UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TAINÁ ALVES HASTENREITER

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA FIM NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÃO EMPRESARIAL

VITÓRIA
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA FIM NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÃO EMPRESARIAL

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

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA
2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por tornar possível essa conquista e ter abençoado minha caminhada.

Aos meus pais, Antônio e Cirleia, e meu irmão Tadeu por todo apoio, amor, incentivo, paciência e confiança depositada.

Ao meu namorado Felicio, por todo amor e compreensão do tempo que estive ausente.

Aos familiares e amigos pelo carinho.

A amiga Joseline por toda ajuda prestada e incentivo inestimável.

Aos professores José Antônio Tosta e Moacir Jorge Khacheb pelo suporte e repasse de seus conhecimentos.

Aos funcionários do Prédio E pela colaboração e fornecimento de informações.

Às empresas que forneceram as informações necessárias para o estudo.

Ao professor orientador Ricardo Franci Gonçalves por possibilitar a realização desse projeto de graduação.

RESUMO

Os diversos usos da água, sua inadequada exploração e a pressão exercida pelos centros urbanos contribuíram de forma significativa na degradação e poluição dos recursos hídricos, comprometendo sua disponibilidade e qualidade. O saneamento sustentável apresenta-se como alternativa mitigadora a essa realidade, no qual é priorizada a redução do consumo de água potável para o transporte de excretas humanas e a destinação de águas de melhor qualidade para usos mais nobres. Sistemas atualmente muito empregados são de reúso de água, que apesar de comumente implantados em instalações industriais, têm se difundido em empreendimentos residenciais e comerciais. Inúmeras companhias estão adotando medidas sustentáveis em suas instalações, sendo previstos os ganhos intangíveis e tangíveis dessas iniciativas. Considerando a relevância de sistemas de reúso de água para redução do consumo de água potável e sua destinação para fins mais nobres, além da redução da geração de esgoto, o presente trabalho teve por objetivo estudar viabilidade técnica e econômica da implantação de sistema de reúso de água cinza para reaproveitamento em descargas de bacias sanitárias em edificação empresarial da concessionária de distribuição de energia elétrica EDP Escelsa. Foram estimadas por meio de questionários – aplicado aos funcionários do Prédio E – a geração de água cinza, consumo de água nas descargas das bacias sanitárias e verificada a aceitação e avaliação dos entrevistados para com o projeto proposto. A viabilidade técnica do sistema foi avaliada confrontando os dados de geração de água cinza e demanda nas descargas. No estudo de viabilidade econômica foram empregadas técnicas de análise de investimento (Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *Payback* Descontado) considerando três Cenários distintos quanto às características do abastecimento de água na empresa, sendo ponderados investimento inicial, custos envolvidos com operação e manutenção e benefícios advindos da implantação do sistema. Os resultados obtidos mostraram que apesar de o sistema não ser economicamente viável para a realidade da empresa, o mesmo pode ser viável para Cenário muito verossímil.

Palavra chave: Reúso de água cinza. Viabilidade Técnica. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The several uses of water, its unsuitable exploitation and the pressure from urban centers contributed meaningfully in the degradation and pollution of water resources, affecting their availability and quality. The sustainable sanitation is an alternative to mitigate this reality, in which is priority to reduce the consumption of potable water to transport human excreta and allocation of water with better quality for the noblest uses. Nowadays, waste water reuses systems are widely used, although commonly implanted at industrial facilities, they have become disseminated in residential and commercial projects. Many enterprises are adopting sustainable measures in their facilities and foreseen tangible and intangible gains of these initiatives. Taking into consideration the importance of water reuse systems to reduce the consumption of drinking water, its allocation to the noblest purposes and the reduction of wastewater production, the present work aims to study technical and economic feasibility of deploying of gray water reuse system, for reuse in toilets flushes, in building of EDP Escelsa distribution utility power enterprise. Were estimated through questionnaires - applied to employees on Building E - gray water generation, water consumption in toilets flushes and checked the acceptance and evaluation the proposed project. The technical feasibility of the system was assessed by comparing the data generation and demand of gray water in toilet flushes. In the economic feasibility study were employed investment analysis techniques (NPV, IRR and Payback Discounted) considering three different scenarios, safety characteristics of the water supply in the company. Were pondered the initial investment, the costs involved in the operation and maintenance and benefits from the deployment the system. The results showed that the system isn’t economically viable for the company's reality, but may be feasible for very believable scenario.

Key words: Gray water reuse. Technical feasibility. Economic feasibility.

LISTA DE TABELAS

Tabela 5 – Consumo de água per capita. Adaptado de Aguiar (2010).

Tabela 6 – Usos finais dos quatro edifícios alvo da pesquisa. Adaptado de Proença e Ghisi (2009).

Tabela 7 – Quantidade estimada de vazamentos em aparelhos hidráulicos. Fonte: Pio (2005).

Tabela 8 – Proporções típicas de produção de águas cinza residenciais. Adaptado de Lu e Leung (2003).

Tabela 9 – Estimativa da produção de água cinza no prédio da ETE UFES. Adaptado de Bazarella (2005).

Tabela 10 – Faixa de valores para parâmetros físico-químicos encontrados na água cinza. Fonte: Valentina (2009).

Tabela 11 – Caracterização qualitativa das águas cinza – Compostos orgânicos. Adaptado de: Gonçalves (2006).

Tabela 12 – Vantagens e Desvantagens dos processos anaeróbios. Adaptado de Chenicharo (1997).

Tabela 13 – Quantificação do número de torneiras, bacias sanitários e mictórios do Prédio E.

Tabela 14 – Permanência semanal na empresa por categoria.

Tabela 1 – Número médio de acionamentos especificados por uso.

Tabela 2 – Tempos de abertura considerados para cada uso das torneiras das copas.

Tabela 3 – Valor do kWh por categoria de horário.

Tabela 4 – Valores PPU_{cap} apresentado por Comitês de Bacia Hidrográfica analisados.

Tabela 19 – Classificação das águas subterrâneas conforme Resolução CONAMA 396/2008.

Tabela 20 – Tabela de Tarifas. Fonte: CESAN.

Tabela 21 – Reajustes anuais da tarifa de água.

Tabela 22 - Índice de Reajuste Tarifário.

Tabela 23 – Composição do Prédio E.

Tabela 24 – Quantificação dos usos dos banheiros.

Tabela 25 – Quantificação dos usos das copas.

Tabela 26 – Dados referentes à limpeza do Prédio E.

Tabela 27 – Médias diárias quanto ao uso dos banheiros.

Tabela 28 – Dados de entrada para estimativa da geração de água cinza com os usos dos banheiros.

Tabela 29 – Vazão diária estimada de água cinza gerada no Prédio E com uso dos banheiros.

Tabela 30 – Médias diárias quanto ao uso das copas.

Tabela 31 – Volume consumido por tipo de abertura das torneiras e valor médio para cada tempo de utilização considerado.

Tabela 32 – Tempo de utilização e respectiva geração de água cinza para cada uso.

Tabela 33 – Dados de entrada para estimativa da geração de água cinza com os usos das copas.

Tabela 34 – Vazão diária estimada de água cinza gerada no Prédio E com uso das Copas.

Tabela 35 – Geração de água cinza na limpeza.

Tabela 36 – Consumo de água estimado. Adaptado de: Proença e Ghisi (2009).

Tabela 37 – Dados de entrada para estimativa do consumo de água nas bacias sanitárias.

Tabela 38 – Informações obtidas para o Prédio E.

Tabela 39 – Parâmetros de qualidade da água cinza a serem atingidos após tratamento.

Tabela 40 – Valores orçados pela Empresa A.

Tabela 42 – Qualidade da água cinza considerada na entrada do tratamento.

Tabela 44 – Valores orçados pela Empresa C.

Tabela 45 – Qualidade da água cinza adotada na entrada do tratamento.

Tabela 47 – Valor do investimento referente à cada proposta.

Tabela 48 – Custo anual estimado com energia para cada proposta.

Tabela 49 – Custo anual estimado com manutenção para cada proposta.

Tabela 50 – Custo anual estimado com destinação de lodo da ETAC.

Tabela 51 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 420 m^3.

Tabela 52 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 1.200 m^3.

Tabela 53 – Benefício anual considerando consumo mensal de 35m^3.

Tabela 54 – Benefício anual considerando consumo mensal de 100m^3.

Tabela 55 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 373,80 m^3.

Tabela 56 – Benefício anual considerando consumo mensal de 3,85m^3.

Tabela 57 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 1.068,00 m^3.

Tabela 58 – Benefício anual considerando consumo mensal de 66,22m^3.

Tabela 59 – Análise dos benefícios e custos anuais.

Tabela 60 – Resultados da aplicação dos métodos de avaliação financeira para o Cenário 2.

Tabela 61 - Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos. Adaptado de NBR 13969:1997.

Tabela 62 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 1. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Tabela 63 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 2. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Tabela 64 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 3. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Tabela 65 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 4. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aparelhos economizadores de água.

Quadro 2 – Empresa A.

Quadro 3 – Empresa B.

Quadro 4 – Empresa C.

Quadro 5 – Empresa D.

Quadro 6 – Deliberações normativas referentes à cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Quadro 7 – Categorias de aplicação de água de reúso. Adaptado de: *Guidelines for Water Reuse* (2012).

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição do consumo de água nas residências brasileiras. Fonte: Hafner (2007).

Gráfico 2– Distribuição do consumo de água nas residências da Alemanha. Adaptado de: The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2003.

Gráfico 3 - Curva Vazão x Pressão Estática. Fonte: DOCOL Metais Sanitários Gráfico 4 - Classificação dos trabalhadores do Prédio E em percentual.

Gráfico 5 - Composição do Prédio E quanto ao Gênero em percentual.

Gráfico 6 – Avaliação do projeto pelos entrevistados em percentual.

Gráfico 7 – Opinião dos entrevistados quanto aos possíveis usos da água cinza.

Gráfico 8 – Curva Vazão versus Pressão Estática identificada vazão estimada para as torneiras.

Gráfico 9 – Usos finais da água Prédio E.

Gráfico 10 – Fluxo de caixa para proposta da Empresa C.

Gráfico 11 – Fluxo de caixa para proposta da Empresa D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conversão biológica da matéria orgânica nos sistemas aeróbios e anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário. Fonte: Chernicharo (2001).

Figura 2 – Desenho esquemático de um reator UASB.

Figura 3 – Exemplo de um *wetland* de fluxo horizontal. Fonte: ITRC (2004).

Figura 4 – Processos de desinfecção de esgotos sanitários. Fonte: Gonçalves (2003).

Figura 5 – Centro de Operação Carapina – COC.

Prédio E EDP Escelsa.

Figura 7 – Modelo das torneiras utilizadas nos banheiros do Prédio E.

Figura 8 – Simulador de Consumo SABESP.

Figura 9 – Simulador de Consumo SABESP: Cálculo do Consumo em Torneira de Pia da Cozinha.

Figura 10 – Fluxograma do tratamento.

Figura 11 – ETAC apresentada pela Empresa B.

Figura 11 – ETAC apresentada pela Empresa B.

Figura 12 – ETAC apresentada pela Empresa B.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Número médio de vezes de utilização diária das torneiras dos Banheiros de cada uso (dia^{-1})

B_D	Número médio de vezes de utilização diária das descargas (dia^{-1})
ben	Benefícios econômicos associados ao sistema de reúso (R$);
C	Número médio de vezes de utilização diária das torneiras das copas de cada uso por categoria (dia^{-1})
C	Número médio de vezes de utilização diária das torneiras das copas (dia^{-1})
$custo_{energia}$	Custos com energia envolvidos com sistema de reúso (R$)
$Custo_{lodo}$	Custos com gerenciamento de lodo (R$)
$custo_{manut}$	Custos com manutenção envolvidos com sistema de reúso (R$)
D	Número de dias da permanência semanal da categoria (dia)
F_n	Cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa que ocorrem em *n* (R$)
I	Valor do investimento (R$)
i	Taxa mínima de atratividade
i'	Taxa mínima de atratividade para que o VPL seja nulo (%)
i_A	Taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto (6% a.a.)
i_E	Taxa de aumento da tarifa de energia (5% a.a.)
i_I	Taxa inflação (5% a.a.)
K_{cap}	Coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela capitação de água

$K_{cap\ classe}$	Coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d´água no qual se faz a capitação, sendo igual a 1 enquanto o enquadramento não estiver aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos
K_t	Coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água. Esse será igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais K_t será igual a 0,025, e quando o enquadramento for aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), adotar seus respectivos valores correspondentes
n	Número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa
n'	Número de períodos para que o VPL seja nulo
$N_{acionamento}$	Número de acionamentos correspondente ao uso
N_B	Número de vezes que o uso foi executado pela categoria
N_{baldes}	Número de baldes
N_C	Número de vezes que o uso foi executado pela categoria
$N_{descarga_limpeza}$	Total de descargas diárias para limpeza dos banheiros
PPU_{cap}	Preço Público Unitário para capitação de águas subterrâneas (R$/m³)
$Q_{AC_per\ capita}$	Vazão per capita de água cinza no Prédio E
Q_{AC_TOTAL}	Vazão diária total de água cinza no Prédio E
QB	Vazão diária de água cinza gerada por uso dos banheiros (L/dia)

QB_T	Vazão diária total de água cinza proveniente dos banheiros (L/dia)
QC	Volume diário de água cinza gerado por uso (L/dia)
Q_{cap}	Volume anual de água capitado (m³/ano)
QD	Vazão diária de água demandado com descargas (L/dia)
$QD_{per\ capita}$	Vazão diária per capita de água demandado com descargas (L/dia)
QL_{TOTAL}	Vazão diária total de água cinza gerado na limpeza (L/dia)
$T_{Fora\ Ponta}$	Valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta (R$0,14636/kWh)
$T_{médio}$	Valor médio da tarifa de energia (R$/kWh)
T_{Ponta}	Valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta (R$1,24949/kWh)
$V_{acionamento}$	Volume de água por acionamento (L)
$Valor_{cap}$	Valor anual de cobrança pela capitação de água (R$/ano)
V_{baldes}	Volume de água por balde (8 L)
VC	Volume de água cinza gerado na atividade (L)
$V_{descarga}$	Vazão diária por acionamento da descarga (6,5 L)
$V_{limpezas}$	Número de limpezas realizadas diariamente (dia^{-1})
VPL	Valor presente líquido (R$)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARSI	Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária
CDI	Certificado de Depósito Interfinanceiro
COC	Centro de Operação Carapina
CO_2	Dióxido de carbono
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxigênio (mg/L)
ETAC	Estação de Tratamento de Água Cinza
DEC	Decantador Secundário
FAn	Filtro Anaeróbio
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
H_2O	Água
H_2S	Gás Sulfídrico
ITRC	Interstate Technology and Regulatory Council
MT	Média Tensão
NH_3	Amônia
SST	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
pH	Potencial Hidrogeniônico
Ptotal	Fósforo Total (mg/L)
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
TIR	Taxa Interna de Retorno

TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UASB	*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UV	Ultra Violeta
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. OBJETIVO 3

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

3. JUSTIFICATIVA 4

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

4.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA 5

4.2 O PROBLEMA NAS ÁREAS URBANAS 5

4.3 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES URBANAS 6

4.4 RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO E PRINCIPAIS TÉCNICAS E MEDIDAS ECONOMIZADORAS 10

4.5 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA 13

4.6 OPÇÃO PELO REUSO 14

4.7 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS CINZA 15

4.7.1 Características Quantitativas 16

4.7.2 Características Qualitativas 17

4.7.2.1 Características Físicas 18

4.7.2.2 Compostos nitrogenados 19

4.7.2.3 Compostos Fosforados 19

4.7.2.4 Compostos de Enxofre 19

4.7.2.5 Matéria Orgânica e Inorgânica 19

4.7.2.7 Outros parâmetros de qualidade 20

4.8 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA 21

4.8.1 Tratamento Primário 22

4.8.2 Tratamento Secundário 22

4.8.2.1 Processo Anaeróbio 23

4.8.2.2 Associação Tratamento Anaeróbio e Aeróbio 25
4.8.2.3 Leitos Cultivados (*wetlands*) 26
4.8.3 Tratamento Terciário 27
4.9 QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO 29
4.10 VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUA CINZA 29
4.10.1 Análise de investimento em sistemas de reuso de água.....30
4.10.1.1 Valor Presente Líquido (VPL) 30
4.10.1.2 Taxa Interna de Retorno (TIR).....31
4.10.1.3 Payback e Payback Descontado 32
5. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO 34
6. METODOLOGIA 36
6.1 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA 36
6.1.1 Elaboração e Aplicação dos Questionários.....36
6.1.2 Coleta de dados 37
6.1.2.1 Efetivo do Prédio E 37
6.1.2.2 Hábitos de uso dos Banheiros e Copas.....38
6.1.2.3 Hábitos de Limpeza do Prédio E 38
6.1.2.4 Percepção dos usuários quanto projeto de reúso de água.....38
6.1.3 Estimativa de geração de água cinza.....39
6.1.3.1 Banheiro 39
6.1.3.2 Copa 42
6.1.3.3 Geração proveniente das atividades de Limpeza 44
6.1.3.4 Geração total e Geração per capita.....45
6.1.4 Estimativa de consumo em bacias sanitárias.....45
6.1.5 Análise dos resultados 47
6.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....47

6.2.1 Coleta de dados 47
6.2.1.1 Consulta orçamentária 47
6.2.1.1.1 Sistema de tratamento de água cinza 47
6.2.1.1.2 Análises físico-químicas 48
6.2.1.1.3 Obras civis 48
6.2.2 Determinação do investimento inicial para implantação de sistema de reúso de água cinza 48
6.2.3 Determinação dos custos envolvidos com sistema de reúso 48
6.2.4 Determinação dos benefícios econômicos associados ao sistema de reúso 50
6.2.4.1 Cenário 1 50
6.2.4.2 Cenário 2 53
6.2.4.3 Cenário 3 53
6.2.5 Análise dos resultados 54
7. RESULTADOS 57
7.1 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA 57
7.1.1 Coleta de dados 57
7.1.1.1 Efetivo do Prédio E 57
7.1.1.2 Hábitos de uso dos Banheiros 58
7.1.1.3 Hábitos de uso das Copas 59
7.1.1.4 Hábitos de Limpeza do Prédio E 59
7.1.1.5 Percepção dos usuários quanto projeto de reúso de água e uso racional 60
7.1.2 Estimativa de geração de água cinza 61
7.1.2.1 Banheiro 61
7.1.2.2 Copa 63
7.1.2.2 Geração proveniente das atividades de Limpeza 65

7.1.2.3 Geração total e Geração per capita 66
7.1.3 Estimativa de consumo em bacias sanitárias 67
7.1.3.1 Demanda per capita 67
7.1.4 Análise dos resultados 68
7.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMINA 70
7.2.1 Coleta de dados 70
7.2.1.1 Consulta orçamentária 70
7.2.1.1.1 Sistema de tratamento de água cinza 70
7.2.1.2 Análises físico-químicas 83
7.2.1.3 Obras civis 83
7.2.2 Determinação do investimento inicial para implantação de sistema de reúso de água cinza 83
7.2.3 Determinação dos custos envolvidos com sistema de reúso 83
7.2.3.1 Consumo estimado de energia para funcionamento da ETAC 83
7.2.3.2 Manutenção 84
7.2.3.3 Gerenciamento de Lodo 85
7.2.4 Determinação dos benefícios econômicos anuais associados ao sistema de reúso 86
7.2.4.1 Cenário 1 86
7.2.4.2 Cenário 2 88
7.2.4.3 Cenário 3 89
7.2.5 Análise dos resultados 90
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 95
9. REFERÊNCIAS 97
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS 105
APÊNDICE B – COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS 108
ANEXO A – PARÂMETROS ÁGUA DE REÚSO 112

ANEXO B – PLANTA DO CENTRO DE OPERAÇÃO CARAPINA.....120

ANEXO C – PLANTAS BAIXAS DO PRÉDIO E.....121

ANEXO D – IMAGENS DO PRÉDIO E 122

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo os usos múltiplos da água e sua complexidade produziram degradação e poluição dos recursos hídricos, estando a disponibilidade da água ameaçada por retiradas excessivas e permanentes, e lançamentos inadequados (TUNDISI, 2003).

Os usos múltiplos se configuram nas atividades humanas de exploração de recursos hídricos para atender demandas econômicas – expansão e desenvolvimento na indústria e agriculturas – e sociais – crescimento populacional e qualidade de vida da população.

Conforme apresentado pelo Manual de Conservação e reúso de Águas em Edificações, desenvolvido por ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), regiões com concentrações populacionais significativas exercem fortes pressões quanto o aumento do consumo e no agravamento da qualidade dos mananciais existentes.

Identificada essa realidade, o gerenciamento coordenado de recursos hídricos somado a iniciativas de uso racional de água e a soluções alternativas de consumo são relevantes para atenuação dos problemas.

Atualmente, muito tem se falado em sistemas de reaproveitamento de águas residuárias que, apesar de comumente implantados em instalações industriais, têm se difundido em empreendimentos residenciais e comerciais, garantindo caráter sustentável de seus projetos. (CICHINELLI, 2008)

O esgoto doméstico apresenta significativo potencial de reaproveitamento após tratamento adequado, em especial as águas cinza, que segundo Gonçalves (2006), corresponde à parcela do esgoto doméstico desconsiderando a contribuição do efluente de descargas de bacias sanitárias.

Ponto importante a ser considerado é que o aproveitamento de água residuária implica em assumir responsabilidade quanto sua qualidade e excluir qualquer risco associado. Sendo assim, o tratamento adotado deverá atender às necessidades dos usos finais desejados.

Viabilizados técnica e economicamente, sistemas de reúso de água cinza, em situação ideal, devem integrar estudos preliminares de projeto. Porém, isso não exclui a possibilidade de implantação em edificações já construídas.

O sistema de reúso de águas cinza será alvo de estudo do presente projeto de graduação, sendo analisada viabilidade técnica e econômica de sua implantação em edifício empresarial da concessionária de distribuição de energia EDP Escelsa.

2. OBJETIVO

Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de sistema de reúso de água cinza para fim não potável em edificações empresariais da concessionária de distribuição de energia elétrica EDP Escelsa, localizada no Município da Serra (ES).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os seguintes objetivos específicos foram delineados para suporte ao objetivo geral:

1. Realizar o balanço hídrico no Prédio E, quantificando o consumo de água potável nas diversas torneiras e bacias sanitárias e a geração de águas cinza;
2. Avaliar a percepção dos funcionários do Prédio E quanto à implantação de sistema de reúso;
3. Realizar levantamento dos valores de investimento, custos e benefícios referentes à implantação de sistema de reúso de água cinza;
4. Avaliar a viabilidade técnica e econômica das propostas de sistemas de reúso de água cinza e indicar a melhor alternativa para apreciação da empresa quanto à implantação do sistema.

3. JUSTIFICATIVA

Motivados pelos princípios de sustentabilidade, diversas empresas passaram a adotar medidas que venham a colaborar com a redução de impactos ambientais racionalizando o uso de recursos naturais, principalmente quanto o consumo de água.

Os *Green Buildings*, os chamados edifícios verdes, reúnem em seus projetos técnicas e estudos de engenharia somados a princípios de sustentabilidade na busca de características ecologicamente corretas, maior desempenho, ganho em conforto aos usuários, aumento da produtividade e da vida útil da edificação.

Nesse contexto, fontes alternativas e o reúso de água são questões relevantes a serem discutidas e alternativas bastante empregadas nessa nova tipologia de construção. O reuso de águas cinza para fins não potáveis é uma técnica bastante empregada em vários países, a qual contribuiu para minimização do consumo de água potável e sua destinação para fins mais nobres (GONÇALVES, 2006).

O desenvolvimento do presente estudo nasceu do interesse de se verificar a viabilidade técnica e econômica da instalação de projeto de reúso em edifício empresarial, e do desejo da empresa EDP Escelsa em garantir melhorias em itens presentes em seu Sistema de Gestão Ambiental e visibilidade como empresa de iniciativas sustentáveis.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA

Atualmente, disponibilidade de água pode ser considerada um dos fatores mais importantes para a vida. A água é um insumo limitado e indispensável às atividades desenvolvidas pelo homem, como processos industriais, produção de alimentos e dessedentação, sendo crescente sua demanda.

O crescimento populacional e os usos múltiplos da água culminaram em um desequilíbrio entre oferta e demanda em várias regiões do planeta. Muitos mananciais utilizados pelo homem encontram-se cada vez mais poluídos, com níveis altíssimos de deterioração, seja em função da falta de controle e investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgotos, inadequada disposição de resíduos sólidos ou mesmo pela ausência de boas práticas na agricultura.

Embora o ciclo hidrológico permita a ciclagem da água por sistemas naturais, a água, uma vez poluída, pode ser recuperada e ao mesmo tempo rejeitada para certos fins.

Atualmente, tecnologias apropriadas juntamente com melhorias na eficiência do uso e controle de demanda são estratégias razoáveis para mitigação de problemas relacionados à falta de água (MANCUSO e SANTOS, 2003)

Para Mancuso e Santos (2003), a reversão de cenários críticos de escassez de água em quantidade e qualidade não demandará apenas a atenuação de conflitos de uso, estabelecimento de prioridades, ou mecanismos de controle de oferta, tais como outorga e cobrança – estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Outros mecanismos de gestão deverão se implantados para estabelecer equilíbrio entre oferta e demanda de água.

4.2 O PROBLEMA NAS ÁREAS URBANAS

A crescente urbanização associada a ineficiente planejamento de infraestrutura urbana e ordenação territorial trouxe consigo sérios impactos ambientais, principalmente consequências aos recursos hídricos, sejam superficiais e/ou

subterrâneos. Tais consequências podem ser identificadas pela degradação da qualidade da água em áreas urbanas, na dificuldade de abastecimento público, na gestão inadequada dos resíduos sólidos e do esgotamento sanitário, entre outros cenários. (AGUIAR, 2008)

Segundo Tomaz (2000), o consumo de água em áreas urbanas pode ser subdividido em três categorias:

- Consumo residencial: referente ao de residências unifamiliares e edifícios multifamiliares;
- Consumo comercial: inerente a restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, autoposto e lava a jatos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas;
- Consumo público: relativo aos edifícios públicos, escolas, parques, prédios de unidade de saúde pública, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

A demanda de água no meio urbano é bastante significativa, seja em função do consumo residencial, comercia ou industrial. O aumento de demanda resulta em maior volume de águas residuárias que, por sua vez, contribui para o aumento da poluição e contaminação dos corpos receptores. (TUNDISI, 2003)

Outro ponto a ser analisado em áreas urbanas é distância entre o recurso água e os grandes centros. O fator distância juntamente o elevado grau de poluição dos mananciais contribuem para que produção de águas de boa qualidade, dentro de padrões de potabilidade, se torne cada vez mais dispendiosa, induzindo a priorização para consumo humano (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Uma das alternativas apontadas para atenuação do consumo de água potável e sua destinação para fins mais nobres é a utilização de água de reuso, importante instrumento na gestão ambiental das águas.

4.3 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES URBANAS

O consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas (GONÇALVES, 2006).

Para título de conhecimento, o consumo de água residencial engloba usos internos – higiene e limpeza – e usos externos, como, por exemplo, irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos, piscinas, entre outros. (AGUIAR, 2010).

A demanda doméstica é reflexo de inúmeros fatores, os quais podem ser inerentes aos próprios consumidores, como por exemplo, renda familiar e costumes, às condições climáticas e, até mesmo, ao valor cobrado pela água – influência das tarifas.

Estudos realizados no Brasil e na Alemnha edidenciam que dentro de uma residência o consumo em bacias sanitárias é bastante significativo, representando cerca de 22% e 27% do consumo total de água, como apresentado nos Gráficos 1 e 2.

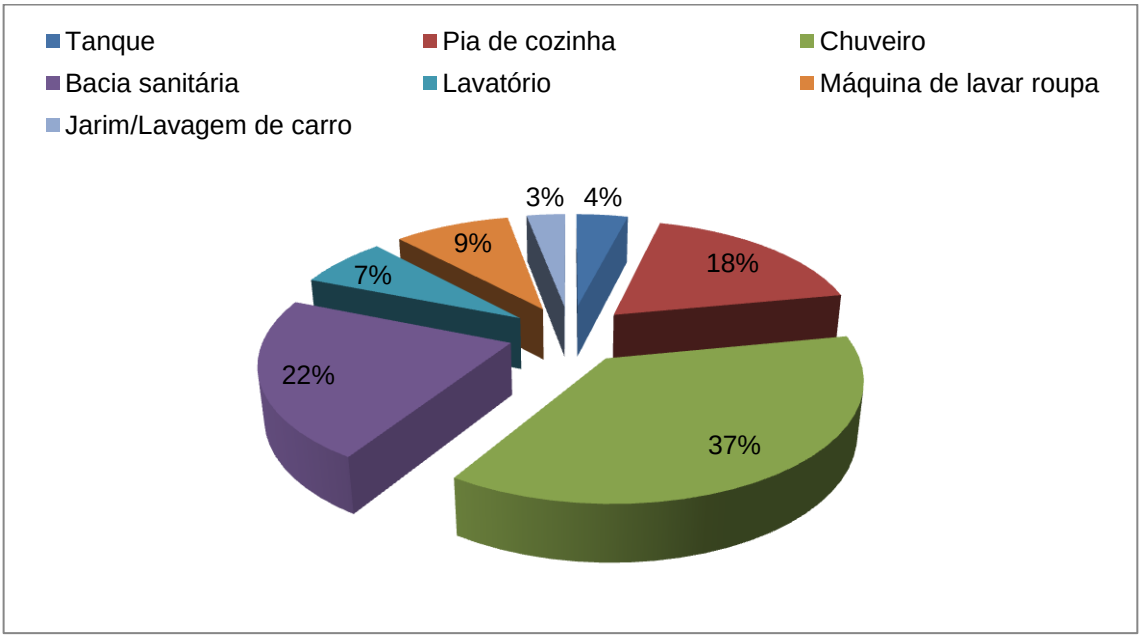


Gráfico 12 – Distribuição do consumo de água nas residências brasileiras. Fonte: Hafner (2007).

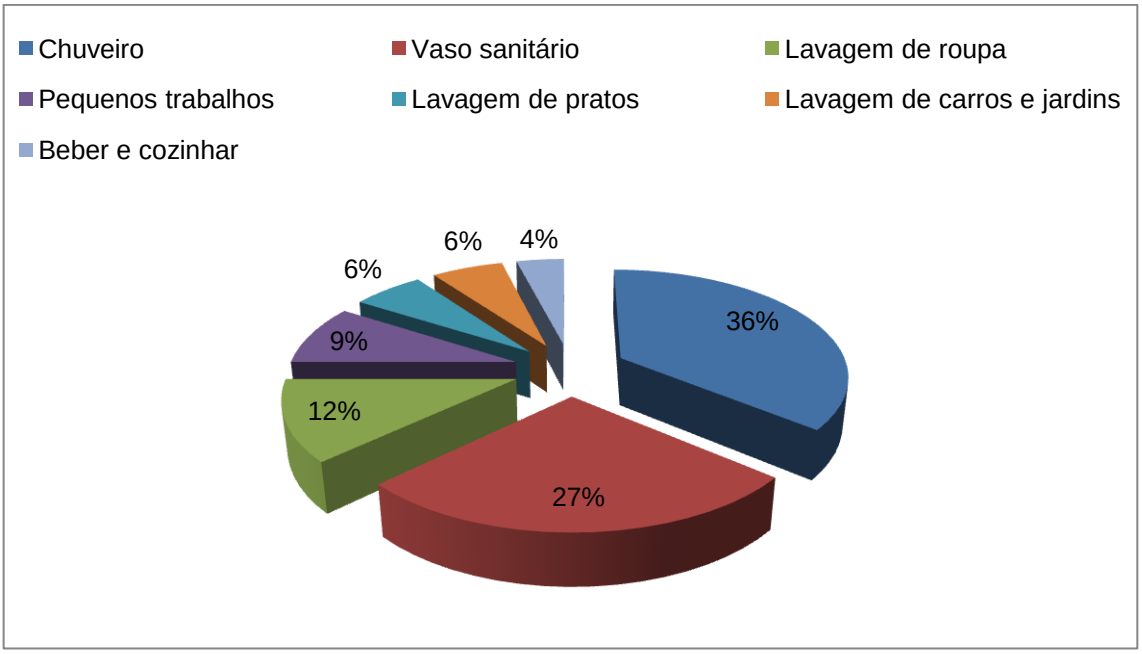


Gráfico 13– Distribuição do consumo de água nas residências da Alemanha. Adaptado de: The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2003.

De acordo com estudos de Oliveira (2007), o consumo em bacias sanitárias é superior a 20% do consumo total, sendo que elas são utilizadas mais para urinar do que para defecar.

A Tabela 1 expõe alguns oconsumo *per capita* de água encontrados por autores na cidade de Vitória - ES.

Tabela 5 – Consumo de água per capita. Adaptado de Aguiar (2010).

Referências	**Local**	**Edificação**	Consumo *per capita* (L/hab.dia)
Rodrigues (2005)	Vitória - ES	SIMIC	155
		BASC	189
		SECO	223
Agostini (2009)	Vitória - ES	Multifamiliar com reúso	236
Pertel et al. (2008)	Vitória - ES	Multifamiliar Verão	214
Pertel et al. (2008)	Vitória - ES	Multifamiliar Inverno	237
Pertel et al. (2008)	Vitória - ES	Multifamiliar com reúso	164

SIMIC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizado; BASC – Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada; SECO – Edifícios sem dispositivo economizadores.

A partir dos dados apresentados, verifica-se que o emprego de técnicas de reuso de água e equipamentos economizadores resultam em redução significativa do consumo de água, como pode ser observado na Tabela 1, os índices de consumo apresentados por Rodrigues (2005), Agostini (2009) e Pertel et al. (2008).

O estudo realizado por Proença e Ghisi (2009) edifícios de escritórios localizados em Florianópolis, estado de Santa Catarina, apresentou informações relevantes sobre o consumo de água potável nessa categoria de edificação.

A pesquisa objetivava identificar os consumos finais e suas respectivas influências sobre consumo mensal de água em cada edifício. Foi constatado que mais da metade da água potável era destinada a fins não potáveis – bacias sanitárias e limpeza – em todos eles, sendo a bacia sanitária o aparelho com maior consumo de água.

Os valores obtidos para uso final da água por edifício são apresentados na Tabela 2.

Tabela 6 – Usos finais dos quatro edifícios alvo da pesquisa. Adaptado de Proença e Ghisi (2009).

Edifício	Consumo (%)			
	Bacia Sanitária	Torneira	Limpeza	Outros
A	79,1	14,5	4,9	1,5
B	79,1	14,5	4,9	1,5
C	71,5	19,4	4,8	4,3
D	52,0	14,4	3,9	29,7

Como já apresentado anteriormente e pode ser observado na Tabela 2, o consumo final mais significativo foi em bacias sanitárias.

De posse dessas informações, alternativa para redução do consumo de água potável nos edifícios alvo da pesquisa seria a adoção de aparelhos sanitários economizadores, como apresentado pelos autores, e até mesmo sistema de reúso de água, uma vez que o consumo nas descargas não carece de potabilidade.

4.4 RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO E PRINCIPAIS TÉCNICAS E MEDIDAS ECONOMIZADORAS

Entende-se por racionalização do consumo de água qualquer ação que reduza a quantidade de água retirada dos mananciais, o desperdício ou perdas e que promova a eficiência de seu uso nas atividades demandantes, ou seja, otimização do consumo e manutenção da quantidade e qualidade (WUCB, 1999).

Segundo Santos (2002), ações de uso racional estão voltadas para demanda de água, essencialmente para o combate ao desperdício quantitativo, como a priorização do uso de equipamentos sanitários economizadores de água, o incentivo à adoção da medição individualizada, a conscientização do usuário, a detecção e controle de perdas em sistemas abastecimento, o estabelecimento de tarifas inibidoras do desperdício, entre outras ações.

Estudo realizado por Pedroso e Ilha (2003), apresentou que o emprego de tecnologias economizadoras e conserto de vazamentos em edifícios resultam em consideráveis reduções no consumo de água. Verificou-se que o consumo mensal após conserto de vazamento num hospital e numa escola foi reduzido em, respectivamente, 28,4% e 94%. No mesmo trabalho, a instalação de aparelhos economizadores resultou em redução de consumo mensal de 15,3% no hospital e 8,9% na escola.

Segundo Aguiar (2008), o uso racional de água está caracterizado pelas seguintes medidas:

- **Sensibilização dos agentes consumidores**

A identificação dos costumes dos agentes consumidores e das necessidades de mudança de hábitos são informações fundamentais para o combate ao desperdício, evitando o uso de água além do limite de conforto.

Mudanças de hábitos e costumes podem ser alcançadas por meio de campanhas de conscientização. Porém, ações assim demandam investimentos para sua eficiência e os resultados são observados de médio a longo prazo. Dadas as dificuldades desse tipo de iniciativa, o minucioso planejamento e estruturação são indispensáveis.

Estudo realizado por Santos (2002) demonstrou que por meio de campanhas de sensibilização em prédios multifamiliares para o uso racional, combate ao desperdício e mudança de hábitos foi possível economizar até 22% da água consumida.

- **Controle de perdas**

Corresponde à detecção e eliminação de vazamentos em aparelhos hidráulicos, o que também está vinculado com a sensibilização dos agentes consumidores em identificá-los.

Vale destacar que vazamentos em aparelhos sanitários são bastante significativos, o que pode ser observado nos valores estimados apresentados na Tabela 3.

Tabela 7 – Quantidade estimada de vazamentos em aparelhos hidráulicos. Fonte: Pio (2005).

Aparelho/Equipamento	Tipo de Vazamento	Perda Estimada
Torneira (da lavatório, pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dia
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	> 32 litros/dia
Mictório	Filetes visíveis	114 litros/dia
	Vazameto no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Válvulo no tubo de alimentação da louça	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros (supondo que a válvula estja aberta por um período de 30 seg. a uma vazão de 1,6 litros/seg.
Chuveiro	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da parede	0,86 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da parede	0,86 litros/dia

- **Aparelhos economizadores de água**

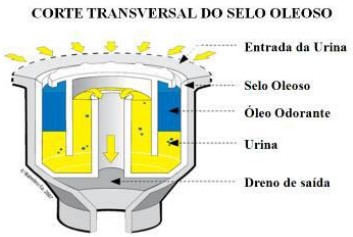
Segundo Gonçalves (2006), embora seja crescente a adoção de aparelhos economizadores de água no Brasil, de forma mais notável em prédios de uso público como shopping centers, teatros, cinemas, estádios, aeroportos, escolas e outros, essa tendência não é tão efetiva em edificações residenciais e habitações populares, mesmo gerando redução de despesas com água, esgoto e energia elétrica e associando ao local a valores ambientalistas.

O Quadro 1 apresenta exemplos de aparelhos economizadores comumente utilizados.

Quadro 8 – Aparelhos economizadores de água.

Torneira com acionamento automático do fluxo de água com a aproximação no campo de detecção do sensor. Adaptado de: Catálogo Geral DOCOL.	
Torneira eletromecânica acionada com um leve toque na parte superior ficando aberta por um determinado período de tempo. Proporciona diminuição do desperdício, pois o fechamento é automático, de aproximadamente 6 segundos. Adaptado de: Catálogo Geral DOCOL.	
Válvula de descarga com acionamento sem contato manual e também através do botão central mesmo na falta de energia elétrica. Tecnologia *Wavesci*, inibindo acionamentos através da luminosidade e ondas eletromagnéticas. Proteção contra uso indevido, a cada 3 descargas seguidas o sistema trava os acionamentos por 30 segundos. Adaptado de: Catálogo Geral DOCOL.	
Válvula de descarga com acionamento por meio de duas teclas. Acionamento parcial: ideal para limpeza de líquidos com uma descarga econômica e menor volume de água. Acionamento total: ideal para limpeza de sólidos com uma descarga completa. Estimula o consumo consciente, com aproximadamente 30% de economia em relação aos outros modelos. Adaptado de: Catálogo Geral DOCOL.	
O arejador econômico mantém a vazão da água estável, por volta de sete litros e meio por minuto, independentemente da pressão. Esta estabilidade garante maior economia de água. A água fica espumada e garante sensação de maior volume. Adaptado de: Catálogo Geral DOCOL.	

Quadro 9 – Aparelhos economizadores de água.

Mictórios secos A urina, por gravidade, é coletada por dispositivo dotado de selo líquido, composto por uma substância oleosa. Por ser mais densa, a urina escora para o dreno de saída, enquanto a substância oleosa permanece nas camadas mais superiores.	
Lavatório + Bacia Sanitária O sistema realiza filtração da água da pia para que possa ser reutilizda na descarga do vaso sanitário. Adaptado de: Catálogo Geral ROCA.	

4.5 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

Representam as fontes opcionais àquelas disponibilizadas com maior habitualidade a processos produtivos e habitações, partindo da premissa que a fonte principal é água potável proveniente de sistema público de abastecimento. Segundo Bazarella (2005) são apontadas como fontes alternativas a água de reuso, água de chuva, água subterrânea, água mineral envasada e água distribuída em caminhões-pipas.

Águas de reúso são provenientes do tratamento adequado de esgoto previamente segregado. Com base em Gonçalves (2006), a segregação de esgoto sanitário gerado pode ser realizada conforme os itens a seguir apresentados:

- Água negra: água residuária originária de vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico;
- Água amarela: efluente contendo somente a urina, oriundo de dispositivos separadores de fezes e urina;
- Água marrom: efluente contendo apenas somente as fezes, também oriundo de dispositivos separadores de fezes e urina;
- Água cinza: águas servidas, excluído o efluente dos vasos sanitários.

Esse tipo de caracterização é indispensável para a escolha do tratamento adequado para atendimento aos requisitos de qualidade demandados pelo uso final e garantia de segurança do usuário. Além disso, refletirá nos custos do sistema proposto.

A água da chuva como fonte alternativa é importante, principalmente, em regiões com regimes pluviométricos generosos tratando-se de quantidade e distribuição ao longo do ano (SANTOS, 2002).

Pelo fato de coleta de água de chuva, na grande maioria dos projetos, ser realizada de forma indireta, tendo contato físico com sistema de drenagem pluvial das edificações, como telhado, calhas e condutores verticais, sua qualidade poderá sofrer alterações, somadas as alterações da composição devido à lavagem de poluentes atmosféricos. Isso justifica a averiguação de sua qualidade por meio de análises adequadas.

Águas subterrâneas podem ser originárias de lençóis freáticos ou artesianos. Sendo o ultimo, em muitos casos, fonte complementar e até mesmo integral do abastecimento de edificações. Sua qualidade é afetada diretamente pelas características geológicas e atividades antrópicas desenvolvidas nas vizinhanças.

Água mineral envasada é originária de fontes subterrâneas e embaladas em recipientes para consumo direto e também para cocção (AGUIAR, 2010). Outrossim, devem possuir autorização das agências reguladoras de exploração e atender às exigências legais para águas destinadas ao consumo humano.

Além disso, as águas de condensação, provenientes de aparelhos de ar condicionado, também podem ser consideradas como fonte alternativa, apresentando potencial de reúso (MOTA et al., 2011).

4.6 OPÇÃO PELO REUSO

Segundo Aguiar (2010) os sistemas convencionais de esgotamento sanitário demandam elevados custos, geram impactos ambientais significativos e elevado consumo de água e energia, fazendo com que esses não sejam caracterizados como soluções sustentáveis de saneamento.

No âmbito do saneamento sustentável é priorizada a redução, ao máximo possível, do consumo de água potável para o transporte de excretas humanas e a destinação de águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como, por exemplo, dessedentação humana.

O reúso consciente e planejado de água de baixa qualidade é um dos mais modernos e eficazes instrumentos para a garantia da sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Projetos de reuso de água têm sido desenvolvidos em áreas urbanas, industriais, agrícolas e para recarga artificial de aquíferos. Em seu livro, Mancuso e Santos (2003) apresentam diversos sistemas de reuso de água desenvolvidos por outros autores, destacando suas peculiaridades e resultados obtidos.

Tratando-se de reúso urbano não potável, os principais questionamentos levantados a cerca de sua instalação são os custos elevados de sistemas duplos de distribuição – uma deles para água potável e outro para água de reúso –, possíveis dificuldades operacionais e riscos de ocorrência de conexões cruzadas.

Embora demandados custos consideráveis, esses devem ser avaliados em relação aos benefícios de se conservar água potável e de, eventualmente, adiar a ou eliminar a necessidade de exploração de novos mananciais. A variável custo também está atrelada ao uso final pretendido.(MANCUSO e SANTOS, 2003)

A opção pelo reúso deverá obedecer a critérios e padrões de qualidade, levando em consideração as questões de saúde pública, a aceitação pelo usuário, a preservação do meio ambiente, a qualidade da fonte de água para reúso e a adequada relação da qualidade e uso pretendido.

4.7 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS CINZA

São classificadas como águas cinza aquelas provenientes de lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque, desconsiderando a contribuição de efluentes de vasos sanitários (BAZZARELLA, 2005). Segundo Nolde (1999), os efluentes oriundos de cozinhas não são classificados com água cinza, por serem considerados altamente poluídos, putrescíveis e constituídos por compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

As características apresentadas em termos quantitativos e de composição variam de acordo com o número de ocupantes da edificação, classe social e costumes, além de sofrerem influência da própria qualidade da água de abastecimento e o tipo de rede de distribuição (ERIKSSON et al., 2002; NOLDE, 1999).

4.7.1 Características Quantitativas

A produção e demanda de água cinza relacionam-se diretamente com o consumo de água dentro das residências, que variam de acordo com a região, com o clima e com os costumes dos usuários.

A partir dos resultados de estudo realizado por Lu e Leung (2003), em Hong Kong, pode ser observada como a geração de água cinza sofre influência do padrão econômico de edificações residenciais, sendo a maior geração em residências de alto padrão, conforme Tabela 4.

Tabela 8 – Proporções típicas de produção de águas cinza residenciais. Adaptado de Lu e Leung (2003).

Tipo de edificação residencial	Geração de água cinza per capita (L/hab.dia)	Geração média de água cinza per capita (L/hab.dia)
Apartamento de Alto Padrão	132 – 283	246
Apartamento de Baixo Padrão	189 – 302	189
Residências de Baixo Padrão	170 – 340	264
Residências de Médio Padrão	227 – 378	302
Residências de Padrão Alto (Luxo)	283 – 567	360
Outros Tipos de Residências	113 – 227	170

Em estudo realizado por Bazarella (2005) em edificação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) foram estimados valores quanto à geração de água cinza por tipo de aparelho, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 9 – Estimativa da produção de água cinza no prédio da ETE UFES. Adaptado de Bazarella (2005).

Equipamento	Produção *per capita* (L/pessoa.dia)
Lavatório	14
Chuveiro	10

Observa-se que em edificação da universidade a produção de água cinza é superior em lavatórios do que em chuveiros, uma vez que o banho não é atividade corriqueira.

Segundo Gonçalves (2006), um dos aspectos determinantes do sucesso de um sistema de gerenciamento de águas cinza na escala das edificações é o correto

manejo das cargas hidráulicas decorrentes das variações de vazão na escala horária. Em virtude da possibilidade de ocorrência de defasagem temporal entre a demanda e a oferta, é necessária a implantação de reservatório de estocagem de água de reúso na edificação.

4.7.2 Características Qualitativas

Estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que as águas cinza contêm elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, além de turbidez e de moderada contaminação fecal (GONÇALVES, 2006).

Tais comprovações corroboram para que o reúso em estado bruto não seja recomendável em edificações, tendo em vista, sobretudo, a possibilidade de contaminação e de produção de mau cheiro nas instalações sanitárias, além do aspecto desagradável.

De forma resumida, a Tabela 6 apresenta valores encontrados na literatura quanto às características físico-químicas de águas cinza.

Tabela 10 – Faixa de valores para parâmetros físico-químicos encontrados na água cinza. Fonte: Valentina (2009).

Parâmetros	Faixa de valores	Referência
pH	5 - 10,9	Schäfer *et al*. (2006)
Turbidez (NTU)	70 -100	Friedler *et al.* (2008)
	15 – 240	Gilboa e Friedler (2007)
Sólidos Suspensos (mg/L)	3,1 - 330	Metcalf e Eddy (2003)
	17 – 330	Eriksson *et al.* (2002)
DBO5 (mg/L)	33 – 1460	Al-Jayyousi (2003)
DQO (mg/L)	180 - 650	Gilboa e Friedler (2007)
	38 – 1380	Al-Jayyousi (2003)
Nitrogênio Total (mg/L)	0,6 - 74	Eriksson *et al.* (2002)
	0,28 - 74	Al-Jayyousi (2003)
Fósforo Total (mg/L)	0,1 - 57	Al-Jayyousi (2003)
	0,062 - 74	Eriksson *et al.* (2002)
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	$9,4x10^4$ – $3,8x10^8$	Eriksson *et al.* (2002)
E. Coli (NMP/100mL)	$1,3x10^5$ – $2,5x10^8$	Eriksson *et al.* (2002)

Considerando a descarga sanitária como uso final pretendido à água de reúso, conforme Gonçalves (2006), essa deverá possuir baixa turbidez, cor reduzida e ausência de odor desagradável.

4.7.2.1 Características Físicas

Além de aspecto desagradável, materiais em suspensão em águas cinza podem se tornar abrigo para microrganismos (GONÇALVES, 2006). As concentrações médias de sólidos suspensos totais (SST) para águas cinza misturadas podem se apresentar próximas às de um esgoto médio, que segundo Jordão e Pessoa (2005), correspondendo a 230 mg/L.

4.7.2.2 Compostos nitrogenados

Segundo Valentina (2009), as concentrações de nitrogênio total encontradas em água cinza são relativamente baixas, pelo fato de a urina ser umas das principais fontes e estar presente em pequenas quantidades nas águas cinza. Embora atividades de limpeza e efluentes de cozinhas contribuam para as concentrações existentes.

4.7.2.3 Compostos Fosforados

Detergentes e os sabões contendo fosfatos são as principais fontes de fósforo em águas cinza.

Segundo Gonçalves (2006), águas cinza podem apresentar concentrações de fósforo semelhantes ou até superiores a de esgotos sanitários com características médias, que conforme Jordão e Pessoa (2005), apresentam valor de concentração de fósforo total (Ptotal) igual a 10 mg/L.

4.7.2.4 Compostos de Enxofre

A formação de odores desagradáveis é resultante da existência de compostos de enxofre, principalmente pela formação de gás sulfídrico (H_2S), ocorrido naturalmente em ambientes redutores (VALENTINA, 2009).

As concentrações de sulfeto são relativamente baixas logo que a água cinza é produzida. Porém, essas concentrações podem apresentar aumento significativo em virtude das elevadas concentrações de sulfato, provenientes de sabões e detergentes, e decomposição de matéria orgânica (GONÇALVES, 2006).

4.7.2.5 Matéria Orgânica e Inorgânica

As concentrações de matéria orgânica e inorgânica são razoavelmente elevadas em águas cinza.

A matéria orgânica é proveniente de resíduos de alimentos, óleos e gorduras, resíduos corporais, sabão, entre outras fontes. Enquanto a matéria inorgânica de produtos químicos e detergentes. (GONÇALVES, 2006)

Conforme estudos realizados na Universidade Federal do Espírito Santo e Universidade Federal de Santa Catarina, as concentrações de DBO_5 e de DQO de águas cinza podem extrapolar as concentrações características médias de esgotos sanitários, que conforme Jordão e Pessoa (2005) correspondem a DBO_5 de 200mg/L e DQO de 400mg/L. Isso pode ser observado na Tabela 7 a seguir.

Tabela 11 – Caracterização qualitativa das águas cinza – Compostos orgânicos. Adaptado de: Gonçalves (2006).

Referência	Fonte de água cinza	Local	Parâmetros físicos	
			DBO_5 (mg/L)	**DQO (mg/L)**
Pesquisa UFES (2005)	Lavatório	Espírito Santo	90 - 675	190 - 1200
	Chuveiro		100 - 188	216 - 1127
	Tanque		100 - 875	558 - 3958
	Maquina de lavar roupa		90 - 300	190 - 920
	Pia cozinha		190 - 1200	480 - 4793
	Mistura		425 - 725	190 - 1331
Pesquisa UFSC (2006)	Mistura	Santa Catarina	24 - 808	36 - 921

4.7.2.6 Características Microbiológicas

A presença de microrganismos patogênicos em águas cinza é relativamente baixa quando comparada ao esgoto domestico convencional (VALENTINA, 2009). Embora, segundo Gonçalves (2006), realmente haja presença de coliformes termotolerantes neste tipo de água residuária.

Esses microrganismos podem ser oriundos da lavagem de objetos, de alimentos, das mãos contaminadas com fezes e no próprio banho.

4.7.2.7 Outros parâmetros de qualidade

Águas cinza geralmente apresentam o pH próximo da neutralidade, tal como esgotos sanitários típicos. Além da influência água de abastecimento, o uso de produtos químicos podem contribuir para aumento do mesmo. (BAZARELLA, 2005)

Podem ser apresentados como as principais fontes de óleo e graxas em águas cinza os óleos e gorduras utilizados no na cocção, resíduos corporais e roupas.

É importante destacar que a eficiência do tratamento, tanto de águas cinza quanto do esgoto sanitário, está condicionada à remoção de gorduras nas etapas iniciais.

4.8 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA

As primeiras técnicas de tratamento de águas cinza baseavam-se na associação de processos físicos, como filtração, a um processo de desinfecção. Por volta das décadas de 1980 e 1990, processos biológicos de tratamento que tiveram seu desempenho avaliado para esse fim (GONÇALVES, 2009).

Os processos mais comumente empregados no tratamento de águas de reúso são tratamento primário (sedimentação), filtração seguida de tratamento aeróbio-biológico, para remoção de sólidos e matéria orgânica respectivamente, e por fim, desinfecção para eliminação de agentes patogênicos, o que não exclui outros tipos de tratamento (CICHINELLI, 2008).

Em decorrência da variabilidade de compostos presentes e de características das águas cinza, são inúmeras as possibilidades de sistemas de tratamento que podem ser empregados. Porém, a qualidade demandada pelo uso final proposto será decisiva na escolha o tratamento ideal.

Segundo Gonçalves (2006), os possíveis usos finais para águas de reuso podem ser classificadas em:

- Usos potáveis: consumo propriamente dito, higiene pessoal e cocção;
- Usos não potáveis: descarga de bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de áreas externas, alimentação de lençol freático, entre outros.

As variações na composição de águas cinza podem culminar em significativas alterações químicas, as quais podem ocorrer em períodos de apenas algumas horas, sendo um das dificuldades encontradas no processo de tratamento (AL-JAYYOUSI, 2003). Segundo Valentina (2009), tecnologias empregadas no tratamento de águas cinza devem manejar essas variações e produzir efluente com qualidade adequada e segura de forma constante, cumprindo as normas estabelecidas para o reúso.

Processos já desenvolvidos para tratamento de águas cinza variam desde sistemas simples até séries de tratamentos avançados para reúso em larga escala. Considerando seu consumo dentro da própria residência, como nas descargas das bacias sanitárias, por exemplo, são indispensáveis os processos físicos, químicos e biológicos para a remoção de partículas e de matéria orgânica dissolvida (ELMITWALLI et al., 2007).

Segundo Gonçalves (2006), uma Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) deve ser composta por, pelo menos, os níveis primário e secundário para garantia de água de reúso inodora e com baixa turbidez, e nível terciário, correspondente ao processo de desinfecção, assegurando baixas densidades de coliformes termotolerantes.

4.8.1 Tratamento Primário

Embora em dimensões reduzidas, a presença de sólidos grosseiros nas águas cinza garante a necessidade de uma etapa de tratamento primário. Sendo sua principal função garantir a eficiência das demais etapas de tratamento.

A remoção de areia, cabelos, felpas de tecidos, restos de alimentos, entre outros tipos de materiais contidos nas águas cinza, pode ser realizada por meio de grades finas ou peneiras, raramente associadas a uma etapa de sedimentação (caixa retentora de areia). Caso o efluente originário de cozinhas seja aproveitado, será necessária a inclusão de caixa de gordura no fluxograma da ETAC (GONÇALVES, 2006).

4.8.2 Tratamento Secundário

O tratamento secundário objetiva a degradação biológica de compostos carbonáceos, convertendo-os em compostos mais simples, como: CO_2, H_2O, NH_3, H_2S, etc.

Esse pode ser realizado pela via anaeróbia, pela via aeróbia ou pela associação em série de ambas, anaeróbia e aeróbia, ou por leitos cultivados, os chamados *wetlands*.

4.8.2.1 Processo Anaeróbio

Conforme Chernicharo (1997), por meio da via anaeróbia todos os compostos orgânicos podem ser degradados, sendo essa alternativa mais eficiente e mais econômica quanto mais fácil for a biodegradabilidade do efluente, o que é observado em águas cinza.

A Tabela 8 a seguir apresenta algumas vantagem e desvantagens dos processos anaeróbios.

Tabela 12 – Vantagens e Desvantagens dos processos anaeróbios. Adaptado de Chenicharo (1997).

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos;	Bactérias anaeróbias são susceptíveis á inibição por grande número de compostos;
Baixo consumo de energia e, consequentemente, baixo custo operacional;	Partida do processo pode ser lenta na ausência de lodo se semeadura adaptado;
Baixa demanda de área;	Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária;
Baixo custo de operação;	Complexidade da bioquímica e microbiologia da digestão anaeróbia;
Produção de metano, gás combustível de lato teor calorífico;	Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis;
Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator por tempo considerável;	Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável;
Tolerância a elevadas cargas orgânicas;	Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória.
Aplicabilidade em pequena e grande escala.	

Comparados com tratamentos aeróbios, a digestão anaeróbia apresenta a vantagens quanto à produção de gás metano e baixa produção de sólidos, como ilustrado pela Figura 1.

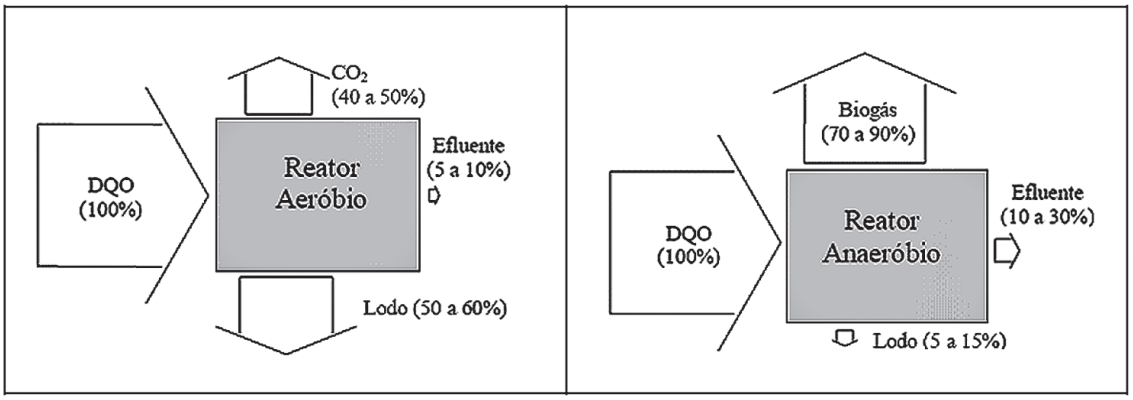


Figura 1 – Conversão biológica da matéria orgânica nos sistemas aeróbios e anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário. Fonte: Chernicharo (2001).

Em sistemas anaeróbios a maior parte do material orgânico biodegradável presente na água residuária é convertida em biogás, variando de 70 a 90%. Pequena parcela da matéria orgânica é transformada biomassa microbiana, cerca de 5% a 15%, constituindo-se no lodo excedente do sistema. Como parcela não degradada, o efluente do sistema apresenta de 10% a 30%.

Nos sistemas aeróbios, apenas cerca de 40% a 50% da matéria orgânica da água residuária é convertida em CO_2. Considerável parcela dessa matéria orgânica – de 50% a 60% – é convertida em biomassa microbiana, produzindo lodo excedente do sistema. O material orgânico não convertido em gás carbônico ou em biomassa, por volta de 5% a 10%, deixa o reator como material não degradado.

Segundo Valentina (2009), sistemas anaeróbios com reatores de manta de lodo e alimentação com fluxo ascendente são comumente utilizados no tratamento de águas cinza. Como exemplo tem-se os reatores do tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo, que são vastamente empregados no tratamento de esgoto sanitário. A Figura 2 apresenta desenho esquemático de um reator UASB.

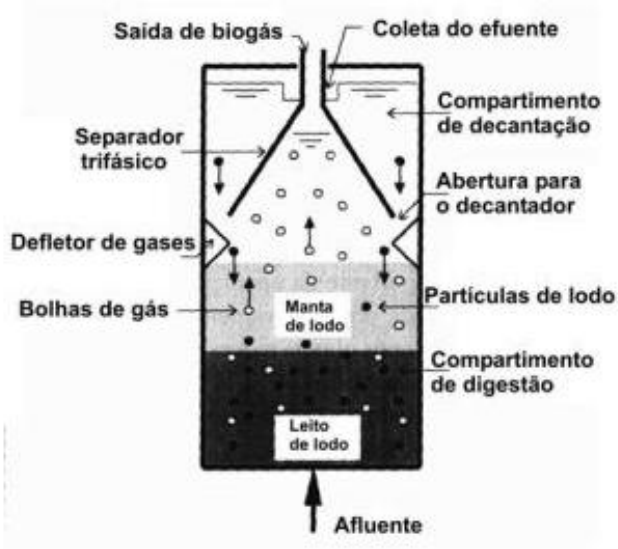


Figura 2 – Desenho esquemático de um reator UASB.

Segundo Von Sperling (2005), pelo fato de a eficiência de remoção de matéria orgânica nos reatores UASB no tratameto de esgoto sanitário apresentar-se na ordem de 70%, o sistema necessita de um pós-tratamento para remoção de DQO remanescente, nutrientes e patógenos.

4.8.2.2 Associação Tratamento Anaeróbio e Aeróbio

A relevância do pós-tratamento de efluente de reatores anaeróbios se dá pelo fato de dificilmente atenderem aos padrões desejados. Sendo assim, a etapa aeróbia fica responsável por completar a remoção de constituintes remanescentes (VALENTINA, 2009).

As principais vantagens apresentadas por essa associação são a ocupação de espaço físico consideravelmente pequeno, gastos reduzidos com energia elétrica, disposição do lodo aeróbio, o qual poderá ser digerido no próprio reator anaeróbio, e a possibilidade do aproveitamento do biogás gerado no reator anaeróbio (BAZZARELLA, 2005; GONÇALVES, 2006; VALENTINA, 2009).

A associação anaeróbia e aeróbia para o tratamento da água cinza foi alvo de estudo de Bazarella (2005), sendo a tecnologia adotada a combinação de Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) com Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).

A concepção do RAC é bastante similar a de reatores UASB, mas, diferentemente desses, constitui-se de um tanque de diversas câmaras dispostas em série, separadas por paredes verticais, estando e separador trifásico localizado na última câmara. A compartimentação possibilita a separação de algumas fases do tratamento, como a digestão anaeróbia e a decantação, o que garantiu menor fluxo de sólidos para o compartimento de sedimentação e, consequentemente, um efluente anaeróbio mais clarificado.

O FBAS foi empregado como etapa posterior para a remoção complementar de matéria orgânica e sólidos suspensos remanescentes por meio da oxidação biológica. Segundo Gonçalves (2006), a etapa aeróbia no tratamento de águas cinza é obrigatória, pois é a única capaz de remover turbidez de maneira consistente.

Os resultados obtidos por Bazarella (2005) indicaram que o RAC apresentou eficiência considerável na remoção do conteúdo de sólidos e da matéria orgânica presente na água cinza bruta sem praticamente nenhum aporte energético, baixa produção lodo e operação simplificada. Além do incremento na remoção de turbidez, cor e matéria orgânica e efluente tratado completamente desprovido de odor – obtidos pela inserção do FBAS.

4.8.2.3 Leitos Cultivados (*wetlands*)

Os leitos cultivados, também conhecidos como *wetlands*, são sistemas construídos que simulam ambientes naturais que combinam processos físicos, químicos e biológicos para tratamento de águas residuárias. Apresentam condições controladas, sendo macrofitas, meio suporte e os microrganismos os componentes do tratamento, como ilustrado pela Figura 3.

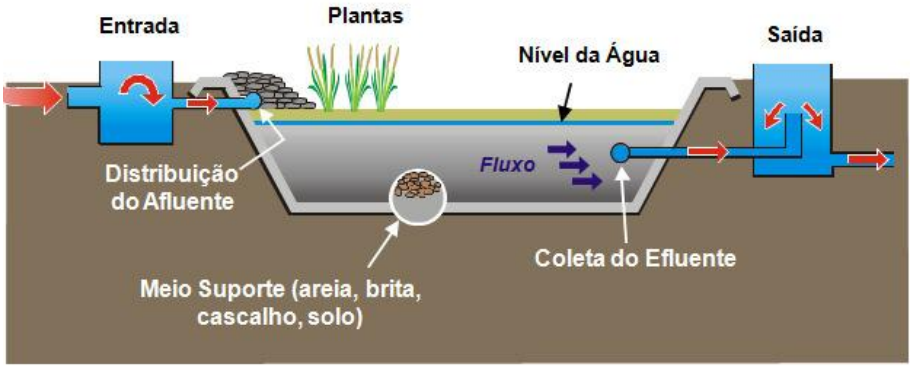


Figura 3 – Exemplo de um *wetland* de fluxo horizontal. Fonte: ITRC (2004).

O tratamento se dá na região de contato entre as raízes das macrofitas e o meio suporte, a chamada rizosfera, que por processos físicos e bioquímicos promovem a remoção da matéria orgânica e dos sólidos, absorção de nutrientes pelo meio suporte ou pelo vegetal e a eliminação de patógenos (SEZERINO et al., 2005).

Os mecanismos de remoção de poluentes em *wetlands* abrangem processos físicos, químicos e biológicos. Sendo removidos principalmente compostos orgânicos (DBO e DQO), sólidos suspensos, nitrogênio, fósforo, metais pesados e patógenos (KNUPP, 20013).

Em virtude da considerável remoção de compostos orgânicos, baixo custo de implantação e operação e pequeno impacto causado ao meio ambiente, *wetlands* têm se apresentado como alternativas interessantes ao tratamento de águas cinza (KNUPP, 20013).

4.8.3 Tratamento Terciário

O tratamento terciário de águas cinza tem por objetivo a desinfecção, a qual prevê a inativação seletiva de espécies de microrganismos presentes no esgoto sanitário, principalmente aqueles que possam apresentar ameaças à saúde humana, sem, no entanto, produção de água estéril.

Considerando o uso final da água de reúso em descargas de bacias sanitárias, Bazarella (2005) expõe que a necessidade de adoção de tratamento terciário surge mediante a existência de riscos à saúde associados a respingos e aerossóis que ocorrem com o uso do toalete.

A etapa de desinfecção pode ser realizada através de processos artificiais ou naturais, como observado na Figura 4, sendo os mais utilizados na desinfecção de esgotos são cloro, dióxido de cloro e ozônio.

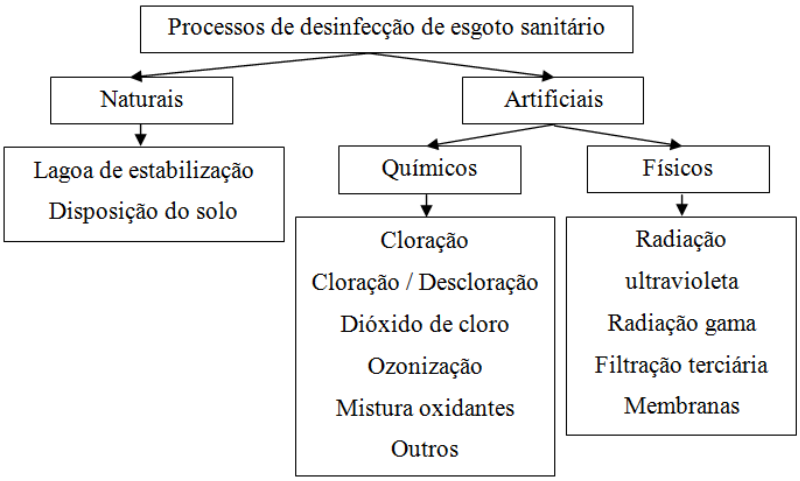


Figura 4 – Processos de desinfecção de esgotos sanitários. Fonte: Gonçalves (2003).

Em decorrência dos efeitos da cloração sobre a matéria orgânica, à formação de compostos organoclorados e trihalometanos, e as eventuais consequências carcinogênicas, o processo de cloração de esgotos sanitários têm recebido particular atenção e até mesmo tem sido substituídos por outros processos (JORDÃO E PESSOA, 2005).

Conforme estudo realizado por Winward et al. (2008), o qual analisou a desinfecção de água cinza com cloro e seu impacto sobre os compostos orgânicos e partículas em suspensão, chegou-se a conclusão que a eficácia da desinfecção relacionava-se à dimensão das partículas e com o próprio esgoto. Uma vez que as partículas maiores protegiam microorganismos patogênicos diminuindo a eficácia da inativação pelo cloro.

Embora a concentração de compostos orgânicos na água cinza não tivesse afetado a resistência de bactérias coliformes à desinfecção por cloro, a remoção de sólidos suspensos do efluente para uma melhor desinfecção é recomendada (WINWARD et al., 2008).

Segundo Gonçalves (2006), a desinfecção por radiação ultravioleta (UV) tem se mostrado competitiva ao método cloração em função da não geração dos subprodutos tóxicos, além de não requer adição de substâncias químicas ou

aditivos. A absorção da radiação UV pelos microrganismos promove alterações no DNA, impedindo a reprodução (JORDÃO E PESSOA, 2005).

O processo de desinfecção por ozônio apresenta complexidade operacional e os custos relativamente elevados, tanto na implantação quanto no funcionamento do sistema. Embora seja um oxidante extremamente reativo, logo, altamente bactericida. Alternativa que também pode ser analisada é a filtração em membranas, a qual já integra algumas ETAC.

4.9 QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO

Ainda não existem normas brasileiras específicas para reúso de água, o que representa ponto relevante quanto aos cuidados especiais com esses sistemas (CICHINELLI, 2008).

Atualmente as principais referências adotadas são a ABNT NBR 13969:1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, Construção e Operação, o Manual de Conservação e reúso de Águas em Edificações da SindusCon-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) e Guia para Reúso de Água da Agência Americana de Proteção Ambiental (*Guidelines for Water Reuse – EPA: Environmental Protection Agency*) (CICHINELLI, 2008).

Os parâmetros de qualidade são apresentados no Anexo A.

4.10 VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUA CINZA

A análise de viabilidade econômica tem por objetivo verificar se os benefícios gerados com investimento compensam os gastos realizados. Embora sistemas de reúso de água possam gerar economia financeira quanto ao consumo de água potável e geração de esgoto, os custos envolvidos para implantação, funcionamento e manutenção desses sistemas devem ser detalhados e avaliados de forma minuciosa a fim de verificar se a proposta é economicamente viável ou não (FRANCI, 2011). A racionalização de energia também deve ser observada nesses sistemas.

De acordo com Gonçalves (2006), a viabilidade financeira de um sistema de reúso pode ser avaliada a partir da comparação entre os custos de uma edificação sem sistema de reúso com a mesma edificação com o sistema de reúso em funcionamento, incluídos como custo operacional a mão de obra, a gestão do lodo, a manutenção de equipamentos, os suprimentos de materiais e o consumo de energia elétrica, contrapostos com a redução no consumo de água potável e com o custo de implantação do sistema.

4.10.1 Análise de investimento em sistemas de reuso de água

Segundo Buni e Famá (2007), investir consiste em fazer um desembolso presente buscando a construção de uma série de fluxos de caixa futuros. No processo de avaliação de investimentos estão envolvidos uma etapa de projeção de fluxo de caixa, uma de cálculo do custo de capital e outra de aplicação de técnicas de avaliação.

Primeiramente deve ser definido o investimento inicial, considerando todos os gastos envolvidos no investimento. De acordo com Sousa (2007), deverá ser mensurado o valor desembolsado no momento zero, gastos fixos, gastos diretos (tubulações, bombas, motores, acessórios, etc.) e indiretos (consultoria, projeto de engenharia, fiscalização de obra, etc.).

A próxima etapa corresponde à análise dos fluxos de caixa, sendo pontuadas as entradas e saídas de recursos.

A última etapa do processo de análise de viabilidade de um investimento é a aplicação das técnicas de avaliação. A seguir são apresentados alguns métodos para análise de viabilidade de projetos.

4.10.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Hirschfeld (2000), o método do Valor Presente Líquido objetiva determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios. Correspondendo ao somatório algébrico de todos os valores envolvidos nos períodos considerados, reduzidos ao instante

considerado inicial ou instante zero, a uma taxa de juros comparativa, como representado pelo seguinte equação:

$$VPL = \sum_{0}^{n} \frac{F_n}{(1+i)^n} \qquad \text{Equação (1)}$$

Na qual:

- *VPL*: valor presente líquido de um fluxo de caixa (R$);
- *n*: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;
- F_n: cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa que ocorrem em *n* (R$);
- *i*: taxa de juros comparativa ou taxa mínima de atratividade (TMA), também chamada de taxa de equivalência, taxa de expectativa, ou ainda, taxa de desconto (%).

O critério de seleção de projetos de investimentos com base no método do VPL pode ser apresentado como:

- Se o VPL foi maior que zero, o projeto deve ser aceito;
- Se o VPL for igual a zero, torna-se indiferente a aceitação ou não do projeto;
- Se o VPL for menor que zero, o projeto não deve ser aceito.

Segundo Ywashima (2005) “[...] é um indicador mais rigoroso e isento de falhas técnicas e corresponde à soma algébrica dos valores do fluxo de um projeto, atualizados à taxa ou às taxas adequadas de desconto.”.

4.10.1.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Quando se pretende investir, seja num empreendimento, seja numa aplicação financeira, o mesmo é realizado pelo desejo de se receber, em devolução, uma quantia de dinheiro que, em relação à quantia investida, corresponda, no mínimo, à taxa de atratividade, também chamada de expectativa ou taxa de equivalência. Esse ganho em devolução, comparado à quantia investida, constitui uma parcela percentual chamada de taxa de retorno. (HIRSCHFELD, 2000)

A taxa interna de retorno corresponde à taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido. Logo, situação em que a soma algébrica de receitas e despesas será igual a zero.

$$VPL = Benefícios - Custos = 0 \qquad \text{Equação (2)}$$

O critério de seleção de projetos de investimentos com base no método da TIR pode ser apresentado como:

- Se a TIR foi maior que a taxa mínima de atratividade, o projeto deve ser aceito;
- Se a TIR for igual a que a taxa mínima de atratividade, torna-se indiferente a aceitação ou não do projeto;
- Se a TIR for menor que a taxa mínima de atratividade, o projeto não deve ser aceito.

O método da TIR é, aparentemente, o indicador mais aconselhável para a análise de viabilidade econômica de alternativas de redução do consumo de água domiciliar para fins de higiene pessoal, na ótica do consumidor (ANDRÉ E PELIN, 1998 apud YWASHIMA, 2005).

4.10.1.3 Payback e Payback Descontado

Segundo Hirschfeld (2000), o método prazo de recuperação de investimento, também conhecido por prazo e retono ou *payback*, fornece o número de períodos do fluxo de caixa inerente ao cenário analisado nos quais o somatório dos benefícios se iguala ao somatório dos custos, ou seja, intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, sendo muito utilizado em virtude de sua aparente objetividade.

Sendo assim, o *payback* pode equivaler a:

$$VPL = \sum_{0}^{n} \frac{F_n}{(1+i)^{n'}} = 0 \qquad \text{Equação (3)}$$

Em que:

- *VPL*: valor presente líquido de um fluxo de caixa (R$);
- *n*: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;
- *n'*: número de períodos para que o VPL seja nulo;
- F_n: cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa que ocorrem em *n* (R$);
- *i*: taxa mínima de atratividade (%).

Apreciados os custos e benefícios no instante inicial, o prazo de retorno *n'* consistirá na determinação de *n'* quando VPL for nulo.

O *payback* também é muito empregado por fornecer a ideia de liquidez e segurança de projetos, nesse caso, quanto menor o *payback*, maior é a liquidez do projeto e, consequentemente, menor o risco envolvido (CONTADOR, 2000).

Assim, segundo Ywashima (2005), o *payback* serviria como indicador secundário adicional, relacionado ao risco, para auxiliar no processo de decisão, no desempate de alternativas indiferentes a outros critérios.

O payback descontado é uma análise elaborada, pois é levado em consideração o valor do dinheiro no tempo (ROSS et al, 2002)

5. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em edificação empresarial, identificada por Prédio E, pertencente ao Centro de Operação Carapina (COC) da distribuidora de energia elétrica EDP Escelsa, localizado no município de Serra, estado do Espírito Santo. A Figura 5 apresenta croqui de localização da empresa e a Figura 6 Prédio alvo de estudo.

Figura 5 – Centro de Operação Carapina – COC.

Figura 6 – Prédio E EDP Escelsa.

O Prédio E possui dois pavimentos dispondo de dois banheiros em cada um deles, sendo um feminino e o outro masculino, uma copa no primeiro andar e duas no segundo. A Tabela 9 apresenta maiores informações quanto o número de torneiras e bacias sanitárias existentes a edificação.

Tabela 13 – Quantificação do número de torneiras, bacias sanitários e mictórios do Prédio E.

	Número de Torneiras	Número de Bacias Sanitárias	Número de Mictórios
Banheiro Feminino 1º Pavimento	2	2	-
Banheiro Feminino 2º Pavimento	3	3	
Banheiro Masculino 1º Pavimento	3	3	4
Banheiro Masculino 2º Pavimento	2	3	2
Copa 1º Pavimento	2	-	-
Copas 2º Pavimento	2	-	-
TOTAL	14	11	6

Essas informações podem ser melhor visualizadas pelas plantas do COC, de ambos os pavimentos do Prédio E e figuras presentes nos Anexos B, C e D, respectivamente.

6. METODOLOGIA

O presente trabalho foi dividido em duas etapas principais, sendo elas Estudo de Viabilidade Técnica e Estudo de Viabilidade Econômica.

Na primeira etapa do projeto, inicialmente, foi realizada coleta de dados por meio de aplicação de questionários a todo efetivo do Prédio E para levantamento de informações quanto número de funcionários, hábitos de uso dos banheiros e copas e atividades de limpeza da área interna do prédio, os quais estão apresentados no Apêndice A. Posteriormente, estimou-se a geração de água cinza e o consumo de água com as descargas das bacias sanitárias, e realizou-se uma análise quanto à viabilidade técnica da implantação do sistema de reúso de água cinza.

Vale ressaltar que constatada a baixa geração de água cinza no Prédio E será aportada geração do prédio vizinho – estimada por estrapolação de dados – como contribuição.

A conformação da metodologia empregada na coleta de dados baseou-se em estudo realizado por Proença e Ghisi (2009), no qual as informações necessárias à apropriação dos consumos finais de água foram obtidas por estimativas baseadas nas informações coletadas por meio entrevistas junto aos ocupantes dos edifícios em estudo.

Na segunda etapa, denominada Estudo de Viabilidade Econômica, realizou-se coleta de orçamentos referentes aos recursos necessários à implantação e manutenção de sistema de reúso de água cinza e levantamento dos benefícios associados à implantação do sistema.

6.1 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

6.1.1 Elaboração e Aplicação dos Questionários

Foram elaborados dois questionários, um deles aplicado a todo o efetivo do Prédio E e o outro à equipe de limpeza desse mesmo Prédio, nomeados Funcionário e Limpeza, os quais são apresentados no Apêndice A.

Foram abordadas questões que visavam identificar o grau de aceitação e a percepção dos empregados em relação a projeto de reúso de águas cinza e uso racional da água, além de solicitar um acompanhamento no período de cinco dias consecutivos do uso das torneiras do Banheiro e da Copa.

O questionário Limpeza solicitou informações quanto à frequência e quantidade de água consumida na limpeza interna do edifício.

Ressalta-se que os questionários foram entregues mediante prévio esclarecimento do projeto e orientação de preenchimento.

6.1.2 Coleta de dados

Os questionários foram recolhidos após cinco dias de acompanhamento dos entrevistados. Os dados recolhidos foram organizados em planilhas para tratamento e análise das informações.

6.1.2.1 Efetivo do Prédio E

Solicitou-se aos funcionários que se auto classificassem conforme gênero e as categorias abaixo descritas:

- Colaborador: funcionários contratados diretamente pela EDP Escelsa, com permanência semanal na empresa de cinco dias e jornada de trabalho diária de oito horas;
- Terceirizado: contratados por empresas que prestam serviço à EDP Escelsa, com permanência semanal na empresa de cinco dias e jornada de trabalho diária de oito horas;
- Estagiário: estudantes de ensino superior ou técnico contratados pela EDP Escelsa, com permanência semanal na empresa de cinco dias e jornada de trabalho diária variando entre quatro a seis horas;
- Menor Aprendiz: estudantes de ensino médio contratados pela EDP Escelsa, com permanência semanal na empresa de três dias e jornada de trabalho diária de quatro horas.

A classificação anteriormente apresentada foi considerada no cálculo das médias diárias de uso das torneiras dos Banheiros e Copas, uma vez que a variação da

permanência dos funcionários na edificação influencia no consumo de água e consequente geração de efluentes.

6.1.2.2 Hábitos de uso dos Banheiros e Copas

Solicitou-se aos entrevistados que registrassem, no período de cinco dias consecutivos, o número de vezes que realizaram os seguintes usos:

- Banheiro:
  - Uso da bacia sanitária;
  - Uso da torneira para higienização das mãos;
  - Uso da torneira para higienização dos dentes;
  - Uso da torneira para outros fins.
- Copa:
  - Uso da torneira para higienização de alimentos;
  - Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc);
  - Uso da torneira para outros fins.

6.1.2.3 Hábitos de Limpeza do Prédio E

Solicitou-se aos responsáveis pela limpeza que informassem as seguintes questões:

- Número de limpezas diárias das áreas internas dos dois pavimentos e dos quatro banheiros;
- Número de baldes de água empregados na limpeza dos banheiros e das demais áreas internas;
- Número de descargas por limpeza dos banheiros.

6.1.2.4 Percepção dos usuários quanto projeto de reúso de água

A aceitação dos usuários é elemento crucial na determinação do sucesso ou fracasso de programas de reúso (MANCUSO e SANTOS, 2003). Baseado nisso, optou-se por verificar a opinião dos entrevistados quanto à implantação de sistema de reúso de água.

Para tal, os entrevistados deveriam classificar o projeto como:

- Muito Importante;
- Importante;
- Pouco Importante.

Além disso, solicitou-se a posição dos mesmos quanto às possíveis aplicações da água de reúso – descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de calçadas – em:

- Totalmente de acordo;
- De acordo;
- Indiferente;
- Em desacordo;
- Totalmente em desacordo.

6.1.3 Estimativa de geração de água cinza

6.1.3.1 Banheiro

Para se estimar o número médio de vezes de utilização diária das torneiras dos Banheiros para os usos analisados – higienização das mãos, higienização dos dentes e outros fins – foi considerada à permanência semanal das quatro categorias de funcionários, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 14 – Permanência semanal na empresa por categoria.

Categoria	Permanência semanal (dias)
Colaborador	5
Tercerizado	5
Estagiário	5
Menor Aprendiz	3

Empregou-se o somatório do número médio de vezes de utilização diária de cada categoria, conforme equação abaixo.

$$B = \sum \frac{N_B}{D}$$ Equação (4)

Na qual:

- *B*: número médio de vezes de utilização diária das torneiras dos Banheiros de cada uso (dia^{-1});
- N_B: número de vezes que o uso foi executado pela categoria;
- *D*: número de dias da permanência semanal da categoria (dia).

Para se estimar a vazão diária de água cinza com a utilização das torneiras dos Banheiros foi identificado seu fabricante, modelo, tempo médio de fechamento por acionamento e vazão correspondente.

As torneiras instaladas são do modelo *Pressmatic Alfa* da marca DOCOL©, acompanhadas de restritor vermelho de vazão, ilustrada pela Figura 7.

Figura 7 – Modelo das torneiras utilizadas nos banheiros do Prédio E.

É válido informar que as torneiras economizadoras de água foram instaladas apenas nos banheiros e durante o andamento da pesquisa.

De forma a subsidiar a definição da vazão média das torneiras, realizou-se amostragem de vazão para 10 das torneiras instaladas – como apresentado da Tabela 9 –, no qual tempo de fechamento foi cronometrado e o respectivo volume de água liberado quantificado. O teste foi realizado três vezes para cada torneira.

A curva de Vazão versus Pressão Estática, fornecida pelo fabricante, Gráfico 3, foi empregada para verificar se a vazão média encontrada realmente encontrava-se dentro do previsto para o modelo utilizado – *Pressmatic Alfa* com restritor vermelho.

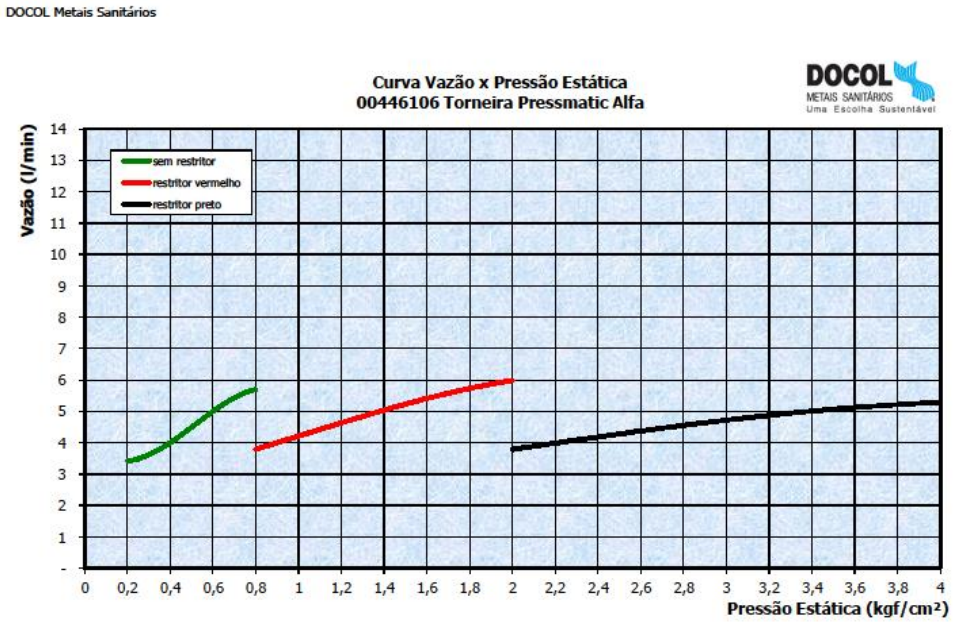


Gráfico 14 - Curva Vazão x Pressão Estática. Fonte: DOCOL Metais Sanitários.

Considerou-se um número médio aproximado de acionamentos demandados para cada uso analisado, com base nos hábitos dos funcionários do Prédio E, os quais são apresentados na Tabela 11.

Tabela 15 – Número médio de acionamentos especificados por uso.

Uso	Número médio de acionamentos
Uso da torneira para higienização das mãos	1,5
Uso da torneira para higienização dos dentes	4
Uso da torneira para outros fins	1

Estimou-se a vazão diária de água cinza de cada uso pelo produto do número médio de vezes de utilização diária das torneiras dos banheiros, número de acionamentos relacionado e volume de água por acionamento.

$$QB = V_{acionamento} \cdot N_{acionamento} \cdot B \qquad \text{Equação (5)}$$

Na qual:

- *QB*: vazão diária de água cinza gerada por uso dos banheiros (L/dia);
- $V_{acionamento}$: volume de água por acionamento (L);

- $N_{acionamento}$: número de acionamentos correspondente ao uso, conforme Tabela 11;
- *B*: número médio de vezes de utilização diária das torneiras dos banheiros (dia^{-1}).

Por conseguinte, estimou-se a vazão diária total de água cinza proveniente dos banheiros por meio do somatório das gerações por uso.

$$QB_{TOTAL} = \sum QB \qquad \text{Equação (6)}$$

6.1.3.2 Copa

Para estimar o número médio de vezes de utilização diária das torneiras das Copas para os usos analisados – higienização de alimentos, higienização de utensílios de cozinha e outros fins – também foi considerada à permanência semanal das quatro categorias de funcionários.

Empregou-se o somatório do número médio de vezes de utilização diária de cada categoria, conforme equação abaixo.

$$C = \sum \frac{N_C}{D} \qquad \text{Equação (7)}$$

Na qual:

- *C*: número médio de vezes de utilização diária das torneiras das copas de cada uso (dia^{-1});
- N_C: número de vezes que o uso foi executado pela categoria;
- *D*: número de dias da permanência semanal da categoria (dia).

Para estimar da vazão diária de água cinza com uso das torneiras das Copas foram utilizados dados provenientes do Simulador de Consumo desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, presente em sua página da web.

O Simulador funciona da seguinte maneira: o usuário deve definir na área da edificação que deseja consultar, seja essa cozinha, banheiro ou lavanderia. Como ilustrado a seguir.

Figura 8 – Simulador de Consumo SABESP.

Feito isso, deve ser escolhido equipamento para simulação de seu respectivo consumo, selecionado a abertura do equipamento, tempo de abertura e número de vezes utilizadas por dia.

Figura 9 – Simulador de Consumo SABESP: Cálculo do Consumo em Torneira de Pia da Cozinha.

O dado fornecido pelo programa corresponde ao gasto diário do equipamento selecionado e Consumo mensal, ambos em metros cúbicos.

Os dados de interesse para o presente estudo foram gastos diários da torneira de pia da cozinha.

Realizou-se teste para determinação dos tempos de abertura para casa tipo de uso das torneiras das copas, de modo que o tempo gasto com cada uso fosse obtido. Os valores considerados constam na Tabela 12.

Tabela 16 – Tempos de abertura considerados para cada uso das torneiras das copas.

Uso	Tempo (s)
Higienização de alimentos	12
Higienização de utensílios de cozinha	70
Outros fins	12

Simulou-se no programa o volume de água consumido nos três tipos de abertura para cada tempo considerado e calculou-se volume médio.

Obteve-se a vazão diária de água cinza para cada uso com base na geração média e número médio de vezes de utilização diária das torneiras por uso.

$$QC = VC \cdot C \qquad \text{Equação (8)}$$

Na qual:

- *QC*: vazão diária de água cinza gerado por uso (L/dia);
- *VC*: volume de água cinza gerado na atividade (L);
- *C*: número médio de vezes de utilização diária das torneiras das copas por categoria (dia^{-1}).

Estimou-se a vazão diária total de água cinza proveniente das copas pelo somatório das gerações por atividade.

$$QC_{TOTAL} = \sum QC \qquad \text{Equação (9)}$$

6.1.3.3 Geração proveniente das atividades de Limpeza

A água empregada na limpeza foi considerada na geração de água cinza pelos seguintes motivos:

- Água utilizada na limpeza do chão descartada nos tanques das copas;
- Água proveniente dos ralos dos banheiros como parcela da água cinza, logo, volume utilizado na limpeza dos banheiros como parcela da água cinza.

Assim sendo, estimou-se a geração no Prédio E com base no número de limpezas realizadas diariamente, número de baldes de água utilizados e volume para preenchimento desses.

Foi adotado volume de 8 litros por balde, valor informado pelas funcionárias responsáveis pela limpeza como comumente utilizado.

Estimou-se a vazão diária total de água cinza proveniente das atividades de limpeza pelo produto do número de limpezas diárias, número de baldes empregados e volume por balde.

$$QL_{TOTAL} = N_{baldes} \cdot V_{balde} \cdot N_{limpezas} \qquad \text{Equação (10)}$$

Na qual:

- QL_{TOTAL}: vazão diária total de água cinza gerado na limpeza (L/dia);
- N_{baldes}: número de baldes;
- V_{baldes}: volume de água por balde, igual a 8 L;
- $V_{limpezas}$: número de limpezas realizadas diariamente (dia^{-1}).

6.1.3.4 Geração total e Geração per capita

Estimou-se a vazão diária total de água cinza no Prédio E pela soma das contribuições do Banheiro, Copa e Limpeza.

$$Q_{AC_TOTAL} = QB_{TOTAL} + QC_{TOTAL} + QL_{TOTAL} \qquad \text{Equação (11)}$$

Dado isso, calculou-se a vazão per capita de água cinza no Prédio E.

$$Q_{AC_per\ capta} = \frac{Q_{AC_TOTAL}}{Número\ de\ entrevistados} \qquad \text{Equação (12)}$$

6.1.4 Estimativa de consumo em bacias sanitárias

A norma brasileira NBR 15.097:2004 estabelece requisitos técnicos e critérios para avaliação do funcionamento de bacias sanitárias. Segundo ela, “o volume nominal de descarga das bacias sanitárias é de 6,0 LPF (litro por fluxo) e o volume efetivo de

descarga é de 6,8 L, admitindo-se variação de ± 0,3 L". Cabe ressaltar que a volume nominal representa o volume de designação da bacia sanitária, aproximadamente o volume efetivo, e volume efetivo corresponde o que de fato é consumido na descarga (NBR 15.097:2004).

Com base na norma anteriormente apresentada foi adotado valor de consumo de água por acionamento igual a 6,5 L.

Apesar de existirem mictórios em ambos os banheiros masculinos do Prédio e o volume de água consumida em sua descarga ser inferior – segundo a NBR 5626:1998 até 2,5 L –, a adoção desse volume caracterizou cenário pessimista quanto á demanda por água de reúso.

Estimou-se a vazão diária de água demandada pelas descargas com base no volume de demandado por acionamento e número médio de vezes de utilização diária das bacias sanitárias.

$$QD = V_{descarga} \cdot (B_D + N_{descarga_limpeza}) \qquad \text{Equação (13)}$$

Na qual:

- *QD*: vazão diária de água demandado com descargas (L/dia);
- $V_{descarga}$: vazão diária por acionamento da descarga, igual a 6,5 L;
- B_D: número médio de vezes de utilização diária das descargas (dia^{-1});
- $N_{descarga_limpeza}$: total de descargas diárias para limpeza dos banheiros.

Vale ressaltar que para a variável N_{DL} foram consideradas o número de descargas e frequências que as limpezas são realizadas nos banheiros.

Além disso, calculou-se a vazão diária per capita de água demandada pelas descargas.

$$QD_{per\ capta} = \frac{QD}{Número\ de\ entrevistados} \qquad \text{Equação (14)}$$

Esses valores se relacionam com a geração de águas negras, uma vez que corresponde à parcela de água residuária originária de vasos sanitários.

6.1.5 Análise dos resultados

Superadas as etapas de coleta de dados e estimativas, as informações quanto à geração de água cinza e demanda em bacias sanitárias referentes ao Prédio E foram confrontadas para apreciação da viabilidade técnica de implantação de sistema de reúso de água cinza.

6.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

6.2.1 Coleta de dados

Os investimentos necessários para implantação e manutenção do sistema de reúso de água cinza foram estimados com base em consultas orçamentárias realizadas em empresas do ramo de saneamento, laboratorial e da construção civil.

Foi considerada a seguinte situação:

- Sistema de reúso abastecido por água cinza gerada nos Prédios E e F com vistas à utilização do efluente tratado nas bacias sanitárias do Prédio E.

6.2.1.1 Consulta orçamentária

6.2.1.1.1 Sistema de tratamento de água cinza

Foi solicitado às empresas do ramo de soluções em saneamento orçamento de sistema de tratamento de água cinza para vazão de projeto igual a 4.000 L/dia.

Solicitou-se apresentação das seguintes informações:

- Especificações quanto à ETAC – etapas de tratamento, dimensões, etc;
- Montagem, Instalação, Operação e Manutenção;
- Eficiência do Sistema;
- Custos relacionados ao funcionamento e manutenção;
- Investimento.

6.2.1.1.2 Análises físico-químicas

Dada a importância do para monitoramento da eficiência de ETAC através do acompanhamento da qualidade da água cinza tratada, realizou-se consulta orçamentária para serviço mensal de análises laboratoriais dos parâmetros pH, Turbidez, Cloro Residual e *Escherichia coli* (E. coli), em empresa que já realiza esse tipo de serviço para a EDP Escelsa.

6.2.1.1.3 Obras civis

Realizou-se consulta orçamentária numa construtora para levantamento dos custos associados às modificações hidrossanitárias para instalação da ETAC nos Prédio E e F.

6.2.2 Determinação do investimento inicial para implantação de sistema de reúso de água cinza

Determinou-se o investimento inicial, também chamado de custo de implantação, pelos os seguintes itens:

- Valor orçado para ETAC;
- Custo referente às obras civis necessárias para implantação do sistema.

6.2.3 Determinação dos custos envolvidos com sistema de reúso

Foram considerados como custos relacionados ao sistema de reúso:

- Consumo estimado de energia para funcionamento da ETAC;
- Manutenção;
- Gerenciamento de lodo.

Para estimativa do consumo energético com funcionamento da ETAC foi considerada a categoria de consumo que se enquadra a EDP Escelsa e valor cobrado pelo kWh.

Classificada como Cliente de Média Tensão (MT), a EDP Escelsa possui contrato de demanda mensal, o qual corresponde a 880 kW, sendo cobrado valor mensal pré

definido, independente do consumo total. Caso a demanda contratada seja ultrapassada, a empresa deverá pagar multa.

Os Clientes MT possuem faturamento diferenciado em horário de ponta e Fora Ponta. Para a EDP Escelsa, o horário de Ponta corresponde ao período entre 18:00h e 21:00h.

Os valores cobrados por kWh são apresentados na Tabela 13.

Tabela 17 – Valor do kWh por categoria de horário.

Horário	Valor do kWh (R$)
Fora Ponta	R$ 0,14636
Ponta	R$ 1,24949

Considerando cenário hipotético de operação da ETAC, no qual 90% do período de funcionamento se daria em horário Fora Ponta e 10% em horário de Ponta, adotou-se um valor médio ponderado das tarifas.

$$T_{méd} = \frac{(0{,}90 \cdot T_{Fora\ Ponta}) + (0{,}10 \cdot T_{Ponta})}{1{,}0} \qquad \text{Equação (15)}$$

Na qual:

- $T_{médio}$: valor médio da tarifa de energia (R$/kWh);
- $T_{Fora\ Ponta}$: valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta, igual a R$0,14636/kWh;
- T_{Ponta}: valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta, igual a R$1,24949/kWh.

Estimaram-se os custos de manutenção com base nos gastos com produtos químicos empregados no tratamento e valor orçado para as análises físico-químicas. Não foram contabilizadas despesas com mão de obra para operação e manutenção, sendo previsto que esses serviços fossem designados a funcionário da EDP Escelsa, não gerando custos adicionais.

Os custos quanto ao gerenciamento do lodo foram contabilizados com base na geração diária de lodo e valor cobrado pela destinação adequada. Adotou-se valor de R$ 115,00 por metro cúbico de lodo para o serviço de destinação adequada – valor fornecido por empresa especializada em gerenciamento de resíduos.

6.2.4 Determinação dos benefícios econômicos associados ao sistema de reúso

Tratando-se de sistemas de reúso de água, o volume de água de reúso – água cinza tratada – representa economia no consumo de água potável e redução na geração de esgoto e, consequentemente, economia financeira.

Estimaram-se os benefícios econômicos associados à implantação do sistema com base em três cenários:

- **Cenário 1**: Prédio E e F abastecidos apenas por água de origem subterrânea considerando mecanismos de cobrança devidamente implementados;
- **Cenário 2**: Prédio E e F abastecidos unicamente por concessionária de água (Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN);
- **Cenário 3:** Prédio E e F com 89 % da água de abastecimento de origem subterrânea e 11 % pela CESAN.

Essas escolhas justificam-se pelas seguintes circunstâncias:

- O Centro Operativo de Carapina (COC) é abastecido simultaneamente por água de origem subterrânea e da CESAN;
- Não existem gastos com o consumo de água subterrânea pelo fato de no Estado do Espírito Santo ainda não ter implementada cobrança para capitação subterrânea;
- Não é realizada quantificação individualizada do consumo de água para as edificações, sendo um único hidrômetro para toda o COC.

6.2.4.1 Cenário 1

Apesar de compor cenário fictício, presumiu-se que em futuro não muito distante, a capitação de águas subterrâneas no Estado do Espírito Santo será passível de cobrança. Visto que tal exigência está prevista na Política Estadual de Recursos Hídricos, sancionada pela Lei nº 5.818, de 29 de dezembro de 1998.

Foi realizado estudo para identificação das Bacias Hidrográficas que dispõem de mecanismos de cobrança pela capitação de águas subterrâneas. Maiores informações podem ser consultadas no Apêndice B.

Estimaram-se os benefícios com base em metodologia adotada no cálculo de Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água apresentada por deliberações normativas dos Comitês das Bacias consideradas. Sendo a equação apresentada abaixo.

$$Valor_{cap} = Q_{cap} \cdot PPU_{cap} \cdot K_{cap} \qquad \text{Equação (16)}$$

Na qual:

- $Valor_{cap}$: valor anual de cobrança pela capitação de água (R$/ano);
- Q_{cap}: volume anual de água capitado (m³/ano);
- PPU_{cap}: Preço Público Unitário para capitação de águas subterrâneas (R$/m³);
- K_{cap}: coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela capitação de água.

Calculou-se o volume anual de água capitada (Q_{cap}) por meio da vazão diária de água cinza geradas.

Estimou-se o valor do Preço Público Unitário para capitação de águas subterrâneas (PPU_{cap}) pela média dos valores adotados nos rios de domínio das Bacias Hidrográficas consideradas. Tais valores estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 18 – Valores PPU_{cap} apresentado por Comitês de Bacia Hidrográfica analisados.

Comitê de Bacia Hidrográfica	R$/m³			
	2011/2012	2013	2014	2015
Rio Caratinga	0,020	0,023	0,026	0,033
Rio Manhuaçu	0,020	0,023	0,026	0,033
Rio Piracicaba	0,020	0,023	0,026	0,033
Rio Piranga	0,021	0,024	0,028	0,035
Rio Santo Antônio	0,020	0,023	0,026	0,033
Rio Suaçuí	0,021	0,024	0,028	0,035

Adotou-se valor de K_{cap} igual a 1.

$$K_{cap} = K_{cap\ classe} \cdot K_t \qquad \text{Equação (17)}$$

Sendo:

- $K_{cap\ classe}$: coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d´água no qual se faz a capitação, sendo igual a 1 enquanto o enquadramento não estiver aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- K_t: coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água. Esse será igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais K_t será igual a 0,025, e quando o enquadramento for aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), adotar seus respectivos valores correspondentes.

É válido ressaltar que o enquadramento das águas subterrâneas é realizado com base nas classificações e diretrizes apresentadas pela Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 19 – Classificação das águas subterrâneas conforme Resolução CONAMA 396/2008.

Classe Especial	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial.
Classe 1	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 2	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 3	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 4	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo
Classe 5	Águas dos aquíferos, conjunto de aqüíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso

6.2.4.2 Cenário 2

Para estimativa dos benefícios foram consideradas as Tarifas de Água por Faixa de Consumo e Tarifas de Esgoto por Faixa de Consumo (Coleta, afastamento e tratamento) cobrada pela CESAN para a categoria Comercial e Serviços, a qual a EDP Escelsa se enquadra.

Os valores das tarifas empregados são apresentados na Tabela 16.

Tabela 20 – Tabela de Tarifas. Fonte: CESAN.

Municípios: Região Metropolitana da Grande Vitória												
Categorias	**Tarifas de Água por faixa de Consumo (R$/m^3)**						**Tarifas de Esgoto por faixa de Consumo (R$/m^3)**					
							Coleta, afastamento e tratamento					
	0-10 m^3	**11-15 m^3**	**16-20 m^3**	**21-30 m^3**	**31-50 m^3**	**> 50 m^3**	**0-10 m^3**	**11-15 m^3**	**16-20 m^3**	**21-30 m^3**	**31-50 m^3**	**> 50 m^3**
Tarifa Social	0,87	1,02	3,49	4,80	5,12	5,34	0,45	0,53	1,81	2,50	2,66	2,78
Residenci al	2,18	2,55	4,36	4,80	5,12	5,34	1,68	1,96	3,36	3,70	3,94	4,11
Comercial e Serviços	3,46	3,91	5,43	5,71	5,88	6,06	2,56	2,89	4,02	4,23	4,35	4,48
Industrial	5,54	5,71	6,20	6,26	6,43	6,54	4,10	4,23	4,59	4,63	4,76	4,84
Pública	3,62	4,09	5,25	5,43	5,50	5,57	2,86	2,23	4,15	4,29	4,35	4,40

Considerando que o consumo mensal do COC é superior a 50 m^3, a economia advinda com a redução do consumo de água potável e geração de esgoto serão inerentes às tarifas de R$ 6,06/m^3 e R$ 4,48/m^3, respectivamente, ou seja, economia de R$ 10,54 por metro cúbico de água cinza.

6.2.4.3 Cenário 3

A EDP Escelsa realiza registro das vazões mensais de água consumidas, provenientes do poço e da CESAN. Com base nos dados de 2012, foi constatado que, em média, 89% da água consumida anualmente é de origem subterrânea e 11% da CESAN.

Os benefícios foram estimados com base nesses percentuais e adotadas metodologias apresentadas para os Cenários 1 e 2.

6.2.5 Análise dos resultados

Finalizadas as etapas de coleta de dados e determinação dos benefícios e custos advindos da implantação do sistema de reúso, foi consumado estudo de viabilidade econômica por análise do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado.

Foi adotado horizonte de projeto de 20 anos, considerando tratar-se de projeto de infraestrutura, e taxa de mínima de atratividade (TMA) de 9,00% a.a., com base na taxa de juros CDI (Certificado de Depósito Interfinanceiro), a qual é utilizada como referencial para avaliação da rentabilidade das aplicações em fundos de investimento.

Além disso, como empregado por Agostini (2009), no cálculo do VPL foi considerada a influência dos reajustes anuais das tarifas de água, esgoto e energia, e a inflação, como apresentado pela equação 18.

Equação 18

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{20} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n - custo_{manut} \cdot (1+i_I)^n - custo_{lodo} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i)^n} \right)$$

Na qual:

- *VPL*: valor presente líquido (R$);
- *I*: valor do investimento (R$);
- *ben*: benefícios econômicos associados ao sistema de reúso (R$);
- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos com sistema de reúso (R$);
- $custo_{lodo}$: custos com gerenciamento de lodo (R$);
- $custo_{manut}$: custos com manutenção envolvidos com sistema de reúso (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;
- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- *i*: taxa mínima de atratividade.

A taxa de aumento anual da tarifa de água foi estimada com base nos reajustes ocorridos dos últimos três anos, sendo esses apresentados na Tabela 17.

Tabela 21 – Reajustes anuais da tarifa de água.

Período	Reajuste (%)
Agosto/2010	5,03%
Agosto/2011	6,20%
Agosto/2012	6,39%

O reajuste de 2013 não foi apresentado, pois, segundo a Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do estado do Espírito Santo (ARSI), esse ainda não ocorreu.

A taxa de 6% ao ano representa um cenário razoável – não muito otimista, porém não pessimista –, uma vez que já existe tendência de reajustes superiores à esse valor , o que resultaria em aumentos mais significativos nas tarifas de água e esgoto e, consequentemente, nos benefícios relacionados à sistemas de reúso – à redução do consumo de água e geração de esgoto.

Apesar de existir significativa variação nos reajustes tarifários de energia, como pode ser observado nos dados apresentados na Tabela 18, foi adotado taxa de aumento da tarifa de energia igual a 5% ao ano.

Tabela 22 - Índice de Reajuste Tarifário.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2013
Efeito Médio Consumidor (%)	9,96	0,88	2,97	11,33	-21,06	-1,05

Para o cálculo da TIR foi adotada a seguinte equação.

Equação 19

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{20} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n - custo_{manut} \cdot (1+i_I)^n - custo_{lodo} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i')^n} \right) = 0$$

Na qual:

- *VPL*: valor presente líquido (R$);
- *I*: valor do investimento (R$);
- *ben*: benefícios econômicos associados ao sistema de reúso (R$);

- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos com sistema de reúso (R$);
- $custo_{lodo}$: custos com gerenciamento de lodo (R$);
- $custo_{manut}$: custos com manutenção envolvidos com sistema de reúso (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;
- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- i': taxa mínima de atratividade para que o VPL seja nulo (%).

Por fim, para cálculo do Payback Descontado foi adotada a equação abaixo.

Equação 20

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{n'} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n + custo_{manut} \cdot (1+i_I)^n + custo_{lodo} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i)^n} \right) = 0$$

Na qual:

- *VPL*: valor presente líquido (R$);
- *I*: valor do investimento (R$);
- *ben*: benefícios econômicos associados ao sistema de reúso (R$);
- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos com sistema de reúso (R$);
- $custo_{lodo}$: custos com gerenciamento de lodo (R$);
- $custo_{manut}$: custos com manutenção envolvidos com sistema de reúso (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;
- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- *i*: taxa mínima de atratividade;
- *n*: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;
- *n'*: número de períodos para que o VPL seja nulo.

7. RESULTADOS

7.1 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

Os dados apresentados são provenientes dos questionários aplicados aos funcionários do Prédio E, presente no Apêndice A, abordando aceitação e avaliação da implantação de um projeto de reúso de água cinza em ambiente corporativo, e hábitos dos funcionários quanto ao uso dos Banheiros e Copas. Sendo esses essenciais para estimativas de geração de água cinza e consumo de água em bacias sanitárias que subsidiaram a análise de viabilidade técnica.

7.1.1 Coleta de dados

No total foram distribuídos 141 questionários, dos quais 100 foram respondidos – correspondendo a 71% do total de questionários distribuídos.

7.1.1.1 Efetivo do Prédio E

A Tabela 19 apresenta a distribuição dos trabalhadores do Prédio E conforme categorias de classificação já apresentadas e número total de funcionários.

Tabela 23 – Composição do Prédio E.

	Colaboradores	**Terceirizados**	**Estagiários**	**Menor Aprendiz**
Quantidade	127	9	12	8
Total	156			

Como observado, o efetivo total correspondeu a 156 pessoas, apresentado maior participação de Colaboradores seguida de Estagiários. O Gráfico 4 apresenta esses dados em percentual.

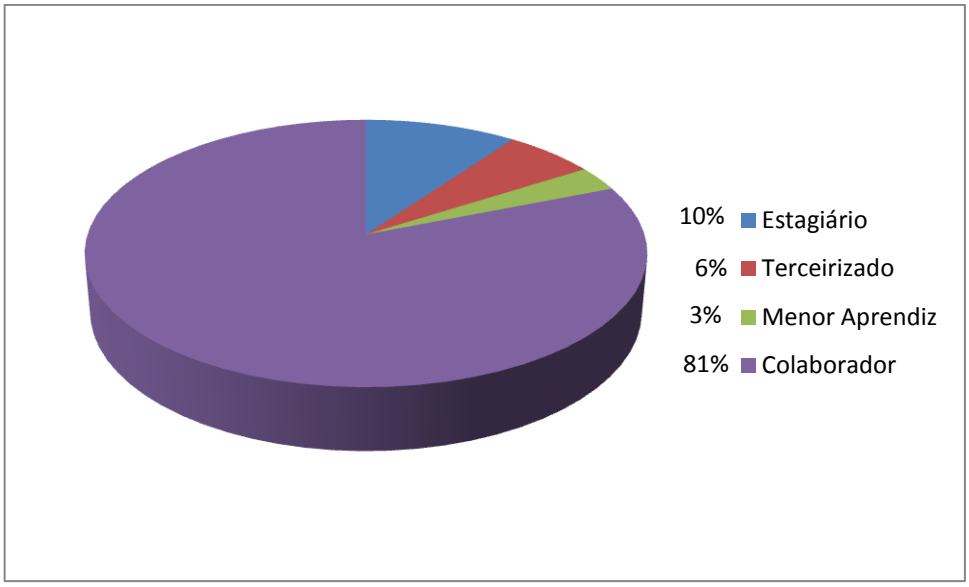


Gráfico 15 - Classificação dos trabalhadores do Prédio E em percentual.

Considerando a classificação dos entrevistados por gênero, observou-se que 68% são trabalhadores do sexo masculino, enquanto 32% do sexo feminino, como ilustrado no Gráfico 5.

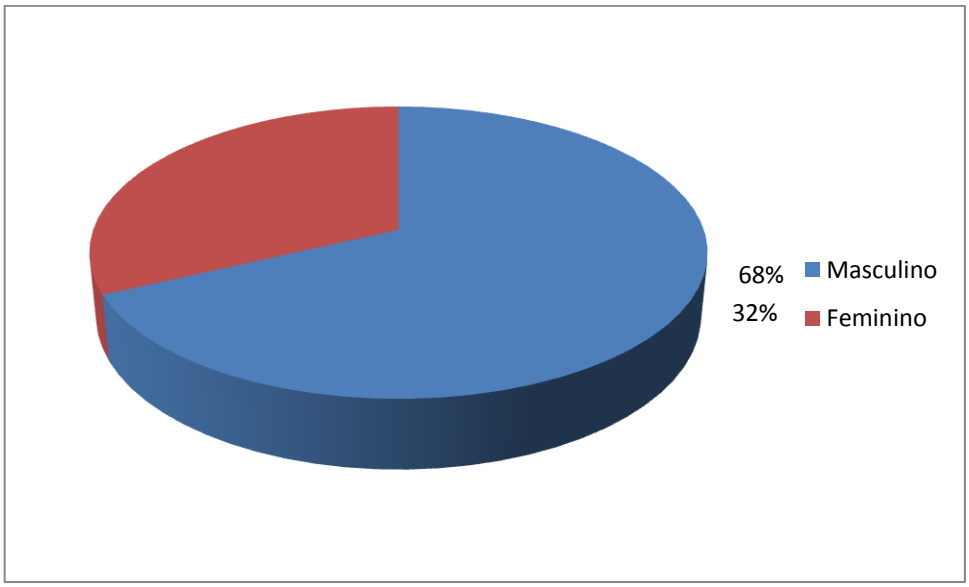


Gráfico 16 - Composição do Prédio E quanto ao Gênero em percentual.

7.1.1.2 Hábitos de uso dos Banheiros

A Tabela 20 a seguir apresenta os dados obtidos quanto aos usos dos Banheiros no período de cinco dias consecutivos, discriminados por gênero e os respectivos totais.

Tabela 24 – Quantificação dos usos dos banheiros.

	Uso da bacia sanitária	Uso da torneira para higienização das mãos	Uso da torneira para higienização dos dentes	Uso da torneira para outros fins
Masculino	972	1097	358	48
Feminino	451	538	187	10
Total	1423	1635	545	58

7.1.1.3 Hábitos de uso das Copas

Os dados obtidos quanto aos usos das Copas em cinco dias consecutivos, discriminados por gênero e respectivos valores totais, são apresentados na Tabela 21.

Tabela 25 – Quantificação dos usos das copas.

	Uso da torneira para higienização de alimentos	Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc)	Uso da torneira para outros fins
Masculino	43	70	9
Feminino	34	109	11
Total	77	179	20

É válido destacar que o uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha apresentou-se de forma expressiva pelo fato de inúmeros funcionários do Prédio E levarem sua própria comida.

7.1.1.4 Hábitos de Limpeza do Prédio E

Os dados obtidos com o questionário Limpeza constam na Tabela 22.

Tabela 26 – Dados referentes à limpeza do Prédio E.

	Banheiro Fem. 1º Pav.	Banheiro Fem. 2º Pav.	Banheiro Mas. 1º Pav.	Banheiro Mas. 1º Pav.	1º Pav.	2º Pav.
Número de Limpezas por dia	2	2	2	2	1	1
Número de Baldes de Água	3	3	4	3	8	8
Total de Descargas por limpeza	2	6	3	6	-	-

Verificou-se que no período de um dia são realizadas duas limpezas nos banheiro e uma limpeza nas demais áreas. Além disso, observou-se que, em média, são utilizados vinte e nove baldes de água e dezessete descargas.

7.1.1.5 Percepção dos usuários quanto projeto de reúso de água e uso racional

No total, 86 funcionários responderam ao item de avaliação do projeto, desses 76% o julgaram como muito importante, 24% como importante e 0% pouco importante. Conforme ilustrado pelo Gráfico 6.

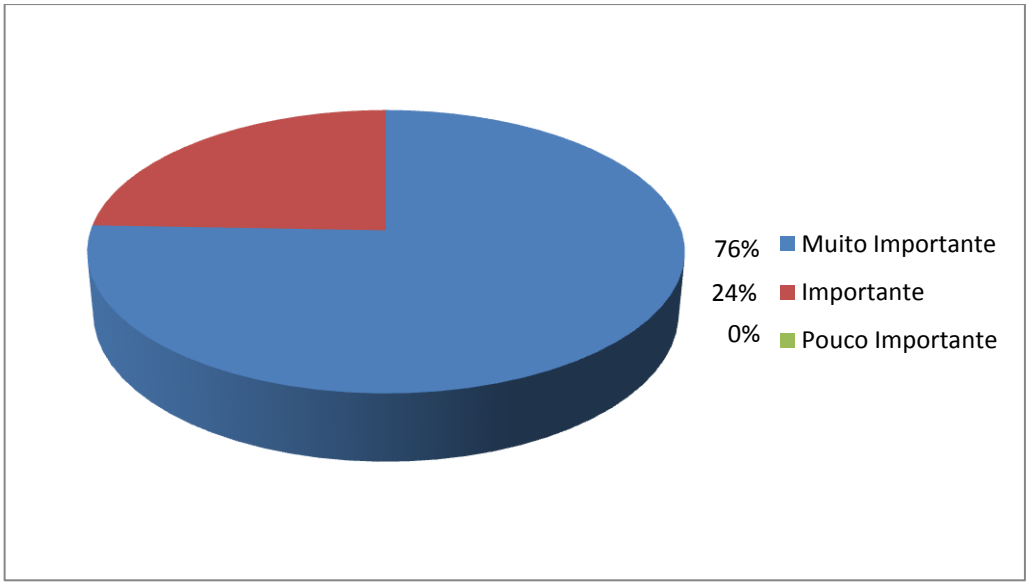


Gráfico 17 – Avaliação do projeto pelos entrevistados em percentual.

Parcela significativa classificou o projeto como muito importante, o que pode ser previsto pela visibilidade de iniciativas quanto à redução do consumo de água e geração de esgoto e consequente preservação dos recursos hídricos.

O Gráfico 7 a seguir apresenta a opinião dos entrevistados em relação aos possíveis usos da água cinza tratada.

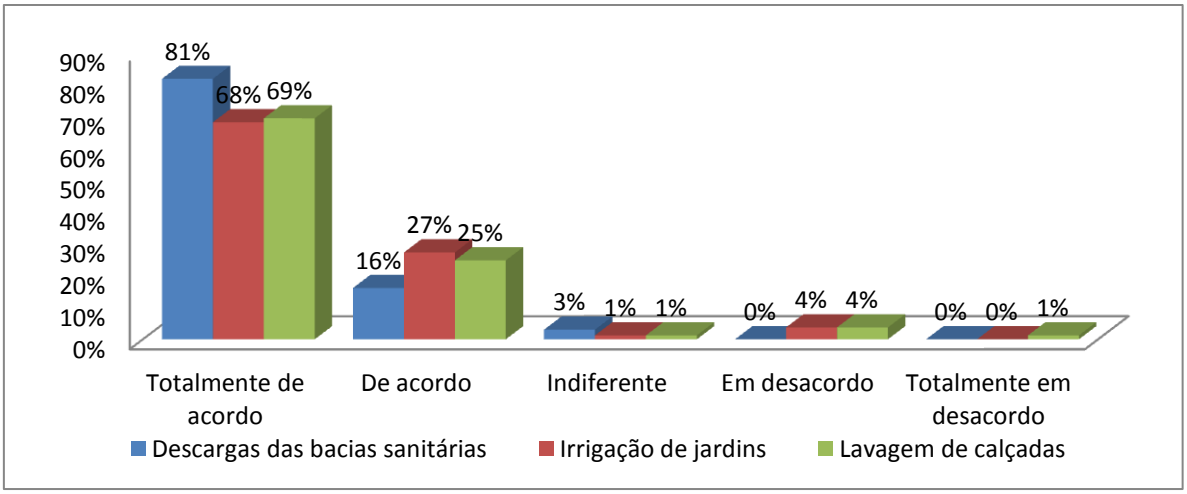


Gráfico 18 – Opinião dos entrevistados quanto aos possíveis usos da água cinza.

Verificou-se que a aceitação para usos finais apresentados foi bastante representativa. Somando-se e analisando as classificações Totalmente de acordo e De acordo, 97% dos entrevistados concordam com a utilização de água de reúso em descargas, 95% em irrigação de jardins e 94% na lavagem de calçadas.

Apesar de representar pequeno percentual, alguns entrevistados manifestaram-se contrários aos usos finais em irrigação de jardim e lavagem de calçadas.

7.1.2 Estimativa de geração de água cinza

7.1.2.1 Banheiro

A Tabela 23 a seguir apresenta os números médios de vezes de utilização diária das torneiras dos Banheiros para os usos analisados, discriminados por gênero e seus respectivos totais, resultantes da aplicação da Equação 4.

Tabela 27 – Médias diárias quanto ao uso dos banheiros.

	Uso da bacia sanitária	Uso da torneira para higienização das mãos	Uso da torneira para higienização dos dentes	Uso da torneira para outros fins
Masculino	195	220	72	10
Feminino	92	110	38	2
Total	286	330	110	12

Com base nos testes realizados, o tempo médio de fechamento correspondeu a 6,4 segundos, valor muito próximo ao indicado pelo fabricante (6 segundos).

A vazão média por acionamento obtida nos ensaios realizados correspondeu a 74,90 mL/s, que equivale a 4,50 L/min.

Analisando o valor de vazão encontrado na curva de Vazão versus Pressão Estática, como indicado no Gráfico 8, verificou-se que essa é razoável, pois se apresentou dentro da faixa de vazão preconizada pelo fabricante.

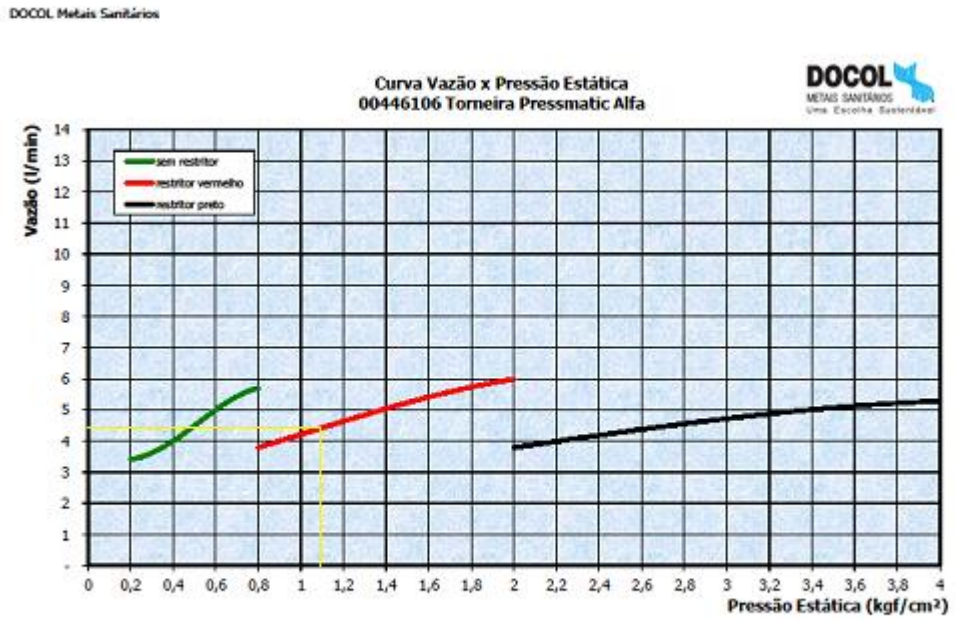


Gráfico 19 – Curva Vazão versus Pressão Estática identificada vazão estimada para as torneiras.

Adotado o tempo médio de fechamento das torneiras igual a 7 segundos e vazão por acionamento de 75,00 mL/s, o volume médio de água cinza gerado por acionamento correspondeu a 0,525 L.

Os dados de entrada empregados para a estimativa da vazão diária de água cinza gerada por atividade, Equação 5, são apresentados na Tabela 24.

Tabela 28 – Dados de entrada para estimativa da geração de água cinza com os usos dos banheiros.

Banheiro	$V_{acionamento}$	$N_{acionamento}$	B_T (dia^{-1})
Uso da torneira para higienização das mãos	0,525	1,5	330
Uso da torneira para higienização dos dentes	0,525	4	110
Uso da torneira para outros fins	0,525	1	12

Os resultados por atividade e vazão diária total são apresentados na Tabela 25.

Tabela 29 – Vazão diária estimada de água cinza gerada no Prédio E com uso dos banheiros.

Atividade	Geração diária de água cinza – QB (L/dia)
Higienização das mãos	259,9
Higienização dos dentes	231,00
Uso da torneira para outros fins	6,30
QB_{TOTAL} (L/dia)	497,2

Sendo assim, a vazão diária de água cinza estimada nos Banheiros correspondeu a 497,2 L/dia.

7.1.2.2 Copa

A Tabela 26 a seguir apresenta número médio de vezes de utilização diária das torneiras das copas para os usos analisados, discriminados por gênero e seus respectivos totais, obtidos via aplicação da equação 10.

Tabela 30 – Médias diárias quanto ao uso das copas.

	Uso da torneira para higienização de alimentos	Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc)	Uso da torneira para outros fins
Masculino	9	14	2
Feminino	7	22	2
Total	16	36	4

Os dados de volume por tipo de abertura e seu respectivo valor médio, obtidos por simulação do programa, são apresentados na Tabela 27.

Tabela 31 – Volume consumido por tipo de abertura das torneiras e valor médio para cada tempo de utilização considerado.

Tempo (s)	**12**	**70**
Abertura	**Geração (L)**	**Geração (L)**
1/2 volta	1,6	9,1
1 volta	2,8	16,1
Abertura total	3,4	19,6
Média	2,6	14,9

Para melhor visualização, a Tabela 28 apresenta os tempos de utilização e geração média de água cinza correspondente a cada atividade avaliada.

Tabela 32 – Tempo de utilização e respectiva geração de água cinza para cada uso.

Atividade	**Tempo (s)**	**Geração média água cinza (L)**
Higienização de alimentos	12	2,6
Higienização de utensílios de cozinha	70	14,9
Outros fins	12	2,6

Os dados empregados para a estimativa da vazão diária de água cinza gerado por atividade, Equação 5, são apresentados na Tabela 29.

Tabela 33 – Dados de entrada para estimativa da geração de água cinza com os usos das copas.

Copa	VC (L)	C (dia^{-1})
Higienização de alimentos	2,6	15
Higienização de utensílios de cozinha	14,6	36
Outros fins	2,6	4

As vazões diárias de água cinza por uso e vazão diária total, nas copas, são apresentadas na Tabela 30.

Tabela 34 – Vazão diária estimada de água cinza gerada no Prédio E com uso das Copas.

Atividade	Geração diária de água cinza – QC (L/dia)
Uso da torneira para higienização de alimentos	38,4
Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc)	537,5
Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc)	10,2
QC_{TOTAL} (L/dia)	586,1

Sendo assim, a vazão diária de água cinza estimadas nas Copas correspondeu a 586,1 L/dia.

7.1.2.2 Geração proveniente das atividades de Limpeza

Os dados de entrada empregados para a estimativa da vazão diária de água cinza com as atividades de Limpeza, empregados na Equação 10, as vazões por atividade e vazão total são apresentados na Tabela 31.

Tabela 35 – Geração de água cinza na limpeza.

Limpeza	N_{baldes}	V_{balde} (L)	$N_{limpezas}$ (dia^{-1})	QL (L/dia)
Banheiro Feminino 1º Pavimento	3	8	2	48
Banheiro Feminino 2º Pavimento	3	8	2	48
Banheiro Masculino 1º Pavimento	4	8	2	64
Banheiro Masculino 2º Pavimento	3	8	2	48
1º Pavimento	8	8	1	64
2º Pavimento	8	8	1	64
Geração diária Total – QL_{TOTAL} (L/dia)				336

Sendo assim, a vazão diária de água cinza estimada para as atividades de Limpeza correspondeu a 336,0 L/dia.

7.1.2.3 Geração total e Geração per capita

A vazão diária total de água cinza estimada no Prédio E correspondeu a 1419,3 L/dia.

$$V_{AC_TOTAL} = 497{,}2 + 586{,}1 + 336{,}0 \qquad \text{Equação (11)}$$

$$V_{AC_TOTAL} = 1419{,}3\ L/dia$$

Por conseguinte, a vazão diária per capita de água cinza estimada foi de 14,2 L/dia.hab.

$$V_{AC_per\ capta} = \frac{1419{,}3}{100} \qquad \text{Equação (12)}$$

$$V_{AC_per\ capta} = 14{,}2\ L/hab \cdot dia$$

Fazendo um comparativo com a produção de água cinza estimada em lavatórios por Bazarella (2005) – 14 L/hab.dia, conforme Tabela 5 –, o valor encontrado no foi consideravelmente próximo.

Novamente, vale ressaltar que a geração de água cinza corresponde à vazão de água potável consumida nos usos das diversas torneiras.

Analisando os valores encontrados por Proença e Ghisi (2009) quanto ao consumo mensal de água para uso em Torneiras, Limpeza e Outros, e estimados os respectivos consumos diários per capita, como apresentado pela Tabela 32, a geração de 14,2 L/hab.dia também pode ser considerada procedente, pois se encontra dentro da faixa de valores encontrados pelos referidos autores.

Tabela 36 – Consumo de água estimado. Adaptado de: Proença e Ghisi (2009).

Edifício (número de ocupantes)	Consumo mensal estimado (L/hab.mês)			Consumo diário estimado (L/hab.dia)
	Torneira	Limpeza	Outros	
A (157)	142,2	44,8	491,7	27,1
B (148)	161,8	16,6	54,2	9,3
C (138)	119,2	35,1	39,3	7,7
D (100)	123,7	33,1	254,7	16,5

7.1.3 Estimativa de consumo em bacias sanitárias

Os dados utilizados para a estimativa da demanda de água em bacias sanitárias, utilizados na Equação 10, são apresentados na Tabela 33.

Tabela 37 – Dados de entrada para estimativa do consumo de água nas bacias sanitárias.

$V_{descarga}$ (L)	B_D	$N_{descarga_limpeza}$
6,5	286	34

A estimativa da vazão diária de água demandada pelas descargas correspondeu a 2080,0 L/dia.

7.1.3.1 Demanda per capita

A vazão diária per capita de água demandada pelas descargas correspondeu a 20,8 L/dia.hab.

$$V_{AC_per\ capta} = \frac{2080{,}0}{100} \qquad \text{Equação (14)}$$

$$V_{AC_per\ capta} = 20{,}8\ L/hab \cdot dia$$

Esse valor pode ser considerado razoável quando comparado à demanda per capita de água cinza em vaso sanitário estimada em estudo realizado por Bazarella (2005), a qual correspondeu a 15 L/hab.dia.

7.1.4 Análise dos resultados

Considerando o total de efetivos ocupantes do Prédio E (156 pessoas) e os valores per capita estimados para vazão diária total de água cinza gerada e de vazão diária de água demandada pelas descargas – 14,2 L/dia e 20,8 L/dia, respectivamente – os valores diários estimados para geração de água cinza e consumo de água em bacias sanitárias equivaleram a 2213,6 L/dia e 3244,8 L/dia, respectivamente, conforme Tabela 34.

Tabela 38 – Informações obtidas para o Prédio E.

Geração diária de água cinza	Consumo diário de água em bacias sanitárias
2213,6 L/dia	3244,8 L/dia

Dessa forma, o volume de 5458,4 L correspondeu à vazão consumida diariamente no Prédio E com uso das diversas torneiras e bacias sanitárias.

Segundo Gonçalves (2009), uso final em bacias sanitárias é um Uso Não Potável, pois não requer atendimento dos padrões de potabilidade.

Considerando isso, pode-se afirmar que aproximadamente 59 % da vazão água consumida no Prédio E é empregada para fim não potável (descargas), como ilustrado no Gráfico 9.

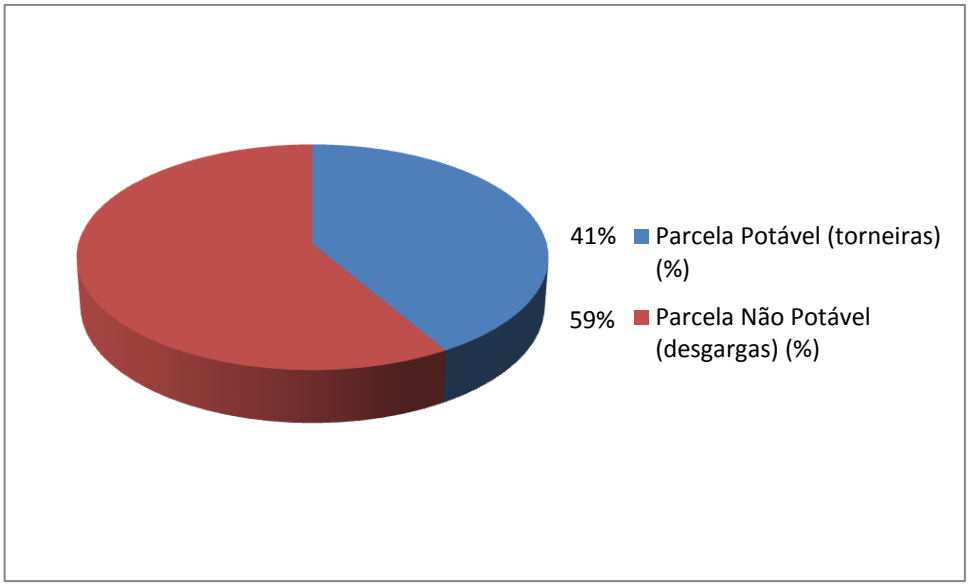


Gráfico 20 – Usos finais da água Prédio E.

De forma geral, dada a significativa parcela de uso não potável no consumo total estimado, o cenário de implantação de sistema de reúso de água cinza apresenta-se favorável.

Essa afirmativa é reforçada pelo fato de a geração diária estimada de água cinza representar aproximadamente 68 % do consumo diário de água com descargas.

No entanto, o volume diário de água cinza estimado no respectivo Prédio foi considerado muito pequeno para implantação de ETAC, o que requer análise de viabilidade econômica.

Em função disso, de forma a ampliar o universo da pesquisa e a abrangência do sistema de reúso, optou-se por extrapolar os dados obtidos no Prédio E para edificação vizinha – Prédio F – também pertencente ao COC, de forma que essa contribuísse na geração de água cinza. A localização do Prédio F pode ser visualizada pela planta do COC presente no Anexo A.

Inicialmente foi realizada contagem dos funcionários, totalizando 77. De posse desse valor, estimou-se geração de água cinza diária, a qual apresentou valor de 1092,6 L/dia.

Com a contribuição desse valor, a vazão de água cinza estimada a ser empregada no sistema de reúso passaria ser de 3306,2 L/dia.

Avaliando o impacto da possível implantação de sistema de reúso para tratamento da água cinza gerada nos Prédios E e F em relação ao consumo de água/geração de esgoto da empresa, seria possível uma economia mensal de aproximadamente 82655 L - considerada geração em vinte e cinco dias por mês.

Outrossim, nesse cenário, a demanda por água de reúso nas descargas das bacias sanitárias do Prédio E seria atendida e superada em 1,9%.

Com base nesses resultados, o cenário proposto foi julgado como tecnicamente viável e deu-se prosseguimento às etapas necessárias para análise da viabilidade econômica.

7.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMINA

7.2.1 Coleta de dados

7.2.1.1 Consulta orçamentária

7.2.1.1.1 Sistema de tratamento de água cinza

Foram obtidas quatro propostas orçamentárias, as quais são apresentas a seguir.

EMPRESA A

Ao contrário das demais empresas, o orçamento foi fornecido para vazão de projeto igual a 1400 L/dia, sendo desconsiderada a contribuição das torneiras das Copas – pias e tanques.

- **Estação de Tratamento de Águas Cinza**

A proposta apresentada foi de sistema de tratamento biológico, considerando carga orgânica de água cinza a ser tratado em torno de 240 g.DBO_5/dia.

O sistema é inserido em tanque de concreto ou fibra de vidro, com câmaras internas dimensionadas para as seguintes etapas:

– Decantação primária;
– Tratamento biológico por sistema de rotores;
– Decantação secundária;
– Câmara de sucção / tanque de acúmulo.

A partir da câmara de sucção, com a possibilidade de contribuição de águas pluviais, a água é encaminhada, sob pressão, para filtro de areia automático, com diferentes granulometrias de areia e carvão ativado, e para unidade de desinfecção, com dosagem de cloro em solução na linha de recalque. Por fim, um reservatório inferior de água de reúso tratada, a partir do qual é recalcada para reservatório superior.

O fluxograma básico do tratamento é apresentado pela Figura 10.

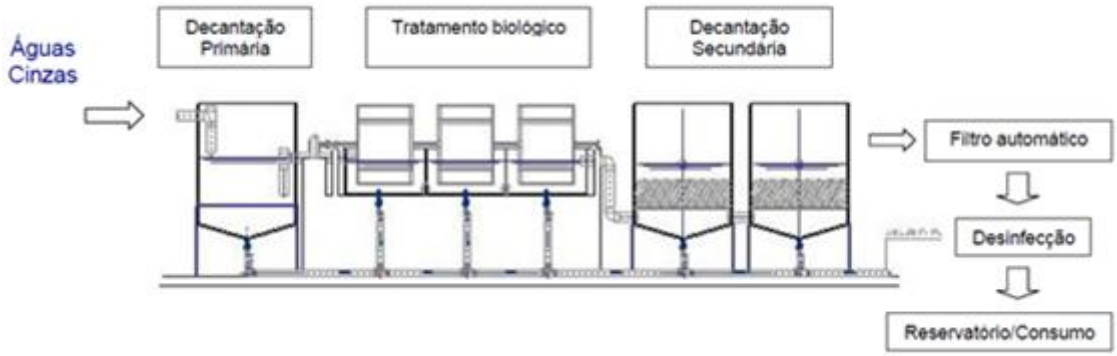


Figura 10 – Fluxograma do tratamento.

Considerando a possibilidade de baixos níveis de água de reúso para abastecimento, a Empresa A previu alternativa que possibilitasse a complementação com água da concessionária no reservatório de água tratada.

A ETAC poderia ser totalmente ou parcialmente enterrada ou, até mesmo, apoiada sobre o terreno.

Quanto às dimensões, foi estimada área de 5,00 m^2 (2,0 m x 2,5 m) com altura média de 2,0 m, podendo as medidas sofrer alterações na fase de maior detalhamento do projeto.

- **Montagem, Instalação, Operação e Manutenção**

Toda a montagem, interligações hidráulicas e elétricas, supervisão instalação do sistema, além de testes de funcionamento, *start up* e treinamento de operadores seriam realizados pela empresa e foram considerados no orçamento.

Quanto à operação, o sistema possuía painel de controle, permitindo programação de modo automático, sem que houvesse necessidade de operador contínuo.

Foram previstas visitas técnicas mensais para realização das seguintes atividades de manutenção preventiva, sendo cobrado valor adicional:

- Revisão geral do sistema;
- Ajustes dos conjuntos filtro + bombas, quando necessário;
- Substituição de peças e suprimentos relativos ao sistema;
- Orientação geral aos técnicos da manutenção do cliente;
- Emissão de relatório de visita sucinto;
- Controle de qualidade da água, com medição de teores de cloro e pH.
- Troca de elemento filtrante (a ser adquirido pelo cliente);
- Reposição de hipoclorito (a ser adquirido pelo cliente).

A empresa recomendou que a cada três meses o sistema fosse parado para aperto de parafusos e lubrificação geral do conjunto e recomendada apenas vistoria diária na rotina da equipe de manutenção para verificação de funcionamento.

O Manual de Operação a ser fornecido contem os seguintes itens:

- Tipos e periodicidade de controles a serem realizados;
- Manuais técnicos de equipamentos utilizados;
- Descrição do quadro de automação e comando;
- Plano de monitoramento da qualidade da água.

- **Eficiência do Sistema**

O sistema proposto foi dimensionado para atendimento aos requisitos mínimos de qualidade de água para reúso para fins não potáveis, estimando-se uma eficiência mínima de remoção de 90% de DBO.

As características da água de reúso a serem obtidas ao final do tratamento são apresentadas pela Tabela 35.

Tabela 39 – Parâmetros de qualidade da água cinza a serem atingidos após tratamento.

Parâmetro	Resultados
DBO	< 15 mg/L
Turbidez	5 uT
Cor	< 10 uH
Odor	Nenhum
Coliformes totais	Ausentes em 100 mL

- **Custos relacionados ao funcionamento e manutenção**

Foi informado consumo mensal estimado de quinze litros de hipoclorito. Além disso, o consumo máximo estimado de 200 KWh por mês.

- **Investimento**

Os valores apresentados a cerca do investimento constam na Tabela 36 abaixo.

Tabela 40 – Valores orçados pela Empresa A.

Projeto	Equipamentos	Instalação	TOTAL
R$ 5.000,00	R$ 38.000,00	R$ 10.000,00	R$ 53.000,00

Ressalta-se que o orçamento não incluiu:

- Reservatórios inferior e superior de água de reuso;
- Bombas de recalque;
- Visitas adicionais em decorrência da falta de condições de instalação da obra.

Fora isso, estava inclusa garantia de doze meses para o processo.

EMPRESA B

A proposta técnica apresentada foi de planta de reciclagem de água cinza com tecnologia própria, correspondente ao equipamento de menor capacidade fornecido pela empresa, podendo tratar vazão de até 2 m³/hora de águas cinzas.

- **Estação de Tratamento de Águas Cinza**

O tratamento proposto é dado por meio de ultrafiltração de membranas para remoção dos sólidos suspensos, bactérias e vírus maiores que 0,03 microns, com garantia de qualidade de água independentemente da variação da qualidade da água bruta.

As Figuras 11 e 12 ilustram o sistema de tratamento.

Figura 11 – ETAC apresentada pela Empresa B.

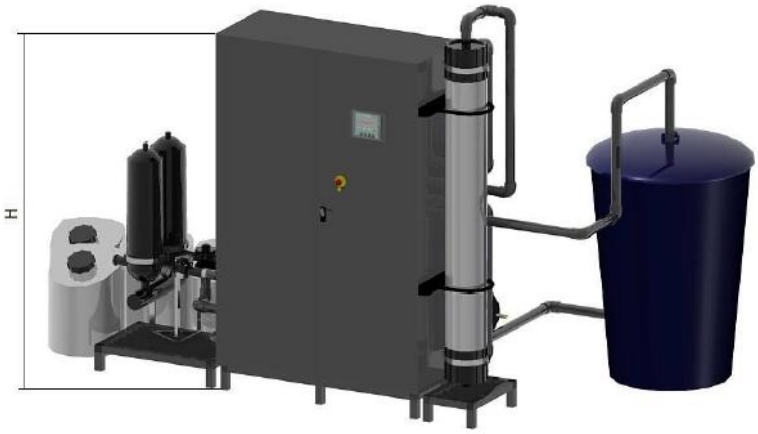


Figura 12 – ETAC apresentada pela Empresa B.

Quanto ás dimensões, o equipamento apresenta 2,5 m de comprimento, 0,8 m de largura e 2,3 de altura.

- **Montagem, Instalação, Operação e Manutenção**

A montagem do sistema e treinamento dos operadores e supervisores que serão encarregados pela operação estavam previstos no orçamento.

Foi informado que a empresa não efetuava instalações hidráulicas, elétricas ou civis para a instalação do equipamento. O cliente deveria preparar previamente a infraestrutura necessária para instalação do mesmo – conexão hidráulica para entrada na ETAC, reservatório para armazenamento de água cinza a tratar, ponto de saída de água cinza tratada, reservatório de água de reúso tratada, ponto para descarte de água proveniente da retrolavagem das membranas de ultrafiltração e instalação elétrica.

A operação do sistema não demandava acompanhamento permanente e seria fornecido protocolo de treinamento.

- **Eficiência do Sistema**

As características da água de reúso ao final do tratamento são apresentados pela Tabela 37, de acordo o padrão espanhol, Real Decreto 1620/2007, e guias OMS de qualidade de água requerida para reúso.

Tabela 41 – Parâmetros de qualidade da água cinza a serem atingidos após tratamento.

Parâmetro	Valor
TSS	≤ 10 mg/L
Turbidez	≤ 2 NTU
DBO5	≤ 10 mg/L
Coliformes fecais	≤ 10 UFC/100ml
Cloro residual	0,5 - 2,0 mg/L

- **Custos relacionados ao funcionamento e manutenção**

Foi apresentado custo aproximado de R$ 0,44 por metro cúbico de água tratada, referente aos produtos químicos (hipoclorito de sódio a 10%, cloreto férrico a 38 %, polieletrólito líquido) empregados no tratamento.

Além disso, a potência instalada do sistema proposto era de 4,66 kW.

- **Investimento**

O custo estimado para a ETAC correspondeu a R$ 225.000,00, sendo necessário acrescentar valor da transportadora para entrega no município de Serra - ES.

EMPRESA C

A proposta apresentada foi de estação com capacidade de tratamento de vazão de água cinza igual a 800L/hora, sendo a de menor capacidade dos modelos de ETAC fornecidos pela empresa.

- **Estação de Tratamento de Águas Cinza**

O tratamento proposto era composto por quatro fases distintas:

- Mistura rápida;
- Floculação;
- Decantação;
- Filtração;
- Cloração.

Conforme apresentado pela empresa, no sistema, inicialmente, a água cinza passaria por misturador hidráulico, no qual automaticamente seriam dosados produtos químicos necessários para a floculação. Após isso, o efluente ingressaria para câmara de floculação. Os flocos formados seriam encaminhados, por gravidade, para o decantador e, posteriormente, filtro para garantia de polimento à água – retenção de resíduos ainda existentes.

Foi informada a necessidade de instalação de separador de areia e pequenos resíduos, e separador de óleo para o correto funcionamento e atendimento aos resultados esperados, as quais não eram disponibilizadas pela Empresa C.

Os parâmetros da água cinza considerados na entra do sistema são apresentados na Tabela 38.

Tabela 42 – Qualidade da água cinza considerada na entrada do tratamento.

Parâmetro	Valor
Cor	100 mgPt/L
Turbidez	< 200 NTU
pH	6,5 – 8,5
Temperatura	Ambiente

As Figuras 13, 14 e 15 a seguir ilustram a ETAC em questão.

Figura 13 – Esquema da ETAC proposta pela Empresa C.

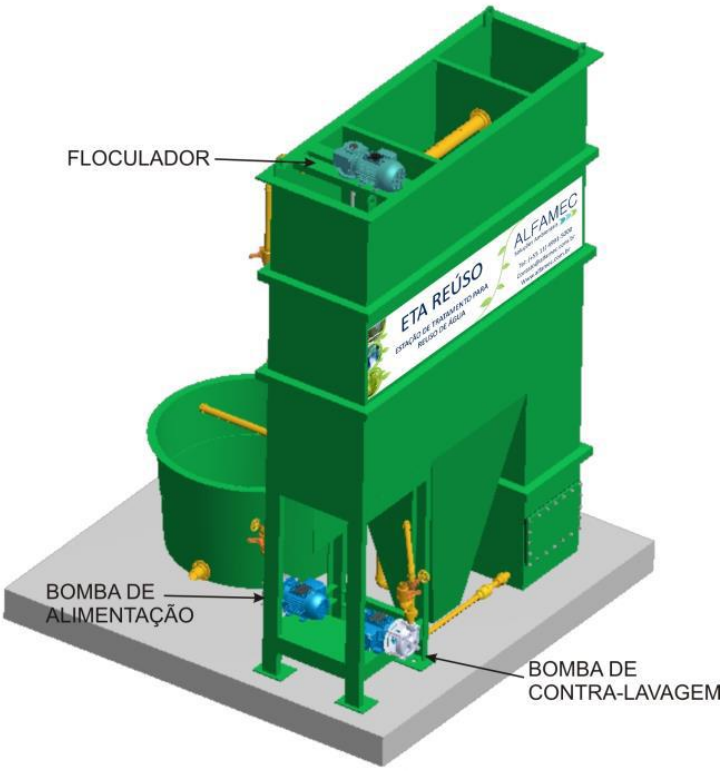


Figura 14 – Esquema da ETAC proposta pela Empresa C.

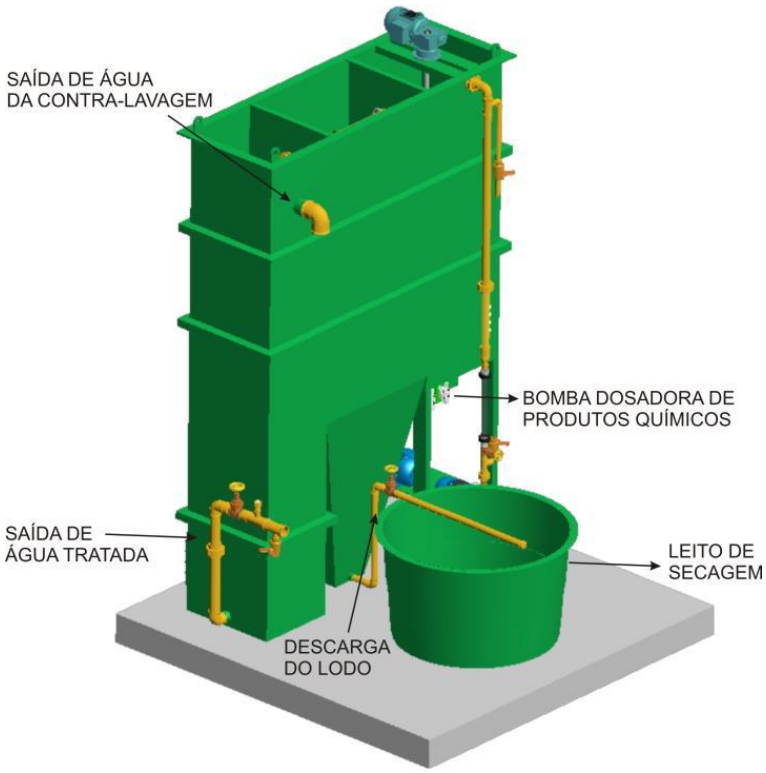


Figura 15 – Esquema da ETAC proposta pela Empresa C.

O sistema proposto era confeccionando de fibra com comprimento de 1,72 m, largura de 0,61 m e altura correspondente a 2,51m.

- **Montagem, Instalação, Operação e Manutenção**

A montagem da ETAC não estava incluída nos serviços da empresa. Segundo ela, o procedimento seria de simples execução e poderia ser efetuado pelo próprio cliente com orientações em manual.

Além disso, o serviço de instalação corresponderia à contratação adicional.

O modelo proposto apresentava funcionamento automático, com acionamento simultâneo de bomba de alimentação da estação, floculador e sistema de dosagem de produtos químicos.

Para bom andamento do sistema, foram sugeridas adoção dos seguintes procedimentos:

– Contra lavagem do filtro (em torno de 20 minutos diários);

– Descarga do lodo para um leito de secagem (em torno de 10 minutos diários);
– Abastecimento de produtos químicos;
– Acompanhamento da qualidade da água tratada.

O *start up* da estação e o treinamento deveriam ser agendados com a Empresa C em data posterior à instalação.

- **Custos relacionados ao funcionamento e manutenção**

Foi apresentado custo aproximado de R$ 4,00 por metro cúbico de água tratada, referente aos produtos químicos empregados no tratamento.

A potência instalada do sistema era de 1,1 kW.

- **Eficiência do Sistema**

O sistema em questão garantia os seguintes padrões de qualidade da água de reúso tratada, Tabela 39, se fosse desempenhada correta instalação, operação, monitoramento e manutenção.

Tabela 43 – Parâmetros de qualidade da água cinza a serem atingidos após tratamento.

Parâmetro	Resultados
Cor	< 10 mgPt/L
Turbidez	< 5 UNT
pH	6,5 a 8,5
Temperatura	Ambiente

- **Investimento**

Os investimentos estimados são apresentados na Tabela 40.

Tabela 44 – Valores orçados pela Empresa C.

Equipamentos	Automação de Procedimentos Manutenção (opcional)	Instalação	Total
R$ 23.980,00	R$ 8.860,00	R$ 3.900,00	R$ 36.740,00

A empresa assumiu garantia de doze meses para o produto contra defeitos de materiais e de fabricação. Porém estavam exclusos o transporte da ETAC, os

reservatórios de água cinza e água tradada, montagem e projeto de cálculo estrutural.

EMPRESA D

A proposta técnica foi elaborada com base em vazão de água cinza igual a 4000 L/dia.

- **Estação de Tratamento de Águas Cinza**

A ETAC proposta seria capaz de realizar o tratamento a nível terciário, através da associação em série dos processos biológicos Filtro Anaeróbio (FAn), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) e Decantador Secundário, um processo biológico com eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 95%.

As características adotadas para água cinza na entrada do sistema são descritas na Tabela 41.

Tabela 45 – Qualidade da água cinza adotada na entrada do tratamento.

Parâmetro	Valor
DBO	≤ 400 mg/L
DQO	≤ 250 mg/L
SST	≤ 100 mg/L

O tratamento proposto removeria biologicamente a matéria orgânica e promoveria inativação química (cloração) dos microrganismos patogênicos. Após o tratamento, a água de reuso seria bombeada para reservatório específico situado no pavimento mais elevado da edificação.

As etapas idealizadas foram as seguintes:

- Pré-tratamento por gradeamento;
- Tratamento anaeróbio por Filtro Biológico Anaeróbio (FAn);
- Tratamento aeróbio por Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS);
- Decantador Secundário (DEC);
- Filtro terciário;
- Cloração em tanque de contato e pastilhas a base de hipoclorito de cálcio;
- Sistema de aeração;

– Reservatório de água para reuso (item excluído do escopo de fornecimento da empresa, devendo ser providenciado pela contratante).

A Figura 16 apresenta disposição esquemática das etapas de tratamento, sendo prevista área de ocupação igual a 21,00 m^2.

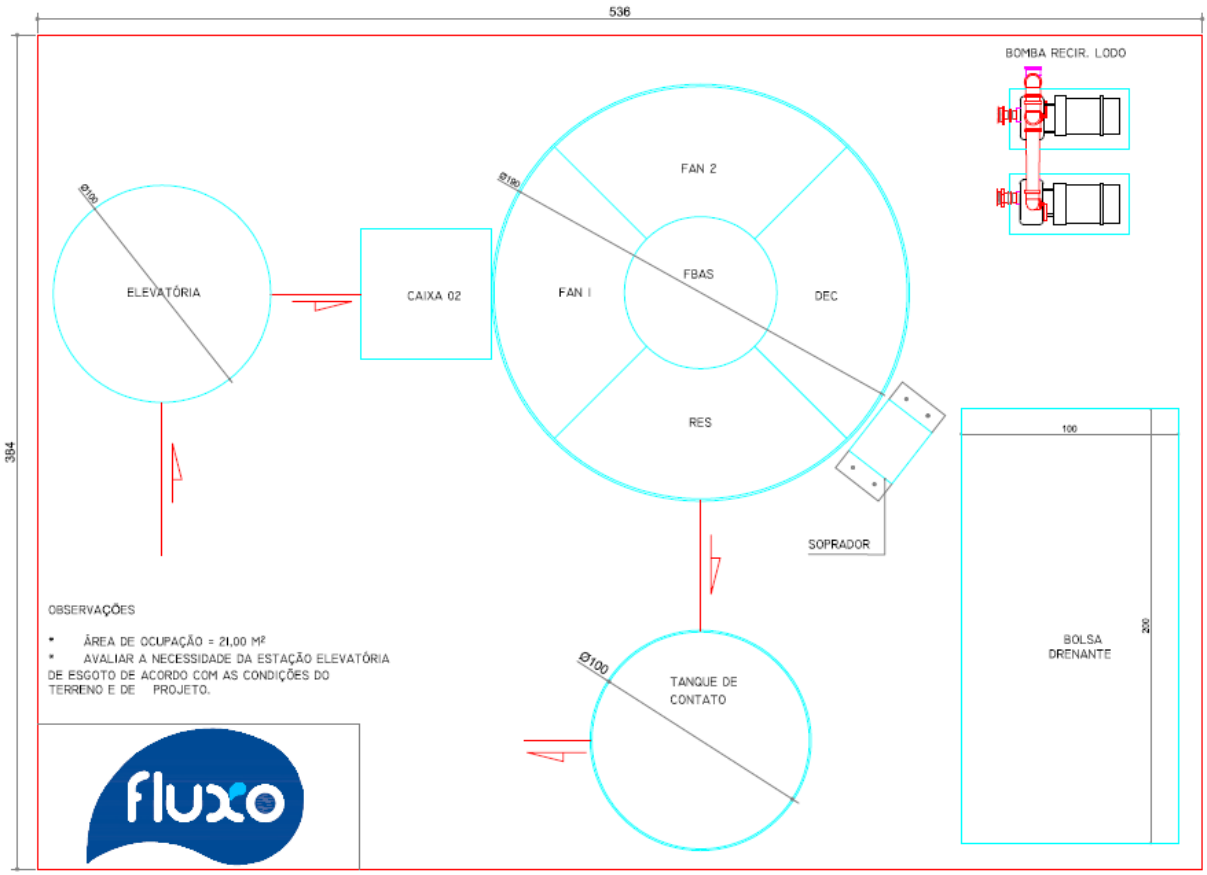


Figura 16 – Disposição esquemática do sistema proposto pela Empresa D.

- **Montagem, Instalação, Operação e Manutenção**

A Empresa D se encarregaria pela montagem e instalação da ETAC, componentes e equipamentos, incluindo toda a mão de obra especializada e não especializada no que diz respeito ao escopo de sua proposta, além de testes hidráulicos e partida do sistema.

A estação apresentava sistema de controle semiautomático, permitindo funcionamento parcialmente autônomo.

Seriam fornecidos Manuais de Operação e de Manutenção, sendo esses necessariamente obedecidos para garantia da eficiência do tratamento.

Orientações quanto o monitoramento e análises laboratoriais dos efluentes tratados estariam mais bem definidas nesses materiais, devendo as análises serem realizadas por empresa ou técnico qualificado seguindo orientações contidas nos mesmos.

- **Eficiência do Sistema**

A garantida da eficiência estava relacionada à correta operação, manutenção e monitoramento da ETAC.

Foi sugerido que cliente firmasse contrato com profissional ou empresa habilitada visando dar partida nos reatores e executar o monitoramento dos equipamentos a fim de mantê-los operando dentro dos parâmetros de eficiência determinados pela legislação em vigor. Todos os Manuais de Operação e instruções fornecidas fariam parte desse contrato e a garantia de eficiência da ETAC estaria diretamente ligada aos serviços técnicos de Operação e Monitoramento.

Após tratamento, a água de reúso apresentaria características para Classe 2 e/ou Classe 3, conforme NBR 13969:1997, como apresentado na Tabela 42 a seguir.

Tabela 46 – Qualidade da água cinza após tratamento.

Parâmetro	Classe 2	Classe 3
Turbidez	≤ 5 UNT	≤ 10 UNT
Coliformes fecais	≤ 500 NMP/100mL	≤ 500 NMP/100mL
Cloro residual	≤ 0,5 mg/L	-

- **Custos relacionados ao funcionamento e manutenção**

Foi informado que o sistema consumia, em média, duas pastilhas de cloro por dia e 60,27 kWh por mês.

A geração mensal de lodo estimada apresentada foi de 12,5 litro.

- **Investimento**

O valor da proposta correspondeu a R$ 42.400,00.

7.2.1.2 Análises físico-químicas

O orçamento disponibilizado foi R$ 250,00 mensais, incluindo os serviços de coleta de amostras, análise em laboratório e elaboração de relatório conclusivo.

7.2.1.3 Obras civis

Foi apresentado valor estimado de R$ 25.000,00 para realização das obras de adaptação dos Prédios E e F para implantação do sistema de reúso de água.

Foram avaliados no orçamento: mão de obra, materiais, serviços de demolição/construção, derivação e novas tubulações, reservatório de água de reúso.

7.2.2 Determinação do investimento inicial para implantação de sistema de reúso de água cinza

Os investimentos refrentes a cada proposta são apresentados na Tabela 43.

Tabela 47 – Valor do investimento referente à cada proposta.

Empresa	ETAC	Obras civis	Investimento
A	R$ 53.000,00	R$ 25.000,00	R$ 78.000,00
B	R$ 225.000,00	R$ 25.000,00	R$ 250.000,00
C	R$ 36.740,00	R$ 25.000,00	R$ 61.740,00
D	R$ 42.400,00	R$ 25.000,00	R$ 67.400,00

7.2.3 Determinação dos custos envolvidos com sistema de reúso

7.2.3.1 Consumo estimado de energia para funcionamento da ETAC

A tarifa média adotada correspondeu a R$ 0,25667/kWh, obtida pela aplicação da Equação 15.

As Empresas A e D forneceram valores das potências mensais aproximados consumidas com a ETAC, sendo essas de 200 kWh/mês e 60,27 kWh/mês,

respectivamente. Logo, os gastos mensais estimados corresponderam a R$51,33/mês e R$ 15,47/mês – considerando vinte e cinco dias no mês.

No entanto, as Empresas B e C apresentaram informações quanto à potência instalada (kW), o que demandou estimativa e adoção do tempo diário de funcionamento com base na capacidade de tratamento dos sistemas propostos – 2000 L/hora e800 L/hora respectivamente. Sendo assim, foram adotados tempos de funcionamento de três e seis horas diárias respectivamente.

Os custos anuais estimados com energia consumida para a operação das ETACs propostas são apresentados na Tabela 44.

Tabela 48 – Custo anual estimado com energia para cada proposta.

Empresa	Potência instalada ETAC (kW)	Período diário de funcionamento (horas)	Consumo energético (kWh)	Consumo energético (kWh/mês)	Custo mensal com energia (R$/mês)	Custo anual com energia (R$/mês)
A	-	-	-	200	51,33	616,01
B	4,66	3	13,98	349,5	89,71	1.076,47
C	1,10	6	6,6	165	42,35	508,21
D	-	-	-	60,27	15,47	185,63

7.2.3.2 Manutenção

A Empresa A informou que a etapa de desinfecção demandaria aproximadamente quinze litros de hipoclorito de sódio por mês, o qual atualmente apresenta valor comercial de R$ 6,40 por cinco litros.

As Empresas B e C apresentaram os custos aproximados por metro cúbico de água cinza tratada, os quais corresponderam a R$ 0,44 e R$ 4,00.

A Empresa C forneceu informação que, em média, seriam necessárias duas pastilhas de cloro por dia e foi considerado valor comercial de R$ 4,50 por pastilha – obtido por meio de consulta de mercado.

Os custos anuais estimados com manutenção são apresentados pela Tabela 45.

Tabela 49 – Custo anual estimado com manutenção para cada proposta.

Empresa	Produtos Químicos (R$/ano)	Análises físico-químicas (R$/ano)(1)	Custos Anuais (R$/ano)
A	230,40	3.000,00	3.230,40
B	528,00	3.000,00	3.528,00
C	4.800,00	3.000,00	7.800,00
D	3.000,00	3.000,00	6.000,00

(1) Considerada uma análise a cada mês ao no decorrer do ano, sendo o valor por análise de R$250,00.

7.2.3.3 Gerenciamento de Lodo

Apenas a Empresa D forneceu valor estimado da produção mensal de lodo, a qual correspondeu a 12,5 litros.

A geração de lodo para as demais propostas foram estimadas com base no tipo de tratamento adotado, sendo consideradas informações quanto geração de lodo apresentadas por Jordão e Pessoa (2005), Metcalf & Eddy (2003) e Von Sperling (2007).

Para a proposta da Empresa A, em que o tratamento era realizado à biodisco e decantador primário, adotou-se produção de lodo superior a da proposta da Empresa D em 30%, sendo essa de lodo não digerido – apresentando odor e dificuldade de desaguamento. Isso representou vazão do lodo mensal de 5,7 litros, já que a capacidade de tratamento da ETAC era de 1.400 L/dia.

No tratamento apresentado pela Empresa B, filtração por membranas, é característica a produção de lodo bem estabilizado e foi considerada produção semelhante a da proposta da Empresa D.

A Empresa C forneceu proposta de tratamento físico-químico, no qual é característica produção de lodo instável (não digerido) com parcela relevante de

hidróxidos decorrente de reações parasitas do coagulante com a alcalinidade da água cinza. Adotou-se a vazão de lodo como sendo o dobro da produção da proposta da Empresa D – 25 litros de lodo por mês.

Adotado valor de R$ 115,00 por metro cúbico de lodo destinado, os custos anuais com destinação de lodo são apresentados na Tabela 46.

Tabela 50 – Custo anual estimado com destinação de lodo da ETAC.

Proposta	Produção mensal de lodo (L/mês)	Produção anual de lodo (L/ano)	Custo anual com destinação do lodo (R$)
Empresa A	5,7	68,4	7,87
Empresa B	12,5	150	17,25
Empresa C	25	300	69,00
Empresa D	12,5	150	17,25

7.2.4 Determinação dos benefícios econômicos anuais associados ao sistema de reúso

Foram respeitadas as peculiaridades dos orçamentos das ETACs, pois diferentemente das demais, a Empresa A desconsiderou a contribuição das torneiras das pias e tanques das Copas como parcela da água cinza, adotando vazão igual a 1.400 L/dia.

Sendo assim, as estimativas foram realizadas para as vazões diárias de água cinza de 1.400 L/dia e 4.000 L/dia.

7.2.4.1 Cenário 1

Considerada vazão de água cinza estimada nos Prédios E e F de 1.400 L/dia e geração em 300 dias no período de um ano (5 dias na semana, 5 semanas no mês e 12 meses no ano), o volume anual de água capitado (Q_{cap}) correspondeu a 420.000 L, que equivale a 420 m^3.

Os dados empregados no cálculo do Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água, representado pela Equação 16, são apresentados na Tabela 47.

Tabela 51 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 420 m^3.

Variável		Valor
Volume anual de água capitado (m^3)	Q_{cap}	420
Preço Público Unitário para capitação (R$/m^3)	PPU_{cap}	0,026
Coeficiente referente ao enquadramento do corpo d´água de capitação	$K_{cap\ classe}$	1
Coeficiente referente à natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água	K_t	1
Valor Anual de Cobrança (R$/ano)	10,92	

O mesmo procedimento foi realizado para vazão de água cinza igual a 4.000 L/dia, sendo o volume anual de água capitado (Q_{cap}) de 1.200.000 L, equivalente a 1.200 m^3.

Os dados de entrada para cálculo do Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água por meio da Equação 16 são apresentados na Tabela 48.

Tabela 52 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 1.200 m^3.

Variável		Valor
Volume anual de água capitado (m^3)	Q_{cap}	1.200
Preço Público Unitário para capitação (R$/m^3)	PPU_{cap}	0,026
Coeficiente referente ao enquadramento do corpo d´água de capitação	$K_{cap\ classe}$	1
Coeficiente referente à natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água	K_t	1
Valor Anual de Cobrança (R$/ano)	31,20	

Os benefícios anuais estimados para o Cenário 1 corresponderam a R$ 10,92/ano e R$ 31,20/ano, consideradas as vazões de 1,4m^3/dia e 4,0m^3/dia, respectivamente. Tais valores são muito pequenos quando comparados aos custos demandados com o sistema, os quais foram apresentados nas Tabelas 44, 45 e 46, o que torna a opção pelo reúso sem perspectiva de atratividade econômica.

7.2.4.2 Cenário 2

De forma análoga ao considerado no Cenário 1, também foram estimados benefícios com base nas gerações diárias de água cinza de 1.400 L/dia e 4.000 L/dia.

Considerada vazão de água cinza de 1.400L/dia e geração em 25 dias no período de um mês (5 dias na semana e 5 semanas no mês), o consumo mensal estimado correspondeu a 35.000L, que equivale a 35m^3.

O benefício anual estimado correspondeu a R$ 4.426,80, considerando que a EDP Escelsa enquadra-se na categoria Comercial e Serviços. Esse valor foi obtido conforme informações apresentadas na Tabela 49 a seguir.

Tabela 53 – Benefício anual considerando consumo mensal de 35m^3.

Categoria	**Tarifas de Água + Esgoto por Faixa de Consumo (R$/m^3)**
	> 50
Comercial e Serviços (R$)	10,54
Faixas do volume água cinza mensal (m^3)	35
Benefício mensal (R$/mês)	368,90
Benefício anual (R$/ano)	4.426,80

O mesmo se procedeu para vazão de água cinza igual a 4.000L/dia, sendo o volume mensal de água capitado (Q_{cap}) de 100.000L, que corresponde a 100m^3.

O benefício anual estimado correspondeu a R$ 12.648,00, valor obtido conforme informações contidas na Tabela 50.

Tabela 54 – Benefício anual considerando consumo mensal de 100m^3.

Categoria	**Tarifas de Água + Esgoto por Faixa de Consumo (R$/m^3)**
	> 50
Comercial e Serviços (R$)	10,54
Faixas do volume água cinza mensal (m^3)	100
Benefício mensal (R$/mês)	1.054,00
Benefício anual (R$/ano)	12.648,00

Sendo assim, é possível constatar que os benefícios inerentes ao Cenário 2 são substancialmente superiores aos valores encontrados para o Cenário 1.

7.2.4.3 Cenário 3

O benefício anual estimado referente à geração de água cinza de 1,4m^3/dia, considerando que 89% dessa fossem passíveis de cobrança e 11% fornecida pela CESAN, correspondeu a R$ 496,67.

Esse valor foi obtido conforme informações apresentadas nas Tabelas 51 e 52 a seguir.

Tabela 55 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 373,80 m^3.

Variável		**Valor**
Volume anual de água capitado (m^3)	Q_{cap}	373,80
Preço Público Unitário para capitação (R$/m^3)	PPU_{cap}	0,026
Coeficiente referente ao enquadramento do corpo d´água de capitação	$K_{cap\ classe}$	1
Coeficiente referente à natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água	K_t	1
Valor Anual de Cobrança (R$/ano)	9,72	

Tabela 56 – Benefício anual considerando consumo mensal de 3,85m^3.

Categoria	**Tarifas de Água + Esgoto por Faixa de Consumo (R$/m^3)**
	> 50
Comercial e Serviços	10,54
Volume água cinza	3,85
Valor Total (R$/mês)	40,58
Valor Anual (R$/ano)	486,95

Já em relação à geração de 4,0 m^3/dia, o benefício anual estimado correspondeu a R$ 1.419,05. As informações contidas nas Tabelas 53 e 54 subsidiaram o alcance desse resultado.

Tabela 57 – Valor Anual de Cobrança pela Capitação de Água considerando volume anual de capitação de 1.068,00 m^3.

Variável		Valor
Volume anual de água capitado (m^3)	Q_{cap}	1.068,00
Preço Público Unitário para capitação (R$/m^3)	PPU_{cap}	0,026
Coeficiente referente ao enquadramento do corpo d´água de capitação	$K_{cap\ classe}$	1
Coeficiente referente à natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água	K_t	1
Valor Anual de Cobrança (R$/ano)	27,77	

Tabela 58 – Benefício anual considerando consumo mensal de 66,22m^3.

Categoria	Tarifas de Água + Esgoto por Faixa de Consumo (R$/m^3)
	> 50
Comercial e Serviços	10,54
Volume água cinza	11
Valor Total (R$/mês)	115,94
Valor Anual (R$/ano)	1391,28

Apesar de que os benefícios estimados do Cenário 3 foram superiores ao do Cenário 1, esses também não foram atrativos.

7.2.5 Análise dos resultados

Os quadros a seguir apresentam resumidamente os investimentos, custos e benefício para cada uma dos sistemas propostos.

Quadro 10 – Empresa A.

Investimento	ETAC	Projeto (R$)	5.000,00	78.000,00
		Equipamentos (R$)	38.000,00	
		Instalação (R$)	10.000,00	
	Obras civis (R$)		25.000,00	
Custos	Consumo de energia elétrica da ETAC (R$/ano)		616,01	3.854,28
	Manutenção (R$/ano)		3.230,40	
	Gerenciamento do Lodo (R$/ano)		7,87	
Benefícios	Cenário 1 (R$/ano)		10,92	
	Cenário 2 (R$/ano)		4.426,80	
	Cenário 3 (R$/ano)		496,67	

Quadro 11 – Empresa B.

Investimento	ETAC (R$)	225.000,00	250.000,00
	Obras civis (R$)	25.000,00	
Custos	Consumo de energia elétrica da ETAC (R$/ano)	1.076,47	4.621,72
	Manutenção (R$/ano)	3.528,00	
	Gerenciamento do Lodo (R$/ano)	17,25	
Benefícios	Cenário 1 (R$/ano)	31,20	
	Cenário 2 (R$/ano)	12.648,00	
	Cenário 3 (R$/ano)	1.419,05	

Quadro 12 – Empresa C.

Investimento	ETAC	Equipamento (R$)	23.980,00	61.740,00
		Automação Procedimentos Manutenção (R$)	8.860,00	
		Instalação no ES (R$)	3.900,00	
	Obras civis (R$)		25.000,00	
Custos	Consumo de energia elétrica da ETAC (R$/ano)		508,21	8.377,21
	Manutenção (R$/ano)		7.800,00	
	Gerenciamento do Lodo (R$/ano)		69,00	
Benefícios	Cenário 1 (R$/ano)		31,20	
	Cenário 2 (R$/ano)		12.648,00	
	Cenário 3 (R$/ano)		1.419,05	

Quadro 13 – Empresa D.

Investimento	ETAC (R$)	42.400,00	67.400,00
	Obras civis (R$)	25.000,00	
Custos	Consumo de energia elétrica da ETAC (R$/ano)	185,63	6.202,88
	Manutenção (R$/ano)	6.000,00	
	Gerenciamento do Lodo (R$/ano)	17,25	
Benefícios	Cenário 1 (R$/ano)	31,20	
	Cenário 2 (R$/ano)	12.648,00	
	Cenário 3 (R$/ano)	1.419,05	

Analisando os custos e benefícios anuais estimados, verificou-se que saldo positivo foi obtido apenas no Cenário 2 para todas as propostas, ou seja, os benefícios anuais superaram os custos anuais, como apresentado na Tabela 55.

Tabela 59 – Análise dos benefícios e custos anuais.

Empresa	A	B	C	D
Cenário 1	-R$ 3.3843,36	-R$ 4.590,52	-R$ 8.346,01	-R$ 6.171,68
Cenário 2	R$ 572,52	R$ 8.026,28	R$ 4.270,79	R$ 6.445,12
Cenário 3	-R$ 3.357,61	-R$ 3.202,68	-R$ 6.958,16	-R$ 4.783,84

Analisando as propostas das quatro empresas no Cenário 2, apenas as referentes às Empresas C e D foram classificadas como viáveis economicamente, pois apresentaram valor de VPL positivo, TIR superior ao valor da taxa mínima de atratividade e Payback Descontado dentro do horizonte de 20 anos – considerado na análise econômica. Esses valores são apresentados pela Tabela 56.

Tabela 60 – Resultados da aplicação dos métodos de avaliação financeira para o Cenário 2.

Empresa	VPL (R$)	TIR (%)	Payback Descontado
C	13.625,29	11,26	15 anos e 12 meses
D	38.019,77	14,54	11 anos e 10 meses

Os fluxos de caixa das propostas são apresentados pelos Gráficos 10 e 11.

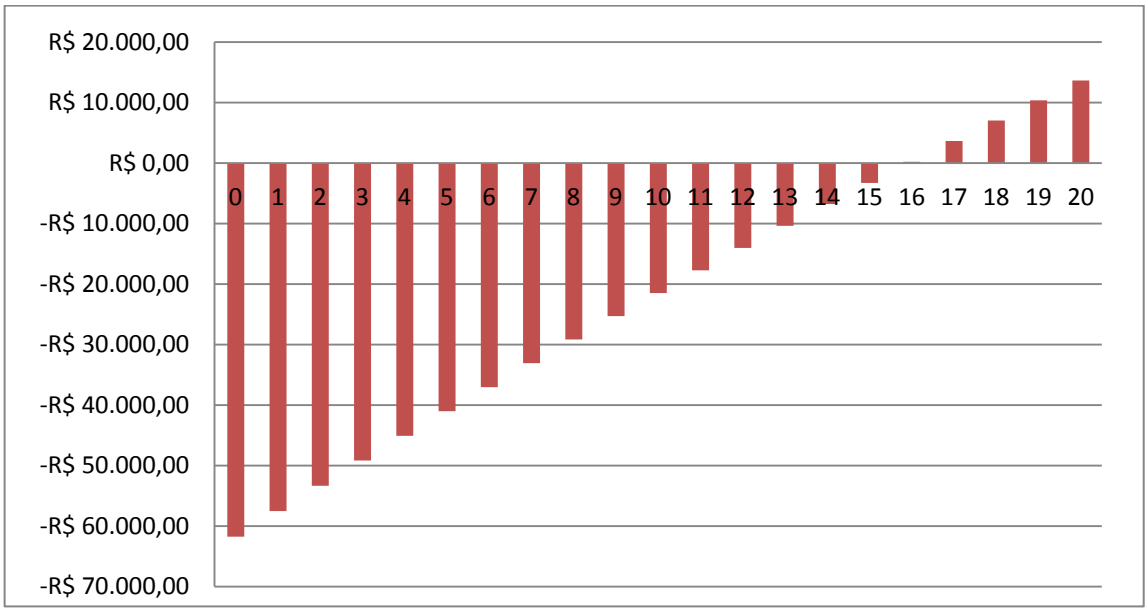


Gráfico 21 – Fluxo de caixa para proposta da Empresa C.

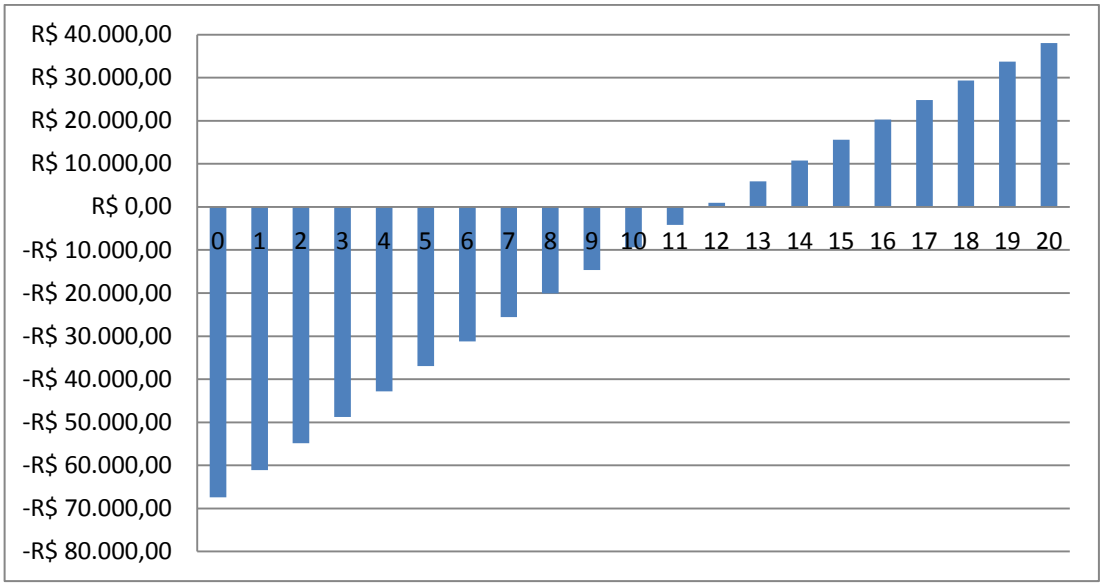


Gráfico 22 – Fluxo de caixa para proposta da Empresa D.

Com base nisso, constatou-se que a melhor proposta foi da Empresa D, uma vez que o valor de VPL foi superior ao da Empresa C, e apresentou menor período de tempo para recuperar o investimento necessário.

Apesar de a proposta da Empresa C não ser economicamente a melhor, caso exista interesse futuro em ampliar o sistema de reúso de água cinza, a ETAC indicada possui capacidade de tratar vazão até 800L/hora, podendo ser viável para tal.

Apesar de os resultados comprovarem a viabilidade técnica de duas alternativas, as condições econômicas consideradas nesse trabalho foram baseadas em estimativas, adotadas variações constantes ao longo do horizonte de projeto das taxas de aumento das tarifas de água, energia e da taxa de inflação.

Apesar de a viabilidade técnica e econômica ter sido comprovada para o Cenário 2 – 100% da água consumida proveniente de concessionária de saneamento –, esse não retrata a realidade do consumo de água do COC. Logo, conclui-se que o sistema é inviável.

De forma complementar, o Cenário 2 pode ser visto como situação ideal para que implantação de sistema de reúso de água cinza seja economicamente viável nos Prédios E e F da EDP Escelsa.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao final do presente trabalho, concluiu-se que implantação de sistemas de reúso de água cinza para fim não potável – descargas de bacias sanitárias – é inviável economicamente para os Prédios E e F da EDP Escelsa, mantidas as condições atuais de consumo de água.

As estimativas da geração de água cinza e consumo nas bacias sanitárias foram razoáveis, sendo os valores diários equivalentes a 2213,6 L/dia e 3244,8 L/dia, respectivamente. Verificou-se que os resultados obtidos foram condizentes com a literatura e demonstraram que a maior parcela de consumo de água em edificações comerciais é empregada nas descargas de bacias sanitárias. Constatou-se um grande potencial de redução no consumo de água potável/geração de esgoto no edifício pesquisado (Prédio E), já que mais da metade do consumo estimado de água é utilizado para fins não potáveis. Ademais, considerado o aproveitamento da água cinza da edificação vizinha (Prédio F), a redução tornou-se mais significativa, garantindo atendimento de 100% da água demanda em bacias sanitárias do Prédio E.

Apurou-se que o projeto foi avaliado positivamente pelos entrevistados, sendo observadas aprovação e expectativa dos mesmos quanto às iniciativas sustentáveis adotadas pela empresa em que trabalham.

De maneira geral, o investimento estimado para implantação de sistema de reúso de água foi bastante elevado. Observou-se que os custos com obras civis foram representativos quando comparados ao valor total do investimento. Isso comprovou que para a realidade da empresa, o ideal seria que a implantação de sistemas de reúso fosse prevista em etapa preliminar de projeto de novas edificações.

Vale salientar que o resultado obtido não exclui a possibilidade de projetos de reúso de águas cinza serem viáveis em edificações empresariais já construídas. Considerando o fato de o Cenário 2 ser verossímil – 100% da água abastecida por concessionário de saneamento –, caso os Prédios E e F fossem abastecidos em sua totalidade por água da CESAN, o projeto se tornaria viável economicamente, ressalvadas as condições otimistas adotadas – produção diária de água cinza sempre igual a 4.00 L/dia e variação constantes das tarifas de água, esgoto, energia e taxas de juros.

Diante do exposto, não foi possível indicar sistema de reúso mais apropriado para os Prédio E e F em decorrência da inviabilidade econômica constatada. Porém, na perspectiva de empresa, o valor do envolvimento em iniciativas sustentáveis é refletido nos ganhos intangíveis, sendo esses relacionados aos ganhos com preservação do meio ambiente – que no cenário em questão representa a redução do consumo de água potável e geração de esgoto – além do reconhecimento e compartilhamento de experiências no meio empresarial.

Consideram-se como recomendações para próximos estudos:

- Aplicar os questionários em todas as edificações alvo do estudo para serem consideradas as peculiaridades de cada uma delas;
- Realizar análise de sensibilidade, Simulação de Monte Carlo, para análise mais apurada da viabilidade econômica;
- Abranger o sistema de reúso para os demais prédios;
- Realizar coleta de orçamento mais detalhada quanto às obras civis e prezar por visita ao COC para reconhecimento do local;
- Empregar resultados do estudo para análise de viabilidade em novas edificações.

9. REFERÊNCIAS

AGOSTINI, R. S. **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. Projeto de Graduação – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

AGUIAR, K. C. **Comparação dos potenciais de conservação de água com a prática do reúso de águas cinza e com a coleta segregada da urina humana em uma edificação residencial multifamiliar**. 2010. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

AGUIAR, C. A. **Aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais**. 2008. 252 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

AL-JAYYOUSI, O. Greywater reuse: towards sustainable water management. **Desalination**. V.156, p. 181-192, 2003.

ANA – Agência Nacional das Águas; FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SindusCon-SP – Sindicato da Construção de São Paulo. **Manual de Conservação e reúso de Águas em Edificações**. São Paulo, 2005.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.097:** Aparelho sanitário de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

ARSI – Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo.

BAZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 de janeiro de 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm>. Acesso em: 06 de março de 2013.

EPA United States Environmetal Protection Agency. **2012 Guidelines for Water Reuso**. Disponível em: < http://www.waterreuseguidelines.org/images/documents/2012epaguidelines.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2013.

ESPÍRITO SANTO. Instrução Normativa IEMA nº 19, de 04 de outubro de 2005. Cariacica, 2005. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br/download/Inst_Nor_019.pdf>. Acesso em: 13 de março de 2013.

ESPÍRITO SANTO. Lei nº 5.818, de 29 de dezembro de 1998. Vitória 1998. Disponível em: < http://www.iema.es.gov.br/web/Lei_5818.htm>. Acesso em: 13 de março de 2013.

BRUNI, A. L., FAMÁ, R. **As decisões de investimentos**. 2ª Ed. – São Paulo: Atlas, 2007.

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento. **Tarifas**. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/03/tabela_tarifas.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2013.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: [s.n.], 2001. 3v.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbicos.** Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 245 p.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. 4. ed. ampl. São Paulo: ed. Atlas, 2000.

CICHINELLI, Gisele. Reúso de água: soluções não potáveis. Téchne: Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, v.16, n.133 , p. 54-57, abr. 2008.

DOCOL. **Catálogo Geral de Produtos**. Disponível em: <http://www.docol.com.br/uploads/downloads/pt/catalogoProdutoPT.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2013.

ELMITWALLI T. A.; OTTERPOHL R. Anaerobic biodegradability and treatment of grey water inupflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. **Water Research.** V. 41. p. 1379-1387, março 2007.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A.;. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, n.4 v.1, 2002, p. 85 –104.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Ed. ABES. Vitória, 2009.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações.** Ed. Rio de Janeiro: Prosab/Abes, 2006.

GONÇALVES, R. F.; SILVA, G. M.; WANKE, R. **Uma nova geração de edifícios "verdes" com reúso de águas cinza em Vitória (ES)**. Trabalho apresentado no VII Seminário Estadual de Saneamento e Meio Ambiente (Sesma), Vitória, 2007. Disponível em: < http://www.paginasnanet.com.br/s/facil12/img/edificios_verdes.doc>. Acesso em: 19 de novembro de 2012.

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programas de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos:** aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7ª ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2000.

(IGAM) INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DE MINAS GERAIS. **Cobrança**. Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/>. Acesso em: 15 de março de 2013.

ITRC – INTERSTATE TECHNOLOGY AND REGULATORY COUNCIL. **Training: Technical and regulatory guidance for constructed treatment wetlands**. 2004. Disponível em: < http://www.clu-in.org/conf/itrc/wetlands_012705/prez/itrc_consttreat

wt_011505ibtbw.pdf >. Acesso em: 14 de abril de 2012.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 285 - 292, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932 p.

KNUPP, A. M. **Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbio e Um "wetland" horizontal na produção de água para reúso Predial a partir de água cinza clara**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

LU. W., LEUNG, A. Y. T. A preliminary study on potential of developing shouwer/laudry wastewater reclamation an reuse system. **Chemosphere**. v. 52 - 2003.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Coord.) (Ed.). **Reuso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. xvii, 579 p.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering:** treatment and reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003. xxviii, 1819 p.

MINAS GERAIS. **Deliberação CBH-Doce nº 26, de 31 de março de 2011**. Valadares, 2011. Disponível em: <

http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Deliberacao_CBH-Doce_nr_26_11.pdf>. Acesso em: 13 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 01, de 03 de agosto de 2011**. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/cobranca/deliberacao-final-cbh-manhuacu.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa nº 04, de 12 de abril de 2011**. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Deliberacao_CBH-Piranga_nr_04_11.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 08, de 13 de maio de 2011**. Itabira, 2011. Disponível em: < http://comites.igam.mg.gov.br/downloads/rio-doce/do3/deliberacoes/1024-dn-08-dispe-sobre-os-mecanismos-e-valores-de-cobrana-rh-sto-antonio/download.>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 09, de 13 de abril de 2011**. Caratinga, 2011. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Deliberacao_CBH-Caratinga_nr_09_11.pdf.>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 15, de 14 de abril de 2011**. João Molevade, 2011. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Deliberacao_CBH-Piracicaba_nr_15_11.pdf.>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 28, de 26 de abril de 2011**. Governador Valadares, 2011. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/Deliberacao_CBH-Suacui_nr_28_11.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2013.

MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M.; INADA, P. Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado Em uma escola de ensino médio no município de Umuarama – PR. In: VII EPCC – ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 2011, Maringá. **Anais Eletrônico**... Disponível e: < http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/thatiane_rodrigues_mota_2.pdf >. Acesso em: 16 de setembro de 2013.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-sotrey buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

OLIVEIRA, L. H. de. Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água? **Revista hydro**, São Paulo, n. 68, mar. 2007. Disponível em: < http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Material_de_Apoio/Energia_e_Agua/Bacias_Sanitarias_com_Sistema_Dual_de_Descarga.pdf >. Acesso em: 06 de março de 2013.

PEDROSO, L.; ILHA M. Gestão dos sistemas prediais com ênfase na conservação de água em campus universitário. In: **SIBRAGEC**, 3., setembro, 2003. **Anais ...** São Carlos: UFSCar, 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 reuso de águas cinza**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

PERTEL, M.; DIAS; GRECCO, L. B.; REZENDO, C. C. S.; GONCALVES, R. F.. Avaliação da sazonalidade do consumo de água e energia em uma edificação residencial de alto padrão. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, XXXI, 2008, Santiago do Chile. Anais do XXXI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental AIDIS, 2008.

PIO, Anícia Aparecida Baptistello. **Conservação e reúso da água em edificações.** Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2005. 151 p.

PROENÇA, L. C; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC**. V. 9, n. 3 (2009). Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/issue/view/663>. Acesso em: 07 de novembro de 2012.

ROCA. **Catálogo Geral de Produtos**. Disponível em: < http://publications.roca.com/v2/index.jsp?id=3063/4038/15521&lng=pt_br>. Acesso em: 24 de abril de 2013.

ROSS, Stephen A; JAFFE, Jeffrey F.; WESTERFIELD, Randolph W. **Administração financeira.** 2. ed. - São Paulo: Atlas, 2002. 776 p. ISBN 8522429421 (broch.)

SANTOS, D. C**.** Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Associação Nacional de Ambiente Construído – ANTAC**. V. 2, n. 4 (2002). Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3429/1847>. Acesso em: 07 de novembro de 2012.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; ALVARENGA, R. A. F.; VALENTE, V. B.; PHILIPPI, L. S. Filtro plantado com *Typha spp* de fluxo horizontal (constructed wetland) aplicado como polimento de efluente de lagoa facultativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Anais… Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. p. 11. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-348.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2013.

SOUSA, Almir Ferreira de. **Avaliação de investimento: uma abordagem prática.** São Paulo: Saraiva, 2007.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água:** interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva:** para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**, São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

VALENTINA, R. S. D. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável**. 2009. 162 f. Dissertação – Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. V. 1. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição**. V. 6. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2007.

WINWARD, G. P.; AVERY, L. M.; STEPHENSONA, T.; JEFFERSON, B. Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles. **Water Research**. n. 42. p. 483–491, 2008.

WUCB (1999) **A water conservation guide for commercial, institutional and industrialusers.** Ed. Water Use and Conservation Bureau, New Mexico Office of the State Engineer.EUA, 1999.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS

- **Funcionário**

Projeto Reuso de Águas Cinza

Colaborador	Estagiário	Menor Aprendiz	Terceiro
Carga Horária Diária e Período de Trabalho	Carga Horária Diária e Período de Trabalho	Carga Horária Diária e Período de Trabalho	Carga Horária Diária e Período de Trabalho

Sexo	Feminino	Masculino

Reaproveitamento de águas cinza em edificações empresariais é um procedimento no qual as águas provenientes de pias e tanques são recolhidas de forma separada (tubulações separadas), seguem para tratamento para posterior reutilização em fins não potáveis (descargas de bacias sanitárias, lavagem de calçadas, irrigação de jardim, etc). Para tanto, há necessidade de investimento para realização de modificações no sistema de coleta das águas servidas, construção de reservatórios, pequena estação de tratamento de água e alteração do sistema hidráulico para distribuição dessas águas.

Avaliação do Projeto	Muito Importante	Importante	Pouco Importante

Caso seja sugerido modificação no sistema hidro-sanitário do edifício em que trabalha para reuso de águas cinzas, qual seria a sua posição? Marque com um (X) a suas opções no quadro abaixo.

Destinos de água de reuso	Totalmente de acordo	De acordo	Indiferente	Em desacordo	Totalmente em desacordo
Descargas das bacias sanitárias					
Irrigação de jardins					
Lavagem de calçadas					

Banheiro										
Data	Uso da bacia sanitária (vaso sanitário)									
/										
/										
/										
/										
/										
Data	Uso da torneira para higienização das mãos									
/										

/										
/										
/										
/										
Data	Uso da torneira para higienização dos dentes									
/										
/										
/										
/										
/										
Data	Uso da torneira para outros fins (especificar):									
/										
/										
/										
/										
/										

Copa										
Data	Uso da torneira para higienização de alimentos									
/										
/										
/										
/										
/										
Data	Uso da torneira para higienização de utensílios de cozinha (prato, colher, garfo, faca, etc)									
/										
/										
/										
/										
/										
Data	Uso da torneira para outros fins (especificar):									
/										
/										
/										
/										
/										

Obrigada pela colaboração!
Tainá Alves Hastenreiter

- **Limpeza**

Projeto Reuso de Águas Cinza

	Limpeza do Banheiro Feminino 1º Pavimento
Número de Limpezas por dia	
Número de Baldes de Água	
Número de Descargas	

	Limpeza do Banheiro Feminino 2º Pavimento
Número de Limpezas por dia	
Número de Baldes de Água	
Número de Descargas	

	Limpeza do Banheiro Masculino 1º Pavimento
Número de Limpezas por dia	
Número de Baldes de Água	
Número de Descargas	

	Limpeza do Banheiro Masculino 2º Pavimento
Número de Limpezas por dia	
Número de Baldes de Água	
Número de Descargas	

	Limpeza 1º Pavimento (andar)	**Limpeza 2º Pavimento (andar)**
Número de Baldes de Água		

Observações:

Obrigada pela colaboração!
Tainá Alves Hastenreiter

APÊNDICE B – COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Em seu Art. 19 são apresentados os objetivos da cobrança, sendo esses:

- Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- Incentivar a racionalização do uso da água;
- Obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

O Estado do Espírito Santo dispõe de Política Estadual de Recursos Hídricos, sancionada pela Lei nº 5.818, de 29 de dezembro de 1998. Em seu Art. 27 fica estabelecido que procedimentos e especificações técnicas e administrativas relativos à cobrança pela utilização dos recursos hídricos serão estabelecidos por decreto do Poder Executivo, mediante proposta do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

O estabelecimento dos mecanismos administrativos para a cobrança pelos direitos de uso dos recursos hídricos e valores a serem cobrados são de responsabilidade dos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica.

O Espírito Santo Regiões já possui 14 regiões hidrográficas, sendo essas:

- Região Hidrográfica do Rio Itaúnas;
- Região Hidrográfica do Rio São José;
- Região Hidrográfica do Rio Benevente;
- Região Hidrográfica dos afluentes dos Rios São Mateus Braço Norte e Braço Sul no Espírito Santo;
- Região Hidrográfica do Litoral Centro Norte (Bacias dos Rios Riacho, Reis Magos, Piraquêaçú e Jacaraípe);
- Região Hidrográfica do Rio Guandu;
- Região Hidrográfica do Rio Doce;
- Região Hidrográfica de Santa Maria de Vitória;
- Região Hidrográfica de Guarapari;

- Região Hidrográfica do Rio Santa Maria Do Doce;
- Região Hidrográfica do Rio Jucu;
- Região Hidrográfica do Rio Itabapoana;
- Região Hidrográfica do Rio Itapemirim;
- Região Hidrográfica do Rio Novo.

O município da Serra encontra-se em três regiões hidrográficas, Região Hidrográfica de Santa Maria de Vitória, Região Hidrográfica Rio Reis Magos e Região Hidrográfica do Rio Jacaraípe. Porém, nenhum dos comitês implementaram a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Sendo assim, foi realizado estudo quanto às Bacias Hidrográficas mais próximas à região que já dispunham de mecanismos de cobrança para águas subterrâneas.

Apesar de o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce) já dispor de mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos, por intermédio da Deliberação CBH-Doce nº 26, de 31 de março de 2011, ainda não foi estabelecida cobrança para capitação subterrânea. Excluindo, dessa forma, a possibilidade de utilização de parâmetros dessa Bacia.

Embora a cobrança pela capitação subterrânea já seja realizada em Comitês dos demais estados da Região Sudeste, optou-se por considerar a realidade dos Comitês mineiros em decorrência da maior proximidade da região de estudo, município da Serra.

COBRANÇA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Foi no ano de 2010 em que se iniciou a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no estado de Minas Gerais. Primeiramente em três Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (UPGRH), sendo essas a Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari. (IGAM)

Mais tarde, em dezembro de 2011, seis novas bacias mineiras, afluentes da Bacia do Rio Doce, foram implementadas. Sendo essas: Rio Piracicaba, Rio Piranga, Rio Santo Antônio, Rio Suaçuí, Rio Caratinga e Rio Manhuaçu (IGAM).

As metodologias de cálculo e os valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos são elaborados pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e encaminhados ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) para aprovação. Essas, por sua vez, devem prezar a simplicidade em sua formulação, apresentando de forma clara o que está sendo cobrado, estarem fundamentadas em estudos econômicos, jurídicos, técnicos, e não menos importante, nas particularidades da Bacia em questão.

Analisando as deliberações normativas de comitês mineiros, apresentados no Quadro 6, foi possível verificar que, de uma forma geral, o valor anual a ser pago pelos usuários de recursos hídricos é obtido por uma fórmula de cálculo composta pelos parâmetros:

- Volume anual de água capitado do corpo hídrico superficial ou subterrâneo;
- Volume anual de efluente lançado no corpo hídrico;
- Carga orgânica lançada no corpo hídrico;
- Energia anual de origem hidráulica efetivamente verificada (mwh);
- Volume anual de água transposto para outra bacia.

Quadro 14 – Deliberações normativas referentes à cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

CBH - Rio Caratinga	Deliberação normativa nº 09, de 13 de abril de 2011
CBH - Rio Manhuaçu	Deliberação Normativa nº 01, de 03 de agosto de 2011
CBH - Rio Piracicaba	Deliberação Normativa nº 15, de 14 de abril de 2011
CBH - Rio Piranga	Deliberação normativa nº 04, de 12 de abril de 2011
CBH - Rio Santo Antônio	Deliberação Normativa nº 08, de 13 de maio de 2011
CBH - Rio Suaçuí	Deliberação Normativa nº 28, de 26 de abril de 2011

Tratando-se mais especificamente de cobrança pela capitação de águas subterrâneas, conforme apresentado nas deliberações acima listadas, o valor é resultado da seguinte equação:

$$Valor_{cap} = Q_{cap} \cdot PPU_{cap} \cdot K_{cap}$$

Na qual:

- $Valor_{cap}$: valor anual de cobrança pela capitação de água, em R$/ano;
- Q_{cap}: volume anual de água capitado (m³/ano);

- PPU_{cap}: Preço Público Unitário para capitação, estabelecido por Comitê (R$/m³);
- K_{cap}: coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela capitação de água.

O K_{cap} é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$K_{cap} = K_{cap\ classe} \cdot K_t$$

Sendo:

- $K_{cap\ classe}$: coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d´água no qual se faz a capitação, sendo igual a 1 enquanto o enquadramento não estiver aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- K_t: coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água. Esse será igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais K_t será igual a 0,025, e quando o enquadramento for aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), adotar seus respectivos valores correspondentes.

ANEXO A – PARÂMETROS ÁGUA DE REÚSO

ABNT NBR 13969:1997 - TANQUES SÉPTICOS - UNIDADES DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR E DISPOSIÇÃO FINAL DOS EFLUENTES LÍQUIDOS – PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO

Segundo o próprio texto da norma brasileira em questão:

> "Esta norma foi elaborada para oferecer aos usuários do sistema local de tratamento de esgotos, que têm tanque séptico como unidade preliminar, alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder ao tratamento complementar e disposição final do efluente deste".

Nela são apresentadas alternativas de procedimentos técnicos de projeto, construção e operação de unidades de tratamento, as quais deverão se adequar à realizada local, e parâmetros de qualidade para disposição final dos efluentes de tanque séptico, seja ela via infiltração, lançamento e/ou reúso.

A aplicação adequada de suas orientações subsidia alternativas paralelas e confiáveis aos sistemas convencionais. Sendo importantíssimas diante cenários de escassez dos recursos hídricos.

Em situações de reúso local, o esgoto tratado poderá ser reutilizado para fins que sejam não potáveis, mas sanitariamente seguros.

Conforme o uso final desejado são definidas classificações e respectivos parâmetros para esgotos, apresentados no Tabela 57.

Tabela 61 - Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos. Adaptado de NBR 13969:1997.

Classificação	Possíveis Usos	Parâmetros	Orientações
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez inferior a cinco Coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL Sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L pH entre 6,0 e 8,0 Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L	Geralmente necessário tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou Lodo ativado por batelada - LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez inferior a cinco Coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L	Satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se substituir a filtração por membranas filtrantes.
Classe 3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários.	Turbidez inferior a 10 Coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a esse padrão, sendo necessária apenas cloração. Para casos gerais, tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção.
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUAS EM EDIFICAÇÕES

O presente Manual foi desenvolvido por parceria entre Agência Nacional de Águas (ANA), Superintendência de Conservação de Água e Solo (SAS/ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) e seu Comitê de Meio Ambiente (COMASP) com o intuito de reunir informações relevantes, orientações

existentes no mercado e o conhecimento acadêmico, de forma a subsidiar o setor da construção civil quanto à adoção de soluções eficientes na concepção das novas edificações ou na modernização das já existentes.

Nela são apresentados padrões de qualidade da água para reúso conforme usos finais pretendidos. Essas orientações são apresentadas nas Tabelas 58 a 61 a seguir.

Tabela 62 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 1. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Usos preponderantes	Parâmetro	Concentrações
Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); Lavagem de roupas e de veículos.	Coliformes fecais[1]	Não detectáveis
	pH	Entre 6,0 e 9,0
	Cor (UH)	≤ 10 UH
	Turbidez (UT)	≤ 2 UT
	Odor e aparência	Não desagradáveis
	Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
	DBO[2] (mg/L)	≤ 10 mg/L
	Compostos orgânicos voláteis[3]	Ausentes
	Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
	Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
	Fósforo total[4]	(mg/L) ≤ 0,1 mg/L
	Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
	Sólido dissolvido total[5] (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L
	Coliformes fecais1	Não detectáveis

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.
2. O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.
3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.
4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.
5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos

Tabela 63 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 2. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Usos preponderantes	Parâmetro	Concentrações
Lavagem de agregados; Preparação de concreto; Compactação do solo; Controle de poeira.	Coliformes fecais	≤ 1000/ mL
	pH	Entre 6,0 e 9,0
	Odor e aparência	Não desagradáveis
	Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1,0 mg/L
	DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
	Compostos orgânicos voláteis	≤ 30 mg/L
	Sólidos suspensos totais (mg/L)	30 mg/L

Tabela 64 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 3. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Usos preponderantes	Parâmetro			Concentrações
Irrigação de áreas verdes e rega de jardins.	pH			Entre 6,0 e 9,0
	Salinidade			0,7 < EC (dS/m) < 3,0,
				450 < SDT (mg/L) < 1500
	Toxicicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
			Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
			Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
		Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≥ 3,0
			Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
			Cloro residual (mg/L)	< 1,0 mg/L
	Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7 mg/L
		Regas de jardim e similares		3,0 mg/L
	Nitrogênio total (mg/L)			5 - 30 mg/L
	DBO (mg/L)			< 20 mg/L
	Sólidos suspensos totais (mg/L)			< 20 mg/L
	Turbidez (UT)			< 5 UT
	Cor aparente (UH)			< 30 UH
	Coliformes fecais (mL)			≤ 200/ 100 mL

Tabela 65 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 4. Adaptado de Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações.

Usos preponderantes	Parâmetro(*)	Concentrações	
		Sem recirculação	Com recirculação
Resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).	Sílica	50	50
	Alumínio	SR	0,1
	Ferro		0,5
	Manganês		0,5
	Amônia		1
	Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
	Cloretos	600	500
	Dureza	850	650
	Alcalinidade	500	350
	Sólidos em Suspensão Totais	5000	100
	pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	SR	2,2
	Bicarbonato	600	24
	Sulfato	680	200
	Fósforo	SR	1
	Cálcio	200	50
	Magnésio	SR	30
	O_2 dissolvido	Presente	SR
	DQO	75	75

(*) Unidade de referência: mg/L, a menos que indicado.

SR - sem recomendação

GUIA PARA REÚSO DE ÁGUA (*GUIDELINES FOR WATER REUSE*)

Este guia é desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental Americana, a EPA (*Environmental Protection Agency*), sendo seu principal objetivo, em linhas gerais, apresentar diretrizes e orientações quanto à reutilização de água, trazendo benefícios aos serviços públicos e agências reguladoras, especialmente nos EUA (EPA, 2012).

Uma das vertentes que motivaram se desenvolvimento foi a ideia de que reaproveitamento da água pode ser alternativa importante no cenário mundial, dada a crescente demanda crescimento populacional.

Nele são abordados temas como os tipos de reúso e aplicações, considerações quanto planejamento e gestão, programas regulatórios de reúso de água, tecnologias de tratamento para garantia da proteção da saúde humana e do ambiente, envolvimento das partes interessadas, investimentos em sistemas de reúso, experiências globais, estudos de caso.

As águas destinadas ao reúso são discriminadas em categorias, como apresentado no Quadro 7 a seguir.

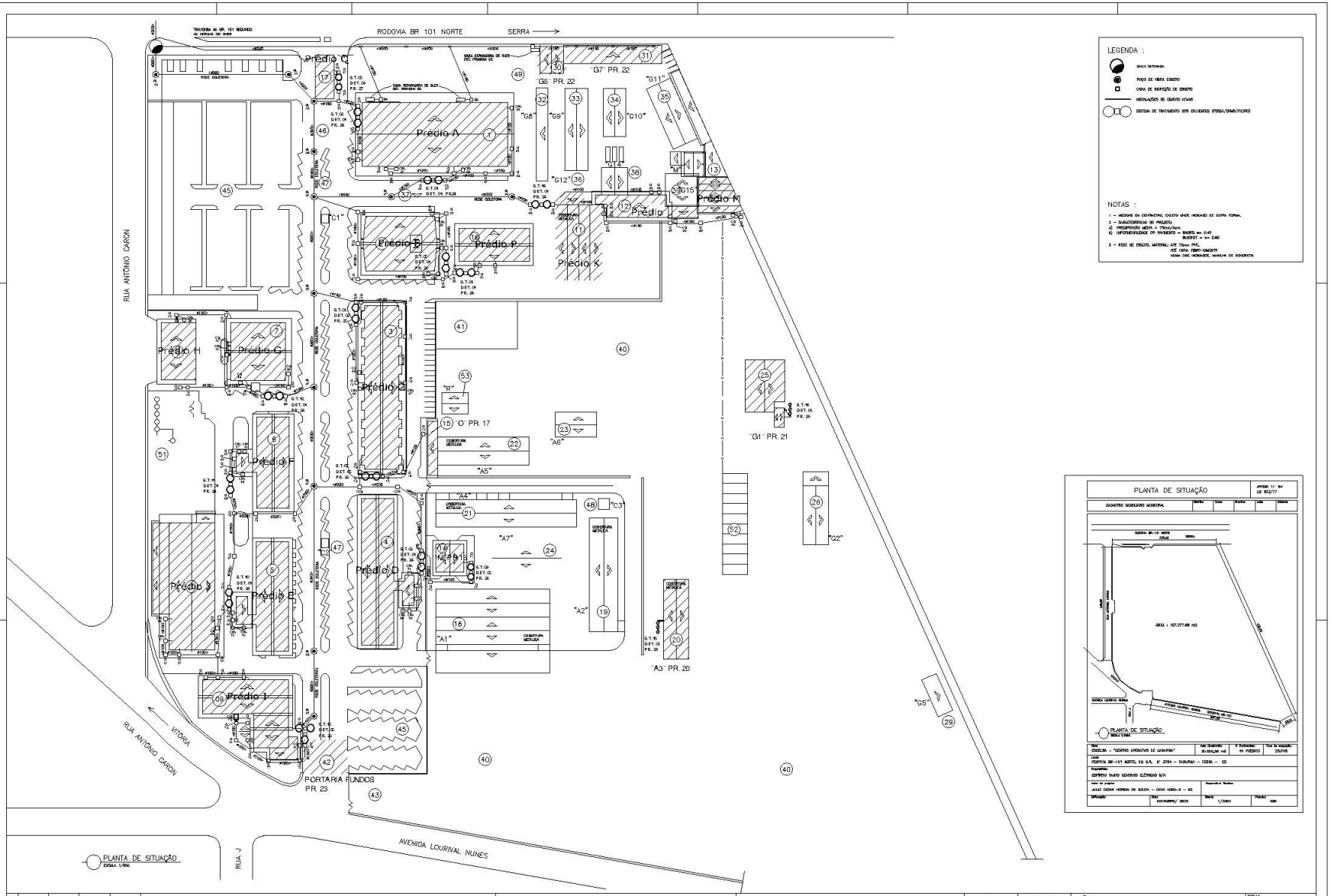
Quadro 15 – Categorias de aplicação de água de reúso. Adaptado de: *Guidelines for Water Reuse* (2012).

Reúso Urbano	Irrestrito	Utilização de água de reúso não potável para aplicações em ambientes municipais onde o acesso público não é restrito.
	Restrito	Utilização de água de reúso não potável para aplicações em ambientes municipais onde o acesso público é controlado ou limitado por barreiras físicas ou institucionais, tais como cercas, sinalização ou restrição temporária de acesso.
Reúso da Agricultura	Cultura de alimentos	Utilização de água de reúso para irrigar culturas de alimentos destinados ao consumo humano.
		Utilização de água de reúso para irrigar culturas que sejam processadas antes do consumo humano ou não consumidas pelos seres humanos.
Reservatórios	Irrestrito	Utilização de água de reúso em reservatórios em que não há limitações às atividades de recreação de contato com a água.
	Restrito	Utilização de água de reúso em reservatórios onde o contato corporal é restrito.
Reúso no Meio Ambiente		Utilização de água de reúso para criar, melhorar, manter ou aumentar corpos d'água, incluindo as zonas alagadiças, habitat aquáticos ou vazões.
Reúso Industrial		Utilização de água de reúso em aplicações e instalações industriais, produção de energia e extração de combustíveis fósseis.
Recarga de Aquífero – Reúso Não Potável		Água de reúso empregada para recarrega de aquíferos que não são utilizados como fonte potável de água.
Reúso Potável	Reúso Potável Indireto	O aumento de uma fonte de água potável (superficial ou subterrânea) com água de reuso seguido por um reservatório ambiental (reservatório natural) que precede o tratamento normal (convencional) de água potável.
	Reúso Potável Direto	A introdução de água de reuso (com ou sem retenção num reservatório projetado) diretamente para uma estação de tratamento de água, ou instalado *in loco* ou remotamente em relação ao sistema posterior de tratamento de águas residuais.

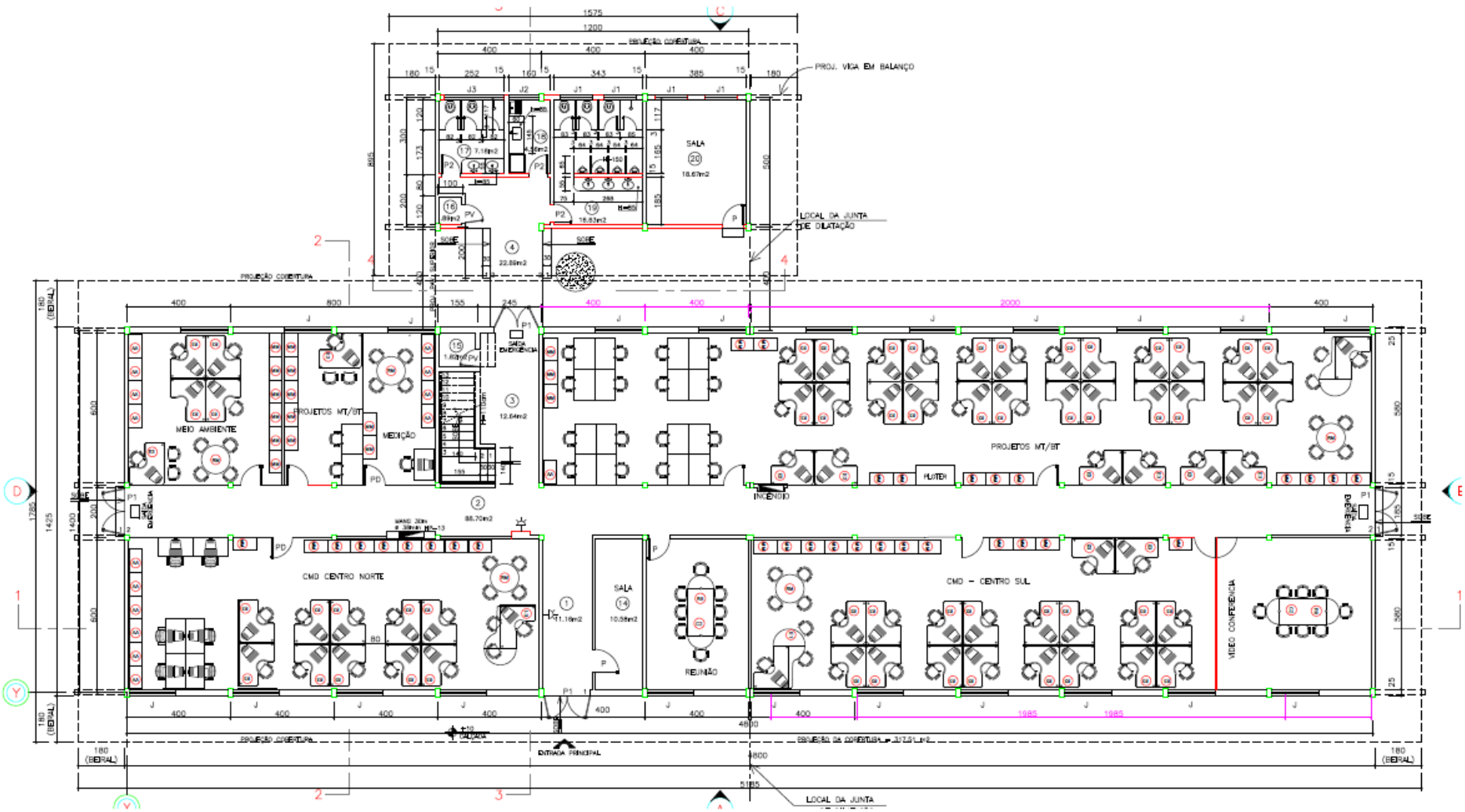
Para o presente estudo a categoria a ser considerada seria a Reúso Urbano, a qual, segundo o Guia, corresponde á águas destinadas para irrigação de áreas como parques, playgrounds, pátios de escola e residências; descargas de bacias sanitárias, ar condicionado, proteção contra incêndios, construções, fontes ornamentais.

Os parâmetros de qualidade e tratamento sugerido são estabelecidos por Estado, sendo válida consulta no próprio Guia.

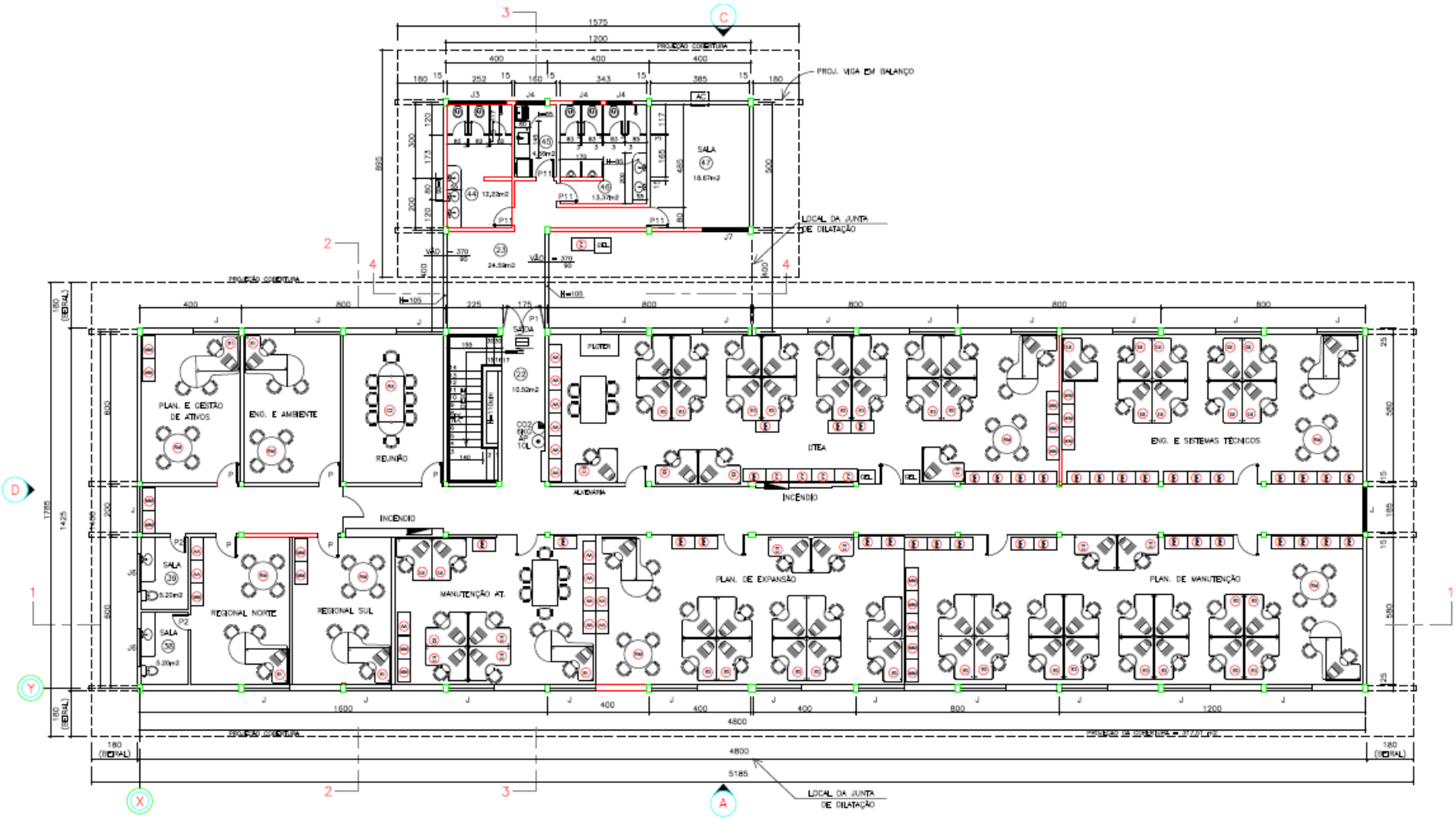
ANEXO B – PLANTA DO CENTRO DE OPERAÇÃO CARAPINA


RODOVIA BR 101 NORTE
SERRA
RUA ANTÔNIO CARON
RUA ANTÔNIO CARON
VITÓRIA
RUA J
AVENIDA LOURIVAL NUNES
Prédio A
Prédio B
Prédio C
Prédio D
Prédio E
Prédio F
Prédio G
Prédio H
Prédio I
Prédio J
Prédio K
Prédio M
Prédio P
"G7" PR. 22
"G6" PR. 22
"G1" PR. 21
"O" PR. 17
"A3" PR. 20
PORTARIA FUNDOS
PR. 23
PLANTA DE SITUAÇÃO
ESCALA 1/500
LEGENDA :
NOTAS :
PLANTA DE SITUAÇÃO
ESCALA 1/1000
ESCELSA – "CENTRO OPERATIVO DE CARAPINA"
RODOVIA BR-101 NORTE, KM S/N, Nº 2984 – VARIRIA – SERRA – ES
ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS S/A
JULIO CESAR HERMIN DE SOUZA – CREA 14584-D – ES
NOVEMBRO/ 2020
1/2000
ESCELSA – ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.
CENTRO OPERATIVO DE CARAPINA (C.O.C.)
PLANO GERAL
PLANTA DE SITUAÇÃO
REDE DE ESGOTO
PROJ. HIDROSANITÁRIO
01/29
A0
1/35
REVISÕES
DATA
PROJETO
DESENHO
APROVADO
NOTAS
REFERÊNCIAS
ESCELSA
OUTUBRO 2020

ANEXO C – PLANTAS BAIXAS DO PRÉDIO E



1º Pavimento



2º Pavimento

ANEXO D – IMAGENS DO PRÉDIO E

Figura 17 – Bacia sanitária dos banheiros feminino e masculino do primeiro pavimento e do masculino do segundo pavimento.

Figura 18 – Bacia sanitária do banheiro feminino do segundo pavimento.

Figura 19 – Mictórios dos banheiros masculinos.

Figura 20 – Pia do banheiro feminino do primeiro pavimento.

Figura 21 – Pia do banheiro feminino do segundo pavimento.

Figura 22 – Pia do banheiro masculino do primeiro pavimento.

Figura 23 – Pia do banheiro masculino do segundo pavimento.

Figura 24 – Pia e tanque da Copa do primeiro pavimento.

Figura 25 – Pia e tanque da Copa do segundo pavimento.

Figura 26 – Pia da Copa secundária do segundo pavimento.