bar{Q}_{Excedente1}$ Vazão média diária de água cinza-clara bruta/água de reúso descartada na edificação (L/dia);
- \bar{Q}_{AN1} Vazão média diária de água negra produzida pela edificação (L/dia);
- \bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente à edificação (L/dia).

Como já citado, a água cinza-clara gerada no térreo e na área de lazer é encaminhada diretamente para a rede pública de esgoto. Este valor não foi considerado no cálculo de vazão média de esgoto sanitário dada pela Equação 11.

A Equação 12 apresenta o cálculo do indicador *per capita* de produção de esgoto doméstico.

$$e_1 = \frac{\bar{Q}_{\text{Esgoto1}}}{\text{Pop}} \quad (12)$$

Onde,

- e_1 Produção *per capita* de águas residuárias na edificação (L/hab.dia) no cenário 1;
- \bar{Q}_{Esgoto1} Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para a situação real (L/dia);
- Pop População da edificação (hab).

Para os demais cenários deste estudo, o cálculo da produção *per capita* é calculado da mesma forma, sendo que a vazão média de esgoto doméstico pode variar.

5.3.2. Cenário 2

O Cenário 2 apresenta o consumo de água e a produção de esgoto da edificação na situação sem utilização de água de reúso nas descargas dos sanitários, ou seja, este cenário representa um edifício convencional sem uso de fontes alternativas de água. Nesta situação, toda a água consumida na edificação é potável, fornecida pela concessionária, portanto, o consumo de água potável é igual ao consumo de água total (água potável e água de reúso) do Cenário 1, como apresentado pela Equação 13.

$$\bar{Q}_{\text{Potável2}} = \bar{Q}_{\text{Potável1}} + \bar{Q}_{\text{Reúso1}} \quad (13)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{\text{Potável2}}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 2;
- $\bar{Q}_{\text{Potável1}}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1;
- $\bar{Q}_{\text{Reúso1}}$ Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no

cenário 1 (L/dia);

Neste cenário, além da água negra e do efluente da cozinha, toda a água cinza produzida na edificação retorna ao sistema de saneamento público sob a forma de esgoto, conforme apresentado na Equação 14:

$$\bar{Q}_{Esgoto2} = \bar{Q}_{AN1} + \bar{Q}_{Coz1} + \bar{Q}_{AC1} \quad (14)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Esgoto2}$ Vazão média diária de esgoto doméstico (L/dia) produzida no cenário 2;
- \bar{Q}_{AN1} Vazão média diária de água negra produzida pela edificação (L/dia) no cenário 1;
- \bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente a edificação (L/dia) no cenário 1;
- \bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

Os indicadores per capita, de consumo de água potável e produção de águas residuárias, referente ao cenário 2 são apresentados pelas equações 15 e 16, respectivamente.

$$q_2 = \frac{\bar{Q}_{Potável2}}{Pop} \quad (15)$$

Onde,

- q_2 Consumo *per capita* de água potável na edificação (L/hab.dia) no cenário 2;
- $\bar{Q}_{Potável2}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 2;
- Pop População da edificação referente ao cenário real (hab).

$$e_2 = \frac{\bar{Q}_{Esgoto2}}{Pop} \quad (16)$$

Onde,

- e_2 Produção *per capita* de águas residuárias na edificação (L/hab.dia) no cenário 2;
- $\bar{Q}_{Esgoto2}$ Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para a

situação convencional (L/dia);

Pop População da edificação referente ao cenário real (hab).

A partir dos Cenários 1 e 2, foram calculados os consumos de água, a produção de esgoto lançado na rede coletora e os indicadores *per capita* dos demais cenários propostos.

5.3.3. Cenário 3

Considerou-se neste cenário, que parte da água de reúso produzida na edificação em estudo seria vendida para a Prefeitura Municipal de Vitória (PMV), que a utilizaria na lavagem de ruas após realização de feiras ou ainda, na rega de jardins públicos. De acordo com a PMV, a rua do edifício em estudo, Rua Constante Sodré, abriga toda quinta-feira a chamada Feira Livre da Praia do Canto, que ocorre das 6h às 12h.

Na edificação, a água de reúso é utilizada nas mesmas atividades do cenário real, ou seja, para descarga nas bacias sanitárias, limpeza de áreas comuns e rega de áreas ajardinadas.

Neste cenário, será tomado como base de cálculo toda a água cinza-clara produzida na edificação para o cenário 1. Assumindo duas situações distintas, cenário 3a e 3b.

5.3.3.1. Cenário 3a

Neste cenário foi considerado que 60% do volume de água cinza-clara bruta produzida no cenário 1 será tratada e reutilizada. Desses 60% produzidos, 34% são para consumo do prédio (valor fixo, micromedido na coluna de água de reúso) e 26% para venda à Prefeitura Municipal de Vitória (PMV). Desta forma, tem-se que o consumo de água de reúso na edificação é o mesmo que aquele observado no cenário 1, Equação 17:

$$\bar{Q}_{Reúso3a} = \bar{Q}_{Reúso1} = 0,34 \cdot \bar{Q}_{AC1} \quad (17)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Reúso3a}$ Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 3a (L/dia);
- $\bar{Q}_{Reúso1}$ Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 1 (L/dia);
- \bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

A vazão média diária de água de reúso destinada para venda à PMV é dada pela Equação 18:

$$\bar{Q}_{PMV3a} = 0,26 \cdot \bar{Q}_{AC1} \quad (18)$$

Onde,

- \bar{Q}_{PMV3a} Vazão média diária de água de reúso disponível para venda à PMV (L/dia) no cenário 3a;
- \bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

O consumo de água potável na edificação também é o mesmo do cenário 1, de acordo com a Equação (19).

$$\bar{Q}_{Potável3a} = \bar{Q}_{Potável1} \quad (19)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Potável3a}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 3a;
- $\bar{Q}_{Potável1}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1.

Neste cenário, a produção de esgoto considera a geração de águas negras, o efluente proveniente da cozinha e também inclui o excedente de água cinza, visto que de toda a água cinza-clara bruta produzida, 60% é tratada e consumida e 40% é descartada na rede pública de esgoto, conforme Equação 20.

$$\bar{Q}_{Esgoto3a} = \bar{Q}_{AN1} + \bar{Q}_{Coz1} + (0,4 \cdot \bar{Q}_{AC1}) \quad (20)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto3a}$	Vazão média diária de esgoto doméstico (L/dia) produzida no edifício no cenário 3a;
\bar{Q}_{AN1}	Vazão média diária de água negra produzida na edificação (L/dia) no cenário 1;
\bar{Q}_{Coz1}	Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente a edificação (L/dia) no cenário 1;
\bar{Q}_{AC1}	Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

5.3.3.2. Cenário 3b

Do volume de água cinza-clara produzida na edificação para o cenário 1, 80% referem-se à produção e consumo de água de reúso, sendo 34% para consumo do prédio e 46% para venda à Prefeitura de Vitória. Desta forma, tem-se que o consumo de água de reúso é o mesmo que aquele observado no cenário 1, Equação 21:

$$\bar{Q}_{Reúso3b} = \bar{Q}_{Reúso1} = 0,34 \cdot \bar{Q}_{AC1} \quad (21)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Reúso3b}$	Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 3b (L/dia);
$\bar{Q}_{Reúso1}$	Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 1 (L/dia);
\bar{Q}_{AC1}	Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

A vazão média diária de água de reúso destinada para venda à PMV é dada pela Equação 22:

$$\bar{Q}_{PMV3b} = 0,46 \cdot \bar{Q}_{AC1} \quad (22)$$

Onde,

\bar{Q}_{PMV3b}	Vazão média diária de água de reúso disponível para venda à PMV (L/dia) no cenário 3a;
-------------------	--

\bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

O consumo de água potável na edificação também é o mesmo que o do cenário 1, como apresentado na Equação (23).

$$\bar{Q}_{Potável3b} = \bar{Q}_{Potável1} \quad (23)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Potável3b}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 3b;

$\bar{Q}_{Potável1}$ Consumo médio diário de água potável na edificação (L/dia) no cenário 1.

Neste cenário a produção de esgoto é dada pela Equação 24, considerando agora um excedente de 20%.

$$\bar{Q}_{Esgoto3b} = \bar{Q}_{AN1} + \bar{Q}_{Coz1} + (0,2 \cdot \bar{Q}_{AC1}) \quad (24)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto3b}$ Vazão média diária de esgoto doméstico (L/dia) produzida no edifício no cenário 3b;

\bar{Q}_{AN1} Vazão média diária de água negra produzida pelo edifício (L/dia) no cenário 1;

\bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente à edificação (L/dia) no cenário 1;

\bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação (L/dia) no cenário 1.

5.3.4. Cenário 4

Para o cenário 4, propõe-se a mesma consideração feita por Aguiar (2011). Em seu estudo, a autora considerou que as bacias sanitárias com caixa acoplada fossem substituídas por bacias sanitárias segregadoras do tipo *Dubblentten* (Figura 12), com duplo acionamento de descarga, 0,1 L para urina e 4,0 L para as fezes (MROZOWSKI, 2011 *apud* AGUIAR, 2011), a fim de realizar a coleta segregada da

urina. Esta bacia com duplo acionamento foi selecionada por ter suas dimensões parecidas com a bacia de caixa acoplada existente na edificação.



Figura 12 - Bacia sanitária segregadora

Fonte: MROZOWSKI, 2011 *apud* Aguiar, 2011, p. 103

Este cenário permite que a mistura de urina e água coletada pela bacia sanitária segregadora (BSS) seja direcionada para um reservatório na própria edificação, responsável por armazenar a água amarela produzida. A urina armazenada é então coletada por caminhões-tanque e encaminhada para áreas rurais, a fim de ser utilizada, após tratamento pertinente, como fertilizante na agricultura.

O cenário 4 é subdividido em outros 2 cenários: sem o reúso de água para descarga das bacias sanitárias segregadoras, desconsiderando o reúso nas áreas comuns da edificação e para a rega de jardins e; com o reúso de água nas bacias sanitárias do edifício, na área comum e na rega de jardins.

5.3.4.1. Cenário 4a

No cenário 4a, a bacia sanitária segregadora não é alimentada com água de reúso e não há reúso para limpeza de área comum e para rega de jardim. Desta forma, o consumo de água potável na edificação é calculado considerando o consumo de água potável do cenário real (cenário 1), os consumos de água de

reúso na área de lazer e área comum e, ainda, o volume de água utilizado na bacia sanitária segregadora, desconsiderando, portanto, o volume utilizado na bacia sanitária convencional, com mostra a Equação 25.

$$\bar{Q}_{Potável4a} = \bar{Q}_{Potável1} + \bar{Q}_{LReúso} + \bar{Q}_{CReúso} + \bar{Q}_{BSS4a} \quad (25)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Potável4a}$ Consumo médio diário de água potável (L/dia) no edifício no cenário 4a;
 $\bar{Q}_{Potável1}$ Consumo médio diário de água potável (L/dia) no cenário 1 (real);
 $\bar{Q}_{LReúso}$ Consumo médio diário de água de reúso na área de lazer da edificação (L/dia);
 $\bar{Q}_{CReúso}$ Consumo médio diário de água de reúso na área comum da edificação (L/dia);
 \bar{Q}_{BSS4a} Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4a.

De acordo com Oliveira (2002), o consumo de água da bacia sanitária é a água utilizada na descarga mais a água desperdiçada através de perdas por vazamento. Portanto, o volume de água gasto nas descargas deste cenário foi acrescido de um potencial de perdas de 10% (GONÇALVES, 2006), conforme Equação 26. Esta consideração também foi feita no estudo de Aguiar (2011).

$$\bar{Q}_{BSS4a} = 1,1.(V_{4a}) \quad (26)$$

Onde,

- \bar{Q}_{BSS4a} Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4a;
 V_{4a} Consumo de água potável (L/dia) utilizado nas descargas das BSS no cenário 4a.

O volume V_{4a} foi determinado a partir dos já citados volumes nominais de 0,1 L para carrear urina e 4,0 L para carrear as fezes e ainda, da população do edifício, da frequência média de 5 utilizações da bacia sanitária apresentada no item 4.3.1 deste trabalho.

Considerou-se que o acionamento das duas descargas da BSS no caso da defecação, isso porque, supõe-se que juntamente com as fezes o indivíduo irá

urinar. A Equação 27 apresenta o cálculo do consumo diário de água potável considerando o volume de descarga.

$$\bar{Q}_{BSS4a} = 1,1. \{ [0,1. Pop. (Freq + 1)] + (4,0. Pop) \} \quad (27)$$

Onde,

\bar{Q}_{BSS4a} Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4a;

$Freq$ Frequência diária de uso da BSS para urinar por pessoa do edifício no cenário 1 (vezes/hab.dia);

Pop População do edifício no cenário 1 (hab).

A produção de águas residuárias é dada pela Equação 28.

$$\bar{Q}_{Esgoto4a} = \bar{Q}_{AC1} + \bar{Q}_{AM4a} + \bar{Q}_{Coz1} \quad (28)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto4a}$ Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 4a (L/dia);

\bar{Q}_{AC1} Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação no cenário 1 (L/dia).

\bar{Q}_{AM4a} Vazão média diária de água marrom no edifício no cenário 4a (L/dia);

\bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente a edificação (L/dia), cenário 1.

A produção de águas marrons para o cenário 4a é dado pela Equação 29, que considera os 4,0 L utilizados por descarga para afastamento das fezes na BSS, sendo considerado que o acionamento é realizado apenas uma vez por dia. O volume de papel higiênico utilizado pelo indivíduo após evacuação e que é eventualmente descartado na bacia sanitária foi desconsiderado neste estudo.

$$\bar{Q}_{AM4a} = (4,0. Pop) + (V_{fezes}. Pop) \quad (29)$$

Onde,

\bar{Q}_{AM4a} Vazão média diária de água marrom no edifício no cenário 4a (L/dia);

Pop População do edifício no cenário 1 (hab);

V_{fezes} Volume médio de fezes excretado por pessoa no ato de defecar (L/hab.dia).

Para o volume médio de fezes excretado por pessoa, foi utilizado o valor médio de 139,5 g/hab.dia (0,1395 L/hab.dia), obtido por uma média de valores encontrados na literatura, Tabela 7 do item 4.3.1 deste estudo.

O volume de urina a ser armazenado será determinado adiante.

5.3.4.2. Cenário 4b

O consumo de água potável no cenário 4b é o mesmo que na situação real da edificação, ou seja, $\bar{Q}_{Potável4b} = \bar{Q}_{Potável1}$. O consumo de água de reúso, porém, é distinto daquele calculado no cenário 1, já que o cenário 4b utiliza um volume menor de água de reúso na bacia sanitária, que agora é do tipo segregadora, mantendo o consumo de água de reúso na área de lazer e na área comum (Equação 30). O consumo de água para descarga é equivalente aquele calculado para o cenário 4a, logo $\bar{Q}_{BSS4a} = \bar{Q}_{BSS4b}$.

$$\bar{Q}_{Reúso4b} = \bar{Q}_{BSS4b} + \bar{Q}_{LReúso} + \bar{Q}_{CReúso} \quad (30)$$

Onde,

- $\bar{Q}_{Reúso4b}$ Consumo médio total de água de reúso na edificação diariamente no cenário 4b (L/dia);
- \bar{Q}_{BSS4b} Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4b;
- $\bar{Q}_{LReúso}$ Consumo médio diário de água de reúso na área de lazer da edificação (L/dia);
- $\bar{Q}_{CReúso}$ Consumo médio diário de água de reúso na área comum da edificação (L/dia).

A produção de águas residuárias deste cenário deve incluir a água de reúso que não é utilizada na descarga da BSS, já que o consumo nesta é menor quando comparado àquele necessário na bacia convencional do cenário real, cenário 1. Destaca-se que todo o volume coletado de urina e água na BSS é direcionado para o tanque de estocagem. E, que a vazão média diária de água marrom é a mesma do cenário 4a, ou seja, $\bar{Q}_{AM4a} = \bar{Q}_{AM4b}$. A produção de águas residuárias é apresentada pela Equação 31.

$$\bar{Q}_{Esgoto4b} = \bar{Q}_{Excedente1} + \bar{Q}_{AM4b} + \bar{Q}_{Coz1} + (\bar{Q}_{BS1} - \bar{Q}_{BSS4b}) \quad (31)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto4b}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 4b (L/dia);
$\bar{Q}_{Excedente1}$	Volume médio diário de água cinza-clara bruta/água de reúso descartada na edificação (L/dia);
\bar{Q}_{AM4b}	Vazão média diária de água marrom no edifício para o cenário 4b (L/dia);
\bar{Q}_{Coz1}	Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente a edificação (L/dia), cenário 1;
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias no cenário 1 (L/dia);
\bar{Q}_{BSS4b}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias segregadoras no cenário 4b.

5.3.4.3. Geração de Urina – Cenário 4

A geração média diária de urina na edificação, obtida a partir da separação na fonte, ou seja, pelo uso da bacia sanitária segregadora, pode ser estimada pela Equação 32:

$$\bar{Q}_{Urina4} = [0,1 \cdot Pop \cdot (Freq + 1)] + [(Freq + 1) \cdot V_{urina} \cdot Pop] \quad (32)$$

Onde,

\bar{Q}_{Urina4}	Vazão média diária de urina produzida no edifício para o cenário 4 (L/dia);
V_{urina}	Volume médio de urina excretado por pessoa no ato de urinar (L);
$Freq$	Frequência diária de uso da bacia sanitária para urinar por pessoa do edifício (vezes/hab.dia);
Pop	População do edifício no cenário 1 (hab).

Ressalta-se que o volume de 0,1 L corresponde àquele utilizado para descarga da urina na bacia sanitária segregadora. O volume de urina considerado neste estudo foi de 280 mL, valor obtido considerando o volume de urina médio

excretado diariamente (1,39 L/hab.dia) e a frequência de 5 utilizações da bacia sanitária (item 4.3.1).

5.3.5. Cenário 5

No cenário 5 é proposto a coleta seca e segregada da urina a partir da instalação de mictórios secos unissex, em conjunto com a bacia sanitária existente na edificação, que seria utilizada apenas para defecação, considerando um volume de 6,8 L por descarga, valor utilizado no estudo de Aguiar (2011), apresentado também por Gonçalves (2006). Destaca-se que no mictório, a urina passa, por ação da gravidade, por um dispositivo dotado de um selo líquido composto por uma substância oleosa odorante e biodegradável que funciona como uma barreira.

Da mesma forma como sugerido para o cenário 4, a urina coletada, neste caso pelo mictório seco, é direcionada para um reservatório a fim de armazená-la na própria edificação por certo período. A urina é então coletada por caminhões-tanque e levada até a zona rural para aproveitamento como fertilizante, depois do devido tratamento.

O cenário 5 também é subdividido em outros 2 cenários: sem o reúso de água e; com o reúso de água de reúso nas bacias sanitárias do edifício, área comum e rega de jardins.

5.3.5.1. Cenário 5a

No cenário 5a, não há reúso de água na bacia sanitária com caixa acoplada, nem na limpeza de área comum e rega de jardins. Considera-se o uso do mictório seco unissex para urinar e bacia sanitária convencional com descarga de água potável para afastamento de fezes. Desta forma, o consumo de água potável neste cenário é dado pela Equação 33.

$$\bar{Q}_{Potável5a} = \bar{Q}_{Potável1} + \bar{Q}_{LReúso} + \bar{Q}_{CReúso} + \bar{Q}_{BS5a} \quad (33)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Potável5a}$ Consumo médio diário de água potável (L/dia) no edifício no cenário 5a;

$\bar{Q}_{Potável1}$	Consumo médio diário de água potável (L/dia) no cenário real;
$\bar{Q}_{LReúso}$	Consumo médio diário de água de reúso na área de lazer da edificação no cenário 1 (L/dia);
$\bar{Q}_{CReúso}$	Consumo médio diário de água de reúso na área comum da edificação no cenário 1 (L/dia).
\bar{Q}_{BS5a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias no cenário 5a.

Considerando o potencial de perdas de água por vazamento, o consumo de água potável da bacia sanitária é apresentado na Equação 34.

$$\bar{Q}_{BS5a} = 1,1. (V_{5a}) \quad (34)$$

Onde,

\bar{Q}_{B5a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitária no cenário 5a;
V_{5a}	Volume de água potável (L/dia) utilizado nas descargas das bacias sanitárias no cenário 5a.

Como neste cenário a bacia sanitária é utilizada somente para defecação, o volume de água utilizado nas descargas corresponde ao volume necessário para o afastamento da mistura fezes e urina (Equação 35). O volume de 6,8 L para descarga em bacia com caixa acoplada foi utilizado por Aguiar (2011).

$$\bar{Q}_{BS5a} = 1,1. (6,8. Pop) \quad (35)$$

Onde,

\bar{Q}_{B5a}	Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias no cenário 5a;
Pop	População do edifício no cenário 1 (hab).

A produção de esgoto doméstico é dada pela Equação 36.

$$\bar{Q}_{Esgoto5a} = \bar{Q}_{AC1} + \bar{Q}_{AN5a} + \bar{Q}_{Coz1} \quad (36)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto5a}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 5a (L/dia);
\bar{Q}_{AC1}	Vazão média diária de água cinza-clara bruta produzida na edificação

- no cenário 1 (L/dia);
- \bar{Q}_{AN5a} Vazão média diária de águas negras no edifício (L/dia);
- \bar{Q}_{Coz1} Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente a edificação (L/dia), cenário 1.

A produção de águas negras para o cenário 5a é dado pela Equação 37. Considera-se, como já citado, que a frequência de defecação é de uma vez ao dia e que uma pessoa ao evacuar também urina.

$$\bar{Q}_{AN5a} = \bar{Q}_{BS5a} + [(V_{urina} + V_{fezes}) \cdot Pop] \quad (37)$$

Onde,

- \bar{Q}_{AN5a} Vazão média diária de águas negras no edifício (L/dia);
- \bar{Q}_{BS5a} Consumo diário de água potável (L/dia) das bacias sanitárias no cenário 5a;
- V_{fezes} Volume médio de fezes excretado por pessoa no ato de defecar (L/hab.dia);
- V_{urina} Volume médio de urina excretado por pessoa no ato de urinar (L);
- Pop População do edifício no cenário 1 (hab).

Como posto anteriormente, os valores de volumes médios de urina e fezes utilizados referem-se aqueles postos no item 4.3.1 deste trabalho.

5.3.5.2. Cenário 5b

O consumo de água potável no cenário 5b é o mesmo que na situação real da edificação, ou seja, $\bar{Q}_{Potável5b} = \bar{Q}_{Potável1}$. O consumo de água de reúso, porém, é distinto daquele calculado no cenário 1, já que o cenário 5b utiliza água de reúso na bacia sanitária para descarga apenas após a defecação. O consumo de água para descarga é equivalente aquele calculado para o cenário 5a, logo $\bar{Q}_{BS5a} = \bar{Q}_{BS5b}$, entretanto, no cenário 5b a água de reúso é utilizada na descarga.

A produção de águas residuárias deste cenário deve incluir a água de reúso que não é utilizada na descarga da bacia sanitária no cenário 5b. Isso porque, o consumo nesta não considera o consumo de água das descargas para afastamento de urina durante o dia, como ocorre no cenário 1. Destaca-se ainda, que a vazão

média diária de água negra é a mesma do cenário 5a, ou seja, $\bar{Q}_{AN5a} = \bar{Q}_{AN5b}$. A produção de águas residuárias é apresentada pela Equação 38.

$$\bar{Q}_{Esgoto5b} = \bar{Q}_{Excedente1} + \bar{Q}_{AN5b} + \bar{Q}_{Coz1} + (\bar{Q}_{BS1} - \bar{Q}_{BS5b}) \quad (38)$$

Onde,

$\bar{Q}_{Esgoto5b}$	Vazão média diária de esgoto doméstico produzida no edifício para o cenário 5b (L/dia);
$\bar{Q}_{Excedente1}$	Vazão média diária de água cinza-clara bruta/água de reúso descartada na edificação (L/dia);
\bar{Q}_{AN5b}	Vazão média diária de água marrom no edifício para o cenário 5b (L/dia);
\bar{Q}_{Coz1}	Vazão média diária de água residuária produzida na cozinha, referente à edificação (l/dia), cenário 1;
\bar{Q}_{BS1}	Consumo médio diário de água de reúso nas bacias sanitárias no cenário 1 (L/dia).
\bar{Q}_{BS5b}	Consumo diário de água de reúso (L/dia) das bacias sanitárias no cenário 5b.

5.3.5.3. Geração de Urina – Cenário 5

A geração média diária de urina na edificação, obtida a partir da separação na fonte, ou seja, pelo uso do mictório, pode ser estimada pela Equação 39:

$$\bar{Q}_{Urina5} = Freq \cdot V_{urina} \cdot Pop \quad (39)$$

Onde,

\bar{Q}_{Urina5}	Vazão média diária de urina produzida no edifício para o cenário 5 (L/dia);
V_{urina}	Volume médio de urina excretado por pessoa no ato de urinar (L);
$Freq$	Frequência diária de uso da bacia sanitária para urinar por pessoa do edifício (vezes/hab.dia);
Pop	População do edifício no cenário 1 (hab).

Destaca-se que neste caso, o volume de urina é correspondente às quatro utilizações do mictório, já que a urina excretada no momento da defecação é direcionada para bacia sanitária.

5.4. Impacto de Redução no Consumo de Água Potável

A redução do consumo de água potável resultante da utilização do reúso e/ou gerenciamento da urina propostos neste estudo pode ser obtida a partir do cálculo do indicador *per capita* de consumo de água potável para cada cenário, em comparação com o indicador do cenário 2, ou seja, do edifício convencional, sem reúso de água e/ou gerenciamento de águas amarelas.

A Equação 40 apresenta o cálculo do impacto de redução do consumo de água potável. O cálculo foi baseado no Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações, elaborado pela ANA e FIESP (2005).

$$q = \frac{q_2 - q_x}{q_2} \cdot 100 (\%) \quad (40)$$

Onde,

- q Impacto de redução do consumo de água potável por pessoa (%);
- q_2 Indicador de consumo *per capita* de água potável na edificação (L/hab.dia) no cenário 2;
- q_x Indicador de consumo *per capita* de água potável na edificação (L/hab.dia) no cenário em estudo.

5.5. Impacto de Redução na Produção de Esgoto Doméstico

A fim de avaliar o impacto de redução de produção de esgoto doméstico, efluente lançado na rede coletora de esgoto da cidade, foi considerado o indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico calculado em cada cenário, em comparação com o indicador de referência, aquele definido para o cenário 2 (edifício convencional). Esse impacto de redução é calculado conforme a Equação 41.

$$e = \frac{e_2 - e_x}{e_2} \cdot 100 (\%) \quad (41)$$

Onde,

- e Impacto de redução de produção de esgoto doméstico por pessoa (%);
- e_2 Indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico na edificação (L/hab.dia) no cenário 2;
- e_x Indicador de produção *per capita* de esgoto doméstico na edificação (L/hab.dia) no cenário em estudo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 13 apresenta os valores médios encontrados referentes aos consumos de água potável e de reúso, além da geração média de esgoto doméstico para os cenários considerados neste estudo. O cenário 1 (C1) é aquele observado na edificação real, com reúso de água nas bacias sanitárias, para limpeza de áreas comuns e rega de jardins. O cenário 2 (C2) é a base de comparação e representa uma edificação convencional, sem reúso de água.

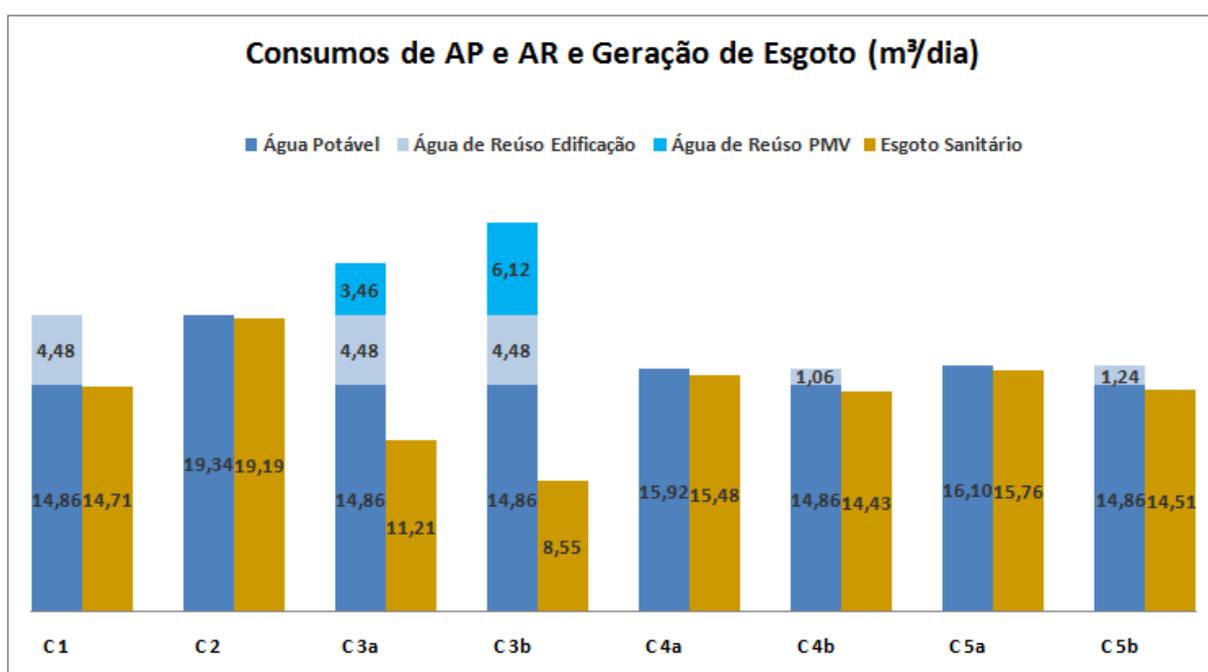


Figura 13 - Consumo médio de água potável e de reúso e geração média de esgoto doméstico

Para um edifício convencional (C2), observam-se um consumo médio de água potável de 19,34 m³/dia e uma geração média de águas residuárias de 19,19 m³/dia, valores elevados quando comparados à situação real (C1), que possibilita uma redução de 23% de água potável a partir da adoção de uma fonte alternativa de água para fins menos nobres, a água de reúso utilizada nas bacias sanitárias da edificação, na limpeza de áreas comuns e na rega de jardins.

Aguiar (2011), em um estudo semelhante, encontrou para uma edificação convencional uma demanda média de água potável de 13,83 m³/dia. Na situação hipotética considerada pela autora, com reúso nas bacias sanitárias, limpeza e rega de jardins, observou-se uma redução de 16% no consumo de água potável, de 13,83

para 11,56 m³/dia. Os valores inferiores encontrados por Aguiar podem ser explicados pelo fato de a edificação estudada pela autora possuir uma população inferior ao do presente estudo, além de uma menor área ajardinada e área comum, necessitando, portanto, de um volume menor de água de reúso para as atividades de descarga de bacia sanitária, rega de jardim e limpeza.

Ghisi e Oliveira (2007 *apud* VIEIRA, 2012) estimaram um potencial de economia de água potável a partir do aproveitamento de água cinza para duas habitações de médio padrão, uma em Palhoça e outra em Santa Catarina. Os valores encontrados pelos autores, 25,6% para Palhoça e 30,4% para Santa Catarina, superam em 10 e 24%, respectivamente, o observado no presente estudo.

O panorama geral apresentado pela Figura 13 permite observar a vantagem de vender água de reúso para a Prefeitura Municipal de Vitória (PMV), cenários 3a e 3b. Isso porque, há uma significativa redução, de 42 e 55%, respectivamente, do volume de esgoto doméstico gerado no edifício quando comparado ao cenário convencional, visto que uma menor quantidade de água de reúso é descartada, sendo a água não potável consumida não só na edificação, mas na limpeza de ruas e rega de jardins públicos.

De acordo com a Secretaria de Serviços de Vitória (Semse), a PMV utiliza para limpeza de ruas e rega de jardins públicos água não potável proveniente de uma lagoa localizada em uma empresa privada de mineração, em Vitória-ES. Segundo a Secretaria, a Rua Constante Sodré, Praia do Canto, abriga uma feira livre toda quinta-feira e, para sua limpeza são utilizados entre 4,0 e 5,0 m³ de água não potável. O cenário 3a, que considera que 60% de toda água cinza-clara produzida no edifício em estudo sejam tratadas e, 26% sejam vendidas à PMV, resultam em 3,46 m³/dia de água de reúso disponíveis para a Prefeitura. Em uma semana, este valor alcança o equivalente a 24 m³, volume que poderia lavar cerca de seis feiras do porte daquela que ocorre na Rua Constante Sodré.

A análise do cenário 3b, que considera que 80% de toda água cinza-clara produzida no edifício em estudo sejam tratadas e 46% sejam vendidas à PMV, mostra que, por dia, ficam disponíveis para uso da PMV 6,12 m³ de água de reúso.

Em uma semana, seriam 43 m³, o necessário para a limpeza de cerca de 10 feiras como a que ocorre na rua da edificação.

É válido ressaltar que, no caso de venda da água de reúso para a PMV, deve-se verificar o volume de interesse para compra pela prefeitura, a fim de que a edificação acrescente um terceiro reservatório de forma a não interferir no armazenamento para consumo da edificação. Destaca-se ainda, a importância de realizar uma análise estrutural para verificar se a edificação suporta armazenar um volume superior de água.

É importante frisar, que o processo de negociação de compra de água de reúso pela PMV não faz parte da discussão deste trabalho.

No caso do edifício em estudo, deve-se considerar a capacidade da Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC) para lotação total da edificação, a fim de verificar se as demandas de consumo pela habitação e de venda para a PMV são atendidas nesta situação. Em 2008, ano do monitoramento, a ETAC tratava 11,85 m³ de água cinza-clara, 89% da água cinza-clara gerada. Valor médio encontrado a partir da leitura do hidrômetro localizado na entrada da ETAC e que atende, portanto, a edificação e ambos os cenários hipotéticos de venda, C3a e C3b.

De acordo com a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (Recesa), algumas prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) compram todo mês, a custos reduzidos, 34 milhões de litros de esgoto tratado pela SABESP para limpeza pública e rega de jardins. Investimento público que favorece a sustentabilidade hídrica na região, visto que investe no aumento da oferta de água a partir do tratamento de efluentes para atender usos não potáveis.

A Tabela 10 apresenta o consumo médio de água potável (AP), de reúso (AR) e de água total (AT), bem como a redução do consumo de água potável e da demanda por água total na edificação. Destaca-se que os índices incluídos na Tabela 10 referem-se apenas ao consumo pela população da edificação, não incluindo, portanto, o volume de água de reúso vendido para a Prefeitura Municipal de Vitória.

Tabela 10 - Consumos médios de água nos cenários e conservação do recurso

Cenários Estudados	IC per capita AP (L/hab.dia)	IC per capita AR (L/hab.dia)	IC per capita AT (L/hab.dia)	Redução de AP na Edificação (%)	Redução da Demanda por AT na Edificação (%)
Cenário 1	204	61	265	23%	-
Cenário 2	265	-	265	-	-
Cenário 3					
Cenário 3a	204	61	265	23%	-
Cenário 3b	204	61	265	23%	-
Cenário 4					
Cenário 4a	218	-	218	18%	18%
Cenário 4b	204	14	218	23%	18%
Cenário 5					
Cenário 5a	221	-	221	17%	17%
Cenário 5b	204	17	221	23%	17%

A maior redução do consumo de água potável, 23%, foi observada na situação real do edifício e nos cenários 3, 4b e 5b, sendo, portanto, as situações que apresentaram melhor otimização em relação à oferta de água. Os cenários 3, 4b e 5b apresentam a mesma redução, visto que o consumo de água potável é o mesmo daquele observado no cenário 1, todos com aumento na oferta devido a adoção de uma fonte alternativa de água voltada para usos menos nobres. Entretanto, diferente dos cenários 1 e 3, os cenários 4b e 5b apresentam, além do enfoque na oferta, uma redução na demanda por água total, visto que consideram a adoção de dispositivos de uso racional no edifício, bacia sanitária segregadora (BSS) e mictório, respectivamente.

Os cenários 4a e 5a apresentam uma redução do consumo de água potável menor quando comparado ao observado para os cenários 1, 3, 4b e 5b, porém significativa, 18% e 17%, respectivamente. Nestes casos, o enfoque é apenas na demanda, através de ações de uso racional, não sendo consideradas fontes alternativas de água, já que nestes cenários não há reúso de água. No que se refere aos cenários 4 e 5, a redução da demanda por água total é um pouco superior no cenário 4 visto que este utiliza apenas a BSS como dispositivo economizador, que utiliza 0,1 L para descarga de urina e 4,0 L para fezes. O cenário 5, por outro lado, considera o mictório seco para urinar e uma bacia sanitária de 6,8 L para afastamento das fezes. Sendo assim, o cenário que apresentou melhor desempenho no que se refere ao uso racional de água foi o cenário 4, com redução de 18% na demanda total por água.

Comparando-se a economia de água obtida para o cenário real (cenário 1), que considera apenas o reúso de água, e os cenários com dispositivos sanitários que utilizam água potável, cenários 4a e 5b, percebe-se uma pequena diferença na redução de consumo de água, 23% frente aos 18 e 17%. Desta forma, é importante avaliar todas as variáveis envolvidas para escolha do melhor sistema a ser adotado, como, por exemplo, a economia de água *versus* a viabilidade econômica de cada opção e as alterações necessárias ao sistema hidrossanitário convencional. Fatores que poderiam favorecer a adoção dos dispositivos sanitários frente ao sistema de reúso.

A Tabela 11 apresenta alguns valores de consumo *per capita* de água potável e de reúso encontrados na literatura.

Tabela 11 - Valores de índices de consumo (IC) per capita de água potável (AP) e de água de reúso (AR) encontrados na literatura

Referência	Local	Edificação	IC <i>per capita</i> AP (L/hab.dia)	IC <i>per capita</i> AR (L/hab.dia)
Este estudo	Vitória – ES	Edificação dotada de sistema de reúso de água cinza*	204	61
Aguiar, 2011			216	42
Agostini, 2009			182	54
Pertel, 2009			164	-

* Todas com reúso na BS, rega de jardim e limpeza de área comum

Os estudos realizados por Pertel (2009) e Agostini (2009) ocorreram na mesma edificação considerada no presente estudo, apresentando resultados distintos devido ao período de monitoramento considerado por cada autor. Além disso, no que se refere à água potável, ambos os autores consideraram apenas o consumo nos apartamentos. Diferente deste trabalho, que levou em consideração o total consumido pelo edifício. Estas situações podem explicar um aumento médio de 19% e de 11% no consumo de água potável para o presente estudo, quando comparado aos valores encontrados por Pertel (2009) e Agostini (2009), respectivamente.

O cenário hipotético considerado por Aguiar (2011) é equivalente à edificação real deste estudo, visto que ambas consomem água de reúso na limpeza de área comum, rega de jardins e descarga de bacia sanitária. O *per capita* de água potável encontrado pela autora supera o observado no presente estudo em apenas 6% e, o de água de reúso, é 32% inferior. Valores que podem estar relacionados ao menor

número de moradores e menor área ajardinada do edifício estudado por Aguiar (2011).

A Figura 14 apresenta os índices *per capita* médios de consumo de água e também de geração de esgoto doméstico encontrados para cada cenário.

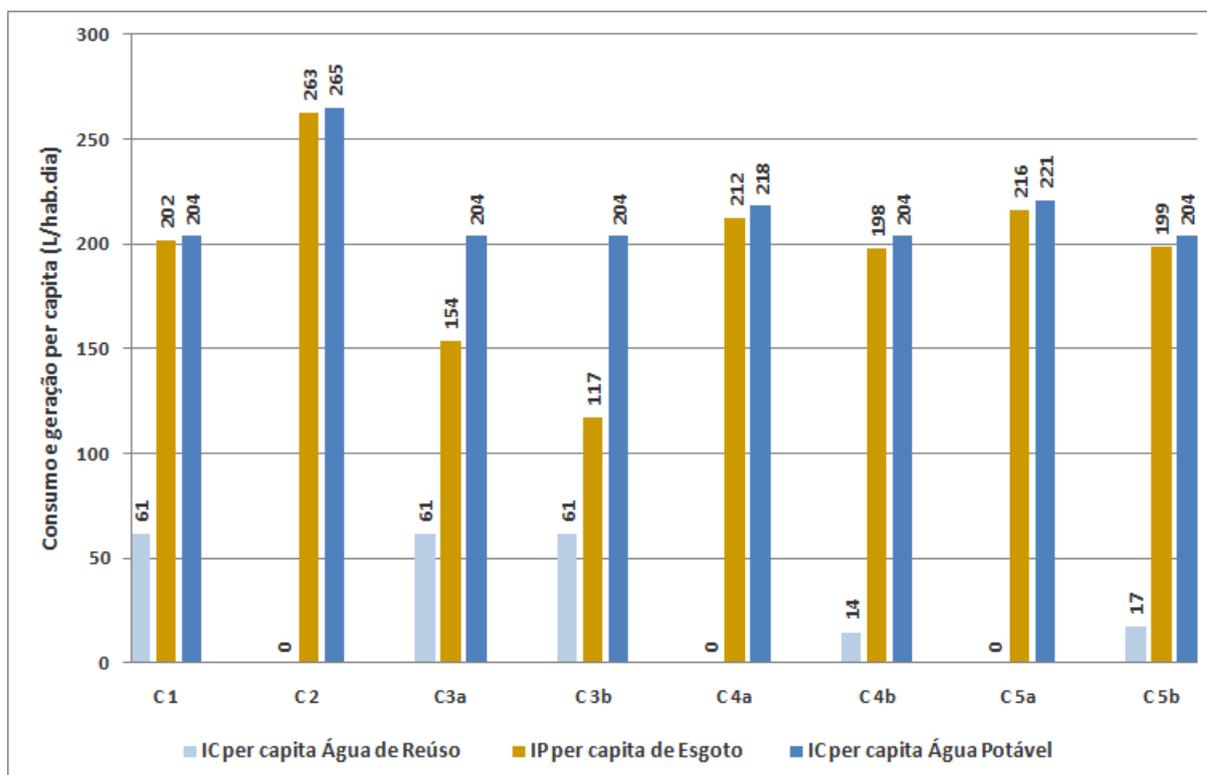


Figura 14 - Indicadores per capita médios de consumo de água e geração de esgoto

Como dito anteriormente, o cenário real já é vantajoso por inserir uma fonte alternativa de água para usos não potáveis na edificação, alcançando um *per capita* médio de consumo de água potável de 204 L/hab.dia e, de água de reúso de 61 L/hab.dia. Outra vantagem é que, quando comparado ao cenário convencional, reduz consideravelmente o lançamento de águas residuárias na rede de esgoto, isso porque desvia parte da água cinza-clara, que antes seria descartada na rede pública de esgoto, para tratamento e posterior reúso.

A Tabela 12 apresenta os índices médios de produção *per capita* de esgoto doméstico, bem como a redução deste nos cenários estudados quando cada um é comparado ao cenário convencional (cenário 2).

Tabela 12 - Indicadores médios *per capita* de produção de esgoto e redução na geração

Cenários Estudados	IP per capita Esgoto (L/hab.dia)	Redução da Geração de Esgoto (%)
Cenário 1	202	23%
Cenário 2	263	-
Cenário 3		
Cenário 3a	154	42%
Cenário 3b	117	55%
Cenário 4		
Cenário 4a	212	19%
Cenário 4b	198	25%
Cenário 5		
Cenário 5a	216	18%
Cenário 5b	199	24%

De acordo com a Tabela 12, o cenário que deixa de lançar o maior volume de esgoto doméstico na rede pública, 55%, é o 3b, que trata 80% da água cinza-clara produzida na edificação, utiliza 34%, sendo o restante vendido para a Prefeitura de Vitória. No cenário 4a, com bacias sanitárias segregadoras e estocagem de urina com vistas ao reúso agrícola, obtêm-se uma redução do esgoto lançado na rede coletora de 19%. Se, ao cenário 4a for adicionado o reúso de água cinza-clara para descarga de BSS, cenário 4b, este percentual atinge 25%, o que equivale a uma redução em torno de 144 m³ por mês de esgoto na rede.

A Figura 15 apresenta o indicador *per capita* médio por porção de esgoto doméstico para cada cenário em estudo.

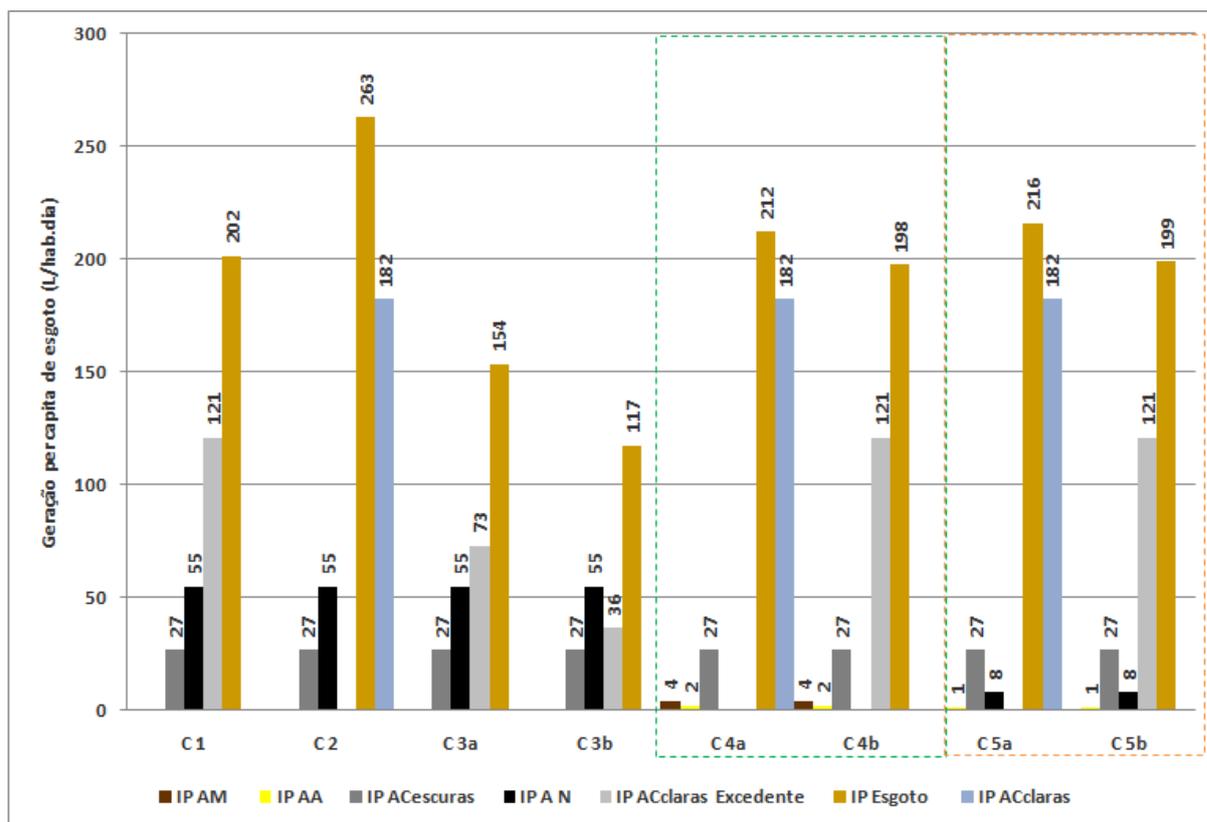


Figura 15 - Produção per capita por porção de esgoto produzido na edificação

No cenário 4 não há produção de águas negras, visto que com a adoção da bacia sanitária segregadora de 0,1 e 4,0 L ocorre a separação entre águas amarelas, 2 L/hab.dia, e águas marrons, 4 L/had.dia. O cenário 5, por outro lado, resulta em um *per capita* de 1 L/hab.dia de águas amarelas e 8 L/hab.dia de águas negras, provenientes do mictório seco e bacia sanitária com descarga de 6,8 L, respectivamente. Em ambos os cenários propõe-se a estocagem das águas amarelas (mistura de urina e água no caso do cenário 4 e, apenas urina no caso do cenário 5) com vistas ao reúso agrícola.

No cenário 4 ocorre uma produção diária de 137,8 litros da mistura água e urina. Em um ano, seriam produzidos cerca de 50 m³, que poderiam ser coletados por caminhões com capacidade de 10 m³ cinco vezes no período de um ano e, encaminhados para áreas agrícolas para o devido tratamento e utilização como fertilizante natural na agricultura. O cenário 5 resulta em um menor volume de urina quando comparado ao cenário 4, visto que o mictório funciona sem consumo de água. Para o cenário 5, em um dia podem ser armazenados 81,0 litros de urina.

Após um ano, o volume alcançaria cerca de 30 m³ a serem encaminhados às áreas beneficiadas com sistema de fertilizante natural.

É importante destacar, que a retirada total de urina do esgoto sanitário pode ocasionar uma grande redução de amônia, podendo impactar na eficiência do tratamento. Wilsenach & Van Loosdrecht (2003, apud GONÇALVES, 2006) afirmam que uma separação de mais que 60% da urina produziria uma diminuição desfavorável de amônia, o que prejudicaria a eficiência do processo de tratamento do esgoto sanitário. Desta forma, é preciso estudar e planejar a adoção de um sistema de separação na fonte de forma que as contribuições de empreendimentos comerciais e/ou residenciais não afetem a eficiência de tratamento.

A Tabela 13 apresenta os índices de produção *per capita* por porção de esgoto, obtidos neste estudo, em comparação com os obtidos por Aguiar (2011) em um estudo semelhante.

Tabela 13 - Indicadores de produção *per capita* de esgoto, água cinza-clara e escura, água negra, água marrom e água amarela em comparação com estudo semelhante

Referência	Edificação	IP Esgoto (l/hab.dia)	IP ACclaras ou ACclaras excedente (l/hab.dia)	IP ACescuras (l/hab.dia)	IP AN (l/hab.dia)	IP AM (l/hab.dia)	IP AA (l/hab.dia)
Aguiar, 2011	Convencional	251	173	50	28	-	-
	Reúso*	209	130	50	28	-	-
	BSS	228	173	50	-	5	2
	BSS e Reúso	223	168	50	-	5	2
	Mictório	231	173	50	8	-	1
	Mictório e Reúso	224	165	50	8	-	1
Este estudo	Convencional	263	182	27	55		
	Reúso*	202	121	27	55		
	BSS	212	182	27		4	2
	BSS e Reúso	198	121	27		4	2
	Mictório	216	182	27	8		1
	Mictório e Reúso	199	121	27	8		1

* Reúso para descarga da BSS, rega de jardins e limpeza de áreas comuns

A partir da análise da Tabela 13, percebe-se que a produção de águas negras nos cenários convencional e de reúso são 49% superior ao encontrado por Aguiar (2011). Isso porque, a média de utilização da bacia sanitária neste estudo foi superior ao considerado por Aguiar. Para os cenários hipotéticos, as estimativas de

produção de água amarela foram as mesmas e, as referentes às águas marrons foram pouco distintas, devido às condições semelhantes consideradas nos estudos.

Os valores elevados de produção de esgoto obtidos por Aguiar (2011) para os cenários que consideram os dispositivos economizadores, BSS e mictório seco, podem estar relacionados com a produção de água cinza-clara pela edificação, valor que depende dos hábitos da população e, também, relacionados com o consumo médio de água cinza-escura, 46% maior do que o encontrado neste trabalho. No presente estudo, o valor do consumo de água potável na cozinha foi estimado com base na literatura. Aguiar (2011) obteve este valor a partir da estimativa de produção de águas negras e da medição, com calha *parshall*, da vazão de esgoto produzida na edificação.

Os dispositivos sanitários considerados nos cenários 4 e 5, permitem, além do reúso de águas amarelas na agricultura, uma considerável economia de água se comparados com cenários que adotam bacias sanitárias convencionais, com descarga de 6,8 L. A Figura 16 apresenta o consumo *per capita* dos dispositivos sanitários de cada cenário, confirmando a vantagem explicitada.

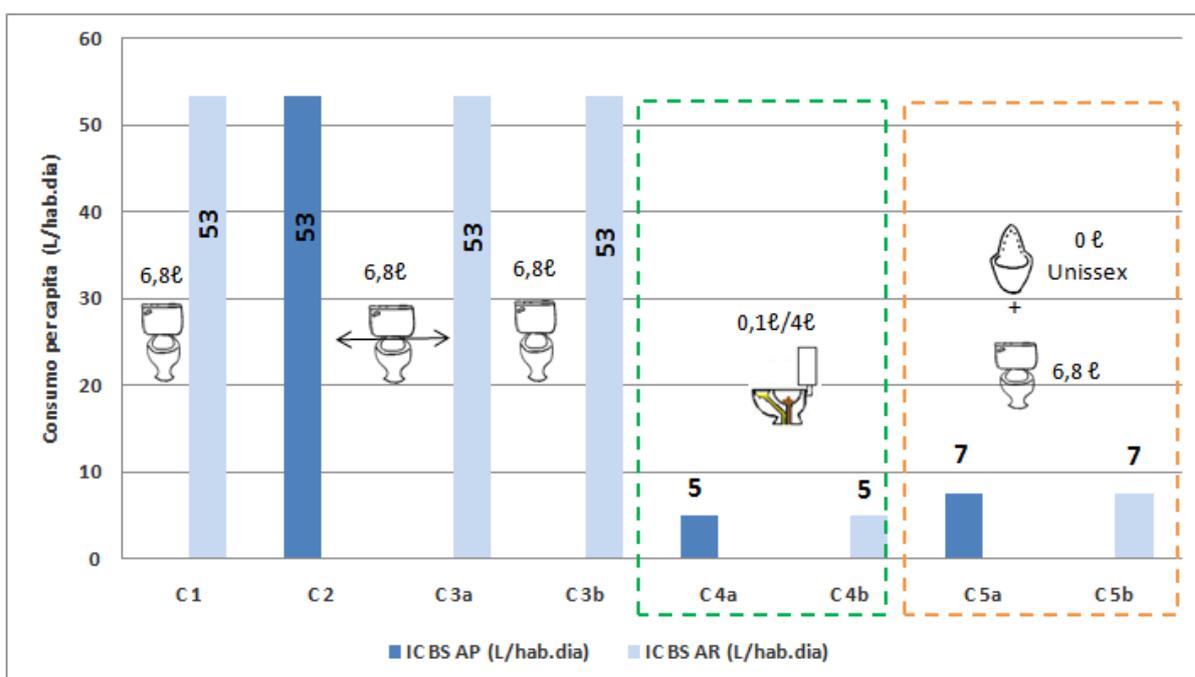


Figura 16 - Indicadores *per capita* de consumo nos dispositivos sanitários em cada cenário

A adoção da bacia sanitária segregadora (BSS), ação de uso racional, reduz em 91% a demanda por água nesse ponto de consumo específico, seja potável ou de

reúso. Já o uso do mictório para urinar em conjunto com bacia sanitária para afastamento das fezes, reduz em 86% a demanda pelo recurso, o que evidencia a influência da bacia sanitária convencional, com 6,8 litros. Aguiar (2011), também apresentou uma redução superior para o cenário com BSS, 80% frente à redução de 70% com adoção de mictório seco unissex e bacia convencional. De acordo com Gonçalves (2006, p. 302), a BSS pode reduzir em até 90% o consumo de água para descarga em comparação com a bacia convencional.

Segundo Johansson & Nykvist (2001), a quantidade de água economizada nas edificações com a separação da urina na fonte varia de 5 a 40 litros por pessoa por dia, dependendo dos hábitos e cultura individuais e do sistema hidrossanitário da edificação. Nos cenários 4 e 5 houve uma redução de 48 e 46 L, respectivamente, valores 18% e 13% maiores do que o limite superior de 40 L/hab.dia observado pelos autores, o que pode estar relacionado com o consumo de água considerado para os aparelhos sanitários usados nos cenários deste estudo.

O consumo *per capita* médio de água observado para a bacia sanitária convencional foi de 53 L/hab.dia, e para a BSS foi de 5 L/hab.dia. De acordo com Gonçalves (2006, p. 229), o volume de água consumido por uma pessoa que utiliza a bacia convencional pode variar entre 36,0 e 72,0 l/hab.dia. Quando a BSS é utilizada, este volume é reduzido, podendo variar entre 5,0 e 7,0 l/hab.dia. Em ambos os intervalos de variação apresentados, observa-se os volumes de água consumidos pelos aparelhos sanitários considerados neste estudo.

A Tabela 14 apresenta uma síntese das reduções obtidas em cada um dos cenários considerados neste trabalho.

Tabela 14 - Reduções de consumo de água e produção de esgoto para os cenários (continua)

Cenários Estudados	Descrição	Redução de AP (%)	Redução na demanda por AT (%)	Redução da Geração de Esgoto (%)
C 1	Situação real com reúso de água nas descargas de BS, rega de jardim e limpeza de áreas comuns	23%	-	23%
C 2	Convencional, sem utilização de fontes alternativas de obtenção de água	-	-	-
C 3	Com venda de água de reúso para a PMV			
C 3a	34% da água de reúso são usadas no edifício e 26% são vendidas	23%	-	42%

(conclusão)

C 3b	34% da água de reúso são usadas no edifício e 46% são vendidas	23%	-	55%
C 4	Com coleta segregada da urina através do uso de BSS			
C 4a	BSS com sistema dual de descarga 0,1/4,0 litros e estocagem de urina com vistas ao reúso agrícola	18%	18%	19%
C 4b	4a com reúso de água na BSS	23%	18%	25%
C 5	Com coleta segregada da urina através do uso de mictório seco			
C 5a	BS e mictório seco unissex para estocagem de urina com vistas ao reúso agrícola	17%	17%	18%
C 5b	5a com reúso de água na BS	23%	17%	24%

7. CONCLUSÕES

O cenário real estudado permite uma economia de água potável de 23% a partir do reúso de água nas descargas das bacias sanitárias, rega de jardim e limpeza de áreas comuns. A redução de esgoto doméstico para este cenário também foi significativa, potencial de reduzir em 23% o volume de águas residuárias lançadas na rede pública.

Percebe-se, portanto, os benefícios ambientais que a adoção do reúso pode proporcionar, visto que este sistema colabora com o uso sustentável dos recursos hídricos permitindo uma maior oferta do recurso, ampliando os usos múltiplos da água e ainda, minimiza a poluição hídrica nos mananciais, já que reduz a geração de águas residuárias.

Dentre os cenários hipotéticos, aquele que apresentou melhor desempenho no que se refere à economia de água e redução de esgoto doméstico foi o 3b, que considerou o tratamento de 80% de água cinza-clara, uso de 34% de água de reúso na edificação e de 46% para venda para a Prefeitura Municipal de Vitória para rega de jardins públicos e limpeza de feiras livres. O cenário que obteve melhor desempenho no que se refere à redução da demanda por água total, a partir da adoção de ação de uso racional, dispositivo sanitário economizador, foi o cenário 4, que apresentou uma redução de 18% com a instalação de bacia sanitária segregadora para coleta de urina com vistas ao reúso agrícola.

Considerando as significativas reduções no consumo de água, tanto para o cenário de reúso tanto para aqueles com dispositivos sanitários economizadores que consomem água potável, é importante avaliar, juntamente com a economia de água, a viabilidade econômica de cada uma das opções tecnológicas e as alterações necessárias no modelo convencional do sistema hidrossanitário da edificação a fim de definir qual seria o melhor cenário.

A adoção da bacia sanitária segregadora com descarga dual 0,1/4,0 litros, reduziu em 91% a demanda por água neste ponto de consumo. Já o uso do mictório seco unissex para urinar em conjunto com bacia sanitária com 6,8 litros para afastamento das fezes, reduziu em 86% a demanda pelo recurso natural.

Os cenários apresentados neste estudo devem ser mais estudados sob o ponto de vista técnico e econômico, mas a avaliação das diferentes qualidades do efluente na fonte e aplicação do tratamento apropriado com vistas ao reúso de água e ao uso da urina na agricultura são alternativas vantajosas do ponto de vista ambiental para se alcançar a sustentabilidade hídrica.

8. RECOMENDAÇÕES

- Medir a produção de água residuária proveniente da cozinha, a fim de aprimorar a qualidade do balanço hídrico da edificação.
- Realizar uma análise de viabilidade econômica para os cenários hipotéticos propostos neste estudo.
- Avaliar como seria o processo de negociação de venda de água de reúso produzida em uma edificação para um órgão público.
- Avaliar a aceitabilidade dos usuários em relação ao uso de dispositivos economizadores em edifícios residenciais, como a bacia sanitária segregadora e o mictório seco unissex.
- Avaliar o impacto de sistemas de gerenciamento de urina nos sistemas prediais e na arquitetura da edificação.
- Avaliar o impacto da retirada da urina na eficiência do sistema de tratamento de esgoto doméstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portais: Água. **Proágua Nacional**. Disponível em:<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/ProaguaNacional.aspx>>. Acesso em: 25 de outubro de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Projetos: Outros. **Reúso**. Disponível em:<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/Reuso.aspx>>. Acesso em: 20 de abril de 2013.

AGOSTINI, R.; S. dos; de. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão**. 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

AGUIAR, K. C. **Comparação dos Potenciais de Conservação de Água com a Prática do Reuso de Águas Cinza e com a Coleta Segregada da Urina Humana em uma Edificação Residencial Multifamiliar**. 2011. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

ANAMMA. Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente. **Legislação de Niterói e do Rio de Janeiro**. Disponível em:<[http://www.anamma.com.br/imagens_conteudo/userfiles/Legislacao%20Reuso%20Aguas%20Cinzas\(1\).pdf](http://www.anamma.com.br/imagens_conteudo/userfiles/Legislacao%20Reuso%20Aguas%20Cinzas(1).pdf)>. Acesso em: 12 de julho de 2013.

BAZZARELLA, B. B.; DIAS G. B.; MATTOS, C. A.; WIGNER, P. L.; GONÇALVES, R.F. **Caracterização e Tratamento de Águas Servidas de Origem Residencial (Águas Cinza) com Vistas Para Reúso**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

BAZZARELLA, B. B.; DIAS, G. B.; BASTOS, F.P.; LEE, P.W.; GONÇALVES, R. F.; **Caracterização quali-quantitativa da urina humana com vistas ao aproveitamento agrícola**. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande - MS: ABES, 2005. v.1. p. 186-187.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 30 de julho de 2013.

CHRISTOVA-BOAL, D. et al. **An Investigation into Greywater Reuse for Urban Residential Properties**. Desalination, v.106, n.1-3, p.391-7, 1996.

ERIKSSON, E. et al. **Characteristics of grey wastewater**. Urban Water, v.4, n.1, p.58-104, 2002.

ESREY, S.; ANDERSSON, I.; HILLERS, A.; Sawyer R. **Closing the loop Ecological Sanitation for Food Security**. Stockholm (Sweden) 7 SIDA; 2001.

ESREY S.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J. **Ecological Sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency – Sida. Stockholm (Sweden), 1998.

FALKENBERG, A.; V. **Previsão de consumo urbano de água em curto prazo**. 2005. 88f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB**. Disponível em:<<http://www.finep.gov.br/prosab/index.html>>. Acesso em: 25 de outubro de 2012.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Uso Racional de Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Uso racional de Água e Energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GONÇALVES, R. F. et al. Reúso de Águas Cinzas em Edificações Urbanas – Estudo de Caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**. Vol. 3, No. 1, 120-131, 2010.

HESPANHOL, I. **Um Novo Paradigma Para a Gestão De Recursos Hídricos.** Estudos Avançados 22 (63), 2008.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M. **Conservação e reúso de água** – Manual de Orientações para o Setor Industrial – v. 1 - Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp, 2005, 93 p.

JEFFERSON, B. et al. **Technologies for Domestic Wastewater Recycling.** Urban Water, v.1, p.285-92, 1999.

JOHANSSON, M.; NYKVIST. M. **Urine separation– closing the nutrient cycle.** Verna Ecology. Stockholm, 2001.

KVARNSTRÖM, E.; et al. **Urine Diversion: One Step Towards Sustainable Sanitation.** Stockholm Environment Institute (SEI). Report 2006 - 1.

LOURO, C. A. de Lima; JUNIOR, I. V. **Sustentabilidade Ambiental: Estudo Sobre o Aproveitamento de Nutrientes da Urina Humana para Redução dos Impactos da Indústria de Fertilizantes e do Lançamento de Excretas no Ambiente.** VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2011.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

MAGESK, L.; SOARES, L. **Dia Mundial da Água: rios que abastecem Grande Vitória garantem água potável até 2030.** Gazeta Online, 2012. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2012/03/noticias/especiais/1159187-dia-mundial-da-gua-rios-que-abastecem-grande-vitoria-garantem-agua-potavel-ate-2030.html>. Acesso em: 01 de julho de 2013.

MAGRI, M.E.; FENELON, F.R.; RABELO L.; ROSSETO, T.S; PHILIPPI, L. S. **Reúso de Águas Cinza Tratadas em Descarga de Vaso Sanitário e Rega de Jardim.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. XIII SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos, editores. **Reúso de Água.** Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de

Informações em Saúde Ambiental, 2003. Capítulo 2. Conceito de reúso de água. Filho, Darcy Brega; Mancuso, Pedro Caetano Sanches.

MAURER, M.; SCHWEGLER, P.; LARSEN, T. A. Nutrients un urine: energetic aspects of removal end recovery. **Water Science Technology**, v. 48, n. 1, p. 37-46, 2003.

MAYER, P.W., W.B. DEOREO. **Residential End Uses of Water. American Water Works Association (AWWA)**. Research Foundation. Denver, CO. 310 pg. 1999.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programas e Ações. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNDA**. Disponível em:<<http://www.cidades.gov.br/index.php/programas/264-pcna>>. Acesso em: 25 de outubro de 2012.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; BENITEZ C. B. V.; SILVA, J. O. P.; LAZZARI, M. R. Avaliação Econômica dos Sistemas de Reúso de Água em Empreendimentos Imobiliários. In: **AIDIS**; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006. p.1-8, ilus.

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years of experience in Berlin**. Urban Water, v.1, n.4, p.275-84, 1999.

OTTOSON, J.; STRENTSON, T. A. **Faecal Contamination and associated Microbial Risks**. Water Research, v.37, n.3, p.645-55, 2003.

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. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

Prefeitura Municipal de Vitória. Secretaria de Serviços - Semse. **Feiras livres realizadas em Vitória**. Disponível em:<vitoria.es.gov.br/semse.php?pagina=listadasfeiraslivres>. Acesso em: 14 de março de 2013.

Prefeitura de Vitória. Secretaria de Serviços - Semse. Solicitação de Informação [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por:<mayaramilaneze@hotmail.com> em 17 de julho de 2013.

Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – RECESA. **Guia do profissional em treinamento**. Disponível em:<http://www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/processos_de_tratamento_e_reuso_de_esgotos_parte2.pdf>. Acesso em: 03 de agosto de 2013.

RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SABESP. **Uso Racional de Água: Equipamentos Economizadores**. Disponível em:<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=58704763E5380E548325711B0050C88B>. Acesso em: 23 de outubro de 2012.

SANTOS, D. C. Os Sistemas Prediais e a Promoção da Sustentabilidade Ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out./dez. 2002.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2008, p. vii.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2010, p. xiii.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição – Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

Uridan Waterless Solutions. Disponível em:<<http://www.uridan.com/>>. Acesso em: 30 de julho de 2013.

UNESCO. The 1st Un World Water Development Report: **Water for People, Water for Life** (WWDR1). Barcelona, 2003. UNESCO/IHP - International Hydrological

Programme (IHP) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO); GTZ- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Capacity building for ecological sanitation: concepts for ecologically sustainable sanitation in formal and continuing education. 2006.

VIEIRA, A. S. **Uso Racional de Água em Habitações de Interesse Social como Estratégia para a Conservação de Energia em Florianópolis, Santa Catarina.** 2012. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

APÊNDICE A – PLANILHA COM A DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE LIMPEZA DA ÁREA COMUM DO EDIFÍCIO

Tabela 15 - Descrição das atividades de limpeza na edificação

Local de Limpeza	Frequência (vezes/semana)	Modo de Limpeza	Tempo Limpeza (min)	Vazão (L/min)	Quant. de Baldes	Volume Balde (L)	Volume (L/semana)
Calçada, área externa (térreo) e vidros	3	Lavadora de alta pressão*	90	8,33	-	-	2250,00
Área interna (térreo)	7	Balde	-	-	2	7	98,00
Corredores dos apts	3	Balde	-	-	2	7	42,00
Academia	7	Balde	-	-	2	7	98,00
Garagem**	0,125	Lavadora de alta pressão	240	8,33	-	-	250,00
Área de Lazer	2	Lavadora de alta pressão	60	8,33	-	-	1000,00
Total Semanal							3738,00
Total Diário (L/dia)							534,00

Fonte: Adaptado de Aguiar (2011)

**1 vez a cada 8 semanas (2 meses). São 2 pavimentos de garagem

*A vazão volumétrica da lavadora de alta pressão considerada refere-se àquela apresentada no site do fabricante, como mostra a Figura 17



Figura 17 - KARCHER HD585 – Prof S. 220 V

APÊNDICE B – PLANILHA COM A DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE REGA DE JARDIM DO EDIFÍCIO

Tabela 16 - Descrição da atividade de rega de jardim na edificação

Atividade	Frequência (vezes/semana)	Modo de Limpeza	Tempo de Rega (min)	Vazão (L/min)	Volume (L/semana)
Rega de Jardim	3	Mangueira	15	7,46	335,81
Total Semanal					335,81
Total Diário (L/dia)					47,97

*A vazão volumétrica da mangueira foi estimada por medição direta em reservatório de volume conhecido, a partir da cronometragem do tempo de enchimento do recipiente. Destaca-se que a rega é realizada com o esguicho da mangueira.