

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

CAROLINA WASSEM GALVÃO

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA
EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

**VITÓRIA
2021**

CAROLINA WASSEM GALVÃO

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA
EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL DE GRANDE PORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração em Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof.Dr. Diogo Costa Buarque

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves

VITÓRIA
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar meus caminhos.

Aos meus pais, Graça e Adésio, por todo o amor e todos os ensinamentos que possibilitaram minha formação profissional e, principalmente, pessoal.

Ao meu esposo Arthur, por ser minha fortaleza diária e à Elisa, nossa doce espera.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Diogo Costa Buarque, e ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves, pela orientação, apoio e confiança no meu trabalho.

Ao professor e amigo Flávio Vassalo, pelo apoio e auxílio como engenheiro civil.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, por todos os conhecimentos e experiências compartilhados.

Aos amigos do Laboratório de Hidrossedimentologia, Geoprocessamento e Gestão da Água, em especial à Lizandra e Gabriela.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

À todos que estiveram ao meu lado.

RESUMO

A avaliação técnica e econômica para implantação de sistemas de conservação de água que abordam o uso de fontes alternativas para fins não potáveis é ferramenta imprescindível na tomada de decisão para determinação da configuração mais adequada para cada edificação. Desse modo, esta pesquisa buscou avaliar a viabilidade técnica e econômica do reúso de esgoto sanitário para atendimento às demandas não potáveis em relação ao reúso de água cinza no Shopping Center Vila Velha. Foram estabelecidos e avaliados cenários de reúso de esgoto sanitário associado ou não ao aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, em comparação com o reúso de água cinza associado ao aproveitamento de água de chuva e de água de condensado. A avaliação técnica foi realizada com auxílio do software *STAN* (subSTance flow ANalysis), por meio da elaboração de três balanços hídricos hipotéticos para a edificação. A avaliação econômica foi realizada por meio de orçamentos para a implantação de oito configurações de coleta, armazenamento, tratamento e distribuição das quatro fontes alternativas de água não potável. Os resultados obtidos na avaliação de viabilidade técnica indicaram que o reúso de esgoto sanitário oferece melhor desempenho no atendimento às demandas por água não potável, quando comparado com o reúso de água cinza. Além disso, o cenário em que apenas o esgoto sanitário é utilizado como fonte alternativa é o que garante maior segurança hídrica para a edificação, de modo que toda a demanda por água não potável poderia ser suprida apenas com a oferta de esgoto sanitário. Os resultados obtidos na avaliação de viabilidade econômica indicaram que todos os cenários avaliados apresentam viabilidade econômica, com VPLs entre R\$ 7.184.956,17 e R\$ 11.736.080,62, TIR entre 52% e 182% e período de retorno entre sete meses e dois anos e dois meses. Além disso, apesar de apresentar maiores custos de investimento inicial e de operação e manutenção, os sistemas que consideram o reúso de esgoto sanitário apresentam VPL, TIR e Pay Back descontado melhores que o do sistema com reúso de água cinza, quando consideradas soluções de tratamento semelhantes. Desse modo, para o Shopping Center Vila Velha, o reúso do esgoto sanitário apresentou melhor viabilidade técnica e econômica que o reúso de água cinza.

Palavras chave: Reúso de esgoto, Viabilidade técnica, Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The technical and economic evaluation for the implementation of water conservation systems that address the use of alternative sources for non-potable purposes is an essential tool in decision-making to determine the most appropriate configuration for each building. Thus, this research sought to evaluate the technical and economic feasibility of reusing sanitary sewage to meet non-potable demands in relation to the reuse of greywater at Shopping Center Vila Velha. Scenarios for the reuse of sanitary sewage associated or not with the use of rainwater and condensate water were established and evaluated, in comparison with the reuse of greywater associated with the use of rainwater and condensate water. The technical evaluation was carried out with the aid of the STAN software (subSTance flow ANalysis), through the preparation of three hypothetical water balances for the building. The economic evaluation was carried out through budgets for the implementation of eight settings for the collection, storage, treatment and distribution of the four alternative sources of non-potable water. The results obtained in the technical feasibility assessment indicated that the reuse of sanitary sewage offers better performance in meeting the demands for non-potable water, when compared to the reuse of greywater. In addition, the scenario in which only sanitary sewage is used as an alternative source is the one that guarantees greater water security for the building, so that all the demand for non-potable water could be met only with the supply of sanitary sewage. The results obtained in the economic viability assessment indicated that all the scenarios evaluated have economic viability, with NPVs between R\$ 7,184,956.17 and R\$ 11,736,080.62, IRR between 52% and 182% and payback period between seven months and two years and two months. In addition, despite presenting higher initial investment and operation and maintenance costs, systems that consider the reuse of sanitary sewage have NPV, IRR and Pay Back discounted better than that of the system with reuse of greywater, when considering similar treatment solutions. Thus, for the Shopping Center Vila Velha, the reuse of sanitary sewage showed better technical and economic feasibility than the reuse of greywater.

Keywords: Sewage reuse, Technical feasibility, Economic feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentuais médias de usos finais de água potável e não potável em diferentes tipos de edifícios no Brasil	23
Figura 2 – Precipitação Acumulada Mensal média (mm) – Estação 83648.....	27
Figura 3 – Esquema de uma unidade de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado com Sistema de Recuperação de Condensado.....	30
Figura 4 – Volume total de água de condensado coletada.....	31
Figura 5 – Residência com sistema de reúso de água cinza (a); Residência com reúso de esgoto sanitário (b)	33
Figura 6 – Tecnologias de tratamento de acordo com o nível desejado de qualidade da água.	41
Figura 7 – Fluxograma de tratamento de água cinza	42
Figura 8 – Esquema de um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) com compartimento de sedimentação.	44
Figura 9 – Esquema de um Wetland Construído de Fluxo Vertical.	46
Figura 10 – Esquema de um reator UASB.....	48
Figura 11 – Faixa de tamanho dos constituintes em águas residuárias e faixa de operação de processos de membrana.....	50
Figura 12 – Filtração terciária (filtração de profundidade) utilizada no tratamento de águas residuárias.....	52
Figura 13 – Sistema automatizado de cloração utilizado no tratamento de águas residuárias	53
Figura 14 – Exemplo de fluxograma de AFM com sete fluxos e três processos.....	55
Figura 15 – Fluxo de Caixa Simplificado para um horizonte de 10 anos.	57
Figura 16 – Ponto de Equilíbrio de Fisher	60
Figura 17 – Localização do Shopping Vila Velha.	63
Figura 18 – Setorização do consumo de água potável do Shopping Vila Velha, de acordo com as leituras realizadas por Guzzo (2017) entre outubro de 2016 e janeiro de 2017.	64
Figura 19 – Percentual da demanda média diária de água potável correspondente às diversas atividades consumidoras do Shopping Vila Velha.....	66
Figura 20 – Percentual da demanda média diária de água não potável correspondente às diversas atividades consumidoras do Shopping Vila Velha.....	66
Figura 21 – ETAC proposta por Valentina (2017).	71
Figura 22 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV– Alternativa 1.	71
Figura 23 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV – Alternativa 2.	72
Figura 24 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV – Alternativa 3.	73
Figura 25 – Esquema geral do Balanço Hídrico proposto para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.	75
Figura 26 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 1 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.	77
Figura 27 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 2 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.	78
Figura 28 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 3 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.	79
Figura 29 – Evolução do Índice de Preços ao Consumidor Amplo entre os anos de 2004 e 2019.	84
Figura 30 – Evolução da Taxa Selic – janeiro de 2017 a março de 2020.....	86

Figura 31 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o aproveitamento de água de chuva para atendimento das do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018	89
Figura 32 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha considerando as ofertas de água cinza, de água de chuva e de água de condensado.....	91
Figura 33 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o reúso de água cinza e o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado para atendimento das demandas do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018.....	92
Figura 34 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 1, considerando a água cinza, a água de chuva e a água de condensado como fontes alternativas para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.....	94
Figura 35 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha no Cenário 2, considerando as ofertas de esgoto sanitário, de água de chuva e de água de condensado.	96
Figura 36 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 2, considerando o esgoto sanitário como fonte alternativa para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.....	97
Figura 37 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha no Cenário 3, considerando as ofertas de esgoto sanitário, de água de chuva e de água de condensado.	99
Figura 38 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado para atendimento da demanda da torre de resfriamento do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018.....	100
Figura 39 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 3, considerando o esgoto sanitário, a água de chuva e a água de condensado como fontes alternativas para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.	101
Figura 40 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para o Cenário 1	102
Figura 41 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para o Cenário 3	103
Figura 42 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para os três cenários avaliados.....	104
Figura 43 - Ponto de Equilíbrio de Fisher entre o Cenário 2, Alternativa 1 e o Cenário 3, Alternativa 1.....	123
Figura 44 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008).....	190
Figura 45 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018).....	190
Figura 46 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008).....	197
Figura 47 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018).....	197
Figura 48 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 1, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha.....	198
Figura 49 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 2, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha.....	199
Figura 50 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008).....	200
Figura 51 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018).....	200
Figura 52 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 3, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha.....	201

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de água de reúso e cuidados adicionais para sua aplicação	35
Quadro 2 – Classificação de água de reúso e respectivos requisitos de qualidade	35
Quadro 3 – Classificação de água de reúso em edificações	36
Quadro 4 - Parâmetros de qualidade da água não potável	37
Quadro 5 - Parâmetros mínimos de qualidade de água de chuva para usos não potáveis ..	37
Quadro 6 - Diretrizes sugeridas para reúso da água em torres de resfriamento com recirculação de água.....	38
Quadro 7 – Critérios de projeto para sistemas compostos por reatores UASB + FBAS	48
Quadro 8 – Cenários propostos de reúso e aproveitamento de água no Shopping Vila Velha	69
Quadro 9 – Preços e reajustes de serviço de água e esgoto na Grande Vitória – ES entre os anos de 2004 e 2019.	85
Quadro 10 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado	105
Quadro 11 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado	106
Quadro 12 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado.....	107
Quadro 13 – Fluxo de Caixa – Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado	108
Quadro 14 – Fluxo de Caixa – Cenário 1.1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, considerando a instalação de reservatórios para armazenamento da água de chuva.....	109
Quadro 15 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário	110
Quadro 16 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário.....	111
Quadro 17 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário	112
Quadro 18 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 1	113
Quadro 19 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 2	114
Quadro 20 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 3.....	115
Quadro 21 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado	116
Quadro 22 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado	117
Quadro 23 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado	118
Quadro 24 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 1.....	119
Quadro 25 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 2.....	120
Quadro 26 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 3.....	121
Quadro 27 – Indicadores de viabilidade econômica dos cenários	121
Quadro 28 - Parâmetros característicos para água de reúso classe 1.	139
Quadro 29 - Parâmetros básicos para água de reúso classe 2.....	139
Quadro 30 - Parâmetros básicos para água de reúso Classe 3.	140
Quadro 31 - Variáveis de qualidade de água recomendados para o uso em torres de resfriamento.....	140
Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003.....	191

Quadro 33 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de água cinza proposto no Cenário 1 para o Shopping Vila Velha.....	202
Quadro 34 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto nos Cenários 1 e 3 para o Shopping Vila Velha.	205
Quadro 35 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de condensado proposto nos Cenários 1 e 3 para o Shopping Vila Velha.	206
Quadro 36 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 2 para o Shopping Vila Velha.	207
Quadro 37 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 3 para o Shopping Vila Velha.	211

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ARSP	Agência Reguladora de Serviços Públicos do Espírito Santo
BACEN	Banco Central do Brasil
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
EPAR	Estação de Produção de Água de Reúso
ETAC	Estação de Tratamento de Água Cinza
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
kWh/m ³	Quilowatt hora por metro cúbico
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
m ³ /ano	Metro cúbico por ano
m ³ /dia	Metro cúbico por dia
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
RECAP	Reservatório de Contenção de Águas Pluviais
SCVV	Shopping Center Vila Velha
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	ESCASSEZ HÍDRICA.....	20
3.2	SEGURANÇA HÍDRICA	21
3.3	CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES.....	22
3.4	CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES.....	23
3.4.1	Uso racional de água.....	24
3.4.2	Fontes alternativas de água não potável	25
3.5	QUALIDADE DA ÁGUA PARA USOS NÃO POTÁVEIS	34
3.6	SISTEMAS DE TRATAMENTO PARA REÚSO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES.....	38
3.6.1	Aproveitamento de água da chuva em edificações.....	39
3.6.2	Aproveitamento de água de condensado em edificações	39
3.6.3	Reúso de águas residuárias em edificações.....	40
3.7	VIABILIDADE TÉCNICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA	53
3.7.1	Balanço Hídrico	53
3.8	VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	56
3.8.1	Métodos quantitativos de análise de investimentos	57
3.8.2	Ponto de Equilíbrio de Fisher.....	59
4	METODOLOGIA	61
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	61
4.2	CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA DA EDIFICAÇÃO.....	62
4.2.1	Tipologia da edificação	62
4.2.2	Consumo de água potável	64
4.2.3	Demanda de água potável e não potável.....	65
4.2.4	Fontes alternativas de água não potável	67
4.3	ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	69
4.4	TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA PRODUZIR ÁGUA DE REÚSO	70
4.5	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DOS CENÁRIOS	74
4.5.1	Balanço hídrico	74
4.6	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS CENÁRIOS	80
4.6.1	Investimento em bens de capital.....	80
4.6.2	Custos de operação e manutenção	82
4.6.3	Receitas	83
4.6.4	Taxas, tarifas e índices de reajuste	84

4.6.5	Viabilidade econômica.....	86
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
5.1	VIABILIDADE TÉCNICA DOS CENÁRIOS.....	88
5.1.1	Potencial de aproveitamento de água de chuva	88
5.1.2	Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado	90
5.1.3	Cenário 2: reúso de esgoto sanitário	95
5.1.4	Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado	98
5.1.5	Análise técnica comparativa dos cenários	102
5.2	VIABILIDADE ECONÔMICA DOS CENÁRIOS.....	105
5.2.1	Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado	105
5.2.2	Cenário 2: reúso de esgoto sanitário	109
5.2.3	Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado	115
5.2.4	Indicadores de viabilidade econômica	121
5.2.5	Ponto de Equilíbrio de Fisher.....	123
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	124
6.1	CONCLUSÕES GERAIS	124
6.2	RECOMENDAÇÕES	125
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	ANEXO A	139
	ANEXO B	141
	ANEXO C	149
	ANEXO D	157
	ANEXO E	163
	ANEXO F.....	171
	ANEXO G	179
	ANEXO H	182
	ANEXO I.....	184
	ANEXO J.....	188
	ANEXO K	189
	APÊNDICE A.....	190
	APÊNDICE B.....	191
	APÊNDICE C	197
	APÊNDICE D	198
	APÊNDICE E.....	199
	APÊNDICE F.....	200

APÊNDICE G	201
APÊNDICE H	202
APÊNDICE I	205
APÊNDICE J	206
APÊNDICE K.....	207
APÊNDICE L	211

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água, seja devido ao crescimento populacional, às mudanças climáticas ou à deterioração da qualidade das fontes naturais, gerou uma busca crescente por ações que promovam a conservação dos recursos hídricos, as quais podem atuar na gestão da demanda e na gestão da oferta de água (BRASIL, 2005; ABNT, 2019c). A gestão da água pode ser realizada em três níveis sistêmicos, macro, meso e micro. No nível macro estão enquadradas as ações referentes à gestão de bacias hidrográficas, o nível meso aborda os sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário e o nível micro está relacionado com o consumo de água em edificações prediais (OLIVEIRA, 1999).

Ações de gestão da demanda em edificações prediais referem-se à redução do consumo da água pelos usuários do sistema, sem prejuízo para a higiene e conforto proporcionado, e dizem respeito à utilização de equipamentos economizadores de água, de medição setorizada e de detecção e correção de vazamentos, cujas eficiências tem sido avaliadas em diversos estudos como os de Aguiar (2010), Freire *et al.* (2010), Marinho *et al.* (2014), Alexandre *et al.* (2017), Vianna (2017), Marinoski *et al.* (2018) e Abd-Elal (2021). A instalação de aparelhos economizadores além de atuar na gestão da demanda de água, possui potencial de redução da produção de esgoto, evidenciando outra vantagem da implantação de ações de gestão da demanda de água, ou seja, a redução dos efluentes gerados (MARINOSKI *et al.*, 2018).

No entanto, deve-se considerar que diversos usos prediais como, por exemplo, descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e sistemas de resfriamento não requerem água dentro dos padrões de potabilidade. Desse modo, dentre um conjunto de esforços, o uso de fontes alternativas de água não potável surge como uma solução para atuar na gestão da oferta de água, promovendo a conservação dos recursos naturais e, conseqüentemente, proporcionando maior segurança hídrica e sanitária para a edificação (ABNT, 2019c). Isso porque, em casos de desabastecimento e/ou racionamento de água por parte do sistema público de abastecimento, o uso de fontes alternativas de água não potável permite o funcionamento daqueles usos que não requerem água potável. Dessa forma, a edificação ganha maior independência perante o sistema público de abastecimento

de água e fornece maior confiabilidade aos usuários da edificação (PAVOLOVÁ *et al.*, 2019).

Em dezembro de 2019, a ABNT, por meio da comissão de estudo ABNT 002:146.004-002, publicou duas normas com o intuito de delimitar critérios para a conservação de água e do uso de fontes alternativas (ABNT, 2019b; ABNT, 2019c). Dentre as fontes alternativas de água não potável, a ABNT (2019c) contempla: água de chuva¹, água pluvial², água de rebaixamento de lençol freático³, água clara⁴, água cinza clara⁵, água cinza escura⁶, água negra⁷ e esgoto sanitário⁸. A justificativa da utilização de outras fontes alternativas fica a critério do projetista, assim como a definição de procedimentos e parâmetros de qualidade.

Muitos pesquisadores, em diferentes países, estudaram o uso de fontes alternativas de água e comprovaram o potencial de redução de consumo de água potável (VALENTINA, 2009; AGUIAR, 2010; PROENÇA e GHISI, 2010; KHAN, 2013; SIAM, 2013; GOIS *et al.*, 2015; GUZZO, 2017; MAGRINI *et al.*, 2017; ALI, 2018; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019) e a viabilidade econômica do uso de fontes alternativas (GHISI e SCHONDERMARK, 2013; GIKAS *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; CAMPISANO *et al.*, 2017; GHISI *et al.*, 2017; VALENTINA, 2017; PAVOLOVÁ *et al.*, 2019).

A utilização de água de chuva como fonte alternativa de água para fins não potáveis em edificações residenciais tem-se mostrado viável por diversos autores (GHISI E SCHONDERMARK, 2013; GHISI *et al.*, 2017; CAMPISANO *et al.*, 2017; LEONG *et al.*, 2018; PAVOLOVÁ *et al.*, 2019). O uso de água de chuva pode proporcionar uma economia de cerca de 30 a 60% no consumo de água potável, com período de retorno sobre o investimento de pouco mais de 2 anos até 15 anos (CAMPISANO *et*

¹ Água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas e telhados sem circulação de pessoas, veículos ou animais (ABNT, 2019c).

² Água resultante de precipitações atmosféricas coletada em pisos e lajes em que haja circulação de pessoas, veículos ou animais (ABNT, 2019c).

³ Água resultante do rebaixamento de lençol freático para redução de pressões neutras no subsolo de edificações (ABNT, 2019c).

⁴ Efluente gerado em sistemas de resfriamento, sistema de vapor e condensado e outros equipamentos (ABNT, 2019c).

⁵ Água servida proveniente de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lava-roupa (ABNT, 2019c).

⁶ Água servida proveniente de pia de cozinha e máquina de lavar louça considerada isoladamente ou somada à água cinza clara (ABNT, 2019c).

⁷ Água proveniente de bacia sanitária e mictório (ABNT, 2019c).

⁸ Toda a água servida proveniente de aparelhos hidrossanitários do edifício (ABNT, 2019c).

al., 2017; GHISI *et al.*, 2017). Tais resultados demonstram a importância de estudos de avaliação prévia do potencial de redução do consumo de água potável, para que seja definida a melhor alternativa para atendimento da demanda por fontes alternativas em uma edificação (KOLAVANI e KOLAVANI, 2020).

O reúso de esgoto sanitário e o de água cinza também apresentaram viabilidade financeira em diversos estudos (GIKAS *et al.*, 2015; OH *et al.*, 2015; VALENTINA, 2017; LEONG *et al.*, 2019). Sistemas de reúso de esgoto sanitário podem reduzir significativamente o custo total de gerenciamento de água e esgoto, apresentando custos 19% menores quando comparados a sistemas convencionais, onde não há reúso ou aproveitamento de água (GIKAS *et al.*, 2015).

Porém, muitas vezes o uso de somente uma fonte alternativa não é suficiente para atender toda a demanda por água não potável da edificação, sendo necessários sistemas híbridos. Por exemplo, Gois *et al.* (2015) verificaram que o sistema de reúso de água cinza só seria viável economicamente se associado ao sistema de captação de água de chuva. Neste sentido, os sistemas híbridos também têm sido avaliados de forma positiva quanto à sua viabilidade técnica e econômica (e.g. GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; GUZZO, 2017; GONZALEZ, 2018; MARINOSKI *et al.*, 2018; WANJIRU e XIA, 2018; LEONG *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; LEONG *et al.*, 2019).

O uso associado de mais de uma fonte alternativa maximiza o suprimento de água em uma edificação, isso devido às características particulares de cada fonte alternativa. Exemplo disso é a instabilidade da oferta de água de chuva, que faz com que sejam dimensionados grandes reservatórios e, sendo este o item mais caro do sistema de captação de água de chuva (GOIS *et al.*, 2015), pode inviabilizar financeiramente sua instalação em determinadas edificações. Em contrapartida, a oferta de água cinza, embora represente pouco volume em relação à demanda não potável, contribui para estabilizar a oferta em situações de escassez de chuvas (GONZALEZ, 2018).

Assim como a oferta de água cinza, a oferta de esgoto sanitário também é considerada uma fonte regular de água não potável, uma vez que ambas possuem produção contínua ao longo do dia, ou durante o tempo de funcionamento da edificação. No entanto, uma edificação com sistema de reúso de água cinza, a rede

predial de coleta de esgoto sanitário deve ser projetada com a segregação das correntes, de maneira que águas cinza e negra possam ser coletadas por tubulações distintas (GONÇALVES, 2006), com a água cinza sendo encaminhada para uma Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC) e, posteriormente, encaminhada para o reúso, e a água negra encaminhada para o sistema público de coleta de esgoto. Já o reúso do esgoto gerado pela edificação pode ser uma alternativa à segregação das correntes, suprimindo a edificação com água não potável e reduzindo os custos com lançamento de efluentes na rede pública.

Tanto o reúso de água cinza como o de esgoto sanitário, reduz o volume de efluentes lançado na rede pública de coleta, porém requerem maiores níveis de tratamento, principalmente no caso de reúso de esgoto sanitário, quando comparados à água de chuva e à água de condensado.

A água de condensado é considerada uma fonte alternativa regular que, embora venha sendo desperdiçada, tem potencial para suprir demandas por água não potável (ALI, 2018). Embora o volume produzido ainda é pequeno quando comparado com outras fontes alternativas, o seu potencial tem sido demonstrado por diversos autores (KHAN, 2013; SIAM, 2013; e MAGRINI *et al.*, 2017), inclusive com a possibilidade de tratamento dessa água para fins potáveis (AL-FARAYEDHI *et al.*, 2014; MAGRINI *et al.*, 2017).

Guzzo (2017) realizou estudo em um Shopping Center localizado no município de Vila Velha – ES e verificou que a associação de sistemas de reúso de água cinza e a aproveitamento de água de chuva e de condensado poderia atender 84% da demanda de água não potável da edificação. Valentina (2017) e Gonzalez (2018) comprovaram que o uso destas três fontes alternativas também pode ser economicamente viável para o empreendimento estudado por Guzzo (2017).

Diante dos resultados apresentados por Guzzo (2017), Valentina (2017) e Gonzalez (2018) e da regulamentação para a conservação de água e para o uso de fontes alternativas (ABNT, 2019b; ABNT, 2019c), este estudo busca avaliar uma nova configuração para o empreendimento estudado pelos autores. Essa nova configuração inclui a possibilidade do reúso de esgoto sanitário como fonte alternativa de água não potável, seja de forma isolada ou em associação com as outras fontes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade do reúso de esgoto sanitário para atendimento às demandas não potáveis em relação ao reúso de água cinza em um Shopping Center.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, necessários para alcançar o objetivo principal, tem-se:

- ✓ Avaliar o potencial do reúso de esgoto, isoladamente ou associado a outras fontes alternativas de água não potável para atendimento da demanda de água não potável em um Shopping Center;
- ✓ Avaliar a viabilidade econômica do reúso de esgoto em comparação com a do reúso de água cinza, isoladamente ou associado a outras fontes alternativas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item é apresentada uma revisão de trabalhos, com conceitos e discussões que corroboram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Nos itens 3.1 e 3.2 é apresentada a motivação para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à conservação de água. Nos itens 3.3 e 3.4 são apresentados os diversos usos da água em edificações e os métodos que podem ser aplicados para a conservação da água, respectivamente. No item 3.5 são apresentados os requisitos de qualidade de água requeridos para o reúso e aproveitamento de fontes alternativas. Já no item 3.6 são apresentadas as tecnologias de tratamento que podem ser aplicadas para atingir os requisitos de qualidade da água exigidos para a utilização de fontes alternativas em edificações. Por fim, nos itens 3.7 e 3.8 são apresentados alguns métodos utilizados para verificar a viabilidade técnica e econômica do uso de fontes alternativas em edificações.

Para os efeitos desta pesquisa, aplicam-se os seguintes termos e definições:

- Água cinza clara: água servida, proveniente de chuveiros, banheiras, tanques e máquinas de lavar roupa;
- Água cinza escura: água servida, proveniente pia de cozinha e máquina de lavar louça;
- Água de chuva: água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos e animais;
- Água de condensado: efluente gerado de sistemas de resfriamento, sistema de vapor e condensado, sistema de destilação e outros equipamentos;
- Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido em legislação vigente;
- Água não potável: água cujas características não estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido em legislação vigente;
- Aproveitamento de água: utilização, mediante tratamento adequado, de água disponível e ainda não utilizada em processos benéficos;
- Consumo: quantidade de água utilizada nas atividades consumidoras, durante um dado período de tempo;

- Demanda: quantidade de água utilizada nas atividades consumidoras, durante um dado período de tempo adicionada à quantidade de água perdida ou desperdiçada nas atividades consumidoras;
- Fonte alternativa não potável: fonte de água não potável alternativa à água potável fornecida pela empresa prestadora de serviços de saneamento;
- Oferta: quantidade de água disponível para as atividades consumidoras, durante um dado período de tempo;
- Reúso de água: reutilização, mediante tratamento adequado, de água previamente utilizada;

3.1 ESCASSEZ HÍDRICA

De acordo com WWAP (2020), devido ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico e às mudanças nos padrões de consumo, o consumo mundial de água tem aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% por ano, totalizando um aumento de seis vezes nos últimos cem anos. Concomitante ao aumento da quantidade de água demandada está a degradação da qualidade dos recursos hídricos disponíveis, os quais recebem direta e indiretamente agrotóxicos, esgotos domésticos e industriais, além de resíduos sólidos (IGBP, 2012; FATTAKASSINOS *et al.*, 2016).

De acordo com WWAP (2018), o maior desafio à qualidade da água é a carga de nutrientes, a qual é frequentemente associada à carga de agentes patógenos e, consequentemente, uma ameaça à saúde humana. Dessa forma, de acordo com o Relatório da ANA sobre os Recursos Hídricos no Brasil, essa pressão sobre os recursos hídricos fará com que os mananciais atualmente explorados não sejam suficientes para atendimento das demandas futuras, sendo necessárias adequações estruturais e melhorias da capacidade operacional dos sistemas de abastecimento para a garantia da oferta de água (ANA, 2017a).

Além disso, a ocorrência de eventos extremos de excesso ou escassez de chuva podem representar indícios de mudanças climáticas e alterações nos padrões da precipitação no Brasil (ANA, 2017a). Em 2018, 43 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens no Brasil, um número cerca de trinta vezes maior do que aquelas afetadas por cheias. Cerca de 2.516 eventos de seca associados a

danos humanos foram quantificados em 2018, quase quatro vezes mais que os de cheias (ANA, 2019).

A crise hídrica, seja ela prolongada ou momentânea, possibilita uma análise em relação às condições que os sistemas de engenharia precisam atender para garantir com segurança o atendimento das demandas hídricas atuais e futuras, considerando a minimização de custos sociais ou ambientais (ANA, 2017a). Sendo assim, tornam-se necessárias novas abordagens envolvendo a conservação dos recursos hídricos e a otimização do consumo de água (ABNT, 2019c), como, por exemplo, ações que promovam a conservação de água, a redução de perdas no sistema de abastecimento, de despoluição dos corpos d'água e a proteção e recuperação de bacias hidrográficas (ANA, 2018).

A conservação dos recursos hídricos e a otimização do consumo de água podem ser realizadas em três níveis de escala, sendo estes: nível macro, nível meso e nível micro. No nível macro, as ações são voltadas para grandes sistemas ambientais e bacias hidrográficas, o nível meso envolve sistemas públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, já o nível micro refere-se a ações voltadas para edificações prediais (OLIVEIRA, 1999). Os níveis descritos por Oliveira (1999) relacionam-se de forma integrada, visto que, ao realizar ações voltadas para a conservação de água em uma edificação, reduz-se a demanda por água nos sistemas públicos de abastecimento de água, e, conseqüentemente, reduz-se a pressão sobre as bacias hidrográficas.

3.2 SEGURANÇA HÍDRICA

A segurança hídrica busca garantir a disponibilidade hídrica para os diferentes usos da água, incluindo o uso ambiental. Diversos autores (GREY e SADOFF, 2007; HOUDRET *et al.*, 2010; DONOSO *et al.*, 2012; UN-WATER, 2013) definiram o termo “Segurança Hídrica”. Donoso *et al.* (2012) definiram o termo como a capacidade de uma população de garantir o acesso a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável para manter a saúde humana e do ecossistema em uma bacia hidrográfica, garantindo a proteção eficiente da vida e da propriedade contra riscos relacionados à água, como, por exemplo, inundações e secas. De acordo com UN-WATER (2013), alcançar a segurança da água exige que a alocação entre os usuários seja justa, eficiente e transparente; que a água, para satisfazer as

necessidades humanas básicas, seja disponível a um custo acessível ao usuário; que a água durante todo o seu ciclo seja coletada e tratada para evitar poluição e doenças; e que existam mecanismos justos, acessíveis e eficazes para gerenciar ou resolver disputas ou conflitos que possam surgir.

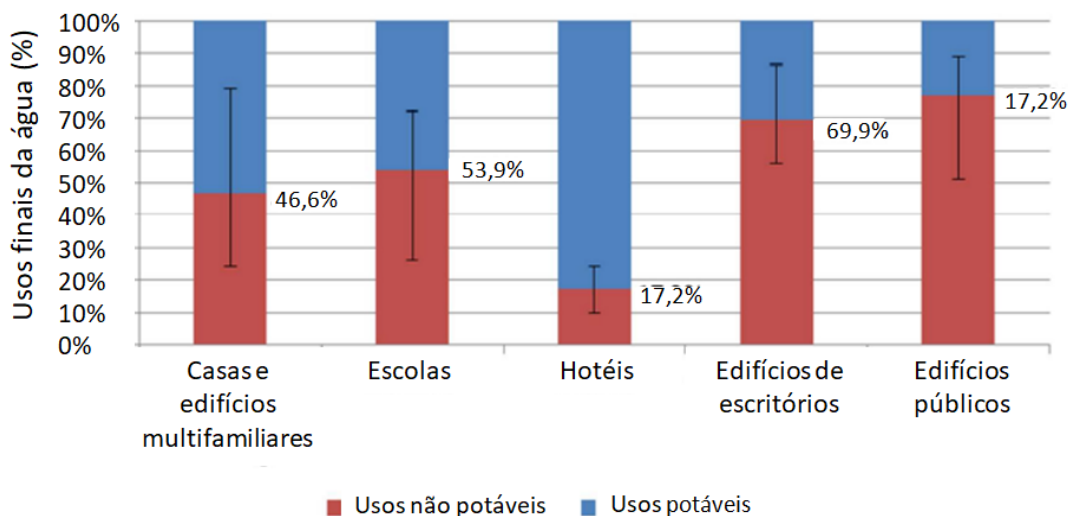
Dentre os principais elementos de apoio necessários para alcançar a segurança hídrica, a Organização das Nações Unidas para a Água destaca a necessidade de criar políticas de apoio ao uso de fontes de água não convencionais, como por exemplo, o gerenciamento de águas residuárias, para a reutilização em diversos usos. Isso porque existe um enorme potencial para as águas residuárias contribuírem para alcançar a segurança hídrica, principalmente em áreas com altos níveis de escassez de água doce e problemas crescentes de deterioração da qualidade da água (UN-WATER, 2013).

3.3 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

O consumo de água em edificações residenciais inclui usos internos e externos às residências, sendo as atividades de limpeza e higiene as principais responsáveis pelo uso interno, já o uso externo envolve a irrigação de jardins, piscinas e lavagem de áreas externas e veículos (GONÇALVES, 2009). Além disso, até 50% do total de água consumida em uma residência são destinados a usos que não necessitam de água potável, ou seja, usos não potáveis (GONÇALVES, 2009; TESTON *et al.*, 2018; CUREAU e GHISI, 2019; GHISI e MARINOSKI, 2019). Portanto, na determinação do perfil de consumo em uma edificação é importante considerar as duas classes de usos: potáveis e não potáveis.

Nesse sentido, Teston *et al.* (2018) estudaram os usos finais da água em diferentes tipos de edifícios no Brasil, a partir de dados de usos potáveis e não potáveis de edifícios residenciais, escolas, hotéis, edifícios de escritórios e edifícios administrativos públicos. Os percentuais médios, mínimos e máximos de usos não potáveis da água estimados pelos autores são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Percentuais médias de usos finais de água potável e não potável em diferentes tipos de edifícios no Brasil



Fonte: Adaptado de Teston *et al.* (2018)

A Figura 1 mostra o quanto os usos finais da água podem variar entre os diversos tipos de edificações, assim como entre aquelas de uma mesma tipologia. Isso destaca a importância da caracterização do consumo de água de uma edificação, principalmente em estudos para implantação de técnicas de conservação de água. Sendo objeto de estudo de diversos autores (DIAS *et al.*, 2018; KUSKI *et al.*, 2020; MECHRI *et al.*, 2021; FRANKEL *et al.*, 2021).

3.4 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Ao se falar de conservação da água em edificações, é importante destacar a evolução do conceito de “uso racional da água” para o de “conservação de água” (BRASIL, 2005). O primeiro diz respeito à demanda de água da edificação, enquanto que o segundo consiste na associação da gestão da demanda com a oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior. Sendo assim, a conservação de água pode ser definida como qualquer ação que (BRASIL, 2005): reduza a quantidade de água extraída em fontes naturais; reduza o consumo de água; reduza o desperdício de água; aumente a eficiência do uso de água; e ou aumente a reciclagem e o reúso de água.

Em sistemas prediais, a conservação da água envolve a gestão tanto da demanda quanto da oferta de água. Neste sentido, a ABNT (2019b) define a conservação de água como o conjunto de ações que otimizam a operação do sistema predial, de modo que a quantidade de água consumida seja reduzida (gestão da demanda), e

promovam uso de água proveniente de fontes alternativas à água potável fornecida pelo sistema público ou privado (gestão da oferta).

No item 3.4.1 são descritas as ações que podem ser tomadas para promover a gestão da demanda de água em edificações, como por exemplo, ações tecnológicas que envolvam a substituição de equipamentos. Já no Item 3.4.2 são descritas as fontes alternativas de água não potável que podem auxiliar na gestão da oferta de água em edificações.

3.4.1 Uso racional de água

A demanda de água, em qualquer que seja a tipologia da edificação, inclui o volume de água utilizado para atender às necessidades dos usuários na realização de suas atividades e o volume de água desperdiçado, seja por uso excessivo ou por perda (OLIVEIRA, 1999; BRASIL, 2005). A perda é definida como toda a água que escapa antes de ser utilizada para uma atividade fim, podendo ocorrer devido a vazamentos, mau desempenho do sistema e negligência do usuário. Já o uso excessivo ocorre quando a água é utilizada de modo inadequado em uma atividade e com o mau desempenho do sistema (BRASIL, 2005).

Com o objetivo de reduzir a água utilizada e os desperdícios nos edifícios, tem-se adotado ações nas áreas econômica, social e tecnológica, as quais foram descritas por Oliveira (1999) como:

- Ações econômicas: por meio de incentivos e desincentivos econômicos. Os incentivos podem ser oferecidos por meio de subsídios para a aquisição de sistemas e componentes economizadores de água e redução de tarifa. Os desincentivos podem ser implantados elevando-se as tarifas de água.
- Ações sociais: por meio de campanhas educativas e de conscientização do usuário implicando na redução do consumo devido à adequação de procedimentos relativos ao uso da água e da mudança de comportamento individual.
- Ações tecnológicas: por meio de substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, de implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, de detecção e correção de vazamentos.

A instalação de tecnologias economizadoras tem como objetivo reduzir o consumo de água independente da ação dos usuários e deve ser realizada em função das necessidades dos usuários, da avaliação técnico-econômica e das condições de cada sistema. Os componentes economizadores de água apresentam características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção. Por isso, é fundamental que sejam: especificados em função do uso a que se destinam e do tipo de usuário; instalados de acordo com as orientações dos fabricantes; utilizados para o fim a que se destinam, com possível treinamento dos usuários; e passíveis de manutenções corretivas e preventivas que garantam correto funcionamento e regulação (OLIVEIRA, 1999; BRASIL, 2005).

No mercado brasileiro pode ser encontrada uma grande variedade de equipamentos sanitários que tenham o objetivo de promover o uso racional da água. Dentre eles, podemos destacar: sensores de presença para mictórios e torneiras; válvulas de fechamento automático para mictórios, torneiras e chuveiros; bacias sanitárias com válvula de descarga com duplo acionamento e mictórios sem água (DECA, 2019).

3.4.2 Fontes alternativas de água não potável

A utilização de fontes alternativas de água em edificações pode trazer reduções significativas na demanda de água potável em nível municipal, se realizada em escala (SANT'ANA, 2017; CUREAU e GHISI; ABNT, 2019c). Os benefícios gerados com o uso de fontes alternativas não são somente para a edificação, mas também resultam em ganhos extensivos aos sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto, além de permitirem uma redução nas pressões pela exploração de novos mananciais e na degradação de corpos hídricos receptores de efluentes não tratados. Dentre as possibilidades de utilização de fontes alternativas de água não potável em uma edificação, destacam-se o aproveitamento de água pluvial e de água de chuva (ABNT, 2019c; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; PAVOLOVÁ *et al.*, 2019; KOLAVANI e KOLAVANI, 2020), água clara (ABNT, 2019c; KHAN, 2013; SIAM, 2013; e MAGRINI *et al.*, 2017; AL-FARAYEDHI *et al.*, 2014; MAGRINI *et al.*, 2017), bem como do reúso de águas cinza e negra e de esgoto sanitário (ABNT, 2019c; GIKAS *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; VALENTINA, 2017; LAM *et al.*, 2017; MARINOSKI *et al.*,

2018; MAKROPOULOS *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; ARDEN *et al.*, 2021; KOBAYASHI *et al.*, 2020).

3.4.2.1 Aproveitamento de água de chuva

A “Água de Chuva” para aproveitamento em edificações pode ser definida como a água proveniente de precipitações atmosféricas coletada em coberturas e telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais (ABNT, 2019a). Muitos estudos realizados no Brasil e no Mundo comprovam a eficiência de sistemas de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis (GHISI e SCHONDERMARK, 2013; FORTES *et al.*, 2015; GOIS *et al.*, 2015; CAMPISANO *et al.*, 2017; GHISI *et al.*, 2017; GUZZO, 2017; GONZALEZ, 2018; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; PAVOLOVÁ *et al.*, 2019).

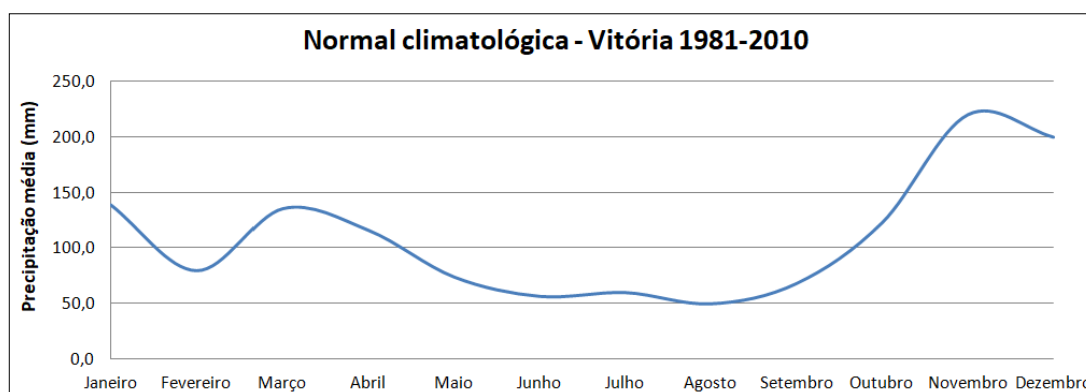
A NBR 15527 (ABNT, 2019a) fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, após tratamento adequado, tais como: sistemas de resfriamento a água; descargas em bacias sanitárias e mictórios; lavagem de veículos; lavagem de pisos; reserva técnica de incêndio; uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos) e irrigação para fins paisagísticos. Para outros usos, devem ser estudados os parâmetros de qualidade específicos e o tratamento necessário.

De acordo com Kinkade-Levario (2007), a coleta de água da chuva tem sido usada há vários milhares de anos como forma de aproveitar a precipitação que seria perdida no escoamento ou evaporação para suprir a demanda de água na agricultura e em residências. Contudo, é importante destacar que a quantidade de água coletada depende do tamanho da superfície de captação, da textura e da porosidade da superfície, e da declividade da superfície. Desse modo, de acordo com as características da superfície de captação, uma perda entre 10 e 70% pode ser esperada devido à absorção ou percolação do material, evaporação e ineficiências no processo de coleta.

Outro fator que pode restringir o potencial de captação de água de chuva é sua variabilidade entre os meses do ano, o que a torna uma fonte alternativa de água não potável instável (HARDY *et al.*, 2015). A Figura 2 representa a precipitação acumulada mensal média dos anos de 1981 a 2010, estimada com os dados da

estação pluviométrica localizada no município de Vitória-ES (Código: 83648). Na figura é possível observar maiores volumes de precipitação registrados nos meses de verão, principalmente em novembro e dezembro, e baixos volumes nos meses de inverno, com o mínimo valor registrado em agosto.

Figura 2 – Precipitação Acumulada Mensal média (mm) – Estação 83648



Fonte: Adaptado de INMET (2019)

Uma forma de minimizar essa variação da oferta é a construção de reservatórios com alta capacidade de armazenamento, para que os meses com baixa oferta possam ser supridos pelos volumes sobressalentes dos demais meses de maior oferta. Contudo, grandes reservatórios são limitados pelo espaço disponível e principalmente pelo custo de construção (GOIS *et al.*, 2015), motivando estudos com o intuito de otimizar o tamanho dos tanques de armazenamento de água de chuva (CAMPISANO e MODICA, 2012; IMTEAZ *et al.*, 2012; KARIM *et al.*, 2015; IMTEAZ *et al.*, 2017; FONSECA *et al.*, 2017; SEMAAN *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2021). Contudo, mesmo diante de tais limitações, e da necessidade de monitoramento e manutenção, a aplicação de sistemas de aproveitamento de água de chuva aumentam o grau de sustentabilidade de uma edificação, devido à conservação da água e ao auxílio no amortecimento de cheias urbanas (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Diversos métodos têm sido utilizados para dimensionar reservatórios de água de chuva (AMORIM e PEREIRA, 2008; BEZERRA *et al.*, 2010; CAMPISANO e MODICA, 2012; MATOS *et al.*, 2013; SANTOS e PINTO *et al.*, 2013; OKOYE *et al.*, 2015; IMTEAZ *et al.*, 2017; FONSECA *et al.*, 2017; BRANDÃO e MARCON, 2018; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019).

De acordo com Amorim e Pereira (2008), dentre as diversas metodologias disponíveis, o método da Simulação é indicado para avaliar detalhadamente a

variação do volume de água de chuva no reservatório ao longo da série histórica analisada, permitindo também avaliar a eficiência do sistema em atender a demanda necessária. Sendo assim, é possível estimar os percentuais de números de dias em que a água de chuva atenderá completamente as demandas diárias, os percentuais de números de dias em que a água de chuva atenderá parcialmente as demandas diárias e os percentuais de números de dias em que não será possível atender a demanda (AMORIM e PEREIRA, 2008). Além disso, de acordo com Ward *et al.* (2012), métodos que possibilitam a simulação contínua da variação do volume de água no reservatório fornecem melhores aproximações do desempenho real do sistema de captação de água de chuva e também do tempo de retorno do investimento realizado. No item 3.4.2.1.1 é descrito o procedimento de cálculo para aplicação do método da Simulação.

3.4.2.1.1 Método da simulação

No método da simulação os dados de precipitação são utilizados para simular o comportamento do volume de água armazenado em um reservatório com capacidade preestabelecida, conforme equação da continuidade a um reservatório finito (Equação 1).

$$S_{(t)} = S_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad 1$$

Sendo:

$S_{(t)}$ – Volume de água no reservatório no tempo ‘t’;

$S_{(t\pm 1)}$ – Volume de água no reservatório no tempo ‘t-1’;

$D_{(t)}$ – Demanda no tempo ‘t’;

$Q_{(t)}$ – Volume de água no tempo ‘t’.

O Volume de água no tempo ‘t’ é considerado como o volume potencial aproveitável de água de chuva e é obtido pela Equação 2:

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad 2$$

Sendo:

$Q_{(t)}$ – Volume de água aproveitável no tempo ‘t’;

C – Coeficiente de escoamento superficial;

$P_{(t)}$ – Precipitação no tempo ‘t’;

A – Área de captação.

Neste método, deve-se considerar que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e que os dados históricos são representativos para as condições futuras. O tempo “t” pode ser definido em escala mensal ou diária.

3.4.2.2 Aproveitamento de água de condensado

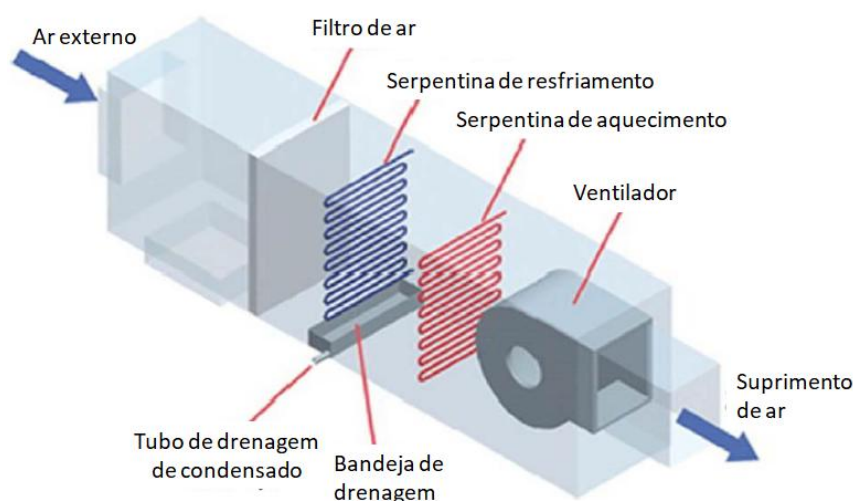
A operação de sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC) pode produzir volumes significativos de água de alta qualidade, chamada de água de condensado (KINKADE-LEVARIO, 2007; ALGARNI *et al.*, 2018). De acordo com Siam (2013), uma única unidade pode produzir de 259 a 453 litros por mês, a depender das características climáticas. Esse volume poderia servir como fonte alternativa de água (KINKADE-LEVARIO, 2007; ALGARNI *et al.*, 2018) sendo direcionado para o suprimento de demandas não potáveis como torre de resfriamento, irrigação, lavagem de carros e descarga de vasos sanitários (KAJALE, 2013; GLAWE *et al.*, 2016). No entanto, com grande frequência, este recurso potencial é direcionado para o sistema de esgoto sanitário ou para a drenagem de águas pluviais (SIAM, 2013).

A técnica de coleta de água de condensado é relativamente simples e esta requer pouco tratamento, oferecendo rápido retorno financeiro (ALGARNI *et al.*, 2018). Além disso, pode ser considerada ainda mais promissora em locais de clima quente e úmido, visto que a produção água de condensado depende, principalmente, do tempo de operação do equipamento e das diferenças de temperatura e umidade entre ambiente externo e interno (MAGRINI *et al.*, 2015a; ALI, 2018). Outro fator que influencia a produção de água de condensado é o modelo do equipamento, pois condicionadores de ar do tipo “split” geram mais água do que aqueles do tipo “janela”, para uma mesma capacidade refrigerante (AL-FARAYEDHI *et al.*, 2014).

A Figura 3 mostra o esquema de uma unidade AVAC com um Sistema de Recuperação de Condensado (SRC). A formação do condensado ocorre quando, ao passar pela serpentina de resfriamento, o calor do ar externo é transferido para um

fluido refrigerante, o qual tem o propósito de resfriar o ar forçado pelo ventilador sobre ele. Durante esse processo o ar sofre uma gradual perda de umidade, formando a água de condensado, a qual é coletada por uma bandeja de drenagem fixada na parte inferior da serpentina de resfriamento e drenada por um tubo de drenagem de condensado (MILLER e MILLER, 2014; GLAWE *et al.*, 2016; ALGARNI *et al.*, 2018).

Figura 3 – Esquema de uma unidade de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado com Sistema de Recuperação de Condensado.



Fonte: Adaptado de Glawe *et al.*, 2016

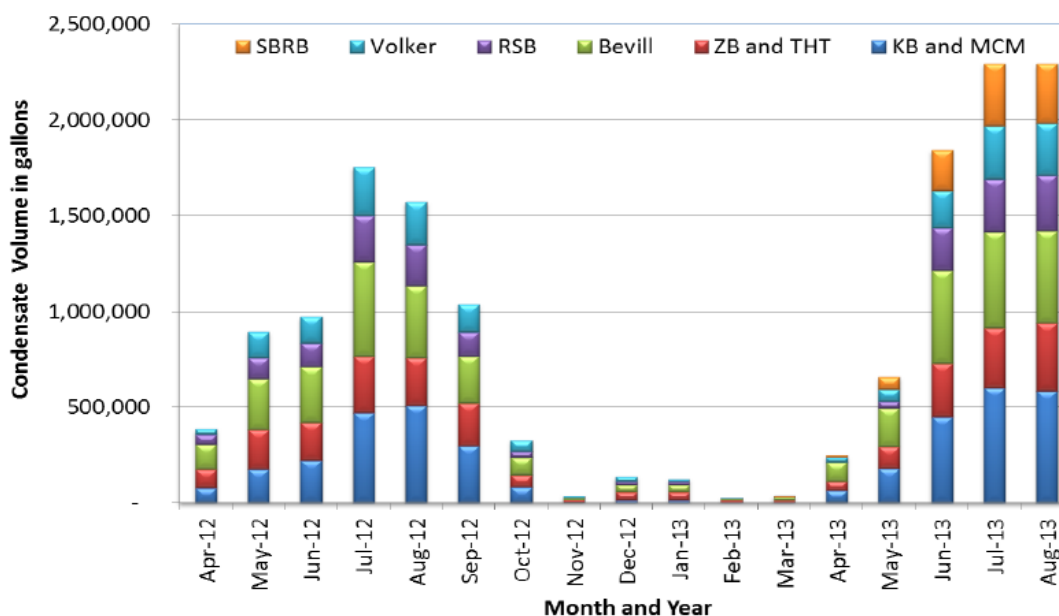
O processo de resfriamento do fluido refrigerante que absorveu o calor do ar externo é realizado por condensadores, podendo ser empregados os resfriados a ar e os resfriados à água. Os condensadores resfriados à água são mais eficientes, contudo, necessitam do suprimento de grandes quantidades de água, a qual deve ser eliminada ou recuperada por meio de seu resfriamento até uma temperatura que a torne reutilizável. Essa recuperação normalmente é realizada por uma torre de resfriamento, a qual resfria a água por meio da pulverização desta no interior de uma câmara fechada (MILLER e MILLER, 2014).

No entanto, uma parcela dessa água, denominada de “sangria” ou “purga”, enviada para as torres de resfriamento deve ser removida, a fim de evitar o aumento e a concentração de substâncias químicas causadoras de incrustações na água. Diante disso, é necessária a reposição da água de purga e também da água que é perdida por evaporação durante o processo de pulverização (KAJALE, 2013; MILLER e MILLER, 2014).

De acordo com Kajale (2013), uma parcela da demanda gerada pela água de purga e pela evaporação poderia ser suprida pela água de condensado, a qual geralmente possui temperatura mais baixa do que a água fornecida pela companhia de abastecimento, contribuindo para a redução do custo de operação das torres de resfriamento.

Kajale (2013) quantificou o volume de água de condensado coletado de Sistemas de Recuperação de Condensado (SCRs) localizados em oito edifícios da universidade de Alabama (EUA). O volume total coletado representou 6% da demanda total de água das torres de resfriamento e o sistema implantado apresentou um período de retorno médio de 3 anos para o investimento realizado. A Figura 4 ilustra o volume total de água de condensado coletado nos oito edifícios estudados, na qual é possível observar o quanto a produção de condensado pode variar entre os meses de verão e inverno, caracterizando, portanto, uma fonte instável de água não potável.

Figura 4 – Volume total de água de condensado coletada.



Fonte: Kajale (2013)

3.4.2.3 Reúso de água

De acordo com CETESB (2019) o reúso de água pode ser classificado em direto e indireto. O reúso indireto pode ser decorrente de ações planejadas ou não. Ações não planejadas de água acontecem quando a água, após ser utilizada, é lançada no

meio ambiente e novamente captada à jusante, sem nenhum tipo de controle. O reúso indireto planejado de água acontece quando, os efluentes, depois de tratados são lançados de forma planejada em um corpo hídrico e a água é captada à jusante de forma controlada. Já o reúso direto planejado de água, acontece quando, os efluentes são encaminhados, após o tratamento, direto para o seu local de reúso, sem serem lançados no meio ambiente.

O reúso de água é dividido ainda em duas modalidades, “reúso potável” e “reúso não potável”, sendo a maioria dos projetos de reúso destinados a aplicações não potáveis (METCALF & EDDY 2007). De acordo com a Resolução No. 54, de 28 de novembro de 2005, que regulamenta a prática de reúso não potável de água, o reúso não potável abrange as seguintes finalidades (BRASIL, 2005):

- Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e de veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, entre outros.
- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,
- Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

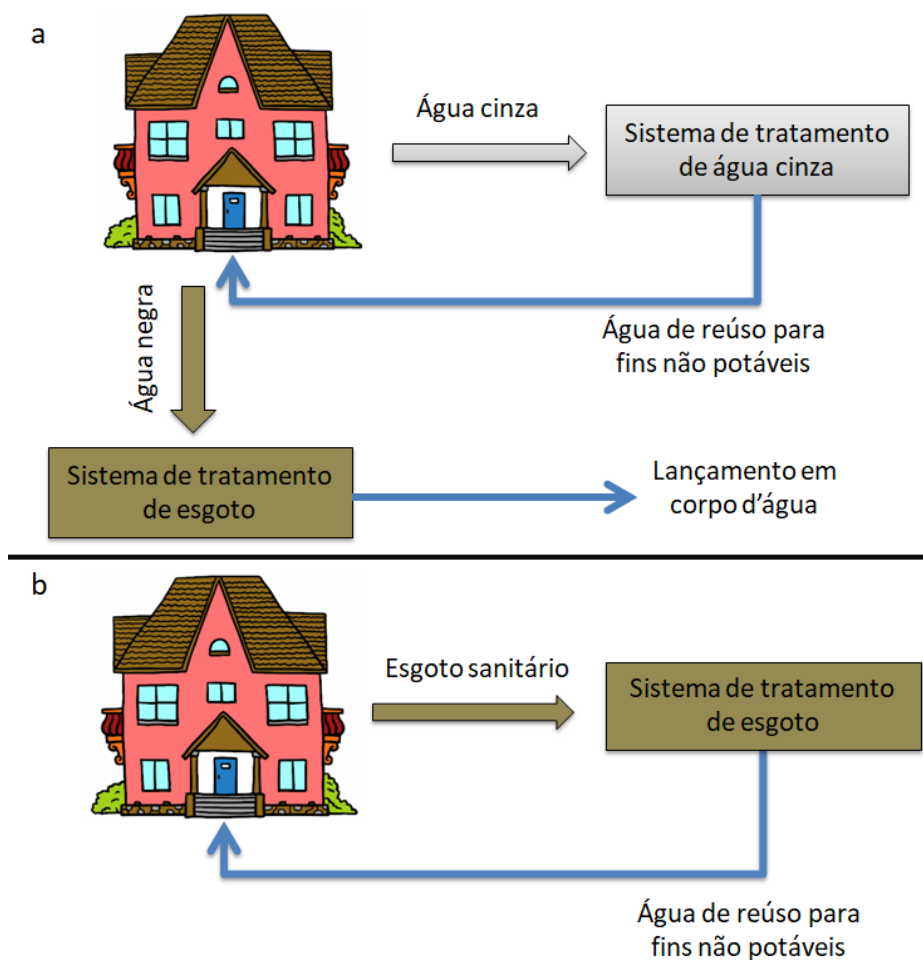
Já o reúso potável envolve a introdução da água de reúso diretamente no sistema de distribuição de abastecimento de água potável a jusante de uma estação de tratamento de água ou no abastecimento de água bruta imediatamente a montante de uma estação de tratamento de água (METCALF & EDDY, 2007). No Brasil, o reúso potável direto não é regulamentado (BRASIL, 2005, ABNT, 2019b; ABNT, 2019c).

A ABNT (2019c) define o reúso de água predial como a reutilização, mediante tratamento adequado, de águas previamente utilizadas, sendo consideradas, portanto: a água cinza clara, proveniente de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar; a água cinza escura proveniente de pia de cozinha e

máquina de lavar louça, somada ou não à água cinza clara; a água negra, provenientes de bacias sanitárias e mictórios; e o esgoto sanitário, que corresponde à toda a água servida proveniente de aparelhos hidrossanitários da edificação.

A Figura 5a esquematiza uma residência com sistema de reúso de água cinza, no qual a água cinza segue para tratamento e posterior reúso em demandas não potáveis e a água negra segue para o sistema público de tratamento para então ser lançada em corpo d'água. Figura 5b esquematiza uma residência com sistema de reúso do esgoto sanitário, onde este passa por tratamento e é encaminhado para reúso para fins não potáveis.

Figura 5 – Residência com sistema de reúso de água cinza (a); Residência com reúso de esgoto sanitário (b)



Fonte: Autoria própria

3.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA USOS NÃO POTÁVEIS

O uso negligente de fontes alternativas de água não potável pode colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, portanto, são necessários cuidados específicos para resguardar a saúde dos usuários e integridade dos produtos e equipamentos (GONÇALVES, 2005).

Desse modo, a água destinada ao reúso ou aproveitamento para fins não potáveis pode ser caracterizada em vários graus, de acordo com as exigências mínimas de qualidade da água para as diferentes atividades a serem realizadas nas edificações. Com isso, é possível comparar os requisitos de cada uso com as qualidades intrínsecas de cada fonte de alternativa de água não potável, de modo que a eficiência no uso da água pode ser maximizada e o consumo de energia minimizado (HARDY *et al.*, 2015).

A NBR 13.969 (ABNT, 1997), destinada aos usuários de sistemas locais de tratamento de esgotos com tanque séptico como unidade preliminar, tem sido utilizada como referência para o reúso predial de água. Embora não seja sua finalidade específica, a norma estabelece, entre outros, 4 classes de valores padrões para a qualidade da água a ser reutilizada. A classificação estabelecida pela referida norma e os cuidados adicionais para a aplicação do efluente do tanque séptico nas referidas classes estão no Quadro 1. Já os valores limites para cada parâmetro estão contidos no Quadro 2.

Quadro 1 – Classificação de água de reúso e cuidados adicionais para sua aplicação

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 (eg.chafarizes).	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado) 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.	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes
Classe 3: Reúso nas descargas dos vasos sanitários.	Tratamento biológico 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.	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita

Fonte: Adaptado de ABNT (1997)

Quadro 2 – Classificação de água de reúso e respectivos requisitos de qualidade

Classe/ parâmetro	Turbidez	Coliformes fecais	Sólidos dissolvidos totais	pH	Cloro residual	Oxigênio Dissolvido
Classe 1	< 5,00	< 200 NMP/100 mL	<200 mg/L	6,00 a 8,00	0,5mg/L a 1,5 mg/L	-
Classe 2	< 5,00	< 500 NMP/100 mL	-	-	> 0,5 mg/L	-
Classe 3	< 10,00	< 500 NMP/100 mL	-	-	-	-
Classe 4	-	< 5.000 NMP/100 mL	-	-	-	> 2 mg/L

Fonte: Adaptado de ABNT (1997)

O manual de “Conservação e Reúso de Água em Edificações” (BRASIL, 2005) também divide as águas de reúso em 4 classes de acordo com os usos preponderantes e respectiva qualidade requerida. Cada classe apresenta uma lista de limites para parâmetros de qualidade para a água, a fim de garantir qualidade e segurança para cada uso específico. A classificação estabelecida pelo referido manual e os usos preponderantes estão contidos no Quadro 3. Já os parâmetros e limites estabelecidos para cada classe de reúso estão listados no ANEXO A.

Quadro 3 – Classificação de água de reúso em edificações

CLASSES	USOS PREPONDERANTES
Classe 1	• Descarga de bacias sanitárias; • Lavagem de pisos; • Fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água, etc.); • Lavagem de roupas e de veículos
Classe 2	• Lavagem de agregado; • Preparação de concreto; • Compactação de solo e; • Controle de poeira
Classe 3	• Irrigação de áreas verdes e; • Rega de jardins
Classe 4	• Resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento)

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

Note que há divergências entre as classes especificadas entre a NBR 13.969 (ABNT, 1997) e o manual de “Conservação e Reúso de Água em Edificações” (BRASIL, 2005), assim como os parâmetros listados e seus respectivos limites. O manual de “Conservação e Reúso de Água em Edificações” engloba usos não previstos na NBR como, por exemplo, o reúso para resfriamento de equipamentos de ar condicionado. Além disso, a quantidade de parâmetros listados no referido manual é bem maior que aqueles previstos na NBR, o que proporciona maior nível de segurança na escolha do método de tratamento a ser aplicado a uma fonte alternativa para seu uso proposto.

Contudo, é importante destacar que nenhuma das duas foi elaborada com o intuito de regulamentar a prática de reúso predial de águas. Diante disso, a ABNT publicou, em dezembro de 2019, duas normas com o intuito de delimitar critérios para a conservação de água e para o uso de fontes alternativas (ABNT, 2019b; ABNT, 2019c). A NBR 16.783 (ABNT, 2019c) apresenta limites para padrões de qualidade da água não potável destinada aos seguintes usos: descarga de bacias sanitárias e de mictórios, lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas, lavagem de veículos, irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos), sistemas de resfriamento de água e arrefecimento de telhados. Os parâmetros e limites abordados na referida norma são exibidos no Quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros de qualidade da água não potável

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. coli	<200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UT
DBO _{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L
Cloro Residual Livre (CRL)	Mínimo 0,5 mg/L – Máximo 5,0 mg/L Recomendável 0,5 mg/L – Máximo 2,0 mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ou Condutividade elétrica	≤ 2.000 mg/L ou ≤ 3.200 µS/cm
Carbono Orgânico Total (COT) ¹	< 4mg/L
⁽¹⁾ somente para água de rebaixamento de lençol freático	

Fonte: ABNT (2019c).

Para sistemas de aproveitamento de água de chuva, os padrões de qualidade devem estar em conformidade com a ABNT NBR 15527 (ABNT, 2019c). A ABNT NBR 15527 destaca que os padrões de qualidade da água de chuva devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, porém, para usos previstos pela norma, devem ser considerados os valores dos critérios estabelecidos no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros mínimos de qualidade de água de chuva para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
Escherichia coli	< 200/100mL
Turbidez	< 5uT
pH	6,0 a 9,0
Cloro residual livre ¹	0,5 e 2,0mg/L
⁽¹⁾ Desinfecção a critério do projetista	

Fonte: ABNT (2019a).

No caso de uso em sistemas de resfriamento à água, ambas as normas destacam que os parâmetros de qualidade e tratamento necessários para projeto e operação do equipamento não estão contemplados na norma e devem ser fornecidos pelo fabricante, pelo responsável pela colocação do produto no mercado nacional ou por profissional habilitado.

Entretanto, USEPA (2012) sugere diretrizes para o reúso de água em sistemas de torre de resfriamento, que podem ser utilizadas como base na elaboração de projetos de reúso para tal fim, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Diretrizes sugeridas para reúso da água em torres de resfriamento com recirculação de água.

Tratamento	Qualidade da água de reúso	Frequência de monitoramento
Secundário ⁽¹⁾ Desinfecção ⁽²⁾ *Coagulação química e filtração podem ser necessárias ⁽³⁾	Variável, a depender da taxa de recirculação: pH = 6.0-9.0 DBO _{5,20} ≤ 30 mg/L SST ≤ 30 mg/L Coliforme fecal ≤ 200/100 mL ^(4,5) 1 mg/L Cl ₂ residual (min.) ⁽⁶⁾	pH – semanal DBO – semanal SST – semanal Coliforme fecal - diária Cl ₂ residual – contínua
⁽¹⁾ O tratamento secundário deve produzir efluentes nos quais a DBO e o SS não excedam 30 mg/L. ⁽²⁾ A desinfecção pode ser realizada por cloração, ozonização, outros desinfetantes químicos, UV, processos de membrana ou outros processos. ⁽³⁾ Filtração: passagem de águas residuais através de solos naturais não perturbados ou meios filtrantes, como areia e/ou antracito; ou a passagem de águas residuais através de microfiltros ou outros processos de membrana. ⁽⁴⁾ Salvo indicação em contrário, os limites de coliformes recomendados são os valores medianos determinados a partir dos resultados bacteriológicos dos últimos 7 dias para os quais as análises foram concluídas. ⁽⁶⁾ Esta recomendação se aplica somente quando o cloro é usado como desinfetante primário. Em nenhum caso o tempo de contato real deve ser inferior a 30 minutos. ⁽⁵⁾ O número de organismos coliformes fecais não deve exceder 800/100 ml em nenhuma amostra.		

Fonte: USEPA (2012)

Além dos documentos citados neste item, tem-se também o documento “Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de efluente Sanitário Tratado no Brasil” elaborado sob supervisão do Ministério das Cidades e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) (ANA, 2018). Dentre os volumes da proposta, têm-se o Produto III, um relatório técnico com proposta de critérios de qualidade de água de reúso para cada modalidade, contemplando os parâmetros mínimos constantes na prática internacional e nas discussões acadêmicas (ANA, 2017b).

3.6 SISTEMAS DE TRATAMENTO PARA REÚSO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

A qualidade da fonte alternativa de água não potável e o seu uso proposto é que determinarão o nível de tratamento requerido, assim como os critérios de segurança a serem adotados e os investimentos necessários. Sendo assim, sistemas de reúso e aproveitamento de água necessitam de projeto, execução e gestão que garantam

a qualidade requerida da água para usos não potáveis, a fim de prevenir riscos de contaminação para o meio ambiente e, principalmente, para garantir a saúde dos usuários (ABNT, 2019c).

3.6.1 Aproveitamento de água da chuva em edificações

O sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser dividido em seis componentes primários, dependendo do grau de qualidade da água necessária. Esses componentes incluem captação, transporte, filtro autolimpante, descarte de primeiro fluxo, armazenamento e distribuição (FEAM, 2016; SANT'ANA, 2017).

O principal ponto de captação para o aproveitamento de água de chuva em edificações, são os telhados que, assim como outras áreas expostas, recebem continuamente detritos, folhas, sedimentos e poluentes em sua superfície (KINKADE-LEVARIO, 2007; SANT'ANA, 2017). Desse modo, o filtro autolimpante deve ser instalado com o intuito de remover sólidos grosseiros que tenham sido transportados pela chuva (FEAM, 2016). Já os dispositivos de descarte de primeiro fluxo tem o objetivo de descartar os primeiros milímetros da água da chuva que sobre a superfície de captação, carrega a maior concentração de poluentes solúveis existentes, o que permite reduzir as impurezas na água que será armazenada (KINKADE-LEVARIO, 2007; SANT'ANA, 2017). De acordo com a norma brasileira para o aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis (ABNT, 2019a), o descarte dos primeiros 2mm da água da chuva é suficiente para remover grande parte da contaminação acumulada na cobertura.

Após coletado, o primeiro fluxo é direcionado para um recipiente, que, ao encher, é vedado de forma automática e a água da chuva mais limpa é direcionada para o reservatório no qual ficará armazenada (SANT'ANA, 2017). Além disso, a ABNT NBR 15527 (ABNT, 2019a) recomenda que seja realizada a etapa de desinfecção, na qual pode ser utilizado cloro, ultravioleta, ozônio ou outras tecnologias.

3.6.2 Aproveitamento de água de condensado em edificações

A água de condensado é semelhante, em qualidade, à água destilada, devido à remoção de minerais durante o processo de evaporação (KINKADE-LEVARIO, 2007; KAJALE, 2013; AL-FARAYEDHI *et al.*, 2014; GLAWE *et al.*, 2016), onde os sólidos suspensos, turbidez e salinidade são baixos e o pH é neutro a ligeiramente

ácido (KINKADE-LEVARIO, 2007). Contudo, a água condensada muitas vezes pode conter bactérias, vírus, amônia, nitratos, nitritos e outros contaminantes provenientes do ar (MAGRINI *et al.*, 2017).

Os contaminantes do condensado formado nas bobinas de resfriamento podem ter origem em duas fontes. A primeira fonte é o ar que passa pelo equipamento, o qual nem sempre tem seus contaminantes removidos pelos filtros de ar instalados na parte externa (SIAM, 2013; MAGRINI *et al.*, 2015b; GLAWE *et al.*, 2016). A segunda fonte de contaminação é a superfície das serpentinas de resfriamento e da bandeja de drenagem. Como o condensado é ligeiramente ácido este tende a reagir com a superfície metálica das serpentinas de resfriamento e da bandeja de drenagem para formar íons metálicos, um contaminante químico (GLAWE *et al.*, 2016). Além disso, pode haver crescimento microbiano (KAJALE, 2013; AL-FARAYEDHI *et al.*, 2014; MAGRINI *et al.*, 2015b; GLAWE *et al.*, 2016), como o caso da *Legionella* que floresce nas torres de refrigeração mal conservadas de grandes unidades de AVAC (ALGARNI *et al.*, 2018). Portanto, é aconselhável o tratamento da água por meio de uma ou mais das seguintes técnicas: sedimentação, filtração, ozonização, adsorção, exposição aos raios UV, cloração, oxidação, osmose reversa e adição de aditivos anticorrosivos (MAGRINI *et al.*, 2015b; GLAWE *et al.*, 2016; ALGARNI *et al.*, 2018).

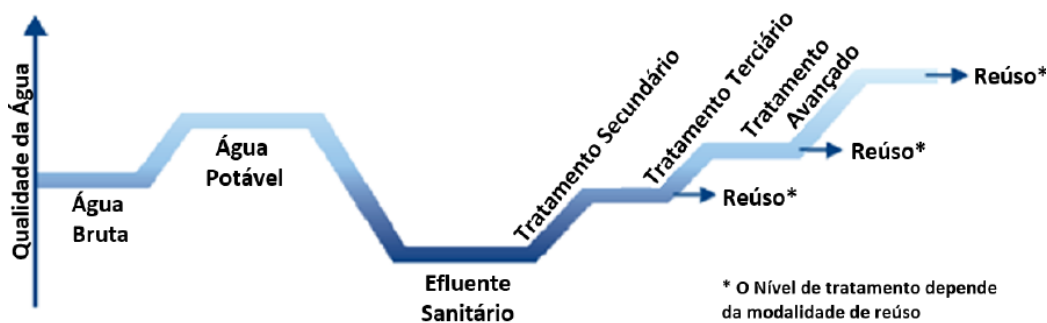
3.6.3 Reúso de águas residuárias em edificações

Os sistemas de tratamento de águas residuárias tendem a copiar processos naturais, biológicos, físicos e químicos. As diferenças entre as instalações baseiam-se no tipo de tecnologia utilizada e na sua velocidade de processo, bem como nas possíveis combinações de tecnologias (SALGOT e FOLCH, 2018). Fatores como, características das águas residuárias, uso pretendido, compatibilidade com o local de instalação, requisitos de operação, manutenção, energia e produtos químicos, além de pessoal qualificado, são determinantes na escolha da configuração do processo de tratamento (NRC, 2012; TILLEY *et al.*, 2014).

Embora o aumento do nível de tratamento de águas residuárias normalmente apresente maiores desafios financeiros, técnicos e institucionais do que as fontes tradicionais, uma variedade de opções de tratamento está disponível, de modo que qualquer nível de qualidade da água pode ser alcançado, dependendo do nível requerido para o uso final da água (METCALF & EDDY, 2007; USEPA, 2012). Este

conceito denominado de “Fit for purpose” é representado graficamente na Figura 6, ilustrando que a escolha do nível de tratamento (combinado com desinfecção) deve ser ditada pela uso final da água (USEPA, 2012).

Figura 6 – Tecnologias de tratamento de acordo com o nível desejado de qualidade da água.



Fonte: Adaptado de USEPA (2012).

Ao se considerar os principais processos unitários utilizados no tratamento de águas residuárias, um número quase infinito de diagramas de processo de tratamento pode ser desenvolvido para atender aos requisitos de qualidade para o uso proposto da água (METCALF & EDDY, 2007; NRC, 2012). Estações de tratamento de efluentes convencionais geralmente incluem unidades de tratamento preliminar, primário e secundário. Os tratamentos adicionais requeridos para o reuso de água são normalmente designados como tratamento terciário e avançado (TILLEY *et al.*, 2014).

O tratamento preliminar é utilizado para remoção de areia, cabelos, felpas de tecidos, restos de alimentos, entre outros tipos de materiais e pode ser realizado por meio de grades finas ou peneiras. O tratamento primário consiste em uma etapa de sedimentação, para remoção de partículas grossas e de sólidos suspensos (GONÇALVES, 2006; OH, 2018), contudo, dependendo do tratamento secundário escolhido, as unidades de tratamento primário podem não ser necessárias no fluxograma das estações (RECESA, 2008).

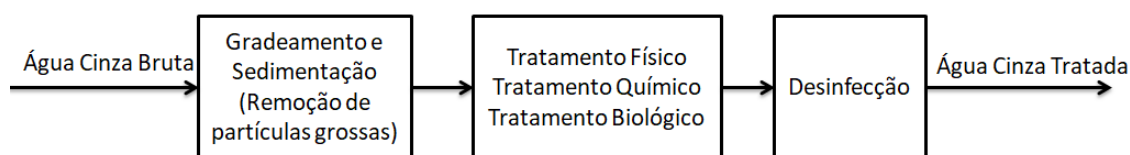
Posteriormente a água residual é direcionada para o tratamento secundário, com o objetivo de remoção de matéria orgânica e possivelmente de nutrientes (nitrogênio e fósforo) (VON SPERLING, 2005). O tratamento secundário envolve unidades de tratamento físico, químico, biológico, ou a combinação destas (OH, 2018; WU, 2019), sendo, geralmente, predominantemente biológico (VON SPERLING, 2005). O tratamento químico pode ser realizado por meio de coagulantes convencionais,

eletrocoagulantes e fotocatálise, já dentre os tratamentos físicos têm-se os filtros de areia e filtros de carvão ativado (WU, 2019). Os tratamentos biológicos podem ser classificados em processos aeróbios e anaeróbios. Dentre os processos anaeróbios podem ser destacados os reatores UASB e Reatores Anaeróbios Compartimentados (RAC). Já dentre os processos aeróbios destacam-se: tratamento em lagoas, tratamento em reatores com biofilme e tratamento em reatores de lodos ativados. Para garantir melhor qualidade da água tratada, também são utilizados sistemas com a associação em série de processos anaeróbio-aeróbio (GONÇALVES, 2006).

De acordo com Gonçalves (2006), para que seja possível produzir água de reúso inodora e com baixa turbidez, a Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC) deve ser composta por, no mínimo, tratamento primário e secundário, seguidos por desinfecção. Além disso, caso haja água residual proveniente de cozinhas, é necessária a inclusão de caixas de gordura no fluxograma da estação de tratamento.

A desinfecção é a etapa responsável por assegurar baixas densidades de patógenos, a fim de garantir a segurança do usuário. A destruição, inativação ou remoção de microrganismos patogênicos pode ser realizada através de processos artificiais ou naturais, os quais utilizam de agentes físicos e químicos para inativar os organismos-alvo (GONÇALVES, 2006; OH, 2018). A eficácia de cada um dos desinfetantes contra patógenos é uma função da quantidade de desinfetante adicionado, o tempo de contato fornecido e as variáveis de qualidade da água que podem competir pelo desinfetante ou modular sua eficácia (NRC, 2012). Dentre os métodos de desinfecção deve-se destacar: cloração, ozonização, radiação ultravioleta e a ultrafiltração associada à osmose reversa (GONÇALVES, 2006; OH, 2018). A Figura 7 ilustra o fluxograma de um sistema típico de tratamento de água cinza, composto pelas três etapas mencionadas por Gonçalves (2006) e Oh (2018).

Figura 7 – Fluxograma de tratamento de água cinza



Fonte: Adaptado de Oh (2018)

A possibilidade da exposição humana à água de reúso proveniente do esgoto sanitário exige mais dos sistemas de tratamento além das tecnologias empregadas

no tratamento da água cinza. Isso porque uma variedade de microcontaminantes orgânicos, incluindo pesticidas, compostos farmacologicamente ativos, produtos de cuidados pessoais e estrogênios, bem como seus metabólitos humanos, não são completamente removidos em estações de tratamento convencionais. Diante disso, tecnologias avançadas de tratamento têm sido avaliadas para melhorar a qualidade da água de reúso, a fim de evitar os efeitos potenciais de compostos recalcitrantes (FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016).

Desse modo, de acordo com Fatta-Kassinou *et al.* (2016), as tecnologias mais indicadas para serem aplicadas em estações de tratamento de efluentes para a remoção de microcontaminantes englobam os tratamentos com membrana, ozônio, adsorção e processos avançados de oxidação (POAs). As eficiências de remoção provam que essas tecnologias podem eliminar uma alta fração de microcontaminantes presentes na água (RIZZO *et al.*, 2019), porém a sua aplicação só pode ser considerada se as condições e requisitos de qualidade da água a justificarem, uma vez que todos são econômica e energeticamente exigentes (TILLEY *et al.*, 2014; FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016). Desse modo, os processos de filtração terciária são os métodos mais utilizados para remoção de patógenos, sólidos residuais em suspensão e/ou constituintes dissolvidos (TILLEY *et al.*, 2014).

Uma ampla variedade de combinações de tecnologias de tratamento para produção de água de reúso proveniente da água cinza e do esgoto sanitário já foram avaliadas por diversos autores (eg. GIKAS *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; VALENTINA, 2017; LAM *et al.*, 2017; MARINOSKI *et al.*, 2018; MAKROPOULOS *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; ARDEN *et al.*, 2021; KOBAYASHI *et al.*, 2020). Os sistemas avaliados incluem tecnologias de tratamento por lodos ativados (GIKAS *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016), wetlands construídos (PATIL E MUNAVALLI, 2016; VALENTINA, 2017; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; KOBAYASHI *et al.*, 2020), reatores anaeróbios (GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; VALENTINA, 2017), diversos métodos de filtração por membrana (GIKAS *et al.*, 2015; GARCÍA-MONTOYA *et al.*, 2016; LAM *et al.*, 2017; MAKROPOULOS *et al.*, 2018; KOBAYASHI *et al.*, 2020; ARDEN *et al.*, 2021) e processos de tratamento terciário de coagulação/filtração (WANG *et al.*, 2018).

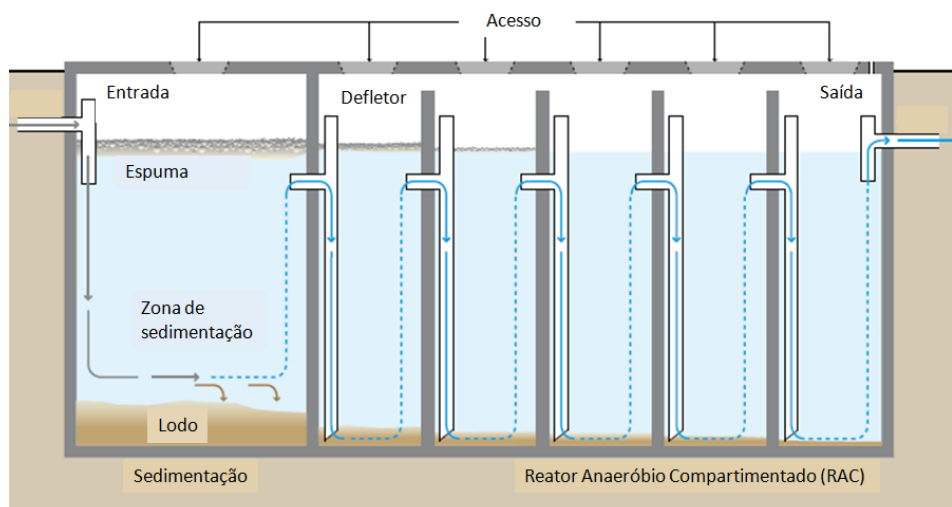
Diante das diversas opções de combinações de tecnologias de tratamento, é necessário conhecer e comparar as características de todas as técnicas úteis possíveis antes de decidir qual tecnologia deve ser implantada para um determinado local ou uso (SALGOT e FOLCH, 2018). Sendo assim, do item 3.6.3.1 ao item 3.6.3.7 são descritas as principais tecnologias de tratamento para águas cinzas e esgoto sanitário, assim como sua aplicação em sistemas de tratamento para reúso.

3.6.3.1 Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)

O reator anaeróbio compartimentado é composto por uma série de câmaras, projetadas com tubos verticais ou defletores, que forçam o líquido a realizar um movimento sequencial de fluxo descendente e ascendente. Essa divisão em compartimentos é estabelecida a fim de garantir maior contato das águas residuárias com a biomassa presente na parte inferior da unidade (CHERNICHARO, 2007; TILLEY *et al.*, 2014).

O aumento do tempo de contato com a biomassa (lodo) resulta em melhor tratamento, visto que a sequência de fluxo ascendente e descendente proporciona maior remoção e digestão da matéria orgânica, podendo reduzir a DBO em até 90%. Em um RAC a sedimentação primária pode ocorrer em um compartimento de sedimentação integrado (Figura 8) ou em outra tecnologia anterior, como por exemplo, uma fossa séptica.

Figura 8 – Esquema de um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) com compartimento de sedimentação.



Fonte: Adaptado de Tilley *et al.* (2014)

Os RACs podem ser instalados em todos os tipos de clima, embora a eficiência seja maior em climas mais quentes, possuem longa vida útil, com baixos custos operacionais, principalmente porque não é necessária a utilização de energia elétrica em sua operação. Contudo requerem design e construção especializados, podendo ser construídos no subsolo, com baixos requisitos de área (TILLEY *et al.*, 2014).

Apesar de possuírem alta redução de DBO, não são eficientes na remoção de patógenos e nutrientes, o que gera a necessidade de tratamento adicional. Além disso, a produção do lodo já digerido é considerada baixa e sua frequência de remoção gira em torno de 1 a 3 anos, a depender das etapas de pré-tratamento escolhidas (TILLEY *et al.*, 2014).

O RAC foi avaliado por Valentina (2017) como tratamento primário em uma estação de tratamento de água cinza proposta para uma edificação comercial, tendo sido considerado viável do ponto de vista técnico e econômico.

3.6.3.2 Wetlands Construídos de Fluxo Vertical

Wetlands Naturais, ou zonas úmidas naturais, são áreas inundadas ou saturadas por águas superficiais ou subterrâneas que suportam uma vegetação adaptada a estas condições, tais como: banhados, pântanos, várzeas de rios, entre outros (VON SPERLING, 2007).

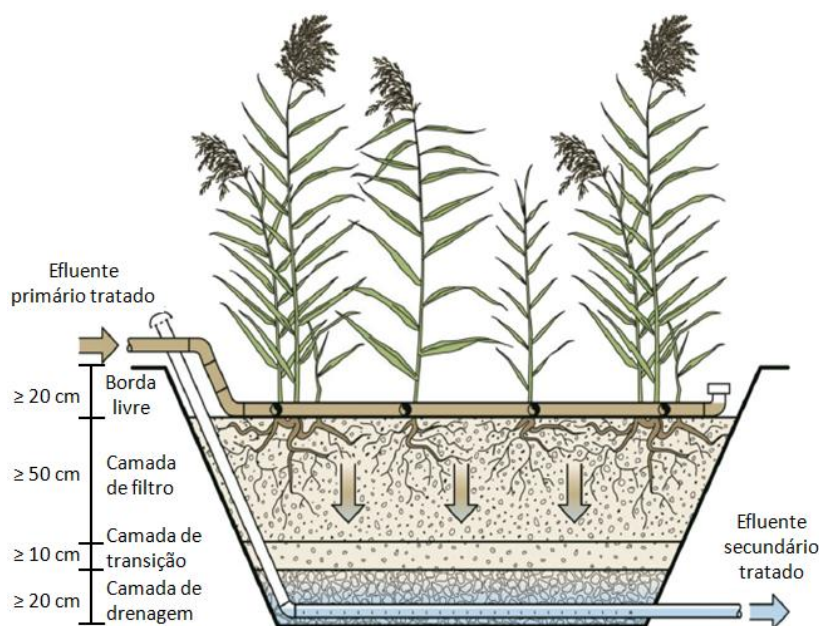
Os Wetlands Construídos (WC) são tecnologias de tratamento de águas residuárias, projetados para reproduzir processos encontrados nos Wetlands Naturais, podendo ser utilizados para tratar o esgoto bruto, primário, secundário ou terciário proveniente de usos domésticos, assim como de efluentes agrícolas e industriais. Em comparação com outras tecnologias de tratamento, os Wetlands Construídos têm baixos requisitos de operação e manutenção e seu desempenho é menos suscetível a variações de insumos (DOTRO *et al.*, 2017).

O sistema de tratamento de Wetlands Construídos pode ser dividido em sistemas de fluxo de superficial e de fluxo subsuperficial, sendo os sistemas de fluxo subsuperficial subdivididos em Fluxo Horizontal e Fluxo Vertical, a depender da direção do fluxo da água no sistema (DOTRO *et al.*, 2017).

Wetlands Construídos de Fluxo Vertical (Figura 9) são mais adequados para climas quentes, possuem alta redução de DBO, sólidos suspensos e patógenos, sendo esta realizada por decaimento natural, predação e filtração. Contudo, necessitam de um tratamento primário eficaz para remover partículas para evitar o entupimento do filtro, sendo, portanto, normalmente utilizados para tratamento secundário de águas residuárias domésticas (TILLEY *et al.*, 2014; DOTRO *et al.*, 2017).

A tecnologia de wetlands tem sido aplicada em diversos estudos para produção de água de reúso a partir da água cinza coletada em edifícios residenciais e comerciais (PATIL E MUNAVALLI, 2016; VALENTINA, 2017; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; KOBAYASHI *et al.*, 2020), sendo sempre associada a tratamento preliminar e desinfecção.

Figura 9 – Esquema de um Wetland Construído de Fluxo Vertical.



Fonte: Adaptado de Dotro *et al.* (2017)

3.6.3.3 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB)

O processo de tratamento em um reator UASB consiste basicamente em um tanque com fluxo ascendente de águas residuárias através de um denso leito de lodo formado por pequenos grânulos, resultado da aglutinação de vários microrganismos. A água residual que entra no fundo do reator passa pelo compartimento de digestão, onde ocorre a conversão da matéria orgânica, e o efluente clarificado é coletado por um tanque de decantação interno na parte superior do reator. A sedimentação das

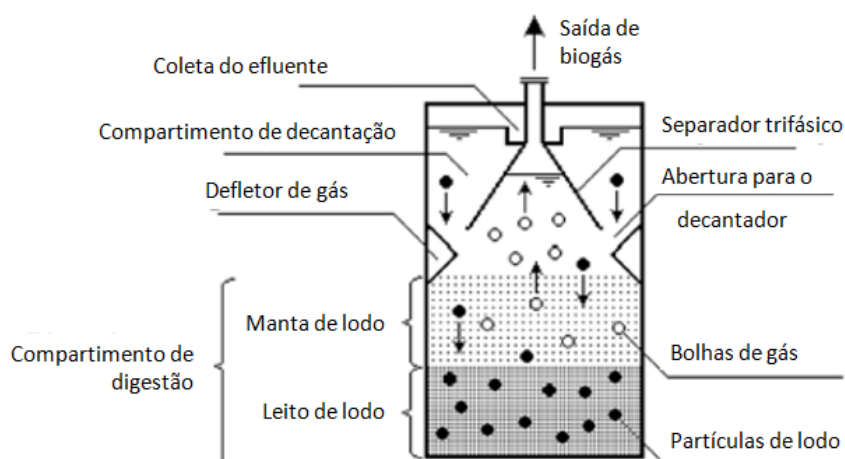
partículas que se afastam da manta de lodo carregadas pelo fluxo ascendente é garantida pelo separador trifásico que, ao romper as bolhas de gás, reduzem a densidade das partículas, permitindo que estas retornem ao compartimento de digestão pelo simples retorno gravitacional. O gás gerado é então coletado na parte superior do separador, de onde pode ser removido para queima ou reutilização como energia (CHERNICHARO, 2007; VON SPERLING, 2007; TILLEY *et al.*, 2014).

O projeto dos reatores UASB (Figura 10) é muito simples e não requer a instalação de nenhum dispositivo para fixação e retenção de biomassa, além disso, geralmente não é necessária a instalação de unidade de sedimentação antes do reator. Reatores UASB são considerados sistemas compactos, devido à alta concentração de biomassa, o que gera baixos custos de construção e operação, com baixo consumo de energia. Esses reatores possuem alta eficiência de redução de DBO e a produção de lodo já digerido e engrossado é considerada baixa, com remoção do volume em excesso a cada 2 ou 3 anos. Contudo, há a possibilidade de liberação de maus odores (característica de sistemas anaeróbios) e também há a necessidade de um estágio de pós-tratamento (CHERNICHARO, 2007; VON SPERLING 2007; TILLEY *et al.*, 2014).

O UASB foi avaliado por García-Montoya *et al.* (2016) para o tratamento de água cinza de um complexo residencial para posterior reúso. Já Marangon *et al.* (2020) avaliaram o UASB associado a um sistema de wetland para tratamento de esgoto sanitário doméstico para reúso em hidroponia, lavouras e piscicultura.

Floglia *et al.* (2021) avaliaram o sistema de tratamento composto por: pré tratamento, reator UASB e biorreator de membrana anaeróbio para tratamento do esgoto sanitário para posterior reúso em sistema de fertirrigação. O reator UASB foi utilizado como tratamento secundário, em alternativa ao tratamento convencional por lodo ativado.

Figura 10 – Esquema de um reator UASB



Fonte: Adaptado de Chernicharo, 2007

3.6.3.4 Filtro Biológico Aerado Submerso

O filtro biológico aerado submerso (FBAS) é constituído por um tanque cheio de material poroso através do qual as águas residuárias e o ar fluem permanentemente (GONÇALVES, 2007; CHERNICHARO, 2007).

FBAS são comumente utilizados como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB para remoção de matéria orgânica e de sólidos em suspensão remanescentes (GONÇALVES, 2007). No sistema UASB + FBAS, o excesso de lodo produzido nos biofiltros é recirculado para o reator UASB, onde ocorrem espessamento e digestão anaeróbia (GONÇALVES, 2007; CHERNICHARO, 2007). Com isso, não há necessidade de instalação de unidades específicas para tratamento do lodo aeróbio, o que torna o fluxograma do sistema de tratamento relativamente simples (CHERNICHARO, 2007).

Gonçalves (2007) destaca alguns critérios de projeto usados para plantas que associam reatores UASB e FBAS, conforme Quadro 7, no qual é possível observar o ganho de eficiência com a associação das referidas tecnologias.

Quadro 7 – Critérios de projeto para sistemas compostos por reatores UASB + FBAS

Parâmetro	Reator UASB	FBAS	Reator UASB + FBAS
Eficiência de remoção de DBO (%)	65 – 75	60 – 75	85 – 95
Eficiência de remoção de SS (%)	65 – 75	60 – 75	85 – 95
Eficiência de remoção de DQO (%)	65 – 70	55 – 65	80 – 90
Produção de lodo (kgTSS/kgDQO _{removido})	0,15 – 0,20	0,25 – 0,40	-

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2007).

3.6.3.5 Biorreator de Membrana

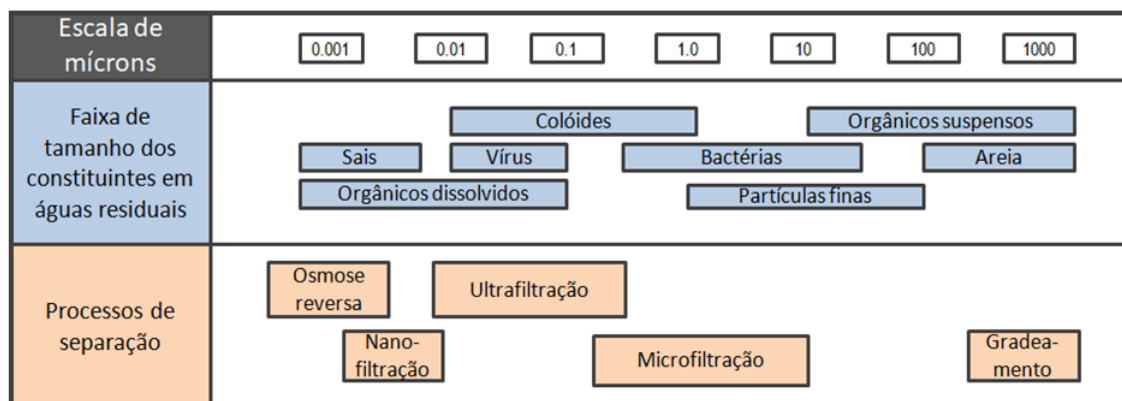
Biorreatores de membrana (MBRs) consistem na combinação de um reator biológico com o sistema de membranas de microfiltração ou ultrafiltração. MBRs são uma alternativa ao tratamento secundário convencional com lodos ativados, que proporcionam melhor qualidade de efluente em termos de remoção de compostos orgânicos e sólidos em suspensão (METCALF & EDDY, 2007; FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016). Por meio desta combinação, sistemas convencionais como a sedimentação e a filtração de profundidade podem ser eliminados da configuração do sistema de tratamento sem que a qualidade do efluente final seja afetada (METCALF & EDDY, 2007).

A tecnologia de biorreatores de membrana possui diversas vantagens quando comparado ao tratamento convencional como, por exemplo, alta qualidade do efluente, controle absoluto dos tempos de retenção de lodo e tempos de retenção hidráulica, menor produção de lodo e pequena demanda por área. Tal tecnologia é, portanto, adequada para instalação em sistemas de reúso da água (METCALF & EDDY, 2007; FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016).

A água efluente do MBR pode ser usada para diversas aplicações de reúso, desde que passe pelo processo de desinfecção, o qual é necessário para garantir a confiabilidade do sistema no caso de vazamento ou defeito na membrana e para controlar o crescimento de microrganismos nas tubulações (FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016). Além disso, uma desvantagem característica de processos que envolvem o uso de membranas é a necessidade de limpeza rotineira nas membranas (METCALF & EDDY, 2007).

A Figura 11 ilustra a eficácia de cada tecnologia de membrana na remoção dos diferentes constituintes das águas residuárias em função do seu tamanho em micrometro (μm). É possível observar, por exemplo, que para remoção de vírus é necessário, pelo menos, a utilização da ultrafiltração, ou então da nanofiltração ou da osmose reversa, já para a remoção de sais, a osmose reversa é a única indicada.

Figura 11 – Faixa de tamanho dos constituintes em águas residuárias e faixa de operação de processos de membrana



Fonte: Adaptado de Fatta-Kassinos *et al.* (2016)

O uso do MBR foi avaliado por García-Montoya *et al.* (2016), Lam *et al.* (2017), Jeong *et al.* (2018) e Kobayashi *et al.* (2020) para o tratamento de água cinza. Já Schoen *et al.* (2018) e Arden *et al.* (2021) avaliaram a tecnologia do MBR para tratamento de água cinza e de esgoto sanitário. Arden *et al.* (2021) compararam o uso do MBR para tratamento de água cinza e de esgoto sanitário de grandes edifícios, tendo o sistema de tratamento do esgoto sanitário apresentado menor custo sob a maior variedade de características de construção e locais.

Makropoulos *et al.* (2018) avaliaram a aplicação do MBR associado à osmose reversa para tratamento e posterior reúso do esgoto sanitário, segundo os autores, o MBR é um pré-tratamento ideal para a osmose reversa. No efluente da osmose reversa, os parâmetros: *E. coli*, coliformes totais, carbono orgânico dissolvido e fósforo total permaneceram abaixo dos limites de detecção, além disso, os cloretos foram reduzidos a menos de um quarto e a condutividade foi reduzida em mais de 90%, quando comparados ao efluente de saída do MBR.

3.6.3.6 Filtração Terciária

Patógenos tendem a ser mascarados por sólidos suspensos em efluentes secundários não filtrados. Portanto, uma etapa de filtração antes da desinfecção traz resultados muito melhores com menos produtos químicos (TILLEY *et al.*, 2014).

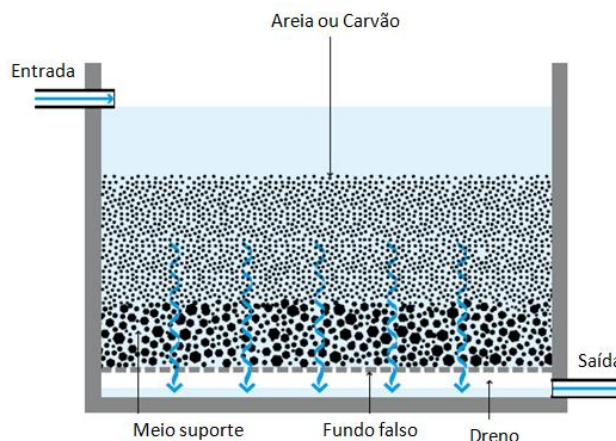
Os processos de filtração podem ser classificados como processos de filtração de profundidade ou de filtração de superfície. A filtração de superfície envolve a remoção de material particulado por peneiração mecânica à medida que o líquido passa através de uma camada de filtro (por exemplo, membranas). A filtração em

profundidade envolve a remoção de sólidos suspensos residuais pela passagem do líquido através de um leito filtrante constituído por um meio filtrante granular (por exemplo, areia e carvão ativado) e é usada com sucesso para remover cistos e oocistos de protozoários (TILLEY *et al.*, 2014).

No caso da utilização do carvão ativado como meio filtrante, o ocorre principalmente o processo de adsorção (TILLEY *et al.*, 2014; SINGH *et al.*, 2018), no qual as moléculas de uma substância (adsorbato) se acumulam na superfície de outra substância (adsorvente). Assim, a adsorção é considerada uma operação de transferência de massa, geralmente de uma fase fluida para uma fase sólida, sendo amplamente utilizada no tratamento de águas residuárias (SINGH *et al.*, 2018). Devido ao acúmulo de sólidos e crescimento microbiano, a eficácia dos filtros de areia, membrana e carvão ativado diminuem com o tempo, portanto é frequentemente necessária a limpeza ou substituição do material do filtro (TILLEY *et al.*, 2014).

A adsorção é uma tecnologia amplamente utilizada no tratamento de águas residuárias, e vários tipos de materiais foram testados como absorventes (SINGH *et al.*, 2018). No entanto, embora exista uma grande variedade de adsorventes no mercado, a maioria das unidades de adsorção em estações de tratamento de água residuárias utiliza carvão ativado devido a razões econômicas (FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016). Os adsorventes de carvão ativado além de removerem uma variedade de compostos orgânicos e inorgânicos, também eliminam o sabor e o odor (TILLEY *et al.*, 2014), tendo sido avaliados para o tratamento de águas cinzas (OH *et al.*, 2015; PATIL e MUNAVALLI, 2016).

Figura 12 – Filtração terciária (filtração de profundidade) utilizada no tratamento de águas residuárias



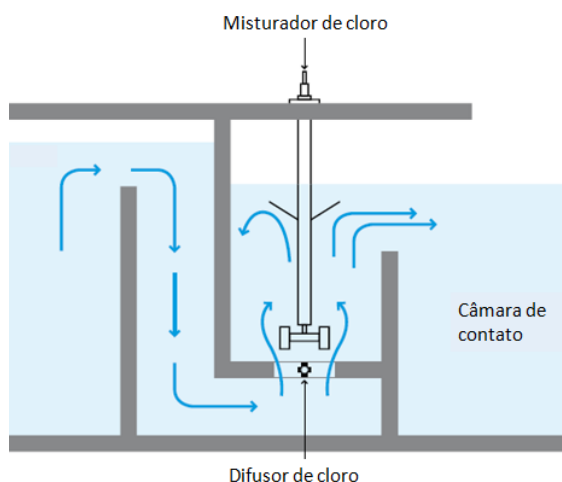
Fonte: Adaptado de Tilley *et al.* (2014)

3.6.3.7 Cloração

A cloração por cloro ou hipocloritos (Figura 13) é o método de desinfecção mais comum em unidades de tratamento de água para reúso (NRC, 2012; SALGOT e FOLCH, 2018), devido ao seu baixo custo, alta disponibilidade e fácil dosagem, quando comparado aos demais métodos (TILLEY *et al.*, 2014; OH, 2018). Outra vantagem da utilização de cloro para a desinfecção é a possibilidade de maior tempo de armazenamento da água de reúso, pois, ao contrário da radiação ultravioleta ou do ozônio, o cloro deixa um residual que impede o recrescimento bacteriano (OH, 2018). Contudo, a cloração não deve ser utilizada se a água contiver quantidades significativas de matéria orgânica, uma vez que pode levar à formação de subprodutos de desinfecção prejudiciais à saúde o usuário e ao meio ambiente (TILLEY *et al.*, 2014).

O sistema de desinfecção por cloração tem sido aplicado em diversos sistemas de tratamento para produção de água de reúso (VALENTINA, 2017; MARINOSKI *et al.*, 2018; SCHOEN *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019; KOBAYASHI *et al.*, 2020), assim como em sistemas de aproveitamento de água de chuva (GONZALEZ, 2018; MARINOSKI *et al.*, 2018; GHISI e MARINOSKI, 2019).

Figura 13 – Sistema automatizado de cloração utilizado no tratamento de águas residuárias



Fonte: Adaptado de Tilley *et al.* (2014)

3.7 VIABILIDADE TÉCNICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Para que o reúso ou aproveitamento de uma fonte alternativa de água não potável seja considerado viável tecnicamente, inicialmente é necessário identificar na edificação quais usos podem ser supridos por fontes alternativas, assim como o volume demandado e a qualidade requerida para cada uso específico. Após a identificação dos volumes e respectivas qualidades requeridas, é necessário avaliar o potencial de atendimento das demandas não potáveis de água com a oferta das fontes alternativas de água não potável (NRC, 2012). Essa avaliação deve ser feita de modo que os usos que requerem água de melhor qualidade sejam atendidos por fontes alternativas também de melhor qualidade, conforme detalhado no item 3.5.

Além disso, a análise de viabilidade técnica de um projeto deve prever e analisar as condições necessárias para sua implantação, como, por exemplo, a localização ideal para a instalação, a disponibilidade de recursos humanos e materiais necessários para a instalação e operação do projeto (ENDE e REISDORFER, 2015).

3.7.1 Balanço Hídrico

Em um edifício, seja ele novo ou já existente, o balanço hídrico é utilizado na elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômica com o propósito de indicar ações de conservação de água (GUZZO, 2017; VALENTINA, 2017; ABNT, 2019b).

O balanço hídrico, ou balanço de massa da água, é regido pela lei da conservação da massa e é utilizado em sistemas de gestão da água a fim de contabilizar todos os fluxos de entrada e saída de água do sistema (naturais e antropogênicos), equilibrando demanda com oferta (KENWAY *et al.*, 2011; FAROOQUI *et al.*, 2016).

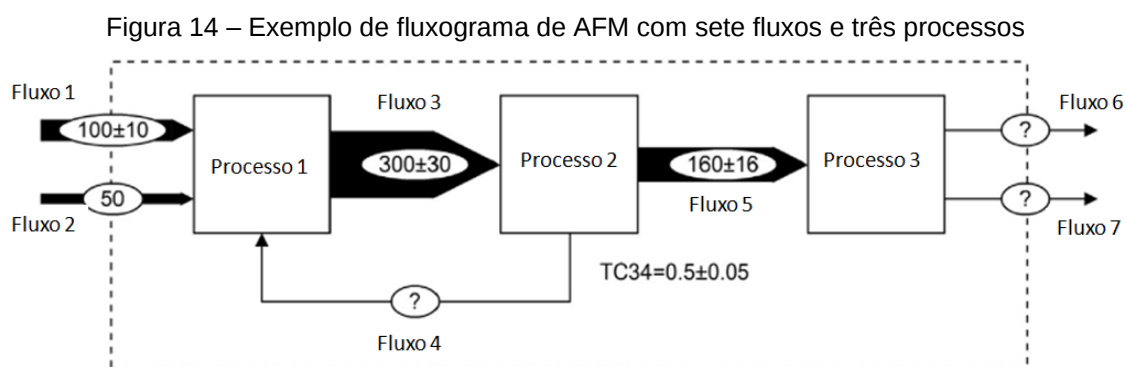
Este é elaborado a partir da caracterização hídrica do edifício e contempla os consumos de água e geração de efluentes das diversas atividades consumidoras. Sendo assim, ele deve conter informações como, por exemplo, (ABNT, 2019b):

- Identificação das demandas de água existentes, cálculo estimativo de volumes e vazões necessárias e respectivos requisitos de qualidade associados;
- Definição das demandas potáveis e não potáveis;
- Identificação dos indicadores de consumo;
- Identificação das possíveis ofertas de água potável e não potável

As análises de balanço hídrico podem ser realizadas com o auxílio de modelos matemáticos (JÓ, 2011; KENWAY *et al.*, 2011; SILVA, 2013; FAROOQUI *et al.*, 2016; RENOUF *et al.*, 2017; VALENTINA, 2017; GUZZO, 2017). Por isso, diversas metodologias tem sido desenvolvidas e aplicadas em sistemas de tratamento de efluentes (ZHU *et al.*, 2019), dispositivos de conversão de energia química em energia elétrica (LISO *et al.*, 2016), indicadores de metabolismo da água urbana (FAROOQUI *et al.*, 2016; RENOUF *et al.*, 2017), parques industriais (TUAN *et al.*, 2016;), redes de distribuição de água (BERARDI *et al.*, 2017), desempenho hidrológico de cidades (KENWAY *et al.*, 2011), dimensionamento de tanques para aproveitamento de água de chuva (IMTEAZ *et al.*, 2012; IMTEAZ *et al.*, 2017) e em edificações comerciais (VALENTINA, 2017; GUZZO, 2017).

Dentre as metodologias aplicadas para a elaboração do balanço hídrico, a Análise de Fluxo de Material (AFM) tem sido aplicada para descrever os fluxos de água de um determinado sistema (GAO *et al.*, 2011; GUZZO, 2017; VALENTINA, 2017; VERGER *et al.*, 2018; NIKA *et al.*, 2020). Visto que, a AFM é um instrumento confiável para descrever fluxos de materiais (mercadoria ou substâncias) e estoques dentro de vários sistemas (CENCIC e RECHBERGER, 2008). A partir da avaliação sistemática dos fluxos e estoques de materiais (mercadorias e substâncias) dentro de um sistema definido no espaço e no tempo, a AFM conecta as fontes, os

caminhos e os sumidouros intermediários e finais de um material (IWR, 2017). A Figura 14 ilustra um típico modelo de AFM, com os fluxos internos conectando processos dentro do limite do sistema e os fluxos de importação e exportação cruzando o limite do sistema. Na Figura, os fluxos 1, 3 e 5 são definidos pelo seu valor médio proveniente de medições e por seu erro padrão associado, o “Fluxo 2” recebe um valor constante e os fluxos 4, 6 e 7 são desconhecidos. Além disso, um coeficiente de transferência (não constante), denominado TC34 é fornecido definindo quanto do fluxo 3 é transferido para o fluxo 4.



Fonte: Cencic (2016)

De acordo com Cencic e Rechberger (2008), um dos problemas enfrentados na aplicação de processos de análise de fluxo de materiais é como lidar com dados incertos ou inconsistentes, como exemplificado na Figura 14. Além disso, outro grande problema de muitos estudos de análise de fluxo de materiais ou substâncias é a necessidade de utilização de mais de um *software*, como, por exemplo, o Excel associado a um *software* gráfico, o que depende de maior trabalho e propicia a geração de erros. Diante disso, o *software* STAN foi desenvolvido a fim de superar essas deficiências encontradas na análise de fluxo de materiais, e tem sido adotado por diversos autores (SIMA *et al.*, 2013; ARAMPATZIS *et al.*, 2016; MALDONADO *et al.*, 2017; SINGKARAN, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2020).

3.7.1.1 O Software STAN

O STAN (subSTance flow ANalysis) é um *software* gratuito, produzido pela Universidade de Tecnologia de Viena (Instituto de Qualidade da Água, Recursos e Gerenciamento de Resíduos) em cooperação com o INKA *software*, que ajuda a realizar a análise de fluxo de material. No STAN é possível construir um modelo gráfico com componentes predefinidos (processos, fluxos, limite do sistema, campos

de texto), inserir ou importar dados conhecidos (fluxos de massa e estoques, fluxos de volume e estoques, concentrações, coeficientes de transferência) para diferentes camadas (mercadorias, substância e energia) e períodos de tempo. O algoritmo de cálculo utiliza ferramentas estatísticas matemáticas, como reconciliação de dados, propagação de erros e detecção de erros grosseiros. Um gráfico do modelo com fluxos exibidos como setas Sankey (ou seja, a largura de um fluxo é proporcional ao seu valor) pode ser impresso ou exportado em vários formatos e resoluções (IWR, 2017).

Randersen *et al.* (2011) aplicaram o *software* STAN na análise de fluxo de material de um sistema de compostagem doméstica, através da construção de gráficos com a adição de fluxos de massa conhecidos, concentrações e coeficientes de transferência ao modelo. Com isso, de acordo com os autores, foi possível realizar simulações para reconciliar dados incertos⁹ e calcular dados desconhecidos. Já Lee *et al.* (2015) utilizaram o *software* STAN para estabelecer o fluxo de substâncias presentes em televisores e monitores de computador, em um estudo de caso realizado na Coreia.

Nas pesquisas de Valentina (2017) e Guzzo (2017) o *software* STAN foi utilizado na elaboração do balanço hídrico de um Shopping Center, envolvendo os pontos de consumo de água potável e geração de efluentes, assim como as fontes alternativas de água disponíveis na edificação.

3.8 VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Tendo a viabilidade técnica da alternativa sido comprovada, é elaborada então a viabilidade econômica do projeto, na qual deve ser considerado o desenho do layout da planta, as principais dimensões das unidades, a área ocupada, a energia requerida, os equipamentos necessários e outros itens relevantes para a obra em questão (VON SPERLING, 2007). Além disso, é necessário que o seu custo seja comparado com os custos de outras alternativas de gerenciamento de água e também o custo de não realizar nenhuma mudança na gestão da água (NRC, 2012).

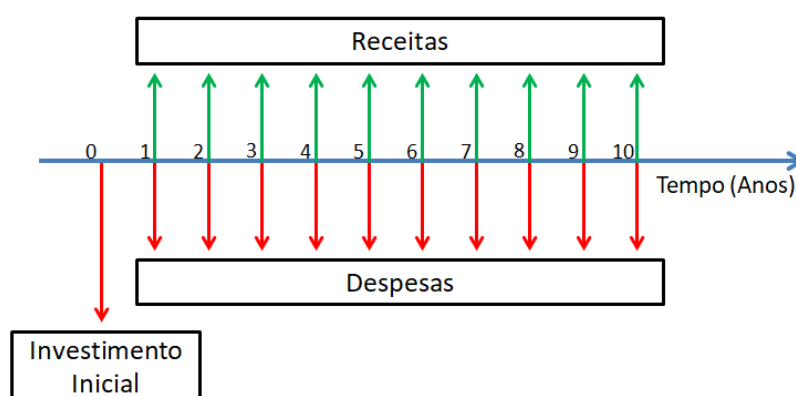
⁹ A reconciliação de dados permite que os valores médios de dados incertos sejam alterados de forma que as contradições desapareçam, reduzindo a incerteza dos dados (IWR, 2017).

Desse modo, a escolha das melhores alternativas exige a utilização de instrumentos de apoio à decisão que simplifiquem a avaliação das alternativas (PUCCINI, 2011), como, por exemplo, os métodos quantitativos de análise de investimentos, que se baseiam em técnicas matemáticas para prever o futuro do projeto (BLANK e TARQUIN, 2012).

3.8.1 Métodos quantitativos de análise de investimentos

Os métodos quantitativos de análises de investimentos mais utilizados são o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*. Para que sejam aplicados é necessária a elaboração de um fluxo de caixa, contabilizando o investimento inicial para implantação do projeto e as receitas e despesas geradas (CURY, 1999; PUCCINI, 2011; BLANK e TARQUIN, 2012; BREALEY *et al.*, 2013). Na Figura 15 têm-se um esquema de um fluxo de caixa simplificado para um horizonte de projeto de 10 anos.

Figura 15 – Fluxo de Caixa Simplificado para um horizonte de 10 anos.



Fonte: Autoria própria

Os métodos quantitativos de análises de investimentos mais utilizados são descritos nos itens 3.8.1.1, 3.8.1.2 e 3.8.1.3.

3.8.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL corresponde é a soma algébrica das receitas e custos de um projeto, sendo considerado o critério mais rigoroso e isento de falhas técnicas e, de maneira geral, o melhor procedimento para comparação de projetos (CURY, 1999; BREALEY *et al.*, 2013).

O VPL pode ser interpretado como uma medida do valor presente da riqueza futura gerada pelo projeto (PUCCINI, 2011) e é calculado pela Equação 3:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} \quad 3$$

sendo:

Ft – o fluxo de caixa líquido do projeto, no período t .

i – a taxa de atratividade do investimento usada para atualizar o fluxo de caixa

De acordo com o método do VPL, temos:

- $VPL > 0$ – o projeto é viável e deve ser aceito
- $VPL = 0$ – é indiferente aceitar ou rejeitar o projeto
- $VPL < 0$ – o projeto não é viável e não deve ser aceito

3.8.1.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é definida como a taxa de juros que torna nulo o valor presente de um fluxo de caixa (CURY, 1999; PUCCINI, 2011).

A TIR de um determinado projeto é a taxa de juros i^* que satisfaz a Equação 4:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i^*)^t} = 0 \quad 4$$

De acordo com o método da TIR, temos:

- $TIR > TMA^{10}$ – o projeto é viável e deve ser aceito
- $TIR = TMA$ – é indiferente aceitar ou rejeitar o projeto
- $TIR < TMA$ – o projeto não é viável e não deve ser aceito

A maior vantagem do método da TIR é apresentar como resultado o valor de uma taxa de juros, caracterizando-se como um indicador de rentabilidade, enquanto o

¹⁰TMA (Taxa Mínima de Atratividade) é uma taxa que deve ser composta por uma taxa de juros básica (livre de risco) e uma taxa de juros que representa a compensação pelo risco que o investidor deseja correr para investir seu capital (CURY, 1999).

método do VPL pode ser considerado como um indicador de lucratividade (CURY, 1999).

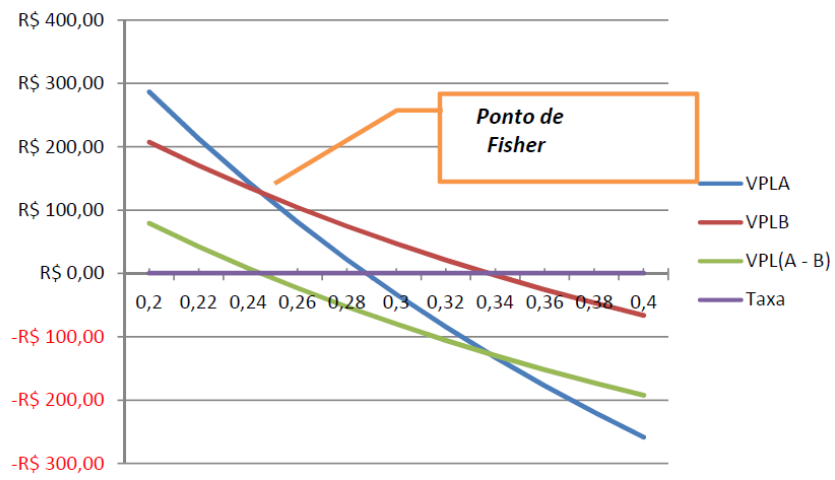
3.8.1.3 Payback

O *Payback* (período de retorno ou período de pagamento) é um tempo estimado para as receitas, poupanças e outros benefícios monetários recuperarem completamente o investimento inicial mais uma taxa de retorno declarada “*i*”. Existem dois tipos de análise de retorno, conforme determinado pelo retorno exigido: o *Payback* simples, onde é considerada apenas a recuperação do investimento inicial; e o *Payback* Descontado, onde é considerado que algum retorno deve ser realizado além de recuperar o investimento inicial (BLANK e TARQUIN, 2012; BREALEY *et al.*, 2013).

3.8.2 Ponto de Equilíbrio de Fisher

Para Kassai (1996) e Militão e Alberto (2011), no caso de projetos mutuamente excludentes, deve-se utilizar uma análise ainda mais detalhada do que os métodos do VPL e da TIR, visto que, apesar de possuírem vantagens, também possuem limitações em sua aplicação, podendo divergir na seleção do projeto mais viável. Desse modo, o denominado Ponto de Equilíbrio de Fisher, ou Intersecção de Fisher, indica o ponto (local) de uma curva onde a taxa de juros torna os investimentos equivalentes em termos de atratividade econômica, ou seja, que produz o mesmo VPL, e tem sido um importante indicador no suporte à decisão para a seleção do projeto mais viável (NETO, 1992; KASSAI, 1996; MILITÃO e ALBERTO, 2011). A Figura 16 ilustra a intercessão na qual a escolha dos projetos é indiferente em relação ao retorno financeiro.

Figura 16 – Ponto de Equilíbrio de Fisher



Fonte: Militão e Alberto (2011)

4 METODOLOGIA

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Devido à lacuna nacional de legislações a respeito do reúso de água, em dezembro de 2019, a ABNT, publicou duas normas com o intuito de delimitar critérios para a conservação de água e do uso de fontes alternativas (ABNT, 2019b; ABNT, 2019c). Dentre as fontes alternativas regulamentadas, destaca-se a possibilidade de inclusão da água de reúso proveniente do esgoto sanitário como fonte alternativa de água não potável. Alternativa não considerada por Guzzo (2017), Valentina (2017) e Gonzalez (2018), os quais avaliaram técnica e economicamente, o reúso de água cinza e o aproveitamento de água de chuva e água de condensado no Shopping Center Vila Velha (SCVV), localizado na cidade de Vila Velha/ES.

Desse modo, neste trabalho foi analisada a viabilidade de atendimento da demanda por água não potável a partir das fontes alternativas consideradas por Guzzo (2017), Valentina (2017) e Gonzalez (2018), com a inclusão da água de reúso proveniente do esgoto sanitário como fonte alternativa de água não potável. Para isso foram estabelecidos e avaliados cenários de uso das fontes alternativas de água (água de condensado, água cinza, água de chuva e esgoto) e, para cada cenário estabelecido foi criado um balanço hídrico, considerando os fluxos de entrada e saída de água do sistema. Além disso, foi feito um levantamento do tipo de tratamento ao qual cada fonte alternativa de água não potável deve ser submetido, considerando os custos e o nível de tratamento requerido.

Os cenários foram estabelecidos considerando as vazões provenientes de medições de consumo de água potável, produção de água de condensado, água cinza e esgoto sanitário realizadas na edificação por Guzzo (2017) e Valentina (2017). Foram considerados ainda dados de precipitação registrados em estação meteorológica, a fim de estimar o potencial de captação de água de chuva da edificação. Diante dos resultados obtidos no balanço hídrico, foi realizada a análise de viabilidade econômica de cada cenário estabelecido, envolvendo custos de implantação, operação e manutenção, além do retorno financeiro gerado por cada cenário de uso de fontes alternativas de água.

Desse modo, foi possível avaliar a viabilidade do reúso de esgoto sanitário em comparação com o reúso de água cinza, isoladamente ou associado a outras fontes alternativas, levando em consideração a conservação dos recursos hídricos e o retorno financeiro da implantação do projeto.

4.2 CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA DA EDIFICAÇÃO

De acordo com ABNT (2019b), a caracterização hídrica de uma edificação contempla as informações que possibilitam a compreensão do ciclo da água. Tais informações são utilizadas para elaboração de balanço hídrico e estudo de viabilidade técnica e econômica, os quais são a base de tomada de decisões para definição das ações de conservação de água a serem previstas em uma edificação.

É importante destacar que a caracterização hídrica de uma edificação nova deve ser realizada ainda na fase de concepção/estudos preliminares do empreendimento (ABNT, 2019b). Porém, para edifícios existentes, como neste estudo de caso, a caracterização hídrica deve ser realizada por meio de levantamento de campo. Desse modo é possível obter informações, como: tipologia da edificação, oferta de fontes de água, população a ser atendida, projetos de distribuição e de reservação de água, sistemas de esgotamento sanitário e drenagem, entre outros.

4.2.1 Tipologia da edificação

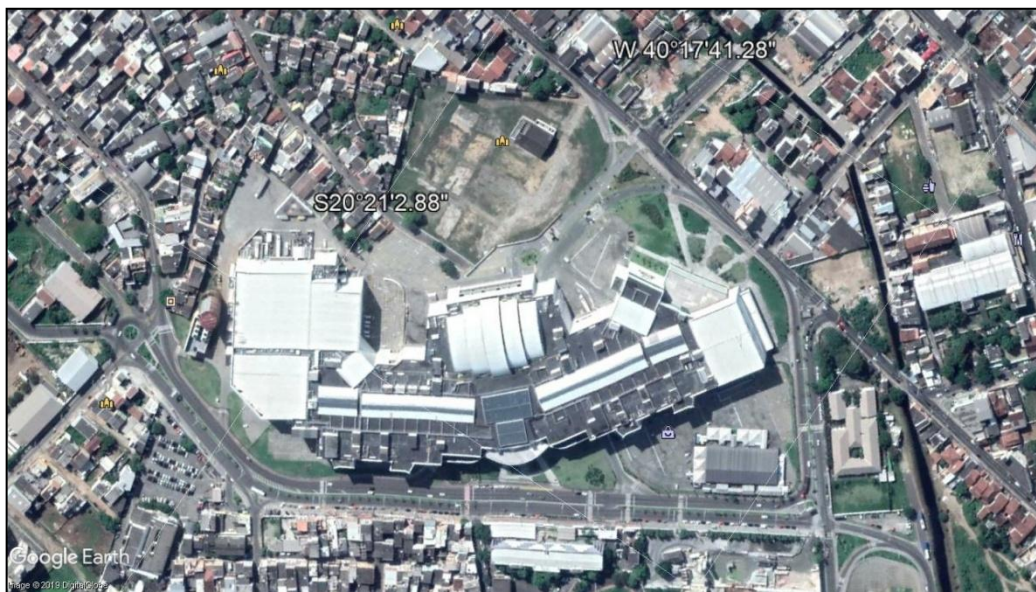
O Shopping Center Vila Velha (SCVV) (Figura 17), localizado no município de Vila Velha, no estado do Espírito Santo, foi inaugurado em agosto de 2014 e é o maior shopping do estado, com um terreno de 140 mil m², sendo 71 mil m² de área bruta locável (BR MALLS, 2019).

O empreendimento conta com 233 lojas satélites, 4 mil vagas de estacionamento, um hipermercado com 9 mil m², praça de alimentação com 30 operações, Game Center, 08 mega lojas, 18 lojas âncoras e uma Alameda Gourmet com quatro restaurantes. O shopping também oferece casas de câmbio, um centro de diagnóstico por imagem, espaço de pequenos serviços, como chaveiro, casa lotérica e conserto de roupas. Além disso, o shopping possui áreas exclusivas para entretenimento e eventos infantis e uma área com 10 mil m² destinados a entretenimento e lazer, como shows musicais e peças de teatro (BR MALLS, 2019).

O SCVV possui ainda sete reservatórios de contenção de água pluvial, denominados por RECAPs, os quais possuem a finalidade de amortecer a vazão de água pluvial a ser encaminhada para o sistema de drenagem público, evitando alagamentos e enchentes. Localizados em diferentes pontos do terreno, os sete RECAPs totalizam capacidade de armazenamento de 644,4m³ (Guzzo, 2017).

A edificação possui sistema de armazenamento e distribuição de água apenas para água potável e o abastecimento é proveniente da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). O esgoto gerado na edificação é direcionado para a rede pública de esgotamento sanitário e segue para tratamento em estação da CESAN. Desse modo, a edificação não possui nenhum tipo de sistema para reúso ou aproveitamento de água, portanto, os sistemas de reúso e aproveitamento de fontes alternativas de água não potável descritos nesta metodologia foram idealizados por esta pesquisa ou por pesquisas anteriores realizadas no SCVV.

Figura 17 – Localização do Shopping Vila Velha.



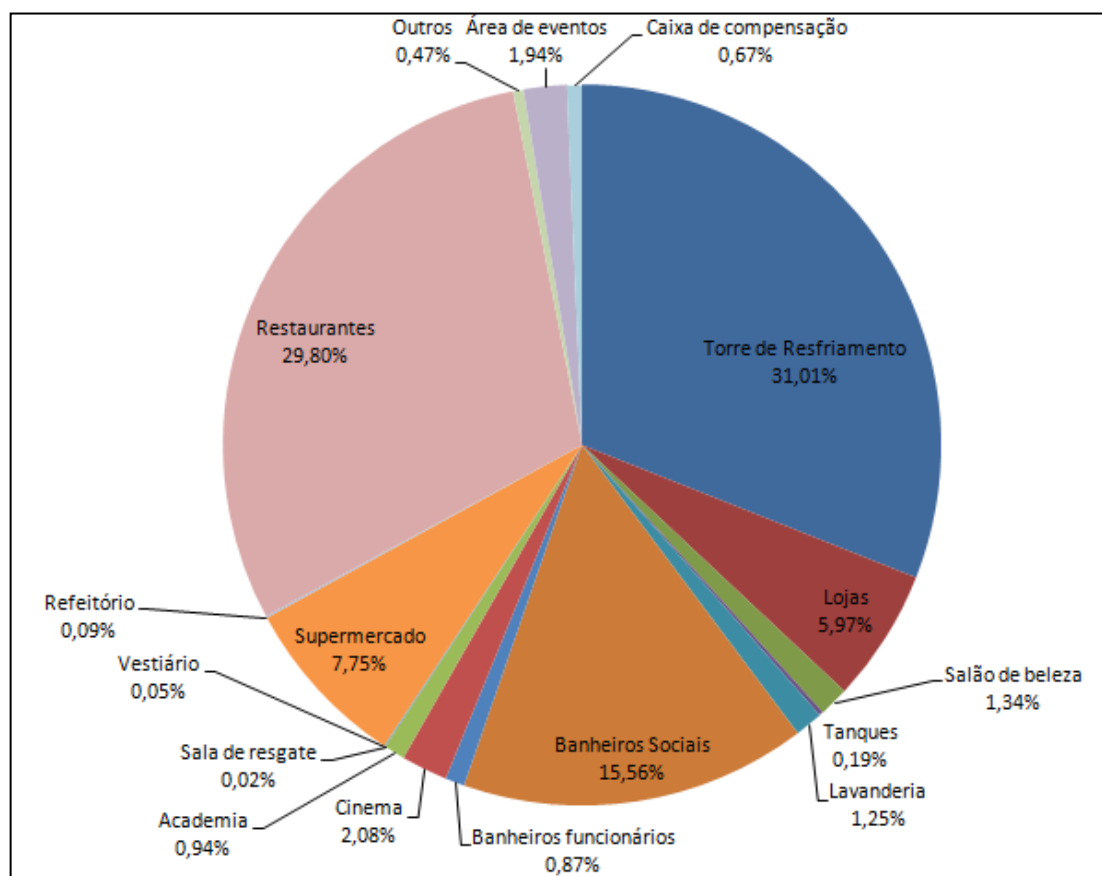
Fonte: Google Earth (Acesso em 27 mar. 2019).

Guzzo (2017) e Valentina (2017) realizaram estudos no Shopping Center Vila Velha (SCVV) com o intuito de propor soluções para a conservação de água na edificação, visto que o shopping em questão exerce alto consumo de água potável e não possui nenhuma prática de conservação de água. Além disso, a pesquisa foi subsidiada pela facilidade na coleta de dados e informações essenciais para a correta caracterização hídrica da edificação. A seguir são apresentadas informações sobre consumo, demanda e fontes alternativas de água para a edificação.

4.2.2 Consumo de água potável

O consumo de água potável da edificação foi avaliado por Guzzo (2017) e Valentina (2017) através de um plano de setorização do consumo de água, o qual possibilitou uma divisão por setores de cada atividade consumidora de água (Figura 18). Foram avaliadas as vazões de água consumida em banheiros, refeitório, restaurantes, torre de resfriamento, área de eventos, cinema, supermercado, caixa de compensação, salão de beleza, lavanderia, academia, tanques e lojas. Foram realizadas leituras dos medidores no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017, totalizando 72 dias de medições em todos os 192 hidrômetros da edificação.

Figura 18 – Setorização do consumo de água potável do Shopping Vila Velha, de acordo com as leituras realizadas por Guzzo (2017) entre outubro de 2016 e janeiro de 2017.



Fonte: Adaptado de Guzzo (2017)

Apesar da grande quantidade de atividades consumidoras de água monitorada, elas não cobrem 100% do consumo do Shopping. Algumas atividades como os banheiros das docas e as torneiras de serviço não foram medidas (GUZZO, 2017). Desta forma, como não foi possível monitorar todas as atividades consumidoras de água, aplicou-se a diferença entre a leitura do hidrômetro geral (CESAN) da edificação e o

somatório das leituras realizadas nas demais atividades, sendo o resultado atribuído à classe “outros”. Neste estudo, a classe “outros” representa, então, todas as atividades consumidoras de água que não foram medidas diretamente.

4.2.3 Demanda de água potável e não potável

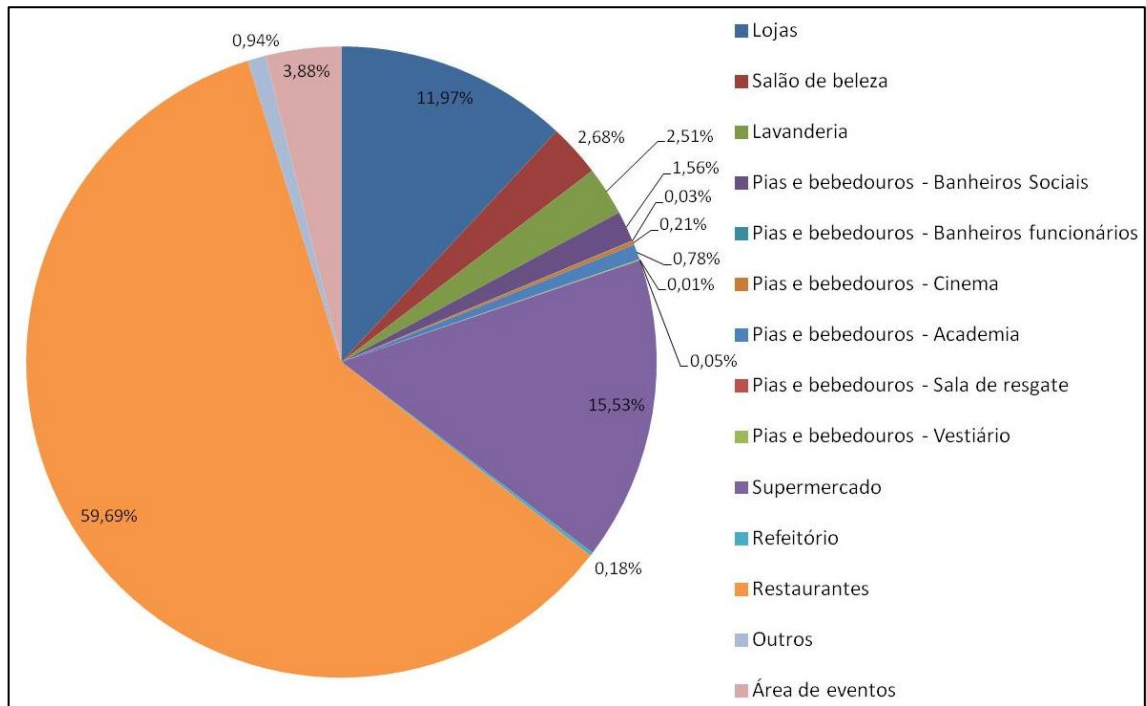
A demanda por água potável é proveniente de pias e bebedouros (banheiros sociais, cinema, funcionários, sala de resgate, vestiários e academia), lavanderia, salão de beleza, lojas, refeitório, restaurante, área de eventos e os usos denominados “outros”. Já a demanda por água não potável é proveniente das bacias sanitárias e mictórios (banheiros sociais, cinema, funcionários, sala de resgate, vestiários e academia), dos tanques, da caixa de compensação e da torre de resfriamento do sistema de ar condicionado.

É importante destacar que somente foi possível realizar as medições no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017 (GUZZO, 2017), ou seja, não completando um ano de medição. Desta forma, optou-se por considerar uma demanda constante e igual a média diária dos valores medidos neste período. Considerando que este período engloba o verão e a época de férias escolares, este seria um cenário de maior demanda pelas fontes de água.

Sendo assim, foi considerado que a demanda diária mensal de água da edificação é de 308,33m³, sendo que deste volume, 49,93% (153,94m³) corresponde à demanda por água potável e 50,07% (154,39m³) corresponde à demanda por água não potável.

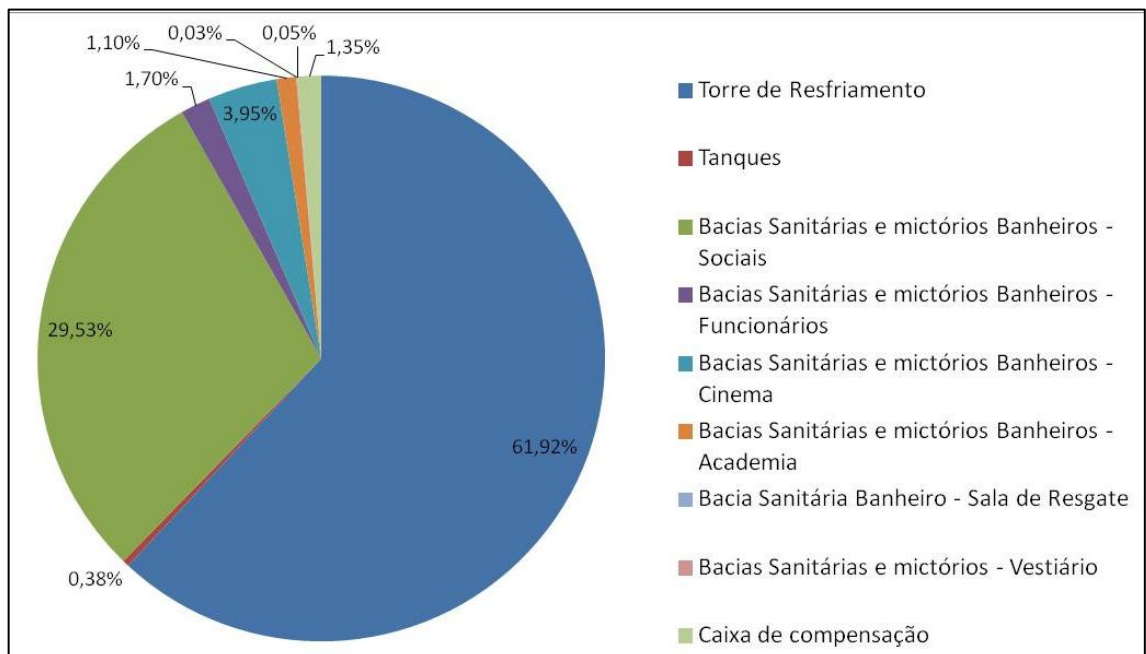
O detalhamento dos pontos de demanda por água potável, assim como o percentual ao qual cada ponto representa no volume demandado pode ser observado na Figura 19. Já o detalhamento dos pontos de demanda por água não potável e seus respectivos percentuais demandados é exibido na Figura 20.

Figura 19 – Percentual da demanda média diária de água potável correspondente às diversas atividades consumidoras do Shopping Vila Velha.



Fonte: Adaptado de Guzzo (2018)

Figura 20 – Percentual da demanda média diária de água não potável correspondente às diversas atividades consumidoras do Shopping Vila Velha.



Fonte: Adaptado de Guzzo (2018)

4.2.4 Fontes alternativas de água não potável

Neste item procurou-se identificar as fontes de água não potável disponíveis na edificação, sendo elas: a água cinza, a água de condensado, a água de chuva e o esgoto sanitário. Além disso, foi estimado o potencial de oferta dessas fontes alternativas, que poderiam suprir as demandas por água não potável da edificação. As ofertas de água cinza, esgoto sanitário e água de condensado foram previamente definidas a partir dos dados medidos e estimados por Guzzo (2017) e Valentina (2017). Já para a determinação da oferta de água de chuva aplicou-se o método da simulação para o dimensionamento de reservatórios, descrito no item 3.4.2.1.1.

Os cálculos foram realizados no *software* Microsoft Office Excel e o desempenho de cada sistema foi avaliado por meio dos parâmetros confiança e eficiência, conforme apresentados por Bezerra *et al.* (2010). A confiança do sistema está relacionada à verificação do serviço à demanda, sendo, portanto, a relação entre o período em que a demanda é atendida com a água da chuva e o período total investigado. Já a eficiência é considerada como a relação entre o volume de água de chuva captada e o volume de água de chuva que foi realmente utilizado, ou seja, aquele que não excede o volume previsto do reservatório.

4.2.4.1 Água cinza, água negra e esgoto sanitário

A oferta de água cinza e de esgoto sanitário segue o mesmo comportamento que a demanda por água potável e não potável, já que esta também varia de acordo com o fluxo de pessoas na edificação. No entanto, considerando que a demanda por água neste estudo foi considerada constante, a oferta de água cinza e de esgoto também foram assumidas como constantes ao longo do ano.

Desse modo, o valor médio produzido de água cinza foi determinado a partir do consumo de água potável nas pias e bebedouros (banheiros sociais, cinema, funcionários, sala de resgate, vestiários e academia), lavanderia, salão de beleza, tanques, caixa de compensação e lojas (GUZZO, 2017).

O valor médio produzido de água cinza escura e água negra foi determinado a partir do consumo de água potável nas bacias sanitárias e mictórios (banheiros sociais, cinema, funcionários, sala de resgate, vestiários e academia), refeitório, restaurante, área de eventos, supermercado e “outros”.

Já o valor médio produzido de esgoto sanitário foi determinado a partir da soma dos volumes produzidos de água cinza clara, água cinza escura e água negra.

4.2.4.2 Água de condensado

Apesar de a água de condensado ser considerada uma fonte alternativa de água não potável instável, conforme item 3.4.2.2, nesta pesquisa ela foi considerada como constante durante todos os meses do ano. Isso porque o período de monitoramento da produção de água de condensado realizado por Guzzo (2017), não permitiu a estimativa de geração para todos os meses do ano. Dessa forma, a oferta diária de água de condensado foi considerada igual à média dos valores medidos por Guzzo (2017) no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017.

O volume de produção de água de condensado foi estimado por Guzzo (2017) a partir da medição de vazão de 4 drenos existentes na edificação e, após a manipulação dos dados, a autora encontrou um valor médio de 5,8L/TR.d.¹¹ Esse valor foi relacionado com a tonelada de refrigeração total do SCVV e conclui-se que a produção total diária de água de condensação é de, aproximadamente, 9,7 m³ e a produção anual equivalente a 291 m³.

4.2.4.3 Água de chuva

A estimativa do potencial de captação de água de chuva foi realizada com base em dados diários de precipitação da estação pluviométrica nº 83648, localizada na cidade de Vitória - ES, disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados do período de 2003 a 2018, sendo desconsiderados os anos de 2009 e 2010 devido a falhas nos dados de medição diária. Foi aplicado então o método da simulação descrito no item 3.4.2.1.1, considerando o descarte de 2 mm da precipitação inicial para cada dia com chuva, e o coeficiente de escoamento de 95%, conforme especificação da NBR 15527:2019 e o material utilizado no telhado, respectivamente.

¹¹ As máquinas de refrigeração têm sua capacidade nominal avaliada em toneladas de refrigeração (TR). Uma tonelada de refrigeração possui um efeito frigorífico igual àquele produzido por uma tonelada de gelo derretendo em 24 horas (MILLER e MILLER, 2014).

O reservatório foi considerado cheio no início da contagem do tempo, conforme recomendado pelo método e a simulação foi feita de maneira contínua, considerando dados diários de precipitação e de demanda por água não potável. Além disso, foi considerado o volume de reservação de 644,4m³, correspondente ao somatório do volume dos sete RECAPs existentes na edificação.

A área de captação foi considerada igual a 55.288,15m², que correspondente à área da cobertura da edificação (Guzzo, 2017). Com a área de captação, o volume dos RECAPs e a aplicação do método da simulação descrito no item 3.4.2.1.1, foi possível identificar o volume de água potável que poderia ser economizado a partir do aproveitamento de água de chuva, assim como seu volume de extravasamento.

Além disso, foi possível identificar os dias do ano que teriam sua demanda completamente atendida pela água de chuva e aqueles em que seria necessário o suprimento com água potável. A partir desses dados foi possível então determinar o desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva e também o volume anual de reposição necessário para suprir a demanda da edificação nos dias em que a oferta de água de chuva foi menor que a demanda.

4.3 ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Como estratégias para conservação de água adotando fontes alternativas de suprimento de demandas não potáveis, neste estudo foram definidos três cenários (Quadro 8) com diferentes percentuais de uso das fontes alternativas de água não potável, e também de água potável, para atender a demanda de água da edificação.

Quadro 8 – Cenários propostos de reúso e aproveitamento de água no Shopping Vila Velha

Cenários	Água de Chuva	Água Cinza	Esgoto Sanitário	Água de Condensado	Água Potável
Cenário 1	x	x		x	x
Cenário 2			x		x
Cenário 3	x		x	x	x

Fonte: Autoria própria

Os cenários apresentados no Quadro 8 foram definidos com base no trabalho de Guzzo (2017), o qual verificou que as águas de chuva, de reúso e de condensado poderiam suprir, respectivamente, 118, 20 e 6% da demanda de água não potável

do SCVV. Contudo, deve-se destacar que, nesta pesquisa os dados de entrada para o cálculo do volume ofertado de água de chuva foram diferentes dos utilizados por Guzzo (2017), que aplicou o método da simulação com precipitações médias mensais no período de 2003 a 2016.

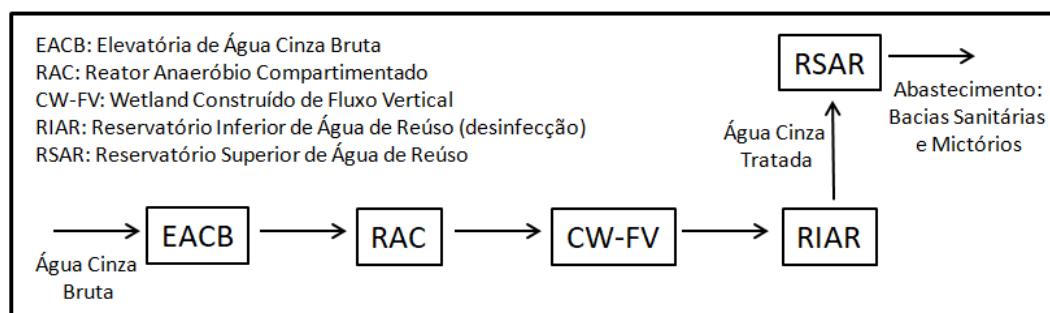
O Cenário 1 é o mesmo encontrado por Guzzo (2017) como sendo a melhor opção para atender a demanda de água não potável da edificação – quando analisadas como fontes alternativas: a água cinza, a água de chuva e a água de condensado – no entanto, a autora não apresentou estudo de viabilidade econômica. O Cenário 2 foi atribuído para que seja avaliada a viabilidade econômica do tratamento de esgoto, principal objetivo deste trabalho. Já o Cenário 3 foi atribuído com o intuito de comparar a viabilidade econômica entre o tratamento de água cinza e o do esgoto sanitário.

4.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA PRODUZIR ÁGUA DE REÚSO

Neste item foram definidos, para cada fonte de água não potável, os tratamentos necessários de acordo com a qualidade da água requerida. Foram levados em consideração os volumes disponíveis para reúso ou aproveitamento, assim como aspectos construtivos de cada tipo de tratamento.

Para o tratamento da água cinza foi considerado o dimensionamento de uma ETAC realizado por Valentina (2017) para atendimento das demandas de bacias sanitárias e mictórios no Shopping Center Vila Velha. A autora propôs a associação em série de um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), um Wetland Construído de Fluxo Vertical (CW-FV) e desinfecção por cloração (Figura 21). Este esquema foi definido levando-se em consideração a qualidade necessária do efluente tratado para reúso, as características da água cinza bruta, as condições climáticas da região e a redução do custo.

Figura 21 – ETAC proposta por Valentina (2017).

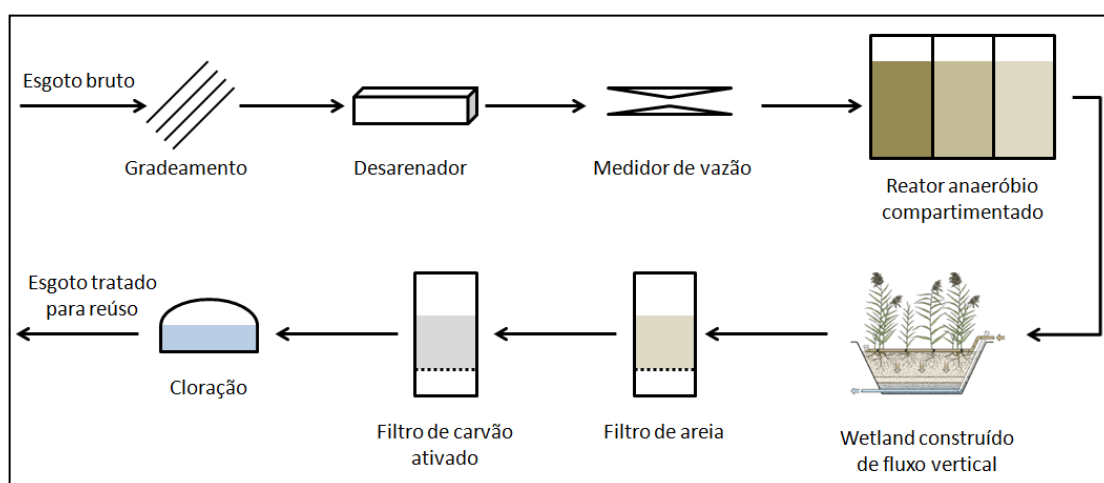


Fonte: Adaptado de Valentina (2017)

Para o reúso de esgoto sanitário, a escolha da tecnologia de tratamento teve como base o conceito “Fit for purpose”, detalhado no item 3.6.3. Considerando a qualidade do efluente bruto e a qualidade requerida para os usos finais do efluente tratado, foram avaliadas três alternativas de associação de métodos de tratamento para produzir água de reúso a partir do esgoto sanitário da edificação.

Na alternativa 1, o esgoto bruto passa pelo tratamento preliminar (gradeamento e desarenador) e por um medidor de vazão. Posteriormente, o efluente é encaminhado para um reator anaeróbio compartmentado, para um wetland construído de fluxo vertical e, posteriormente, para filtros de areia e carvão ativado, sendo então direcionado para um tanque de desinfecção onde ocorre a cloração. A Figura 22 ilustra o esquema proposto.

Figura 22 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV– Alternativa 1.



Fonte: Autoria própria

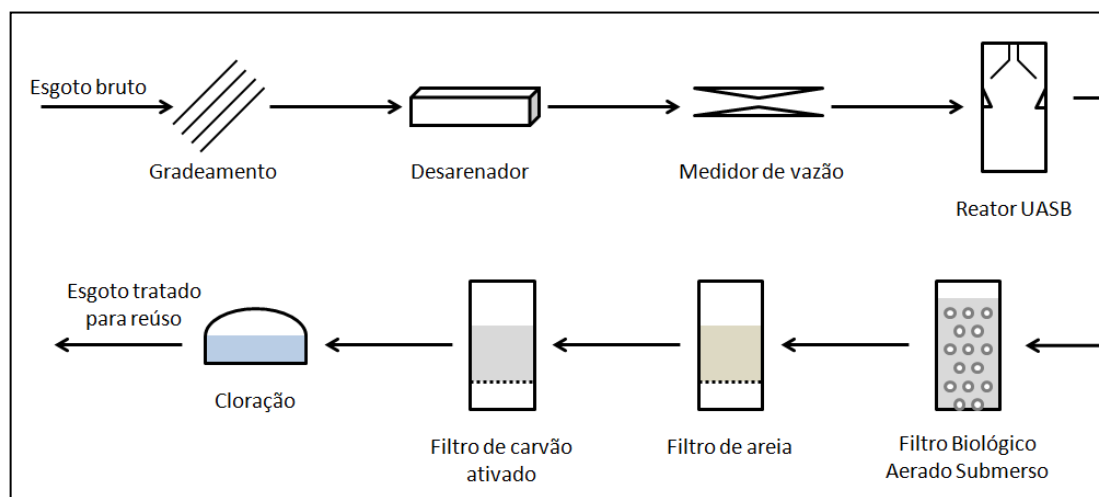
A escolha dos métodos de tratamento da Alternativa 1 foi feita com base no fluxograma avaliado por Valentina (2017) para o tratamento de águas cinzas, e

adicionou-se a etapa de filtração terciária, para remoção de sólidos suspensos residuais e de compostos orgânicos e inorgânicos.

Contudo, de acordo com Gonçalves *et al.* (2019), os wetlands são instalados preferencialmente em edificações com pequena demanda por água de reúso e que possuam disponibilidade de área para sua implantação. Desse modo, a viabilidade da instalação de um wetland construído de fluxo vertical para a produção de água de reúso a partir do esgoto sanitário deve ser avaliada, uma vez que, apesar de o empreendimento dispor de área livre para a implantação, a demanda por água não potável é alta, conforme item 4.2.3.

Na Alternativa 2, o esgoto bruto passa pelo tratamento preliminar (gradeamento e desarenador) e por um medidor de vazão. Posteriormente, o efluente é encaminhado para um reator UASB, para um filtro biológico aerado submerso (FBAS) e posteriormente para filtros de areia e carvão ativado, sendo então direcionado para um tanque de desinfecção onde ocorre a cloração. A Figura 23 ilustra o esquema proposto.

Figura 23 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV – Alternativa 2.



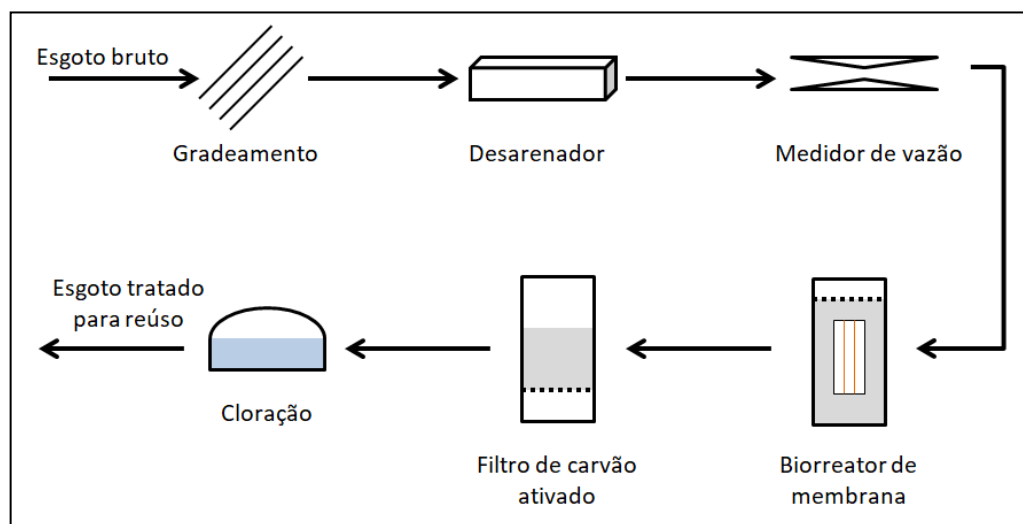
Fonte: Autoria própria

A escolha dos métodos de tratamento da Alternativa 2 foi determinada com base no sistema anaeróbio – aeróbio definido para a Alternativa 1 e visando um sistema mais compacto. Note que na Alternativa 2, o RAC foi substituído por um reator UASB e o WCFV foi substituído por um FBAS, permanecendo as demais unidades iguais à Alternativa 1. Reatores UASB são considerados sistemas compactos e a sua

associação com o FBAS aumenta a remoção de matéria orgânica e de sólidos em suspensão (GONÇALVES, 2007). Além disso, como o excesso de lodo produzido nos biofiltros é recirculado para o reator UASB não há necessidade de instalação de unidades específicas para tratamento do lodo aeróbio, o que reduz o fluxograma do sistema de tratamento (CHERNICHARO, 2007).

Na alternativa 3, o esgoto bruto passa pelo tratamento preliminar (gradeamento e desarenador) e por um medidor de vazão. Posteriormente, o efluente é encaminhado para um biorreator de membrana (MBR) e para um filtro de carvão ativado, sendo então direcionado para um tanque de desinfecção onde ocorre a cloração. A Figura 24 ilustra o esquema proposto.

Figura 24 – Esquema: Estação de Produção de Água de Reúso proposta para tratamento do esgoto sanitário gerado no SCVV – Alternativa 3.



Fonte: Autoria própria

Na Alternativa 3 os sistemas de tratamento anaeróbio, aeróbio e de filtração por areia foram substituídos pelo biorreator de membrana. O MBR é uma tecnologia de tratamento alternativa ao tratamento secundário convencional, que reduz a área requerida para instalação do sistema, sendo adequado para instalação em sistemas de reúso da água (METCALF & EDDY, 2007; FATTA-KASSINOS *et al.*, 2016). Contudo, devido ao consumo de energia característico dos MBR, em especial aqueles que utilizam membranas de ultrafiltração, (GONÇALVES *et al.*, 2019) a viabilidade econômica de sua instalação deve ser analisada.

Para o sistema de captação de água de chuva foi considerado um sistema composto por filtro de sólidos, poço técnico e reservatório de descarte de primeira chuva, conforme NBR 15527 (ABNT, 2019a).

O método de desinfecção para o aproveitamento de água de condensado e água de chuva será o mesmo estabelecido para as outras fontes alternativas, para efeito de comparação de viabilidade econômica.

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DOS CENÁRIOS

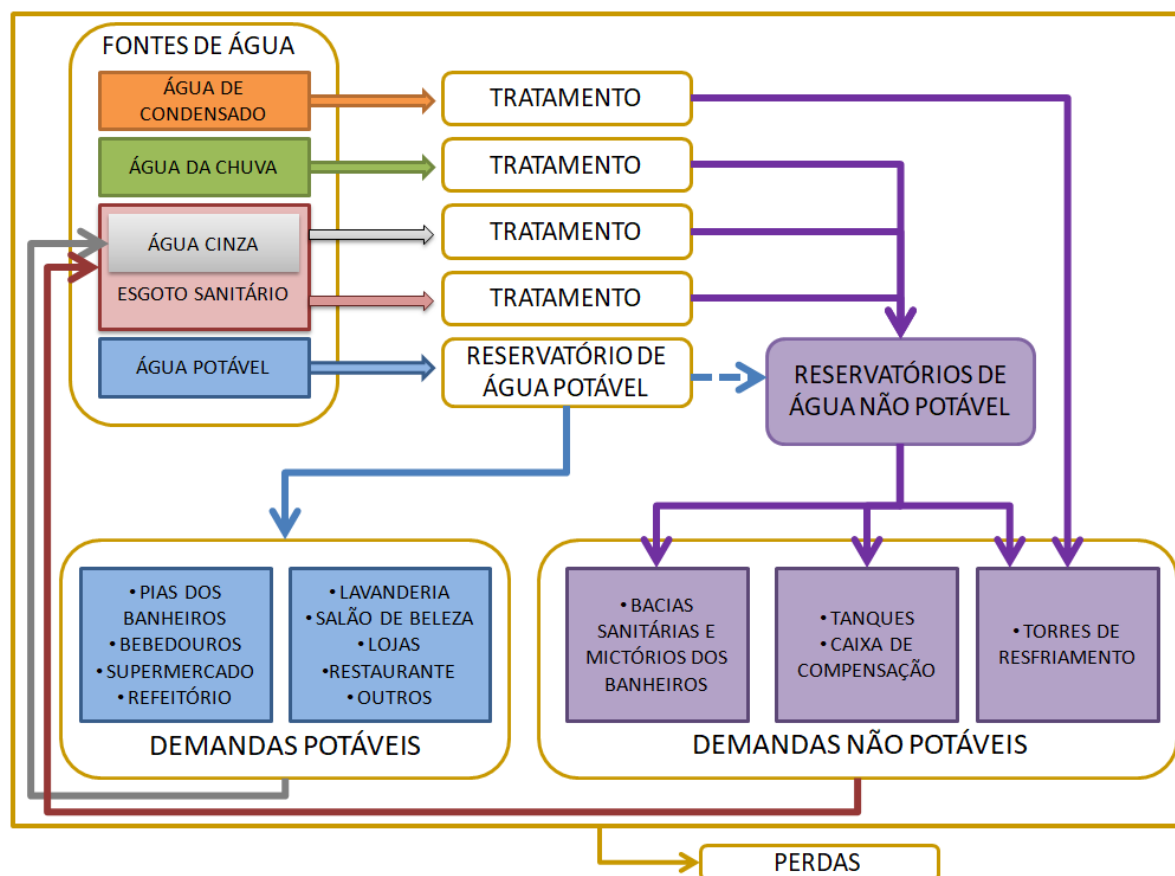
Para realizar o estudo de viabilidade técnica foram avaliadas as ofertas e as demandas de água, associando quantidade e qualidade de água não potável para os mais diversos usos no empreendimento. Além disso, foram avaliadas as possíveis modificações na morfologia da edificação, identificando onde as partes constituintes dos sistemas podem ser instaladas, assim como a possibilidade de aproveitamento de alguma estrutura já existente, como, por exemplo, o uso dos RECAPs para reservação da água de chuva captada na cobertura.

4.5.1 Balanço hídrico

O balanço hídrico é fundamental para a análise de um novo processo ou de um processo já existente, e pode ser um dos procedimentos usados para tomada de decisões. Nesta pesquisa o balanço hídrico será utilizado como ferramenta de apoio à decisão para identificar o melhor cenário de uso de fontes alternativas. Para construir o balanço hídrico foram definidas as correntes envolvidas no processo, suas fronteiras e seu fluxograma.

A Figura 25 apresenta um esquema geral do balanço hídrico proposto por este estudo para o Shopping Center Vila Velha, com as fontes de água potável e não potáveis, assim como os pontos de consumo considerados nesta pesquisa. Para cada cenário do item 4.3 foi simulado um balanço hídrico, levando em consideração os percentuais de volume a serem utilizados de cada fonte de água não potável. O balanço hídrico foi simulado com o auxílio do *software* STAN, descrito no item 3.7.1.1.

Figura 25 – Esquema geral do Balanço Hídrico proposto para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.



Fonte: Autoria própria

4.5.1.1 Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

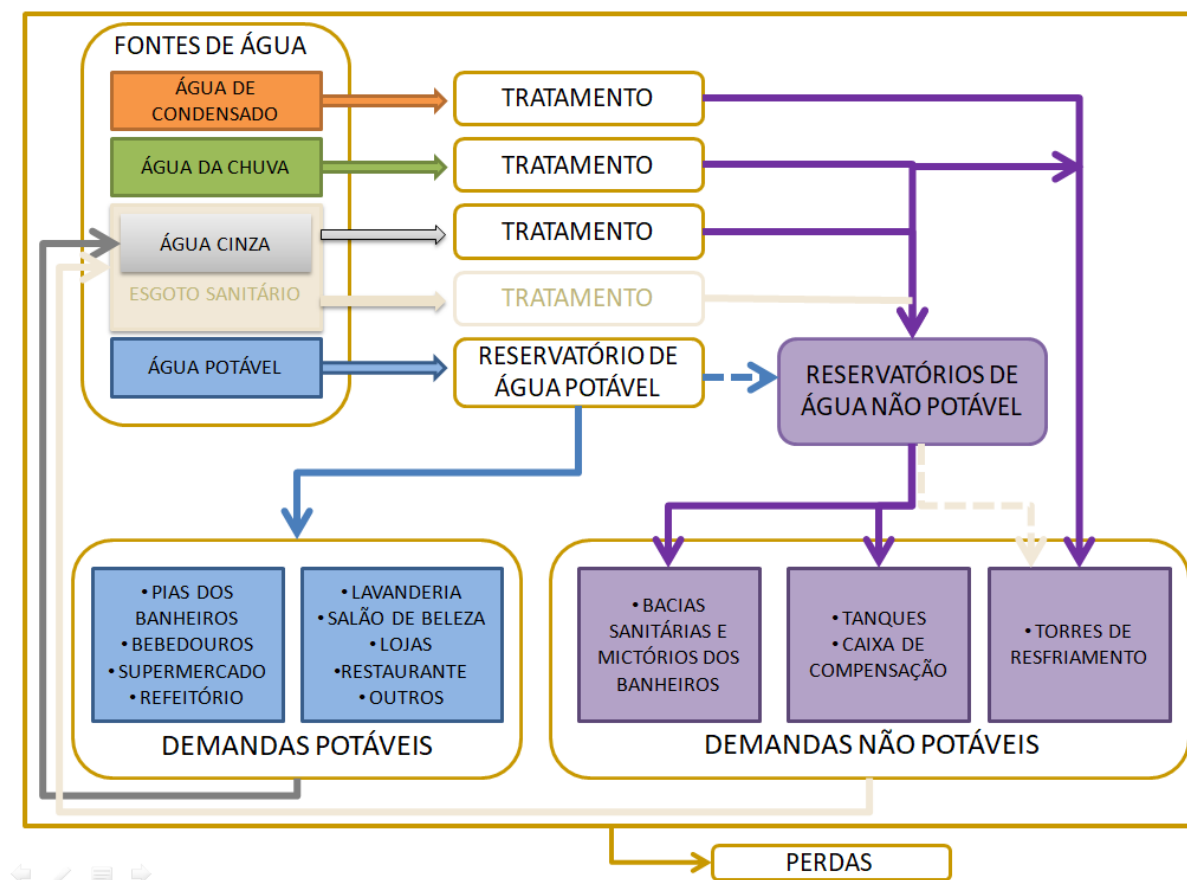
Para o sistema de reúso de água cinza foram utilizados os componentes definidos por Valentina (2017), a qual considerou o atendimento das demandas das bacias sanitárias dos dois banheiros do cinema, dos dois banheiros dos funcionários, e dos quatro banheiros sociais do setor Norte e dos dois da Praça de Alimentação. Com a inclusão da água de chuva, foi possível incluir também a distribuição de água não potável para as demais demandas da edificação, sendo estas: tanques, bacias sanitárias dos quatro banheiros sociais do setor Sul, dos banheiros da academia, do banheiro da sala de resgate, dos banheiros do vestiário e da caixa de compensação, além da demanda da torre de resfriamento, atendida pela água de chuva e pela água de condensado.

Para o sistema de aproveitamento de água de chuva foi proposta a instalação de uma tubulação direcionando a água de chuva coletada pela cobertura da edificação. Além disso, foi idealizado um sistema de filtração de sólidos e de descarte de primeiro fluxo, conforme indicado pela NBR 15527 (ABNT, 2019a). Após filtração, a água de chuva deve ser encaminhada para os sete RECAPs existentes na edificação, onde fica armazenada. A água de chuva deve ser então bombeada, conforme a demanda, para o reservatório inferior de água de reúso compartilhado com a água cinza, por esse estar localizado em cota superior à dos RECAPs. Posteriormente ambas serão bombeadas para o reservatório superior de água de reúso, idealizado para ser localizado na cobertura da edificação, e distribuídas para os pontos de consumo de água não potável dentro da edificação. Sendo o sistema de distribuição de água não potável, proposto considerando sempre as menores distâncias para instalação das tubulações.

Para o sistema de aproveitamento de água de condensado foi proposta a instalação de tubulação para coleta e transporte da água de condensado produzida nas 18 casas de máquina existentes na edificação até um reservatório localizado ao lado da torre de resfriamento. Propõe-se ainda que, uma parcela da água de chuva armazenada, seja bombeada para o referido reservatório, onde ocorre a desinfecção e bombeamento da água de condensado e da água de chuva para suprir a demanda da torre de resfriamento.

A Figura 26 apresenta um esquema do balanço hídrico proposto no Cenário 1 para o Shopping Center Vila Velha, com as fontes de água potável e não potáveis, assim como os pontos de consumo considerados nesta pesquisa.

Figura 26 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 1 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.



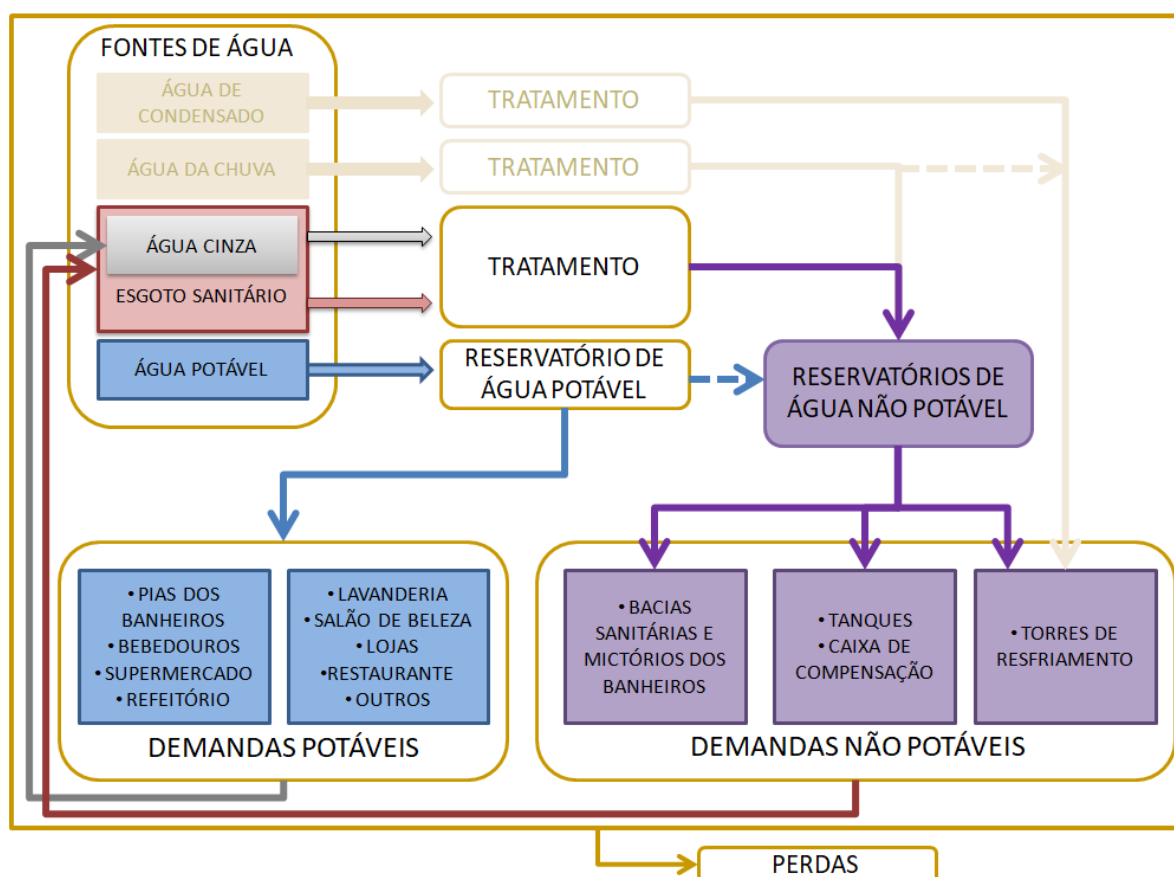
Fonte: Autoria própria

4.5.1.2 Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

Para cada alternativa definida no item 4.4 foi considerada a coleta do esgoto pelo sistema de coleta de esgoto convencional, sem a segregação de correntes. O esgoto coletado é então bombeado pela estação elevatória de esgoto bruto (EEEB) para a Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR). Após passar pelo sistema de tratamento, o esgoto tratado é armazenado em um reservatório inferior de água de reúso (RIAR), onde ocorre a cloração e, posteriormente, bombeado para o reservatório superior de água de reúso (RSAR) localizado na cobertura da edificação, para ser distribuído para os pontos de consumo de água não potável. Além disso, uma parcela do esgoto que passa pelo tratamento adicional por osmose reversa é encaminhada para um reservatório a ser localizado ao lado da torre de resfriamento, para suprir sua demanda conforme necessidade diária.

A Figura 27 apresenta um esquema do balanço hídrico proposto no Cenário 2 para o Shopping Center Vila Velha, com as fontes de água potável e não potáveis, assim como os pontos de consumo considerados nesta pesquisa.

Figura 27 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 2 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.



Fonte: Autoria própria

4.5.1.3 Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

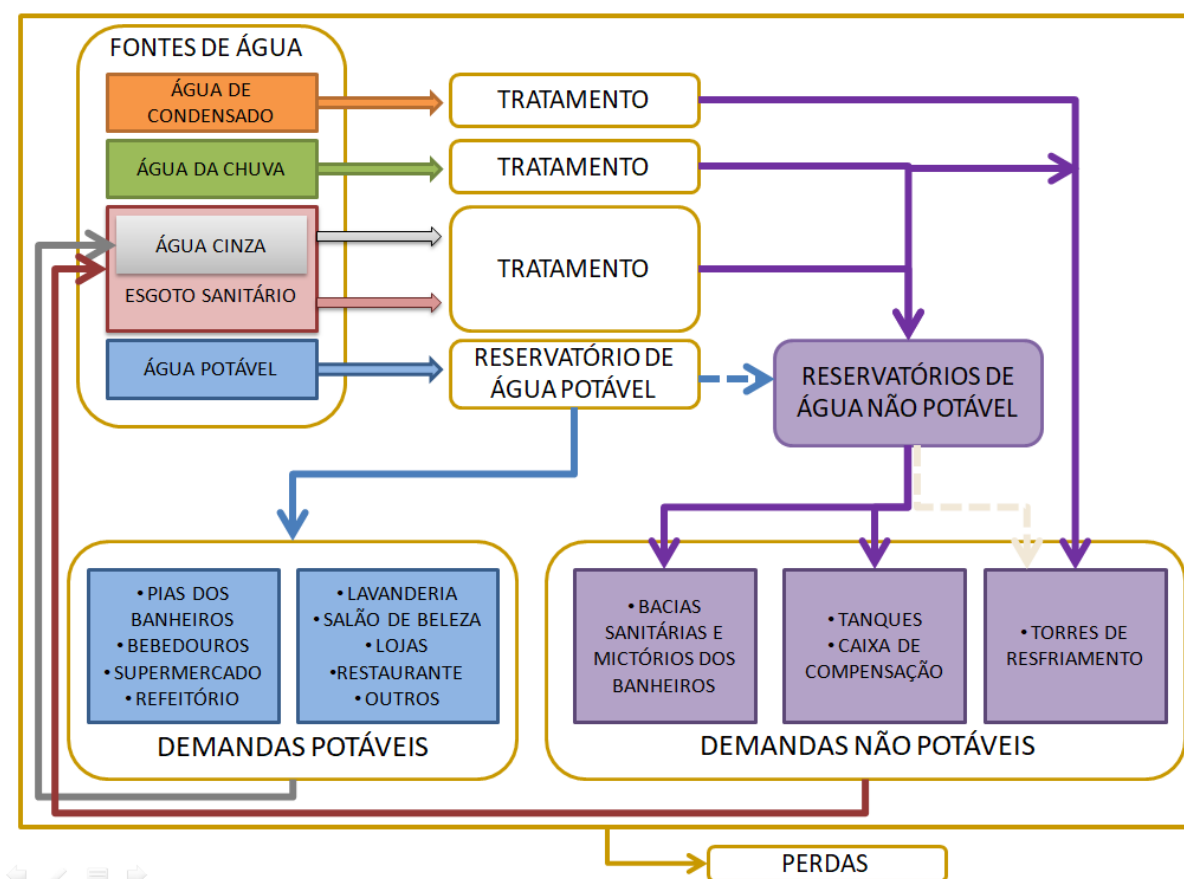
Para cada alternativa definida no item 4.4 foi considerada a coleta, pelo sistema de coleta e transporte de esgoto convencional da edificação, de todo o esgoto gerado no SCVV, com a segregação somente das correntes provenientes do restaurante e do supermercado, as quais são encaminhadas para a rede pública de coleta e transporte de esgoto. O esgoto coletado é então bombeado pela estação elevatória de esgoto bruto (EEEB) para uma Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR). Após passar pelo sistema de tratamento, o efluente tratado é armazenado em um

reservatório inferior de água de reúso (RIAR), onde ocorre a cloração e, posteriormente, é bombeado para o reservatório superior de água de reúso (RSAR), localizado na cobertura da edificação, para ser distribuído para os pontos de consumo de água não potável.

Já para o sistema de aproveitamento de água de condensado e de aproveitamento de água de chuva, foi considerada a mesma configuração descrita no item 4.5.1.1, o qual descreve a configuração proposta para o Cenário 1.

A Figura 28 apresenta um esquema do balanço hídrico proposto no Cenário 3 para o Shopping Center Vila Velha, com as fontes de água potável e não potáveis, assim como os pontos de consumo considerados nesta pesquisa.

Figura 28 – Esquema do Balanço Hídrico proposto no Cenário 3 para o Shopping Center Vila Velha, considerando as diferentes fontes de água e demandas potáveis e não potáveis.



Fonte: Autoria própria

4.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS CENÁRIOS

Para realizar o estudo de viabilidade econômica foram elaborados orçamentos para a implantação das estruturas descritas em cada cenário proposto no item 4.3, assim como para cada alternativa de tratamento detalhada no item 4.4.

Diante do orçamento total para implantação de cada cenário e de cada alternativa de tratamento, foram elaborados fluxos de caixa, considerando o investimento inicial, as despesas e as receitas geradas por cada sistema ao longo do horizonte do projeto. O “Investimento Inicial” corresponde ao capital para implantação do sistema na edificação, que engloba os custos com a rede de coleta da fonte alternativa, de construção das unidades de tratamento e das unidades de armazenamento, custos com elevatórias de água não potável bruta e/ou tratada e com as tubulações de distribuição de água não potável para cada ponto de uso. As “Despesas” correspondem aos custos gerados pela operação e manutenção do sistema, os quais englobam os custos diretos e indiretos necessários ao processo. As “Receitas” correspondem à redução de despesas gerada pela economia no consumo de água potável, a qual engloba a economia na fatura de água e esgoto gerada pelo sistema.

Importante destacar que os valores apresentados neste trabalho dizem respeito a orçamentos para implantação dos sistemas aqui descritos, não objetivando, portanto, a proposição de projetos para implantação.

4.6.1 Investimento em bens de capital

O reservatório inferior de água de reúso com capacidade de 40m³ foi proposto com parede dupla e dividido em duas câmaras, a fim de evitar contaminação pelo lençol freático e facilitar as operações de limpeza. O reservatório superior de água de reúso será composto por dois reservatórios de 10m³ cada, totalizando 20m³. Desse modo, a capacidade de armazenamento total dos reservatórios citados será compatível com a demanda diária por água não potável da edificação. Já o reservatório da torre de resfriamento foi estabelecido para um volume de 25m³, cerca de 25% do volume demandado diariamente, devido à limitação do espaço disponível para sua instalação.

Os comprimentos das tubulações de coleta das fontes alternativas e de distribuição de água não potável foram determinados de acordo com os projetos arquitetônicos do SCVV, de modo que o traçado proposto considerasse sempre as menores distâncias para instalação das tubulações.

Os custos do investimento inicial para a rede de coleta de água cinza, caixa de passagem, elevatória de água cinza bruta (EACB), elevatória de esgoto bruto (EEB), reservatório inferior de água de reúso (RIAR), reservatório superior de água de reúso (RSAR), distribuição, tubulação de desvio para direcionamento da água de chuva coletada na cobertura do SCVV, transporte para os RECAPs, bombeamento e transporte para RIAR, rede de coleta de água de condensado, reservatório para demanda da torre de resfriamento e bombeamento para torre de resfriamento foram obtidos através de consultas em sites de equipamentos de bombeamento, pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2020) e, principalmente, pelo Gerador de Preços Brasil (CYPE, 2020), que permite obter custos de construção adaptados ao mercado.

Os custos de construção das unidades de tratamento de água cinza foram atribuídos de acordo com orçamento obtido por Valentina (2017), com o valor atualizado de acordo com o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), conforme item 4.6.4. Já para o sistema composto por filtro de sólidos, poço técnico e reservatório para descarte de primeira chuva, os custos foram determinados a partir de orçamentos obtidos por Gonzalez (2018), com o valor atualizado de acordo com o IPCA e de orçamentos dispostos no ANEXO H.

Os custos de construção das unidades de tratamento do esgoto sanitário foram atribuídos de acordo com orçamento obtidos de empresas fornecedoras de sistemas de tratamento. Os custos das unidades de tratamento de esgoto para as três alternativas do cenário 2 estão dispostos no ANEXO B, ANEXO C e ANEXO D. Já os custos das unidades de tratamento de esgoto para as três alternativas do cenário 3 estão dispostos no ANEXO E, ANEXO F e ANEXO G. No ANEXO H estão dispostos ainda os custos para o sistema de cloração de todos os cenários, além do custo do medidor de vazão e do filtro de carvão ativado que compõem o tratamento proposto na alternativa 3 de tratamento dos cenários 2 e 3.

4.6.2 Custos de operação e manutenção

4.6.2.1 Custos diretos

No Gerador de Preços Brasil, foi possível obter os custos de operação e manutenção para a rede de coleta de água cinza, caixa de passagem, elevatória de água cinza bruta (EACB), elevatória de esgoto bruto (EEEB), reservatório inferior de água de reúso (RIAR), reservatório superior de água de reúso (RSAR), distribuição, tubulação de desvio para direcionamento da água de chuva coletada na cobertura do SCVV, transporte para os RECAPs, bombeamento e transporte para o RIAR, rede de coleta de água de condensado, reservatório para demanda da torre de resfriamento e bombeamento para torre de resfriamento.

Os custos de operação e manutenção das unidades de tratamento de esgoto para as alternativas 1 e 2 foram obtidos por orçamento de empresa do ramo, detalhados no ANEXO I. Já para a composição do orçamento para os biorreatores de membrana e para a osmose reversa foi considerado o consumo energético médio por metro cúbico de efluente tratado, correspondente a $0,5\text{kWh/m}^3$ para os biorreatores (CECATO *et al.*, 2019) e $4,5\text{kWh/m}^3$ para a osmose reversa (SUBRAMANI & JACANGELO., 2015). Além disso, foi considerada a troca de membranas após 10 anos de operação dos sistemas, sendo considerado o valor de $\$75,35/\text{m}^2$ (CECATO *et al.*, 2019) para os biorreatores e $\$40/\text{m}^2$ para a osmose reversa (OSIPI *et al.*, 2020).

O orçamento para o sistema de cloração foi determinado de acordo com a demanda do produto químico e o custo do produto. Os custos para o filtro de sólidos e poço técnico foram definidos de acordo com a mão de obra necessária para manutenção. Para o reservatório de descarte de 1ª chuva foi aplicada a mesma metodologia utilizada pelo Gerador de Preços Brasil.

O custo com as análises laboratoriais foi estabelecido de acordo com a frequência e parâmetros exigidos pelas NBR 15527 e 16783 (ABNT, 2019a; ABNT, 2019c) e pelo orçamento obtido com empresa de análises laboratoriais (ANEXO J).

Os custos com energia elétrica foram calculados de acordo com o consumo energético definido para cada sistema e de acordo com a tarifa média de energia elétrica vigente a partir de outubro de 2019 pela EDP Espírito Santo (ANEXO K).

O orçamento para a ETAC e para a coleta e destinação do lodo foram obtidos da pesquisa de Gonzalez (2018), sendo os valores atualizados de acordo com o IPCA.

4.6.2.2 Custos indiretos

Os custos indiretos, definidos como depreciação, gestão indireta, fiscalização laboratorial e vigilância, foram atribuídos de acordo com metodologia aplicada por Gonzalez (2018), sendo os valores atualizados de acordo com o IPCA.

4.6.3 Receitas

As receitas obtidas nos sistemas são definidas como a redução no valor da conta de água e esgoto gerada pela economia no consumo de água potável fornecida pela companhia de abastecimento. Essas receitas englobam o volume de água potável que foi suprido por fonte alternativa de água não potável e também o volume de esgoto que deixou de ser encaminhado para tratamento através da rede de coleta e transporte de esgoto.

Sendo assim, as receitas podem ser calculadas a partir da equação 5:

$$Rec = (Va \times Ta) + (Ve \times Te) \quad 5$$

Sendo:

Va - Volume de água potável suprido por fonte alternativa de água não potável

Ve - Volume de esgoto que deixou de ser encaminhado para tratamento através da rede de coleta e transporte de esgoto

Ta - Tarifa de água

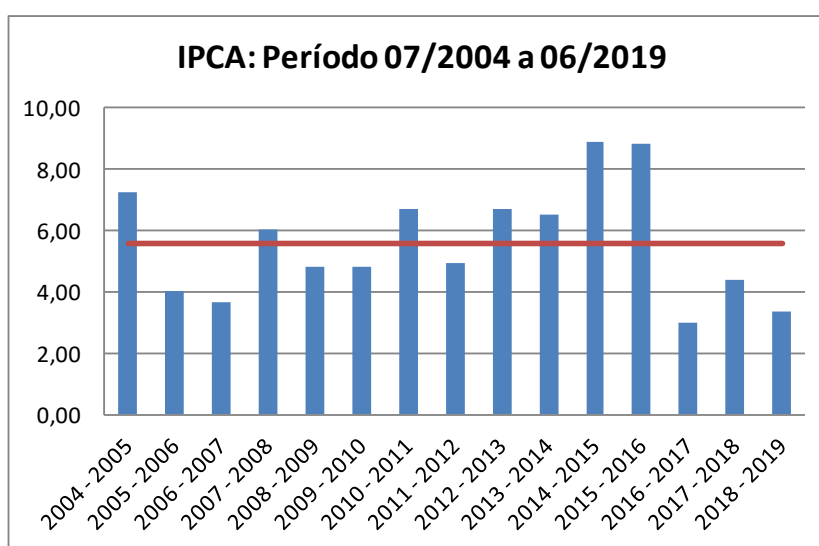
Te - Tarifa de esgoto

No caso do Shopping Vila Velha, a companhia responsável pelo abastecimento considera um coeficiente de retorno de esgoto de 100%. Portanto, o volume suprido por fonte alternativa de água não potável será igual ao volume de efluente encaminhado para tratamento através da rede de coleta e transporte de esgoto.

4.6.4 Taxas, tarifas e índices de reajuste

A atualização dos custos dos sistemas foi feita de acordo com a série histórica do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), considerando o mesmo período de reajuste das tarifas de água e esgoto. O IPCA é medido mensalmente pelo IBGE para identificar a variação dos preços no comércio e representa o índice oficial da inflação no Brasil. Na Figura 29 é possível observar a evolução do IPCA acumulado nos meses de julho a junho de cada ano entre 2004 e 2019.

Figura 29 – Evolução do Índice de Preços ao Consumidor Amplo entre os anos de 2004 e 2019.



Fonte: IBGE (2019)

A atualização do valor das tarifas de água e esgoto foi feita de acordo com a série histórica dos valores praticados pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). Foram considerados os preços e reajustes dos serviços praticados para a edificação no período de 2004 a 2019 e os respectivos reajustes anuais adotados. No Quadro 9 é possível observar os preços e reajustes praticados pela companhia para a categoria “Comercial e Serviços” com consumo maior que 50m³.

Quadro 9 – Preços e reajustes de serviço de água e esgoto na Grande Vitória – ES entre os anos de 2004 e 2019.

Ano Base	Tarifa de água (R\$/m³)	Tarifa de esgoto (R\$/m³)	Variação de tarifa de água (%)	Variação de tarifa de esgoto (%)
2004 – 2005	3,93	2,21	4,24	4,25
2005 – 2006	4,14	2,21	5,34	0,00
2006 – 2007	4,30	2,30	3,86	4,07
2007 – 2008	4,50	2,40	4,65	4,35
2008 – 2009	4,77	2,55	6,00	6,25
2009 – 2010	4,98	2,66	4,40	4,31
2010 – 2011	5,23	2,79	5,02	4,89
2011 – 2012	5,69	3,47	8,80	24,37
2012 – 2013	6,06	4,48	6,50	29,11
2013 – 2014	6,42	5,14	5,94	14,73
2014 – 2015	6,76	6,76	5,30	31,52
2015 – 2016	7,48	7,48	10,65	10,65
2016 – 2017	8,30	8,30	10,96	10,96
2017 – 2018	8,65	8,65	4,22	4,22
2018 – 2019	8,99	8,99	3,89	3,89

Fonte: Adaptado de Gonzalez (2018)

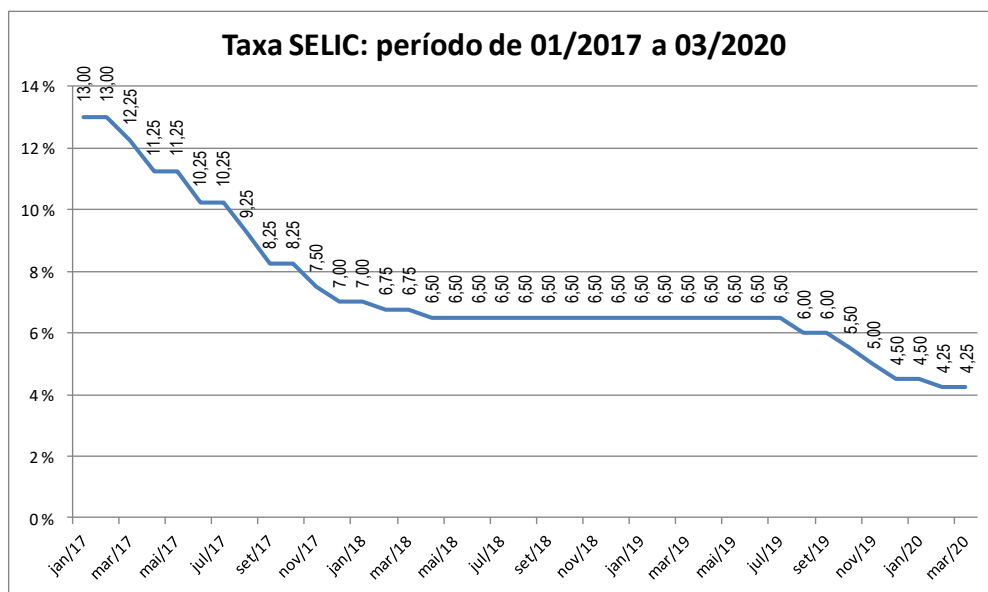
O reajuste foi considerado com base somente na variação dos preços de serviço de água, visto que os preços dos serviços de esgoto entre os anos de 2011 e 2015 sofreram reajustes muito acima da média praticada nos demais anos. Portanto, com base nos dados do Quadro 9, foi considerado o reajuste médio de 5,98% nas tarifas de água e esgoto.

Nesta pesquisa foi considerado o período de julho a junho a fim de compatibilizar com o período utilizado pela Agência Reguladora dos Serviços Públicos (ARSP) na concessão de reajustes no setor. Sendo assim, o valor do IPCA utilizado foi considerado constante ao longo do horizonte do projeto e igual a 5,60, que corresponde à média de valores entre os anos de 2004 e 2019. O ano de 2020 não foi considerado neste estudo devido à instabilidade política e econômica gerada pela pandemia do SARS-CoV-2.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) representa o mínimo que um investimento deve remunerar para que seja considerado viável economicamente, sendo, neste estudo, definida como sendo igual à taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) somada ao prêmio de liquidez (GONZALEZ, 2018). A Selic é a principal taxa de juros da economia brasileira e influencia todas as taxas de juros do país,

como taxas de juros dos empréstimos, dos financiamentos e das aplicações financeiras. A taxa Selic foi considerada constante ao longo do horizonte de projeto, com o valor de 4,25% a.a., correspondente ao valor vigente em março de 2020, conforme Figura 30 (BACEN, 2020). O prêmio de liquidez foi arbitrado em 5% a.a., desse modo, a TMA foi considerada igual a 9,25%.

Figura 30 – Evolução da Taxa Selic – janeiro de 2017 a março de 2020



Fonte: BACEN (2020)

4.6.5 Viabilidade econômica

Diante das informações do investimento inicial, dos custos de operação e manutenção e das receitas, foi elaborado o fluxo de caixa de cada sistema e foram utilizados três métodos de análise econômica (detalhados no item 3.8.1): Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *Payback*. Além disso, como ferramenta de apoio à decisão na escolha da alternativa com maior viabilidade econômica foi utilizado o método do Ponto de Equilíbrio de Fisher, detalhado no item 3.8.2.

Diante dos resultados da análise de viabilidade econômica dos cenários estabelecidos no item 4.3, foi possível inferir sobre a viabilidade do reúso do esgoto sanitário e de sua associação com o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado. Além disso, foi possível definir qual dentre as alternativas propostas teria maior viabilidade para ser implantada no Shopping Center Vila Velha.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho foram avaliados buscando comparar cenários hipotéticos do uso de fontes alternativas de água não potável para o caso do Shopping Center Vila Velha. Desse modo, os componentes necessários para a implantação dos sistemas de reúso e aproveitamento foram atribuídos seguindo sempre os mesmos critérios para todas as fontes alternativas e também entre os cenários estabelecidos. Além disso, definiu-se o máximo de componentes possíveis considerando as informações disponíveis a respeito da edificação, o que não necessariamente inclui todos os componentes imprescindíveis a um projeto executivo.

As avaliações realizadas neste estudo levaram em consideração valores constantes de demanda diária por água potável e não potável, contudo, é importante destacar que, em uma edificação, seja qual for sua tipologia, existe uma variação no volume demandado de água, seja potável ou não potável. Isso ocorre devido às estações do ano, com maiores consumos registrados nas estações mais quentes e também em períodos de férias, onde o fluxo de pessoas é maior, se considerado o caso de Shopping Centers. Além disso, também pode ser observada uma variação no volume demandado nos dias da semana e ao longo dos dias.

Comportamento semelhante se observa nas ofertas do esgoto sanitário, da água cinza e da água de condensado, que apesar de não o serem, foram consideradas constantes. Por outro lado, na simulação da oferta de água de chuva foram utilizados dados de precipitação do período de 2003 a 2008 e 2011 a 2018, ou seja, foi considerado que o regime de chuva do referido período será mantido no futuro.

É importante destacar ainda, que nesta pesquisa são apresentados valores das taxas e tarifas e de custos praticados atualmente e em anos passados, diante disso, os valores estabelecidos podem não ser representativos de cenários futuros. Da mesma forma, os valores de tarifas de energia e de água e esgoto, assim como os custos mudam entre regiões, o que pode gerar resultados diferentes.

Contudo, apesar das limitações aqui descritas, espera-se fornecer subsídios para novos projetos que considerem o uso de fontes alternativas para atendimento de demandas não potáveis em edificações de grande porte, principalmente aqueles

relacionados ao reúso do esgoto sanitário associado ou não a outras fontes alternativas.

5.1 VIABILIDADE TÉCNICA DOS CENÁRIOS

5.1.1 Potencial de aproveitamento de água de chuva

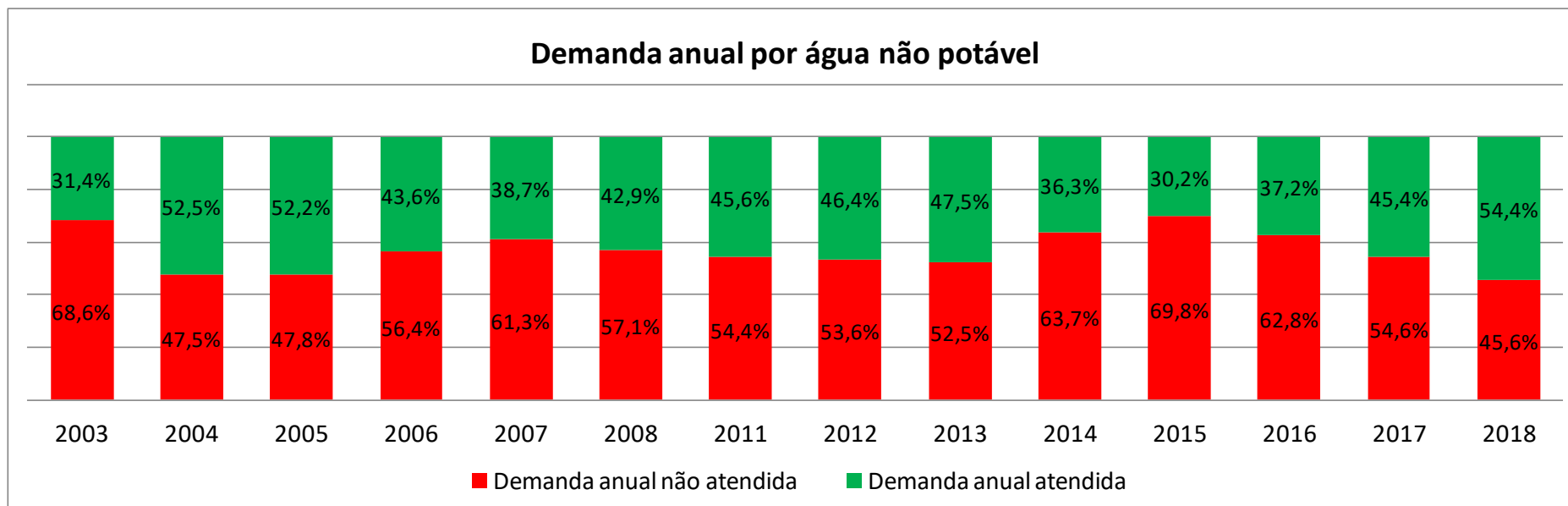
A aplicação do método da simulação considerando somente a água de chuva para atendimento da demanda por água não potável foi realizada com o intuito de verificar o quanto o reúso de água cinza e o aproveitamento de água de condensado podem aumentar o nível de confiança do sistema na edificação, com vistas à sua segurança hídrica.

De um total de 5111 dados diários de precipitação, em 2018 dias a oferta atendeu completamente a demanda e em 3093 dias o atendimento foi considerado nulo ou parcial. Ou seja, o nível de confiança encontrado para o sistema foi de 39,5%, parâmetro que corresponde ao tempo em que a demanda por água não potável da edificação é completamente atendida pela oferta de água de chuva. Já a eficiência de aproveitamento de água de chuva encontrada para o sistema foi de 39,9% isso porque em diversos dias não foi possível armazenar toda a água de chuva disponível, devido à variabilidade diária de sua oferta.

Em diversos dias do período analisado, a demanda foi parcialmente atendida, de modo que o atendimento à demanda anual por água não potável variou entre 30,2% (no ano de 2015) e 54,4% (no ano de 2018), conforme o acumulado de precipitação de cada ano do período analisado, como pode ser visualizado na Figura 31. A variação mensal do atendimento à demanda por água não potável do período 2003 a 2008 pode ser visualizado na Figura 44 (APÊNDICE A), e a variação do período de 2011 a 2018 pode ser visualizado na Figura 45 (APÊNDICE A).

A tabela com os resultados diários do método da simulação pode ser visualizada no APÊNDICE B. Importante destacar que devido à quantidade de dados do período analisado, foram apresentados, no APÊNDICE B, somente os resultados da simulação diária para o ano de 2003, primeiro ano da série histórica estudada.

Figura 31 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o aproveitamento de água de chuva para atendimento das do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018



Fonte: Autoria Própria

5.1.2 Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Para a elaboração do balanço hídrico inicial do Cenário 1 (Figura 32) foram considerados os valores de consumo de água potável de cada uso sem considerar a inclusão de estratégias de conservação de água. Desses usos, foi determinado o que seria encaminhado para tratamento e reúso ou então para a rede pública de coleta e transporte de esgoto. Além disso, incluiu-se também a oferta de água de condensado e de água de chuva. Para inclusão da oferta de água de chuva, descontou-se da demanda total por água não potável ($154,39\text{m}^3/\text{dia}$), os volumes ofertados de água cinza ($33,12\text{m}^3/\text{dia}$) e de água de condensado ($9,7\text{m}^3/\text{dia}$) e determinou-se qual volume de água de chuva seria necessário para atender o restante da demanda por água não potável.

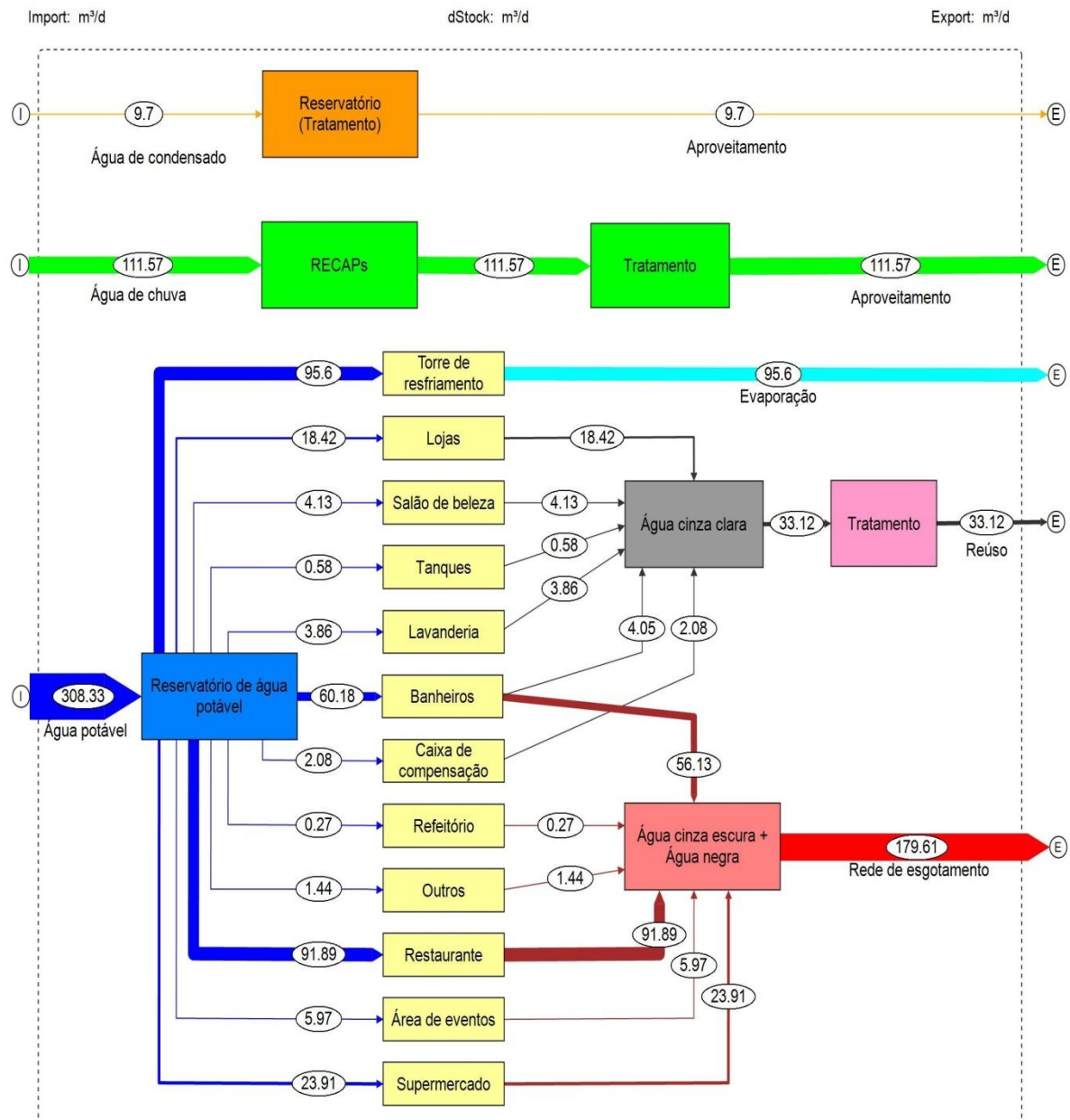
Desse modo, foi novamente realizado o método da simulação, contudo, considerou-se a demanda por água de chuva igual a $111,57\text{m}^3/\text{dia}$, o que resultou em um nível de confiança do sistema igual a 48,3% e de eficiência de aproveitamento de água de chuva igual a 34,9%. Observe que com a inclusão de água cinza e da água de condensado como fontes alternativas, o nível de confiança do sistema aumentou, visto que agora a dependência da edificação por água de chuva foi reduzida, corroborando para um aumento na segurança hídrica da edificação.

Observa-se que o nível de confiança do sistema aumentou porque as ofertas de água cinza e de condensado são consideradas constantes ao longo dos dias do ano. Apesar de não o serem, a produção e o consumo dependem do fluxo de pessoas na edificação, ou seja, se há produção de água cinza e de água de condensado, também haverá demanda para seu uso e vice-versa. Por outro lado, a oferta de água de chuva depende de fatores climáticos para ocorrer, mas, para a região de estudo deste trabalho, pode-se afirmar que o período de maior fluxo de pessoas, e, por consequência, maior demanda, coincide com a época chuvosa.

Da mesma forma que no item anterior, em diversos dias do período analisado, a demanda foi parcialmente atendida, de modo que o atendimento à demanda anual por água não potável variou entre 55,4% (no ano de 2015) e 76,0% (no ano de 2018), conforme a precipitação de cada ano do período analisado, como pode ser

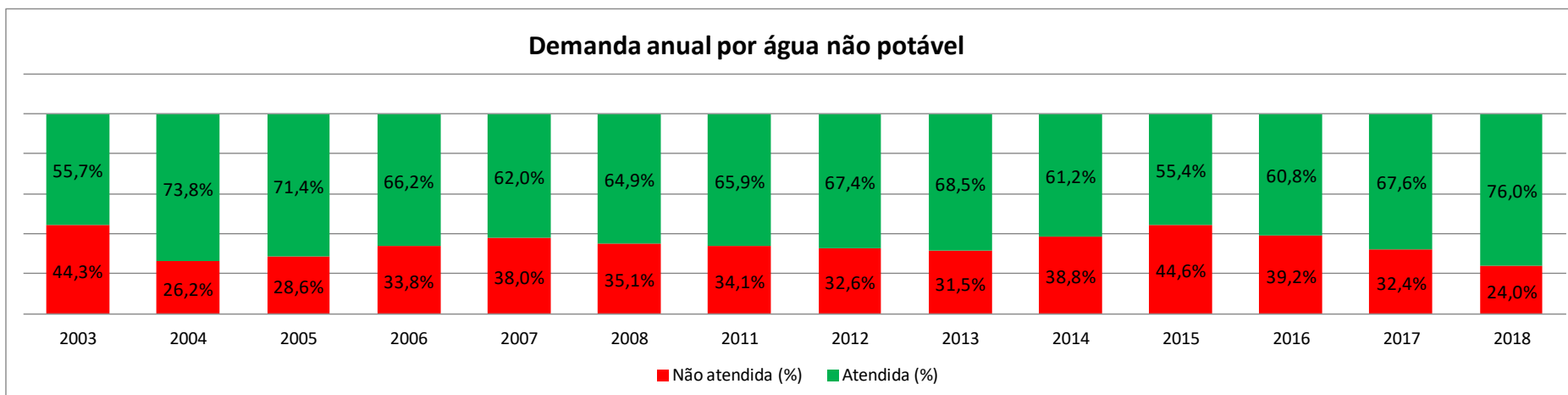
visualizado na Figura 33. Desse modo, o volume de água potável necessário para suprir a demanda de remanescente por água não potável, correspondente à parcela em vermelho na Figura 33, variou entre 25.134 m³ (no ano de 2015) e 13.475 m³ (no ano de 2018).

Figura 32 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha considerando as ofertas de água cinza, de água de chuva e de água de condensado.



Fonte: Autoria Própria

Figura 33 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o reúso de água cinza e o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado para atendimento das demandas do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018

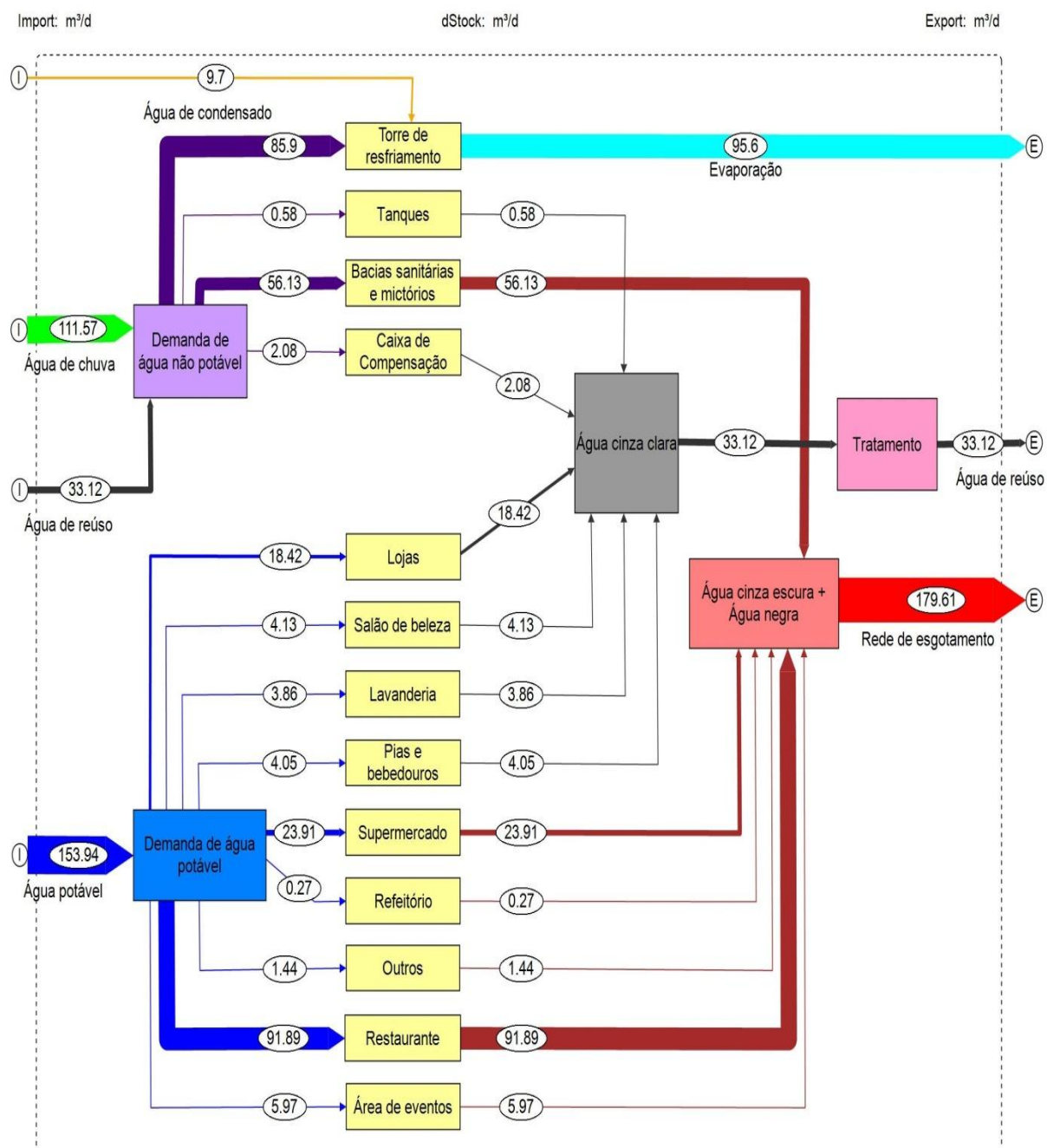


Fonte: Autoria Própria

A variação mensal do atendimento à demanda por água não potável do período 2003 a 2008 pode ser visualizado na Figura 46 (APÊNDICE C), e a variação do período de 2011 a 2018 pode ser visualizado na Figura 47 (APÊNDICE C).

Na Figura 34, foi considerado o uso das fontes alternativas no balanço hídrico da edificação, sendo assim, direcionou-se os fluxos de água cinza, água de condensado e água de chuva para os usos não potáveis, sendo o volume de água de condensado encaminhado exclusivamente para a torre de resfriamento. Já os usos potáveis permaneceram sendo abastecidos pela água potável fornecida pela concessionária. Note que, após atender as demandas de água não potável, uma parcela da água de reúso evapora na torre de resfriamento e alguns fluxos considerados como água cinza escura e água negra são encaminhados para a rede pública de esgotamento sanitário. Aqueles fluxos considerados como água cinza, provenientes dos tanques e da caixa de compensação, são encaminhados novamente para tratamento juntamente com os fluxos provenientes dos usos potáveis que também são considerados água cinza clara. No entanto, devido à segregação das correntes, há a necessidade de implantação de sistemas de coleta de esgoto específicos para cada destino final, seja o tratamento e reúso ou a rede pública de esgotamento sanitário.

Figura 34 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 1, considerando a água cinza, a água de chuva e a água de condensado como fontes alternativas para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.



Fonte: Autoria Própria

O balanço hídrico completo para este cenário, com o detalhamento de todos os pontos de consumo da edificação pode ser observado no APÊNDICE D.

5.1.3 Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

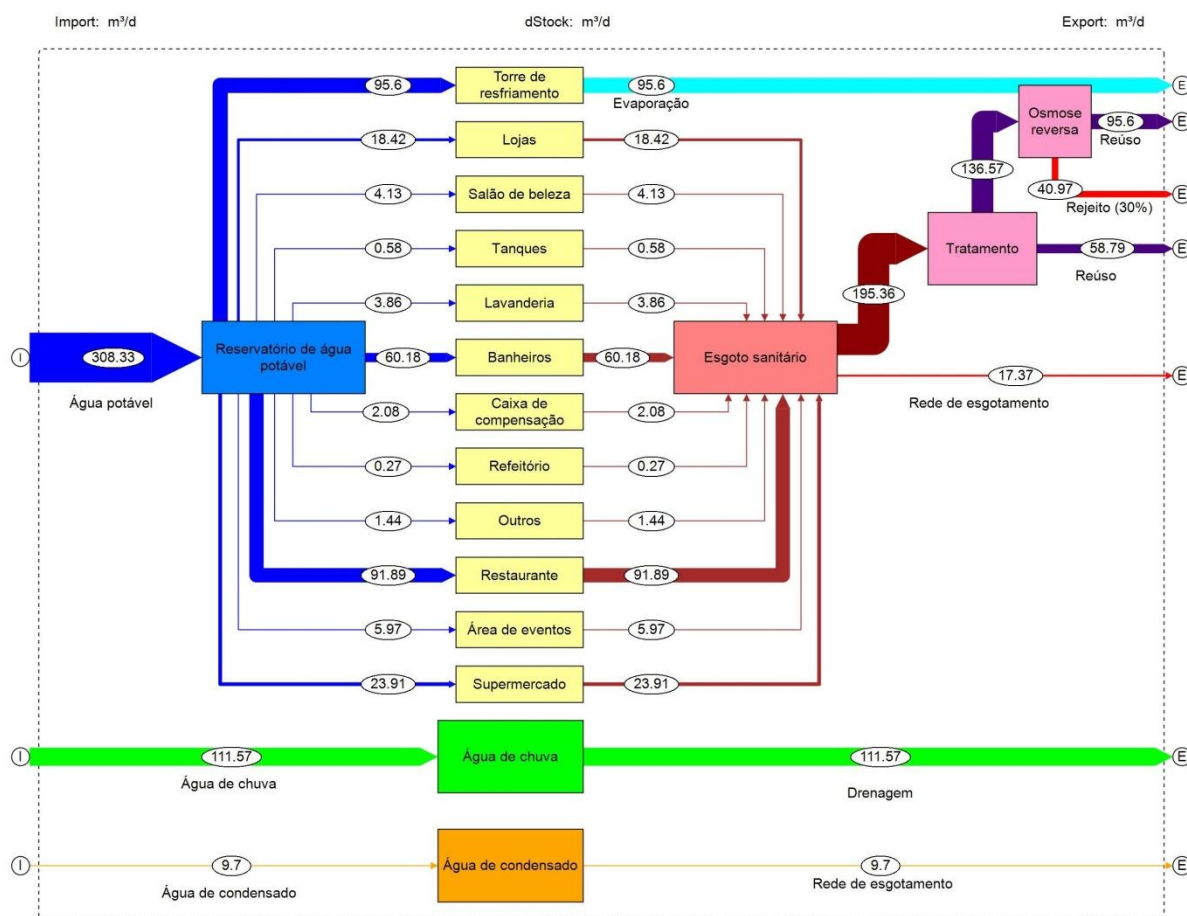
Para a elaboração do balanço hídrico inicial do Cenário 2 (Figura 35) foram considerados os valores de consumo de água potável de cada uso sem considerar a inclusão de estratégias de conservação de água. Desses usos, foi considerado que todo o esgoto sanitário produzido no shopping Center seria encaminhado para tratamento ao invés de ser encaminhado para a rede pública de coleta e transporte de esgoto. Na Figura 35 há também a representação da oferta de água de condensado e de água de chuva. Contudo, essas fontes não foram consideradas para suprir a demanda de água não potável da edificação.

Note que toda a demanda de água potável da edificação pode ser atendida com a oferta de esgoto sanitário devidamente tratado e que ainda há um pequeno volume do efluente que é encaminhado para a rede pública de coleta e transporte. Observe que neste cenário não há a necessidade de modificar as instalações hidráulicas prediais de coleta de esgoto, visto que não é necessário realizar a segregação das correntes de água cinza das demais correntes que compõem o esgoto sanitário. Sendo necessária apenas a instalação de um sistema de distribuição de água não potável.

De modo geral, o grau de tratamento para uso múltiplo de água de reúso proveniente do esgoto sanitário é definido pelo uso mais restritivo quanto à qualidade. Contudo, conforme o valor estimado para cada um dos usos pode-se prever graus progressivos de tratamento de modo que os custos de implantação e operação sejam minimizados (ABNT, 1997). Sendo assim, considerando a existência de um sistema de reservação exclusivo para abastecimento da torre de resfriamento, o tratamento de osmose reversa será aplicado somente no volume direcionado para esta demanda.

Destaca-se que, mesmo considerando que somente 70% do efluente encaminhado para o processo de osmose reversa é recuperado (BUNGE S/A, 2015), não há demanda por água não potável remanescente, desse modo, não há necessidade de suprir as demandas de água não potável com água potável.

Figura 35 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha no Cenário 2, considerando as ofertas de esgoto sanitário, de água de chuva e de água de condensado.



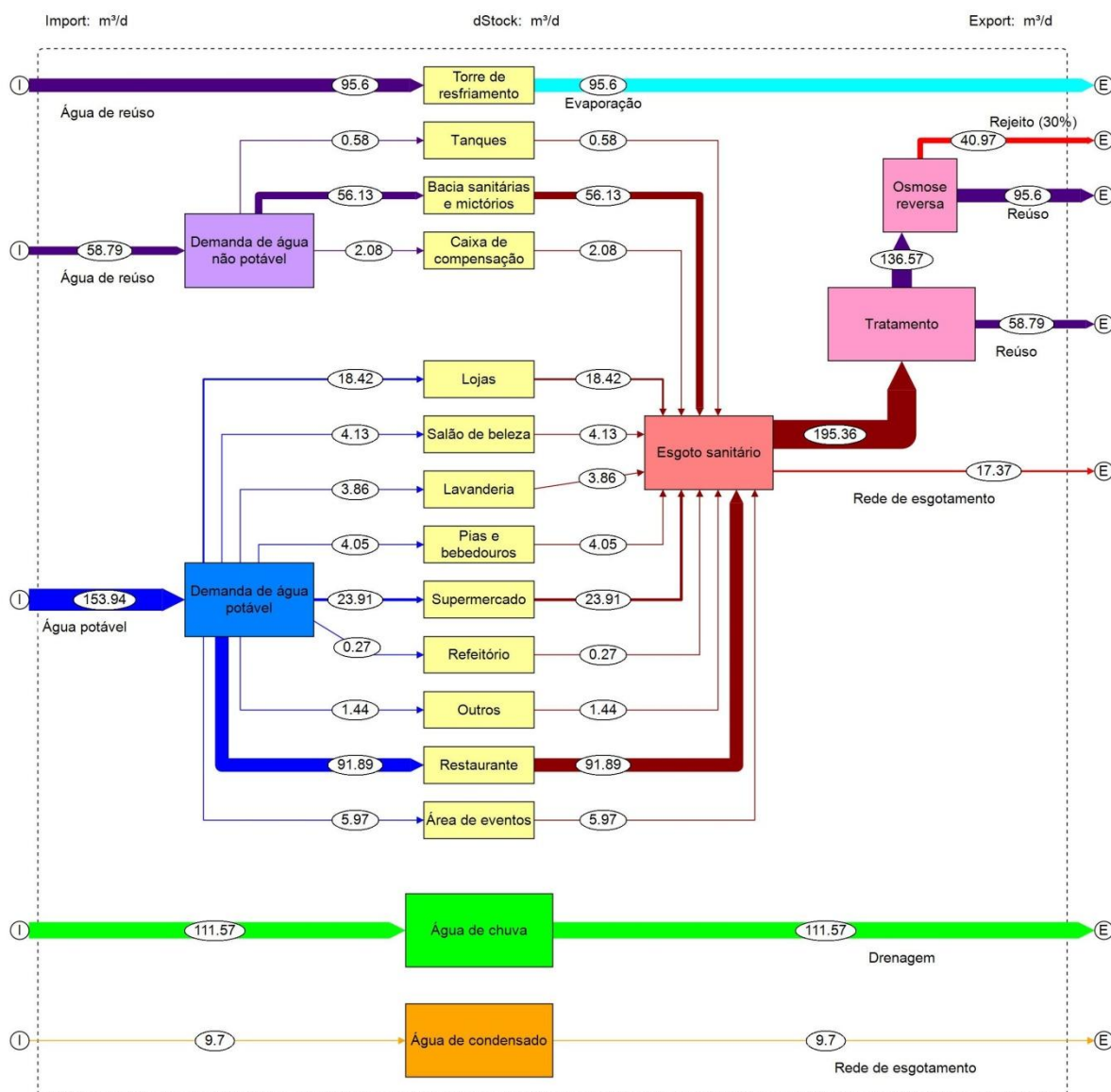
Fonte: Autoria Própria

Diferentemente das opções abordadas nos itens 5.1.1 e 5.1.2, neste cenário a confiança do sistema é de 100%, visto que a toda a demanda por água não potável pode ser atendida com a oferta de esgoto sanitário, considerando ambas constantes ao longo dos dias do ano. Apesar de não o serem, oferta e demanda de água não potável dependem do fluxo de pessoas na edificação, ou seja, se há produção do esgoto sanitário, também haverá demanda para seu uso e vice-versa.

Na Figura 36, foi considerado o uso das fontes alternativas no balanço hídrico da edificação, sendo assim, direcionou-se o fluxo de água de reúso proveniente do esgoto sanitário para os usos não potáveis, já os usos potáveis permaneceram sendo abastecidos pela água potável fornecida pela concessionária. Neste caso, após atender as demandas de água não potável, uma parcela da água de reúso evapora na torre de resfriamento e os demais fluxos, provenientes dos demais usos potáveis e não potáveis são encaminhados para o tratamento. Observe que em todo

ciclo haverá uma parcela do efluente sendo direcionada para a rede pública de esgoto sanitário, visto que a oferta desta fonte é maior que a demanda por água não potável da edificação.

Figura 36 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 2, considerando o esgoto sanitário como fonte alternativa para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.



Fonte: Autoria Própria

O balanço hídrico completo para este cenário, com o detalhamento de todos os pontos de consumo da edificação pode ser observado no APÊNDICE E.

5.1.4 Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Para a elaboração do balanço hídrico inicial do Cenário 3 (Figura 37) foram considerados os valores de consumo de água potável de cada uso sem considerar a inclusão de estratégias de conservação de água. Desses usos, foi determinado o que seria encaminhado para tratamento e reúso ou então para a rede pública de coleta e transporte de esgoto. Incluiu-se também a oferta de água de condensado e de água de chuva para suprir a demanda da torre de resfriamento, já o esgoto sanitário, após tratamento, para suprir as demais demandas por água não potável da edificação.

Para inclusão da oferta de água de chuva, descontou-se da demanda da torre de resfriamento ($95,6\text{m}^3/\text{dia}$), o volume ofertado de água de condensado ($9,7\text{m}^3/\text{dia}$) e determinou-se qual volume de água de chuva seria necessário para atender o restante da demanda da torre de resfriamento. Desse modo, foi novamente realizado o método da simulação, contudo, considerou-se a demanda por água de chuva igual a $85,6\text{m}^3/\text{dia}$. O que resultou em um nível de confiança do sistema igual a 57% e de eficiência de aproveitamento de água de chuva igual a 30,9%.

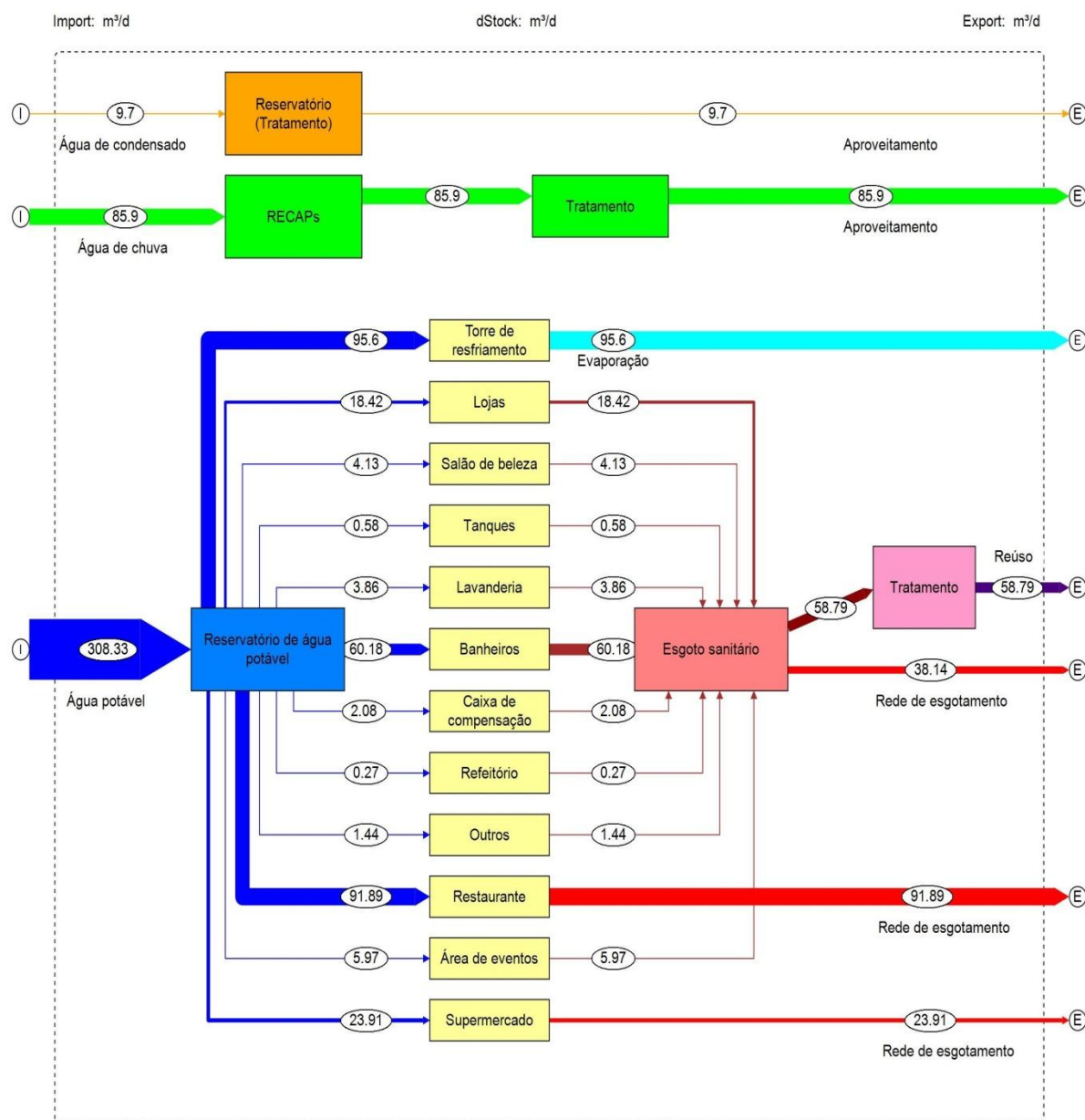
Observe que, em relação ao Cenário 1, o nível de confiança do sistema aumentou de 48,3% para 57%, isso porque a oferta de esgoto sanitário é bem maior que a de água cinza e é capaz de suprir as demais demandas de água não potável da edificação. Podendo as fontes de água não potáveis de melhor qualidade (água de chuva e água de condensado) ser direcionadas integralmente para suprir a demanda da torre de resfriamento. Além disso, ao diminuir a dependência da edificação por água de chuva, corrobora-se para um aumento da segurança hídrica da edificação.

Da mesma forma que nos itens 5.1.1 e 5.1.2, em diversos dias do período analisado, a demanda foi parcialmente atendida, de modo que o atendimento à demanda anual da torre de resfriamento variou entre 69,7% (no ano de 2015) e 87,1% (no ano de 2018), conforme a precipitação de cada ano do período analisado, como pode ser visualizado na Figura 38. A variação mensal do atendimento à demanda por água não potável do período 2003 a 2008 pode ser visualizado na Figura 50 (APÊNDICE

F), e a variação do período de 2011 a 2018 pode ser visualizado na Figura 51 (APÊNDICE F).

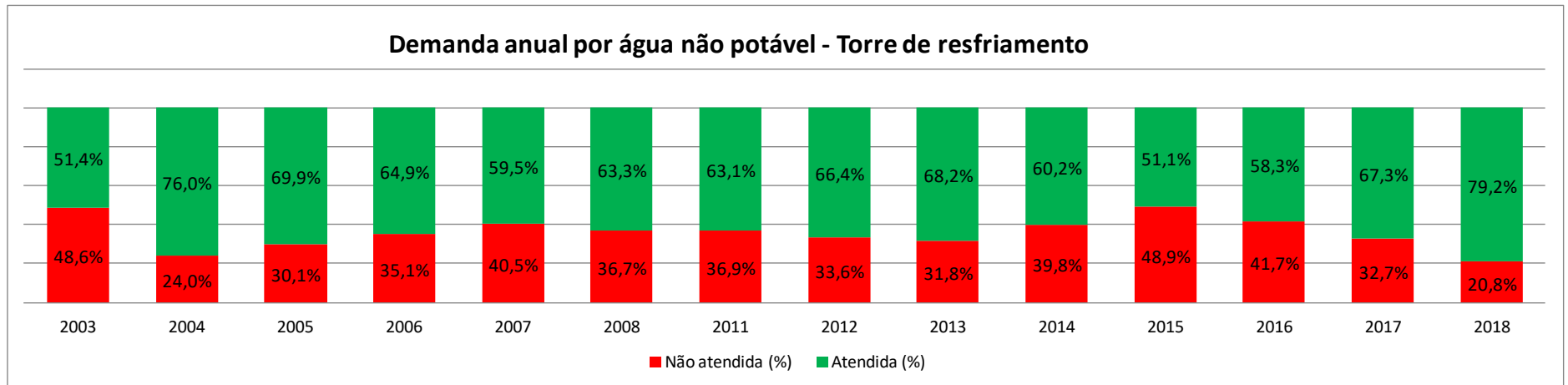
Desse modo, o volume de água potável necessário para suprir a demanda de remanescente da torre de resfriamento, correspondente à parcela em vermelho na Figura 38, variou entre 17.077 m³ (no ano de 2015) e 7.256 m³ (no ano de 2018).

Figura 37 – Balanço Hídrico diário do Shopping Center Vila Velha no Cenário 3, considerando as ofertas de esgoto sanitário, de água de chuva e de água de condensado.



Fonte: Autoria Própria

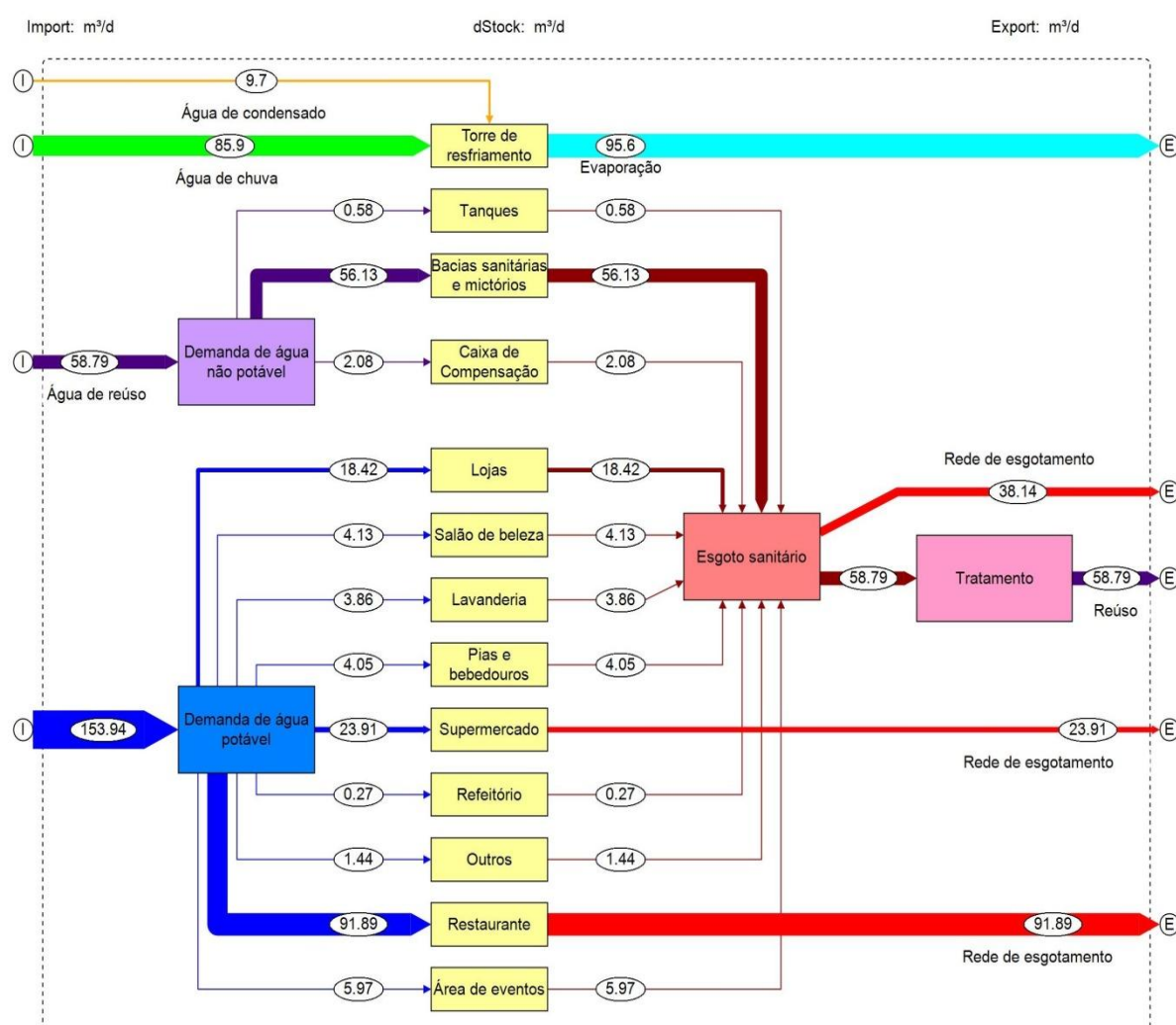
Figura 38 – Atendimento da demanda anual por água não potável considerando o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado para atendimento da demanda da torre de resfriamento do Shopping Center Vila Velha – Período 2003 a 2018



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 39, foi considerado o uso das fontes alternativas no balanço hídrico da edificação, sendo assim, direcionou-se os fluxos de água de condensado, água de chuva e de água de reúso proveniente do esgoto sanitário para os usos não potáveis, sendo o volume de água de condensado e de água de chuva encaminhado exclusivamente para a torre de resfriamento. Note que, após atender as demandas de água não potável, todo o volume de água de condensado e de água de chuva direcionado para a torre de resfriamento evapora. Os demais fluxos, provenientes dos demais usos potáveis e não potáveis são encaminhados para o tratamento, exceto os fluxos provenientes do supermercado e do restaurante, que, por possuírem maior quantidade de gorduras, são direcionados para a rede pública de esgotamento sanitário.

Figura 39 – Balanço Hídrico proposto no Cenário 3, considerando o esgoto sanitário, a água de chuva e a água de condensado como fontes alternativas para atendimento das demandas diárias por água não potável do Shopping Center Vila Velha.



Fonte: Autoria Própria

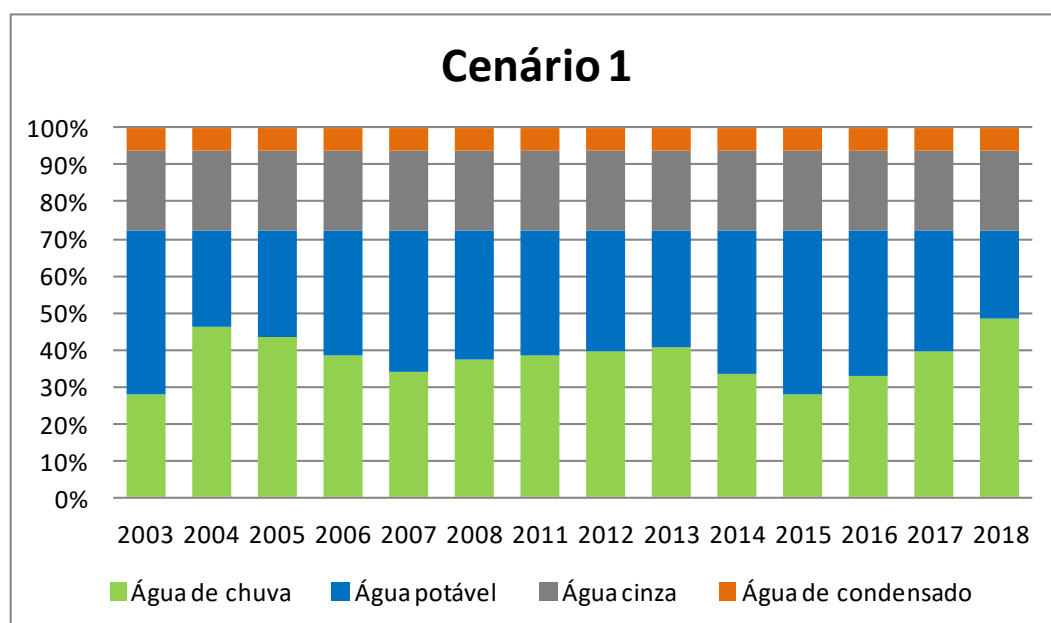
O balanço hídrico completo para este cenário, com o detalhamento de todos os pontos de consumo da edificação pode ser observado no APÊNDICE G.

5.1.5 Análise técnica comparativa dos cenários

A partir da avaliação dos três cenários propostos no presente trabalho, foi realizada uma comparação entre os percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação ao longo do período analisado.

Na Figura 40 têm-se os percentuais de cada fonte de água necessários para suprir a demanda por água não potável da edificação, levando em consideração a variação anual da oferta de água de chuva e as demais fontes consideradas constantes para o Cenário 1.

Figura 40 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para o Cenário 1

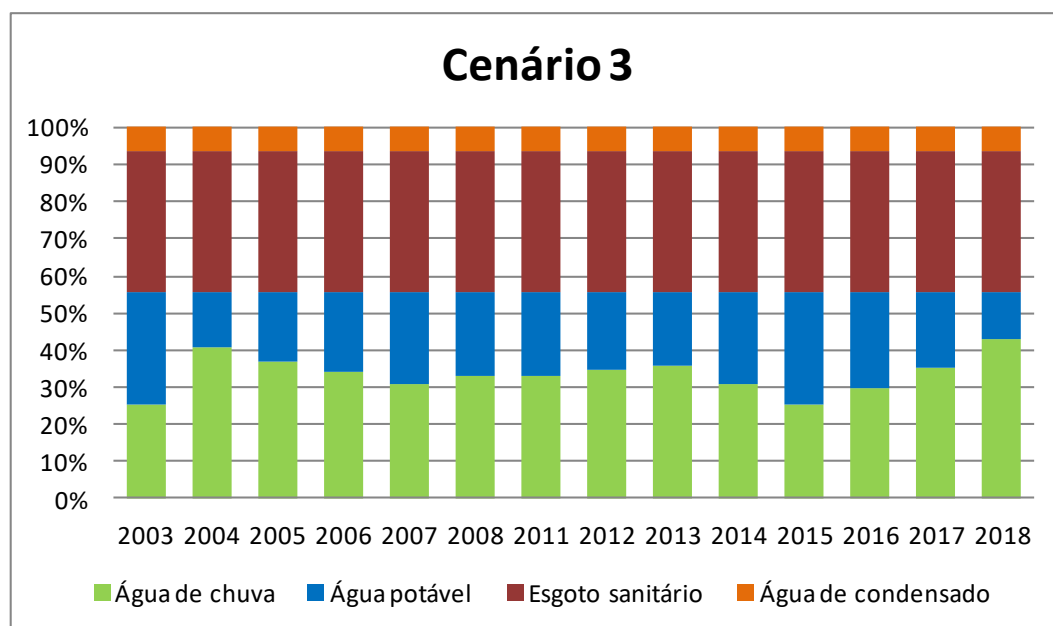


Fonte: Autoria Própria

Observe que, na Figura 40, os percentuais de consumo de água de condensado e de água cinza permaneceram constantes ao longo do período analisado, visto que estas fontes foram consideradas constantes nesta pesquisa. Já o consumo de água potável variou conforme a oferta de água de chuva de cada ano do período analisado.

Na Figura 41 têm-se os percentuais de cada fonte de água necessários para suprir a demanda por água não potável da edificação, levando em consideração a variação anual da oferta de água de chuva e as demais fontes consideradas constantes para o Cenário 3.

Figura 41 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para o Cenário 3



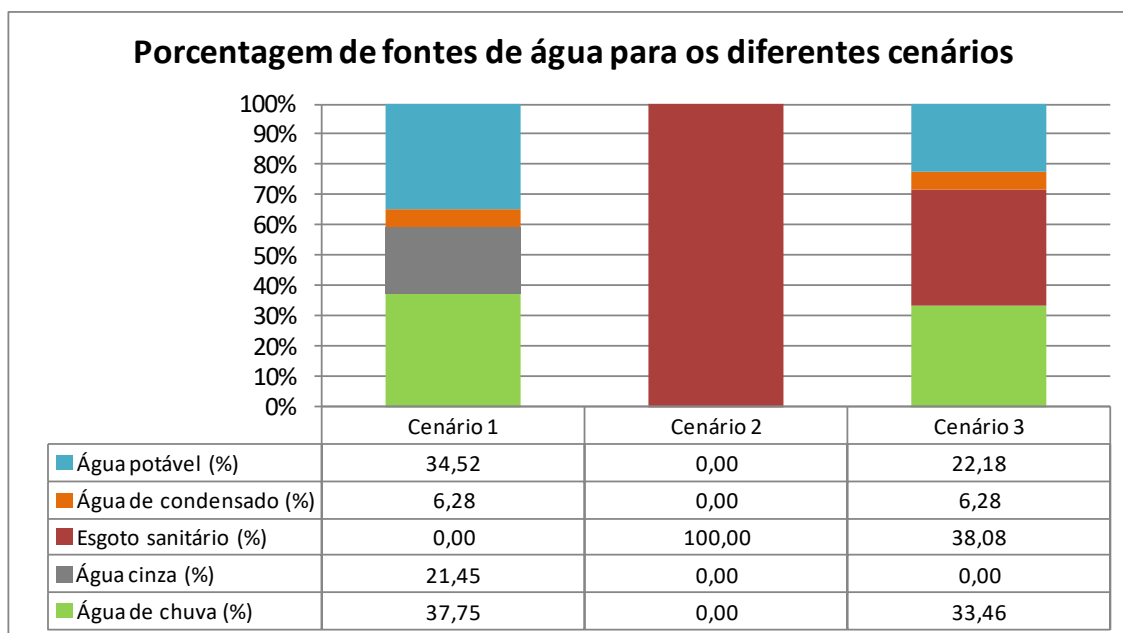
Fonte: Autoria Própria

Observe que, na Figura 41, os percentuais de consumo de água de condensado e de esgoto sanitário permaneceram constantes ao longo do período analisado, visto que estas fontes foram consideradas constantes nesta pesquisa. Já o consumo de água potável variou conforme a oferta de água de chuva de cada ano do período analisado.

Importante destacar que, como o Cenário 2 considera apenas o uso do esgoto sanitário como fonte alternativa de água e, sendo esta considerada constante nesta pesquisa, não houve necessidade de elaboração de figura comparando seu volume disponível ao longo do período analisado.

Desse modo, na Figura 42 têm-se os percentuais de cada fonte de água necessários para suprir a demanda por água não potável da edificação, levando em consideração todo o período analisado (2003-2008 e 2011-2018).

Figura 42 – Percentuais de cada fonte de água necessários para atender as demandas por água não potável da edificação para os três cenários avaliados.



Fonte: Autoria Própria

Em termos de redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, de conservação dos recursos hídricos, pode-se definir o Cenário 2 como o de melhor viabilidade técnica, visto que este é o que melhor atende a demanda por água não potável da edificação com o uso de fontes alternativas de água não potável. Sendo este seguido pelo Cenário 3 e pelo Cenário 1, respectivamente.

Contudo, todos os cenários demandam a aplicação de recursos financeiros para sua implantação, operação e manutenção, assim como, cada cenário apresentará redução de gastos com os serviços de fornecimento de água potável e tratamento de esgoto. Desse modo, no item 5.2 são analisados os aspectos financeiros de cada cenário previamente analisado nesta pesquisa.

5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA DOS CENÁRIOS

5.2.1 Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

5.2.1.1 Investimento inicial

Os custos de implantação deste cenário foram obtidos a partir de orçamentos detalhados no APÊNDICE H, no APÊNDICE I e no APÊNDICE J, para os sistemas de reúso de água cinza, aproveitamento de água de chuva e aproveitamento de água de condensado, respectivamente. Dessa forma, foi possível definir o investimento inicial para este cenário, conforme Quadro 10.

Quadro 10 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Item	Descrição	Total (R\$)
1	Rede de Coleta de Água Cinza e Caixa de passagem	77.610,54
2	Elevatória de Água Cinza Bruta (EACB)	7.292,50
3	Tratamento de Água Cinza	154.490,98
4	Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)	61.664,66
5	Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição	38.760,25
6	Tubulação de desvio para direcionamento da água de chuva coletada na cobertura do SCVV	1.240,69
7	Filtro de sólidos + Poço técnico e Reservatório para descarte de 1ª chuva	61.721,78
8	Transporte para RECAPs, bombeamento e transporte para RIAR	82.100,22
9	Rede de coleta de água de condensado	17.534,91
10	Reservatório de Água de Condensado	8.919,12
11	Tratamento e bombeamento para torre de resfriamento	6.467,55
Total		517.488,13

Fonte: Autoria própria

Este cenário foi idealizado levando em consideração a existência dos RECAPs da edificação, contudo, como a existência deste tipo de reservatório não é comum, propôs-se também um orçamento considerando a instalação de reservatórios com volume total equivalente ao volume de reservação dos RECAPs. Desse modo, o item 8 do Quadro 10 foi substituído por um sistema de reservatórios de água de chuva, o qual teve o valor estimado em R\$ 451.749,24, sendo o valor total para o orçamento igual a R\$ 887.137,15. Note que, ao se considerar a instalação de reservatórios para armazenamento de água de chuva, o valor global do orçamento aumentou 71,43%.

5.2.1.2 Custos de operação e manutenção

O Quadro 11 apresenta os custos de funcionamento diretos e indiretos gerados pelas unidades propostas no item 5.2.1.1.

Quadro 11 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Item	Descrição	Valor anual (R\$)
Custos diretos		
1	Rede coletora de água cinza + Caixa de passagem	388,05
2	Elevatória de água cinza bruta	36,46
3	Estação de tratamento de água cinza	17.023,58
4	Reservatório inferior de água de reúso	308,32
5	Cloração no reservatório inferior de água de reúso	1.473,08
6	Reservatório superior de água de reúso e distribuição	193,80
7	Tubulação de desvio para direcionamento da água de chuva coletada na cobertura do SCVV	6,20
8	Filtro de sólidos + Poço técnico e Reservatório para descarte de 1ª chuva	382,02
9	Transporte para reservação, bombeamento e transporte para Reservatório Inferior de Água de Reúso	410,50
10	Rede coletora de condensado	87,67
11	Reservatório para torre de resfriamento	44,60
12	Cloração no reservatório para torre de resfriamento	3.052,28
13	Bombeamento para torre de resfriamento	32,61
14	Análises laboratoriais	10.185,35
15	Energia elétrica	5.855,12
16	Lodo (coleta e destinação final)	858,30
Custos diretos		40.337,96
Custos indiretos		
1	Depreciação	25.892,88
2	Gestão indireta	386,24
3	Laboratório (fins de fiscalização)	386,24
4	Vigilância	4.666,14
Custos indiretos		31.331,49
Total		71.669,45

Fonte: Autoria própria

Neste item também foi considerada a instalação dos reservatórios com volume total equivalente ao volume de reservação dos RECAPs, e, desse modo, o valor global do orçamento foi alterado para R\$ 86.542,79, ou seja, 20,78% maior que o orçamento que considera a existência dos RECAPs.

5.2.1.3 Receitas

No Quadro 12 estão descritas as receitas obtidas nesse cenário considerando o volume médio dos volumes obtidos no item 5.1.2.

Quadro 12 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Demanda de água não potável atendida (m³/ano)	36.903,83
Valor pago por m³ (R\$)	17,98
Receitas geradas pela redução do consumo de água potável (R\$)	663.530,94

Fonte: Autoria própria

5.2.1.4 Fluxo de caixa

Com as informações detalhadas dos itens 5.2.1.1, 5.2.1.2 e 5.2.1.3 foi possível elaborar o fluxo de caixa para o Cenário 1, conforme Quadro 13.

No Quadro 13, observe que, com a receita prevista para o primeiro ano de operação do sistema composto por reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, o investimento inicial será superado em mais de 70 mil reais, indicando lucro indireto com a instalação do sistema já no primeiro ano de funcionamento. Ao longo do horizonte de planejamento o saldo do fluxo de caixa permanece positivo, visto que o custo anual para a operação e manutenção do sistema é sempre menor que as receitas, variando apenas de acordo com os ajustes das tarifas.

Quadro 13 – Fluxo de Caixa – Cenário 1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	517.488,13	-517.488,13
Ano 1	663.530,94	71.650,70	-	591.880,24
Ano 2	703.210,09	75.663,14	-	627.546,95
Ano 3	745.262,06	79.900,28	-	665.361,78
Ano 4	789.828,73	84.374,70	-	705.454,03
Ano 5	837.060,49	89.099,68	-	747.960,81
Ano 6	887.116,70	94.089,26	-	793.027,44
Ano 7	940.166,28	99.358,26	-	840.808,02
Ano 8	996.388,23	104.922,32	-	891.465,90
Ano 9	1.055.972,24	110.797,97	-	945.174,27
Ano 10	1.119.119,38	117.002,66	-	1.002.116,72
Ano 11	1.186.042,72	123.554,81	-	1.062.487,91
Ano 12	1.256.968,07	130.473,88	-	1.126.494,20
Ano 13	1.332.134,77	137.780,41	-	1.194.354,35
Ano 14	1.411.796,42	145.496,12	-	1.266.300,31
Ano 15	1.496.221,85	153.643,90	-	1.342.577,95
Ano 16	1.585.695,92	162.247,96	-	1.423.447,96
Ano 17	1.680.520,53	171.333,84	-	1.509.186,69
Ano 18	1.781.015,66	180.928,54	-	1.600.087,12
Ano 19	1.887.520,40	191.060,54	-	1.696.459,86
Ano 20	2.000.394,12	201.759,93	-	1.798.634,19

Fonte: Autoria própria

O fluxo de caixa para a variação do Cenário 1 que considera a instalação de reservatórios com volume total equivalente ao volume de reservação dos RECAPs, pode ser visualizado no Quadro 14. Neste caso, o sistema apresentou lucro apenas no segundo ano de funcionamento, devido ao acréscimo no valor do investimento gerado pela instalação de reservatórios com capacidade total de armazenamento de 645m³. Note que, mesmo com a possibilidade da instalação dos reservatórios, o sistema composto por reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado é considerado viável economicamente.

Quadro 14 – Fluxo de Caixa – Cenário 1.1: reúso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, considerando a instalação de reservatórios para armazenamento da água de chuva.

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	887.137,15	-887.137,15
Ano 1	663.530,94	86.542,79	-	576.988,15
Ano 2	703.210,09	91.389,18	-	611.820,91
Ano 3	745.262,06	96.506,98	-	648.755,08
Ano 4	789.828,73	101.911,37	-	687.917,36
Ano 5	837.060,49	107.618,41	-	729.442,08
Ano 6	887.116,70	113.645,04	-	773.471,67
Ano 7	940.166,28	120.009,16	-	820.157,12
Ano 8	996.388,23	126.729,67	-	869.658,55
Ano 9	1.055.972,24	133.826,53	-	922.145,71
Ano 10	1.119.119,38	141.320,82	-	977.798,56
Ano 11	1.186.042,72	149.234,79	-	1.036.807,93
Ano 12	1.256.968,07	157.591,93	-	1.099.376,14
Ano 13	1.332.134,77	166.417,08	-	1.165.717,68
Ano 14	1.411.796,42	175.736,44	-	1.236.059,99
Ano 15	1.496.221,85	185.577,68	-	1.310.644,17
Ano 16	1.585.695,92	195.970,03	-	1.389.725,89
Ano 17	1.680.520,53	206.944,35	-	1.473.576,18
Ano 18	1.781.015,66	218.533,24	-	1.562.482,43
Ano 19	1.887.520,40	230.771,10	-	1.656.749,30
Ano 20	2.000.394,12	243.694,28	-	1.756.699,84

Fonte: Autoria própria

5.2.2 Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

5.2.2.1 Investimento inicial

Os custos de implantação deste cenário foram obtidos a partir de orçamentos detalhados no APÊNDICE K. Dessa forma, foi possível definir o investimento inicial para este cenário, conforme Quadro 15.

Quadro 15 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

Item	Descrição	Total (R\$)
1	Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB)	15.429,87
2.1	Tratamento: Alternativa 1	400.000,00
2.2	Tratamento: Alternativa 2	470.000,00
2.3	Tratamento: Alternativa 3	1.470.467,00
3	Osmose reversa	197.635,00
4	Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)	61.664,66
5	Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição	38.760,25
6	Reservatório torre de resfriamento	8.919,12
7	Bombeamento para torre de resfriamento	4.367,55
Total - Alternativa 1		726.776,45
Total - Alternativa 2		796.776,45
Total - Alternativa 3		1.797.243,45

Fonte: Autoria própria

5.2.2.2 Custos de operação e manutenção

O Quadro 16 apresenta os custos de funcionamento diretos e indiretos gerados pelas unidades propostas no item 5.2.2.1.

Quadro 16 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

Item	Descrição	Valor anual (R\$)
Custos diretos		
1	Elevatória de esgoto bruto	67,98
2.1	Tratamento: Alternativa 1	5.000,00
2.2	Tratamento: Alternativa 2	5.000,00
2.3.1	Tratamento: Alternativa 3	19.401,88
2.3.2	Tratamento: Alternativa 3 (*)	122.787,53
3.1	Tratamento: Osmose reversa	52.547,74
3.2	Tratamento: Osmose reversa (*)	1.607,83
4	Reservatório inferior de água de reúso	308,32
5	Tratamento - Cloração no reservatório inferior de água de reúso	1.473,08
6	Reservatório superior de água de reúso e distribuição	193,80
7	Reservatório para torre de resfriamento	44,60
8	Tratamento - Cloração no reservatório para torre de resfriamento	3.052,28
9	Bombeamento para torre de resfriamento	21,84
10	Análises laboratoriais	10.019,49
11	Energia elétrica	6.208,78
12	Lodo (coleta e destinação final)	858,30
Custos diretos: Alternativa 1		79.796,21
Custos diretos: Alternativa 2		79.796,21
Custos diretos: Alternativa 3		94.198,09
Custos indiretos		
1	Depreciação: Alternativa 1	36.338,82
2	Depreciação: Alternativa 2	39.838,82
3	Depreciação: Alternativa 3	89.862,17
4	Gestão indireta	386,24
5	Laboratório (fins de fiscalização)	386,24
6	Vigilância	4.666,14
Custos indiretos: Alternativa 1		41.777,43
Custos indiretos: Alternativa 2		45.277,43
Custos indiretos: Alternativa 3		95.300,78
Total - Alternativa 1		121.573,65
Total - Alternativa 2		125.073,65
Total - Alternativa 3		189.498,88

(*) Custo decenal referente à substituição das membranas, adicionado de forma pontual no fluxo de caixa.

Fonte: Autoria própria

5.2.2.3 Receitas

No Quadro 17 estão descritas as receitas obtidas nesse cenário considerando o volume médio dos volumes obtidos no item 5.1.3.

Quadro 17 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 2: reúso de esgoto sanitário

Demanda de água não potável atendida (m³/ano)	56.352,35
Valor pago por m³ (R\$)	17,98
Receitas geradas pela redução do consumo de água potável (R\$)	1.013.215,25

Fonte: Autoria própria

5.2.2.4 Fluxo de caixa

Com as informações detalhadas nos itens 5.2.2.1, 5.2.2.2 e 5.2.2.3 foi possível elaborar o fluxo de caixa para cada alternativa do Cenário 2, conforme Quadro 18, Quadro 19 e Quadro 20.

No Quadro 18, observe que, já no primeiro ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário, o saldo do fluxo de caixa é maior que o valor do investimento previsto para o sistema. Ao longo do horizonte de planejamento o saldo do fluxo de caixa permanece positivo, visto que o custo anual para a operação e manutenção do sistema é sempre menor que as receitas, variando apenas de acordo com os ajustes das tarifas.

Quadro 18 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 1

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	726.776,45	-726.776,45
Ano 1	1.013.215,25	121.573,65	-	891.641,61
Ano 2	1.073.805,53	128.381,77	-	945.423,75
Ano 3	1.138.019,10	135.571,15	-	1.002.447,94
Ano 4	1.206.072,64	143.163,14	-	1.062.909,50
Ano 5	1.278.195,78	151.180,27	-	1.127.015,51
Ano 6	1.354.631,89	159.646,37	-	1.194.985,52
Ano 7	1.435.638,88	168.586,56	-	1.267.052,31
Ano 8	1.521.490,08	178.027,41	-	1.343.462,67
Ano 9	1.612.475,19	187.996,95	-	1.424.478,24
Ano 10	1.708.901,20	200.132,61	-	1.508.768,59
Ano 11	1.811.093,50	211.340,04	-	1.599.753,46
Ano 12	1.919.396,89	223.175,08	-	1.696.221,81
Ano 13	2.034.176,82	235.672,88	-	1.798.503,94
Ano 14	2.155.820,59	248.870,56	-	1.906.950,03
Ano 15	2.284.738,67	262.807,32	-	2.021.931,35
Ano 16	2.421.366,04	277.524,52	-	2.143.841,51
Ano 17	2.566.163,73	293.065,90	-	2.273.097,83
Ano 18	2.719.620,32	309.477,59	-	2.410.142,73
Ano 19	2.882.253,61	326.808,33	-	2.555.445,28
Ano 20	3.054.612,38	345.109,60	-	2.709.502,78

Fonte: Autoria própria

No Quadro 19, observe que, assim como ocorre no Quadro 18, no primeiro ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário, o saldo do fluxo de caixa é maior que o valor do investimento previsto para o sistema. Neste caso, como o investimento inicial da alternativa 2 de tratamento é um pouco maior, o lucro indireto gerado pelo sistema é um pouco menor. Ao longo do horizonte de planejamento o saldo do fluxo de caixa permanece positivo, visto que o custo anual para a operação e manutenção do sistema é sempre menor que as receitas, variando apenas de acordo com os ajustes das tarifas.

Quadro 19 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 2

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	796.776,45	-796.776,45
Ano 1	1.013.215,25	125.073,65	-	888.141,61
Ano 2	1.073.805,53	132.077,77	-	941.727,75
Ano 3	1.138.019,10	139.474,13	-	998.544,97
Ano 4	1.206.072,64	147.284,68	-	1.058.787,96
Ano 5	1.278.195,78	155.532,62	-	1.122.663,16
Ano 6	1.354.631,89	164.242,45	-	1.190.389,44
Ano 7	1.435.638,88	173.440,02	-	1.262.198,85
Ano 8	1.521.490,08	183.152,67	-	1.338.337,41
Ano 9	1.612.475,19	193.409,21	-	1.419.065,97
Ano 10	1.708.901,20	205.847,97	-	1.503.053,24
Ano 11	1.811.093,50	217.375,45	-	1.593.718,04
Ano 12	1.919.396,89	229.548,48	-	1.689.848,41
Ano 13	2.034.176,82	242.403,19	-	1.791.773,63
Ano 14	2.155.820,59	255.977,77	-	1.899.842,82
Ano 15	2.284.738,67	270.312,53	-	2.014.426,14
Ano 16	2.421.366,04	285.450,03	-	2.135.916,01
Ano 17	2.566.163,73	301.435,23	-	2.264.728,50
Ano 18	2.719.620,32	318.315,60	-	2.401.304,72
Ano 19	2.882.253,61	336.141,28	-	2.546.112,34
Ano 20	3.054.612,38	354.965,19	-	2.699.647,19

Fonte: Autoria própria

No Quadro 20, diferentemente do observado no Quadro 18 e no Quadro 19, o investimento inicial só é superado a partir do terceiro ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário, devido ao alto valor do investimento inicial para o biorreator de membrana. Além disso, apesar da inserção do custo de substituição das membranas após dez anos de operação do sistema, o fluxo de caixa permaneceu positivo, visto que as receitas geradas pelo sistema permaneceram maiores que os custos com a operação e manutenção.

Quadro 20 – Fluxo de Caixa – Cenário 2: reúso de esgoto sanitário – Alternativa 3

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	1.797.243,45	-1.797.243,45
Ano 1	1.013.215,25	189.498,88	-	823.716,38
Ano 2	1.073.805,53	200.110,81	-	873.694,71
Ano 3	1.138.019,10	211.317,02	-	926.702,08
Ano 4	1.206.072,64	223.150,77	-	982.921,87
Ano 5	1.278.195,78	235.647,21	-	1.042.548,57
Ano 6	1.354.631,89	248.843,46	-	1.105.788,43
Ano 7	1.435.638,88	262.778,69	-	1.172.860,18
Ano 8	1.521.490,08	277.494,30	-	1.243.995,78
Ano 9	1.612.475,19	293.033,98	-	1.319.441,21
Ano 10	1.708.901,20	433.839,24	-	1.275.061,96
Ano 11	1.811.093,50	458.134,24	-	1.352.959,26
Ano 12	1.919.396,89	483.789,76	-	1.435.607,13
Ano 13	2.034.176,82	510.881,98	-	1.523.294,84
Ano 14	2.155.820,59	539.491,37	-	1.616.329,22
Ano 15	2.284.738,67	569.702,89	-	1.715.035,77
Ano 16	2.421.366,04	601.606,25	-	1.819.759,79
Ano 17	2.566.163,73	635.296,20	-	1.930.867,52
Ano 18	2.719.620,32	670.872,79	-	2.048.747,53
Ano 19	2.882.253,61	708.441,67	-	2.173.811,95
Ano 20	3.054.612,38	748.114,40	-	2.306.497,98

Fonte: Autoria própria

5.2.3 Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

5.2.3.1 Investimento inicial

Os custos de implantação deste cenário foram obtidos a partir de orçamentos detalhados no APÊNDICE I, no APÊNDICE J e no APÊNDICE L. Dessa forma, foi possível definir o investimento inicial para este cenário, conforme Quadro 21.

Quadro 21 – Custos de implantação do sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Item	Descrição	Total (R\$)
1	Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB)	13.596,27
2.1	Tratamento: Alternativa 1	125.000,00
2.2	Tratamento: Alternativa 2	150.000,00
2.3	Tratamento: Alternativa 3	804.153,00
3	Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)	61.664,66
4	Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição	38.760,25
5	Tubulação de desvio instalada no tubo de queda de água de chuva da edificação para direcionamento para filtro de sólidos	1.240,69
6	Filtro de sólidos + Poço técnico e Reservatório para descarte de 1ª chuva	61.721,78
7	Transporte para reservação, bombeamento e transporte para Reservatório Inferior de Água de Reúso	82.100,22
8	Rede de coleta de água de condensado	17.534,91
9	Reservatório de Condensado	8.919,12
10	Tratamento	2.154,34
11	Bombeamento para torre de resfriamento	4.367,55
Total - Alternativa 1		416.690,39
Total - Alternativa 2		441.690,39
Total - Alternativa 3		116.943,39

Fonte: Autoria própria

5.2.3.2 Custos de operação e manutenção

O Quadro 22 apresenta os custos de funcionamento diretos e indiretos gerados pelas unidades propostas no item 5.2.3.1.

Quadro 22 – Custos de operação e manutenção do sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Item	Descrição	Valor anual (R\$)
Custos diretos		
1	Elevatória de esgoto bruto	67,98
2	Tratamento - Alternativa 1	5.000,00
3	Tratamento - Alternativa 2	5.000,00
4.1	Tratamento - Alternativa 3	13.563,24
4.2	Tratamento - Alternativa 3 (*)	81.858,35
5	Reservatório inferior de água de reúso	308,32
6	Tratamento - Cloração no reservatório inferior de água de reúso	1.473,08
7	Reservatório superior de água de reúso e distribuição	193,80
8	Tubulação de desvio instalada no tubo de queda de água de chuva da edificação para direcionamento para filtro de sólidos	6,20
9	Filtro de sólidos + Poço técnico e Reservatório para descarte de 1ª chuva	382,02
10	Transporte para reservação, bombeamento e transporte para Reservatório Inferior de Água de Reúso	410,50
11	Rede coletora de condensado	87,67
12	Reservatório para torre de resfriamento	44,60
13	Tratamento - Cloração no reservatório para torre de resfriamento	3.052,28
14	Bombeamento para torre de resfriamento	21,84
15	Análises laboratoriais	10.185,35
16	Energia elétrica	6.570,18
17	Lodo (coleta e destinação final)	858,30
Custos diretos: Alternativa 1		28.662,13
Custos diretos: Alternativa 2		28.662,13
Custos diretos: Alternativa 3		37.225,37
Custos indiretos		
1	Depreciação: Alternativa 1	20.834,52
2	Depreciação: Alternativa 2	22.084,52
3	Depreciação: Alternativa 3	55.847,17
4	Gestão indireta	386,24
5	Laboratório (fins de fiscalização)	386,24
6	Vigilância	4.666,14
Custos indiretos: Alternativa 1		26.273,13
Custos indiretos: Alternativa 2		27.523,13
Custos indiretos: Alternativa 3		61.285,78
Total - Alternativa 1		54.935,26
Total - Alternativa 2		56.185,26
Total - Alternativa 3		98.511,15

(*) Custo decenal referente à substituição das membranas, adicionado de forma pontual no fluxo de caixa.

Fonte: Autoria própria

5.2.3.3 Receitas

No Quadro 23 estão descritas as receitas obtidas nesse cenário considerando o volume médio dos volumes obtidos no item 5.1.4

Quadro 23 – Receitas obtidas no sistema proposto para o SCVV - Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado

Demanda de água não potável atendida (m³/ano)	43.859,44
Valor pago por m³ (R\$)	17,98
Receitas geradas pela redução do consumo de água potável (R\$)	788.592,76

Fonte: Autoria própria

5.2.3.4 Fluxo de caixa

Com as informações detalhadas nos itens 5.2.3.1, 5.2.3.2 e 5.2.3.3 foi possível elaborar o fluxo de caixa para cada alternativa do Cenário 3, conforme Quadro 24, Quadro 25 e Quadro 26.

No Quadro 24, observe que, já no primeiro ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário associado ao aproveitamento de água de chuva e água de condensado, o saldo do fluxo de caixa supera o valor do investimento previsto para o sistema em 76%. Ao longo do horizonte de planejamento o saldo do fluxo de caixa permanece positivo, visto que o custo anual para a operação e manutenção do sistema é sempre menor que as receitas, variando apenas de acordo com os ajustes das tarifas.

Quadro 24 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 1

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	416.690,39	-416.690,39
Ano 1	788.592,76	54.935,26	-	733.657,50
Ano 2	835.750,61	58.011,64	-	777.738,97
Ano 3	885.728,50	61.260,29	-	824.468,21
Ano 4	938.695,06	64.690,86	-	874.004,20
Ano 5	994.829,03	68.313,55	-	926.515,47
Ano 6	1.054.319,80	72.139,11	-	982.180,69
Ano 7	1.117.368,13	76.178,90	-	1.041.189,22
Ano 8	1.184.186,74	80.444,92	-	1.103.741,82
Ano 9	1.255.001,11	84.949,84	-	1.170.051,27
Ano 10	1.330.050,17	89.707,03	-	1.240.343,15
Ano 11	1.409.587,17	94.730,62	-	1.314.856,55
Ano 12	1.493.880,49	100.035,53	-	1.393.844,95
Ano 13	1.583.214,54	105.637,52	-	1.477.577,01
Ano 14	1.677.890,77	111.553,23	-	1.566.337,54
Ano 15	1.778.228,64	117.800,21	-	1.660.428,43
Ano 16	1.884.566,71	124.397,02	-	1.760.169,69
Ano 17	1.997.263,80	131.363,25	-	1.865.900,55
Ano 18	2.116.700,17	138.719,59	-	1.977.980,58
Ano 19	2.243.278,84	146.487,89	-	2.096.790,95
Ano 20	2.377.426,92	154.691,21	-	2.222.735,71

Fonte: Autoria própria

No Quadro 25, observe que, assim como ocorre no Quadro 24, no primeiro ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário, associado ao aproveitamento de água de chuva e água de condensado, o saldo do fluxo de caixa supera o valor do investimento previsto para o sistema em 66%. Neste caso, como o investimento inicial da alternativa 2 de tratamento é um pouco maior, o lucro indireto gerado pelo sistema é um pouco menor. Ao longo do horizonte de planejamento o saldo do fluxo de caixa permanece positivo, visto que o custo anual para a operação e manutenção do sistema é sempre menor que as receitas, variando apenas de acordo com os ajustes das tarifas.

Quadro 25 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 2

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	441.690,39	-441.690,39
Ano 1	788.592,76	56.185,26	-	732.407,50
Ano 2	835.750,61	59.331,64	-	776.418,97
Ano 3	885.728,50	62.654,21	-	823.074,29
Ano 4	938.695,06	66.162,84	-	872.532,22
Ano 5	994.829,03	69.867,96	-	924.961,06
Ano 6	1.054.319,80	73.780,57	-	980.539,23
Ano 7	1.117.368,13	77.912,28	-	1.039.455,84
Ano 8	1.184.186,74	82.275,37	-	1.101.911,37
Ano 9	1.255.001,11	86.882,79	-	1.168.118,32
Ano 10	1.330.050,17	91.748,22	-	1.238.301,95
Ano 11	1.409.587,17	96.886,13	-	1.312.701,05
Ano 12	1.493.880,49	102.311,75	-	1.391.568,74
Ano 13	1.583.214,54	108.041,21	-	1.475.173,33
Ano 14	1.677.890,77	114.091,51	-	1.563.799,25
Ano 15	1.778.228,64	120.480,64	-	1.657.748,00
Ano 16	1.884.566,71	127.227,55	-	1.757.339,15
Ano 17	1.997.263,80	134.352,30	-	1.862.911,50
Ano 18	2.116.700,17	141.876,03	-	1.974.824,15
Ano 19	2.243.278,84	149.821,08	-	2.093.457,76
Ano 20	2.377.426,92	158.211,06	-	2.219.215,85

Fonte: Autoria própria

No Quadro 26, diferentemente do observado no Quadro 24 e no Quadro 25, o investimento inicial só é superado a partir do segundo ano de operação do sistema de reúso de esgoto sanitário, associado ao aproveitamento de água de chuva e água de condensado, devido ao alto valor do investimento inicial para o biorreator de membrana. Além disso, apesar da inserção do custo de substituição das membranas após dez anos de operação do sistema, o fluxo de caixa permaneceu positivo, visto que as receitas geradas pelo sistema permaneceram maiores que os custos com a operação e manutenção.

Quadro 26 – Fluxo de Caixa – Cenário 3: reúso de esgoto sanitário e aproveitamento de água de chuva e de condensado – Alternativa 3

Período	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
Ano 0	-	-	1.116.943,39	-1.116.943,39
Ano 1	788.592,76	98.511,15	-	690.081,61
Ano 2	835.750,61	104.027,77	-	731.722,84
Ano 3	885.728,50	109.853,33	-	775.875,17
Ano 4	938.695,06	116.005,12	-	822.689,94
Ano 5	994.829,03	122.501,40	-	872.327,62
Ano 6	1.054.319,80	129.361,48	-	924.958,32
Ano 7	1.117.368,13	136.605,73	-	980.762,40
Ano 8	1.184.186,74	144.255,65	-	1.039.931,09
Ano 9	1.255.001,11	152.333,96	-	1.102.667,14
Ano 10	1.330.050,17	242.723,01	-	1.087.327,16
Ano 11	1.409.587,17	256.315,50	-	1.153.271,67
Ano 12	1.493.880,49	270.669,17	-	1.223.211,31
Ano 13	1.583.214,54	285.826,64	-	1.297.387,89
Ano 14	1.677.890,77	301.832,94	-	1.376.057,83
Ano 15	1.778.228,64	318.735,58	-	1.459.493,05
Ano 16	1.884.566,71	336.584,77	-	1.547.981,93
Ano 17	1.997.263,80	355.433,52	-	1.641.830,28
Ano 18	2.116.700,17	375.337,80	-	1.741.362,37
Ano 19	2.243.278,84	396.356,71	-	1.846.922,13
Ano 20	2.377.426,92	418.552,69	-	1.958.874,23

Fonte: Autoria própria

5.2.4 Indicadores de viabilidade econômica

A análise dos fluxos de caixa de cada cenário apresentado permitiu o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica relacionados no Quadro 27, no qual os valores presentes líquidos (VPLs), as taxas internas de retorno (TIRs) e os Pay Backs descontados estão dispostos para os oito cenários analisados.

Quadro 27 – Indicadores de viabilidade econômica dos cenários

Cenários		VPL (R\$)	TIR (%)	Pay Back (meses)
Cenário 1		7.755.825,82	120	10,5
Cenário 1.1		7.184.956,17	71	19,2
Cenário 2	Alternativa 1	11.736.080,62	129	9,8
	Alternativa 2	11.618.788,90	117	10,8
	Alternativa 3	9.274.608,60	52	26,2
Cenário 3	Alternativa 1	9.824.303,34	182	6,8
	Alternativa 2	9.782.413,45	172	7,2
	Alternativa 3	8.219.786,56	68	19,4

Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados no Quadro 27 indicam viabilidade econômica para todos os cenários analisados, visto que todos os VPLs obtidos são maiores que zero, sendo o cenário com menor VPL aquele em que se considera o reúso de água cinza e o aproveitamento de água de chuva e de água de condensado com a instalação de reservatórios para armazenamento de até 645m³ de água de chuva.

Além disso, todas as TIRs calculadas retornaram valores maiores que a TMA, considerada igual a 9,25%, sendo o cenário com menor taxa interna de retorno aquele em que se considera o reúso do esgoto sanitário após tratamento com biorreator de membranas e osmose reversa (Cenário 2, Alternativa 3). Já o período de retorno dos investimentos variou entre 7 meses (para as alternativas 1 e 2 do Cenário 3) e 2 anos e 2 meses (para a alternativa 3 do Cenário 2)

A Alternativa 1 do Cenário 2 apresentou o maior VPL dentre as possibilidades estudadas, sendo considerada, portanto, a melhor alternativa para a edificação, de acordo com este indicador. A Alternativa 1 do Cenário 2 aborda o reúso do esgoto sanitário após tratamento pelo sistema composto por tratamento preliminar, reator anaeróbio compartimentado, wetland construído de fluxo vertical, filtros de areia e carvão ativado e cloração. Além do pós-tratamento por osmose reversa para atendimento da demanda da torre de resfriamento.

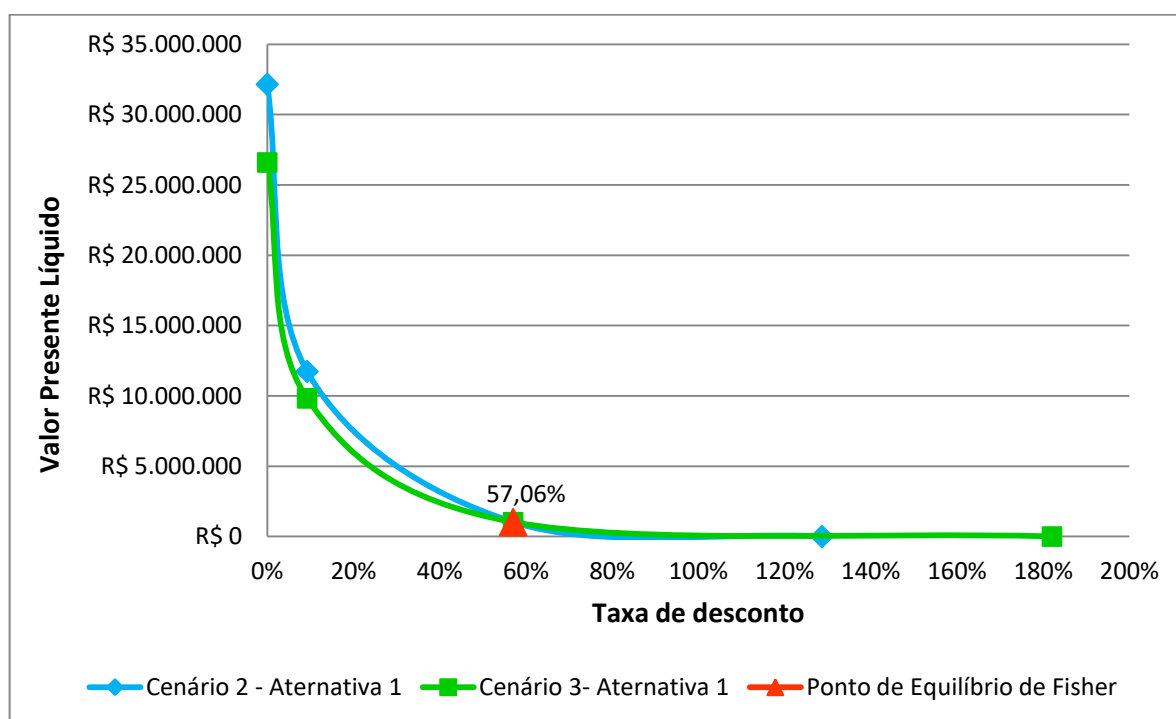
Já a TIR e o *Pay Back* descontado indicaram a Alternativa 1 do Cenário 3, como melhor opção para a edificação, visto que este cenário apresentou a maior taxa interna de retorno e o menor período de retorno do investimento. A Alternativa 1 do Cenário 3 aborda o reúso do esgoto sanitário após tratamento pelo sistema composto por tratamento preliminar, reator anaeróbio compartimentado, wetland construído de fluxo vertical, filtros de areia e carvão ativado e cloração, associado ao aproveitamento de água de chuva e água de condensado.

Diante da divergência entre os indicadores aplicados nesta pesquisa, ainda não é possível afirmar qual o melhor cenário para ser implantado na edificação. Dessa forma, como os cenários estudados são mutuamente excludentes, Neto (1992), Kassai (1996) e Militão e Alberto (2011) indicam a aplicação do Ponto de Equilíbrio de Fisher como indicador no suporte à decisão para seleção do projeto mais viável.

5.2.5 Ponto de Equilíbrio de Fisher

O denominado Ponto de Equilíbrio de Fisher, ou Intersecção de Fisher, indica o ponto (local) de uma curva onde a taxa de juros torna os investimentos equivalentes em termos de atratividade econômica, sendo aplicado para solucionar o conflito entre VPL e TIR. A Figura 43 ilustra a intersecção na qual a escolha dos projetos é indiferente em relação ao retorno financeiro, ou seja, onde é indiferente a escolha do Cenário 2, Alternativa 1 e do Cenário 3, Alternativa 1, considerando o ponto de vista de econômico.

Figura 43 - Ponto de Equilíbrio de Fisher entre o Cenário 2, Alternativa 1 e o Cenário 3, Alternativa 1.



Fonte: Autoria própria

Observe que, para taxas de desconto menores que 57,06%, o melhor investimento é o correspondente ao Cenário 2, Alternativa 1, de modo que, o Cenário 3, Alternativa 1 somente será o melhor investimento quando a TMA for maior que 57,06%.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES GERAIS

A análise de viabilidade técnica permitiu avaliar o potencial do reúso de esgoto, isoladamente ou associado ao aproveitamento de água de chuva e de água de condensado para atendimento da demanda de água não potável do Shopping Center Vila Velha. A avaliação de três cenários hipotéticos de uso de fontes alternativas indicou que o cenário que melhor atende a demanda por água não potável da edificação é aquele em que apenas o esgoto sanitário é utilizado como fonte alternativa de água não potável. Neste cenário, correspondente ao Cenário 2 desta pesquisa, a demanda por água não potável poderia ser completamente atendida com a utilização do esgoto sanitário como fonte alternativa de água não potável.

O segundo cenário com melhor viabilidade técnica é aquele em que se considerou o reúso de esgoto associado ao aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, neste cenário, o atendimento à demanda por água não potável variou entre 69,7% e 87,1%. O cenário com pior desempenho na análise de viabilidade técnica é aquele em que se considerou o reúso de água cinza associado ao aproveitamento de água de chuva e de água de condensado, neste cenário, o atendimento à demanda por água não potável variou entre 55,4% e 76,0%. A variação no percentual de atendimento à demanda nestes cenários é justificada pela variação anual da oferta de água de chuva.

A análise de viabilidade econômica para oito configurações de coleta, armazenamento, tratamento e distribuição das quatro fontes alternativas de água não potável indicou a variação do valor presente líquido dos investimentos entre R\$ 7.184.956,17 (Cenário 1.1) e R\$ 11.736.080,62 (Cenário 2, Alternativa 1). A taxa interna de retorno variou entre 52% (Cenário 2, Alternativa 3) e 182% (Cenário 3, Alternativa 1), já o Pay back descontado variou entre 7 meses (Cenário 3, Alternativa 1) e 2 anos e 2 meses (Cenário 2, Alternativa 3).

A aplicação do Ponto de Equilíbrio de Fisher permitiu solucionar o conflito entre o VPL e a TIR, de modo que para taxas de desconto menores que 57,06%, o melhor investimento é o correspondente ao Cenário 2, Alternativa 1, já para taxas de

desconto maiores que 57,06%, o melhor investimento é o correspondente ao Cenário 3, Alternativa 1.

Diante do exposto, é possível concluir que, para a edificação alvo deste trabalho e, considerando os parâmetros adotados, o reúso do esgoto sanitário apresenta maior viabilidade técnica e econômica que o reúso de água cinza, sendo associado ou não a outras fontes alternativas. O reúso do esgoto sanitário garante maior economia de água potável e proporciona maior segurança hídrica para a edificação, além de apresentar VPL, TIR e Pay Back melhores que o do sistema com reúso de água cinza, quando consideradas soluções de tratamento semelhantes.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Apesar dos resultados aqui obtidos, são ainda necessários mais estudos para que seja possível avaliar a viabilidade do reúso de esgoto sanitário em detrimento de outras fontes alternativas. Portanto, recomenda-se para trabalhos futuros:

- A medição do consumo de água ao longo de, pelo menos, um ano, para que a análise da relação entre demanda e oferta de água não potável possa abranger as variações ocorridas ao longo do ano;
- A medição da oferta de água de condensado ao longo de, pelo menos, um ano, para que a oferta desta fonte possa abranger as variações ocorridas ao longo do ano;
- A medição do esgoto sanitário gerado pela edificação, para que seja possível quantificar a real oferta da fonte alternativa, assim como a redução dos efluentes lançados na rede pública de coleta e tratamento;
- A aplicação da proposta deste estudo em edificações de outras tipologias, localizadas em diferentes regiões geográficas, para que seja possível avaliar a influência da oferta de água de chuva e das taxas e tarifas aplicadas;
- Considerar a possibilidade de tratar e destinar de forma adequada todo o efluente gerado na edificação, de modo que esta não dependa do sistema de esgotamento sanitário da concessionária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ELAAL, A. E. M. The influence of simultaneous operation of plumbing appliances on water consumption and conservation inside residential buildings, **Ain Shams Engineering Journal**, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.11.018>

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782**: Conservação de água em edificações. Rio de Janeiro, 2019b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas não potáveis em edificações. Rio de Janeiro, 2019c.

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. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2010.

ALEXANDRE, A.C.; KALBUCH, A.; HENNING, E. Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22, n. 5, p. 1005-1015, 2017.

AL-FARAYEDHI, A. A.; IBRAHIM, N. I.; GANDHIDASAN, P. Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions. **Desalination**. v. 349, p. 60-67, 2014.

ALGARNI, S.; SALEEL, C. A.; MUJEEBU, M. A. Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead. **Sustainable Cities and Society**. v. 37, p. 263-274, 2018.

ALI, M. A.; SAIFUR S.; ALI, M. A. Quantification of Condensate Water Generated from Air Conditioning System. **Global Science and Technology Journal**. v. 6, n. 3, p. 44-56, 2018.

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

ANA (Agência Nacional de Águas - Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: Relatório pleno / Agência Nacional de Águas. Brasília, 2017a.

ANA (Agência Nacional de Águas - Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual / Agência Nacional de Águas. Brasília, 2019.

ANA (Agência Nacional de Águas - Brasil). **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**: Produto VII - Resumo executivo. INTERÁGUAS – Programa de Desenvolvimento do Setor Água. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. São Paulo, 2017b.

ANA (Agência Nacional de Águas - Brasil). **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**: Produto VII - Resumo executivo. INTERÁGUAS – Programa de Desenvolvimento do Setor Água. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. São Paulo, 2018.

ARAMPATZIS, G.; ANGELIS-DIMAKIS A.; BLIND, M.; ASSIMACOPOULOS, D. A web-based Toolbox to support the systemic eco-efficiency assessment in water use systems. **Journal of Cleaner Production**. v. 138, p. 181-194, 2016.

ARDEN, S.; MORELLI, B.; CASHMAN, S.; MA, X. C. , JAHNE, M.; GARLAND, J. Onsite Non-potable Reuse for Large Buildings: Environmental and Economic Suitability as a Function of Building Characteristics and Location. *Water Research*. v. 191, 116635, 2021.

BACEN – Banco Central do Brasil. **Taxa Selic**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em 14 mar. 2019.

BERARDI, L.; SIMONE, A.; LAUCELLI, D.; GIUSTOLISI, O. Feasibility of mass balance approach to Water Distribution Network model calibration. **Procedia Engineering**. v. 186, p. 551-558, 2017.

BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTAN, P. de; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**. v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. **Engineering Economy**. 7. ed. Mcgraw-Hill, Nova York, 2012.

BR MALLS. **Sobre o Shopping Vila Velha**. Disponível em: <https://www.shoppingvilavelha.com.br/sobre>. Acesso em 14 jan. 2019.

BRANDÃO, J. L.B.; MARCON, P. Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 23, n. 6, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; Sindicato da Indústria da Construção do Estado

de São Paulo. **Conservação e Reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução No. 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de março de 2006. Brasília (DF).

BREALEY, A. R.; MYERS, S. C.; FRANKLIN, A. **Princípios de Finanças Corporativas**. Tradução: Celso Roberto Paschoa ; revisão técnica: João Carlos Douat. 10 Ed. McGraw-Hill. Porto Alegre: AMGH, 2013.

BUNGE S/A. Guilherme do Couto Justo; Rodrigo Spuri; Fernanda Vendramel F Francisco – Uso da tecnologia de filtração por osmose reversa para reúso de efluentes em indústria alimentícia – Unidade Bunge Jaguaré. **11ª Edição do Prêmio FIESP de Conservação e Reuso de Água**. São Paulo, 2015.

CAMPISANO, A.; D'AMICO, G.; MODICA, C. Water Saving and Cost Analysis of Large-Scale: Implementation of Domestic Rain Water Harvesting in Minor Mediterranean Islands. **Water**. v. 9, p. 916-929, 2017.

CAMPISANO, A.; MODICA, C. Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 63, p. 9-16, 2012.

CECATO, L. D.; BATTISTELLI, A. A.; SCHNEIDER, E. E.; HASSEMER, M. E. N.; LAPOLLI, F. R. Estimativa de custos de operação de um biorreator de membrana. **Revista DAE**. n. 217, v. 67, p. 90-102, 2019.

CENCIC, O. Nonlinear data reconciliation in material flow analysis with software STAN. **Sustainable Environment Research**. v. 26, p. 291-298, 2016.

CENCIC, O.; RECHBERGER, H. Material flow analysis with software STAN. **Environmental Engineering and Management Journal**. v. 18, p. 3-7, 2008.

CETESB. **Águas Interiores**. Sistema Ambiental Paulista. Governo do Estado de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>. Acesso em: 21 jan. 2019.

CHERNICHARO, C. A. L. **Biological Wastewater Treatment Series**: Anaerobic Reactors. IWA Publishing, London, 2007.

CUREAU, R. J.; GHISI, E. Reduction of PotableWater Consumption and Sewage Generation on a City Scale: A Case Study in Brazil. **Water**. v. 11, n. 11, 2351. <https://doi.org/10.3390/w11112351>

CURY, M. V. Q. **Análise de Projetos de Investimentos**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas – FGV, 1999.

CYPE. **Software para engenharia e construção**. Disponível em: <http://geradordeprecos.cype.pt/>. Acesso em mar. 2020.

DECA. **Economizadores de água e energia elétrica**. Disponível em: <https://www.deca.com.br/produtoeconomizadores>. Acesso em: 24 fev. 2019.

DIAS, T. F; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Factors Influencing Water Consumption in Buildings in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**. v. 184, p. 160-167, 2018.

DONOSO, M.; DI BALDASSARRE, G.; BOEGH, E.; BROWNING, A.; OKI, T.; TINDIMUGAYA, C.; ZUBARI, W. K. **Water security**: responses to local, regional and global challenges. International Hydrological Programme (IHP) eighth phase. Strategic plan, IHP-VIII (2014-2021). Unesco. 2012.

DOTRO, G.; LANGERGRABER, G.; MOLLE, P.; NIVALA, J.; PUIGAGUT, J.; STEIN, O.; VON SPERLING, M. **Biological Wastewater Treatment Series**: Treatment Wetlands. IWA Publishing, London, 2017.

EDP. Resolução homologatória Nº 2.589: vigente a partir de 07/08/2019. Disponível em: <www.edp.com.br>. Acesso: 07 agosto, 2019.

ENDE M.V; REISDORFER V. K. **Elaboração e análise de projetos**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, Santa Maria - RS, 2015.

FAROOQUI, T. A.; RENOUF, M. A.; KENWAY, S. J. A metabolism perspective on alternative urban water servicing options using water mass balance. **Water Research**. v. 106, p. 415-428, 2016.

FATTA-KASSINOS, D.; DIONYSIOU, D. D.; KÜMMERER, K. **The Handbook of Environmental Chemistry**: Advanced Treatment Technologies for Urban Wastewater Reuse. Volume 45. Suíça: Springer, 2016.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Aproveitamento de Água Pluvial**: Conceitos e Informações Gerais. FIEMG. Minas Gerais, 2016.

final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

FOGLIA, A.; ANDREOLA, C.; CIPOLLETTA, G.; RADINI, S.; AKYOL, Ç.; EUSEBI, A. L.; STANCHEV, P.; KATSOU, E.; FATONE, F. Comparative life cycle environmental and economic assessment of anaerobic membrane bioreactor and disinfection for reclaimed water reuse in agricultural irrigation: a case study in Italy. v. 293, 126201, 2021.

FONSECA C. R.; HIDALGO V.; DÍAZ-DELGADO C.; VILCHIS-FRANCÉS A. Y.; GALLEGU I. Design of optimal tank size for rainwater harvesting systems through use of a web application and geo-referenced rainfall patterns. **Journal of Cleaner Production**. v. 145, p. 323-335, 2017.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. C. F. P. M. G.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: XII SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. **Anais eletrônicos...** Resende, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2019.

FRANKEL, M.; XING, L.; CHEWNING, C.; SELA, L. Water-energy benchmarking and predictive modeling in multi-family residential and non-residential buildings. **Applied Energy**. v. 281, 116074, 2021.

FREIRE, M. T. M.; KIPERSTOK, A.; KALID, R. A.; AMORIM, G. J. S. O uso racional da água em aeroportos – O estudo de caso nos sanitários do aeroporto internacional de Salvador/BA. In: I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais eletrônicos...** Salvador, Bahia, 2010.

GAO, C.; WANG, D.; DONG, H.; CAI, J.; ZHU, W.; DU, T. Optimization and evaluation of steel industry's water-use system. **Journal of Cleaner Production**. v. 19, p. 64-69, 2011

GARCÍA-MONTOYA, M.; BOCANEGRA-MARTÍNEZ, A.; NÁPOLES-RIVERA, F.; SERNA-GONZÁLEZ, M.; PONCE-ORTEGA, J. M.; EL-HALWAGI, M. M. Simultaneous design of water reusing and rainwater harvestingsystems in a residential complex. **Computers and Chemical Engineering**. v. 76, p. 104-116, 2015.

GARCÍA-MONTOYA, M.; SENGUPTA, D.; NÁPOLES-RIVERA, F.; PONCE-ORTEGA, J. M.; EL-HALWAGI, M. M. Environmental and economic analysis for the optimal reuse of water in a residential complex. **Journal of Cleaner Production**. v. 130, p. 82-91, 2016.

GHISI, E.; MARINOSKI, A. K. Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 144, p. 100-114, 2019.

GHISI, E.; SCHONDERMARK, P. N. Investment Feasibility Analysis of Rainwater: Use in Residences. **Water Resources Management**. v. 27, p. 2555–2576, 2013.

GHISI, E.; THIVES, L. P.; PAES, R. F. W. Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in a building in Brazil. **Water Science and Technology: Water Supply**. v. 18, n. 4, p. 1497-1504, 2017.

GIKAS, P.; LIU S.; PAPAGEORGIOU, L. G.; KONSTANTOPOULOU, F. Optimal planning of water and wastewater management infrastructure for insular areas: the role of water reuse. **Water Science and Technology: Water Supply**. v. 15, n. 4, p. 701-708, 2015.

GLAWE, D.; WOOTEN, M.; LYE, D. Quality of Condensate From Air-Handling Units. **ASHRAE Journal**. v. 58, no. 12, p. 14–23, 2016.

GOIS, E. H. B.; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**. v. 96 p. 263-271, 2015.

GONÇALVES, R. F. (Coordenador). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Prosab-Finep Edital 5. Rio de Janeiro: Abes, 2009.

GONÇALVES, R. F. Submerged aerated biofilters. In: VON SPERLING M. **Biological Wastewater Treatment Series: Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors**. IWA Publishing, London, 2007. cap 16, p. 294-312.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Prosab-Finep Edital 4. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

GONÇALVES, R. F.; KELLER, R. de P.; FRANCI, T. K. Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil. **Revista DAE**. v. 67, n. 217, p. 75-89, 2019.

GONZALEZ, H. M. **Viabilidade econômica financeira para estratégias de conservação e reúso de água em edificação comercial de grande porte**. 2018. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória. 2018.

GREY, D.; SADOFF, C.W. Sink or Swim? Water Security for Growth and Development. **Water Policy**. v. 9, n. 2, p. 545-571, 2007.

GUZZO, F. R. **Estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte**. 2017. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória. 2017.

HARDY, D.; CUBILLO, F.; HAN, M.; LI, H. **Alternative Water Resources: A Review of Concepts, Solutions and Experiences**. International Water Association. Holanda, 2015.

harvesting system implementation for domestic use. **Sustainable Cities and Society**. v. 62, 102340, 2020.

HOUDRET, A.; KRAMER A.; CARIUS A. **The Water Security Nexus**. Challenges and Opportunities for Development Cooperation. Eschborn: GTZ. 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas>>. Acesso em 22 de nov. 2019.

IGBP (Internacional Geosphere-Biosphere Programme). **RIO+20 Policy brief: Water security for a planet under pressure**. Londres, UNESCO, 2012

IMTEAZ, M. A.; ADEBOYE, O. B.; RAYBURG, S.; SHANABLEH, A. Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance model. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 62, p. 51-55, 2012.

IMTEAZ, M. A.; KARKI, R.; SHAMSELDIN, A.; MATOS, C. eTank and contemporary online tools for rainwater tank outcomes analysis. <https://doi.org/10.1504/IJCAET.2017.084904>. 2017.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosclimaticos>. Acesso em 08 de mar. 2019.

IWR (Institute for Water Quality). **STAN: Substance Flow Analysis User Manual**. Research Centre of Waste and Resource Management. Technische Universität Wien, Vienna, 2017.

JEONG, H.; BROESICKE, O. A.; DREW, B.; CRITTENDEN, J. C. Life cycle assessment of small-scale greywater reclamation systems combined with conventional centralized water systems for the City of Atlanta, Georgia. **Journal of Cleaner Production**. v. 174, p. 333-342, 2018.

JÓ, A. C. **Balanço hídrico e energético de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva**. 2011. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Área de concentração: Saneamento e Ambiente. Campinas. 2011.

KAJALE, A. **Estimation and forecasting of air handling condensate recovery using multiple regression analysis and time-series autoregressive models**. 2013. 152p. A dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Alabama. Birmingham. 2013.

KARIM, M. R.; BASHAR, M. Z. I.; IMTEAZ, M. A. Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting in a megacity in Bangladesh. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 104, p. 61–67, 2015.

KASSAI, J. R. **Conciliação entre a TIR e ROI: uma abordagem matemática e contábil do retorno do investimento**. Cad, estud., n 14, p.1-29, 1996

KENWAY, S.; GREGORY, A.; MCMAHON, J. Urban Water Mass Balance Analysis. **Journal of Industrial Ecology**. v. 15, n. 5, p. 693-706, 2011.

KHAN, A. S. Conservation of Potable Water Using Chilled Water Condensate from Air Conditioning Machines in Hot & Humid Climate. **International Journal of Engineering and Innovative Technology**. v. 3, n. 2, p. 182-188, 2013.

KIM, J. E.; TEH, E. X.; HUMPHREY, D.; HOFMAN, J. Optimal storage sizing for indoor arena rainwater harvesting: Hydraulic simulation and economic assessment. **Journal of Environmental Management**. v. 280, 111847, 2021

KINKADE-LEVARIO, H. **Design for Water**. Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment, and Alternative Water Reuse. Gabriola Island, Canada, 2007.

KOBAYASHI, Y.; ASHBOLT, N. J.; DAVIES, E. G. R.; LIU, Y. Life cycle assessment of decentralized greywater treatment systems with reuse at different scales in cold regions. **Environment International**. v. 134, 105215, 2020.

KOLAVANI, N. J.; KOLAVANI, N. J.; Technical feasibility analysis of rainwater

KUSKI, L.; MAIA, E.; MOURA, P.; CAETANO, N.; FELGUEIRAS, C. Development of a decentralized monitoring system of domestic water consumption. **Energy Reports**. v. 6, p. 856-861, 2020.

LAM, C. M.; LENG, L.; CHEN, P. C.; LEE, P. H. HSU, S. C. Eco-efficiency analysis of non-potable water systems in domestic buildings. **Applied Energy**. v. 202, p. 293–307, 2017.

LEE S.; JANG Y.; KIM J.; PARK J.; KANG Y.; KIM W.; SHIN S. Static and dynamic flow analysis of PBDEs in plastics from used and end-of-life TVs and computer monitors by life cycle in Korea. **Science of the Total Environment**. v. 506, p. 76–85, 2015.

LEONG, J. Y. C.; BALAN, P.; CHONG, M. N.; POH, P. E. Life-cycle assessment and life-cycle cost analysis of decentralised rainwater harvesting, greywater recycling and hybrid rainwater-greywater systems. **Journal of Cleaner Production**. v. 229, p. 1211-1224, 2019.

LEONG, J. Y. C.; CHONG, M. N.; POH, E. P.; VIERITZ, A.; TALEI, A.; CHOW, M. F. Quantification of mains water savings from decentralised rainwater, greywater and hybrid rainwater-greywater systems in tropical climatic conditions. **Journal of Cleaner Production**. v. 176, p. 946-958, 2018.

LISO, V.; ARAYA, S. S.; OLESEN, A. C.; NIELSEN, M. P.; KÆR, S. K. Modeling and experimental validation of water mass balance in a PEM fuel cell stack. **International Journal of Hydrogen Energy**. v. 41, p. 3079-3092, 2016.

MAGRINI, A.; CATTANI, L.; CARTESEGNA, M.; MAGNANI, L. Integrated systems for air conditioning and production of drinking water – Preliminary considerations. **Energy Procedia**. v. 75, p. 1659-1665, 2015b.

MAGRINI, A.; CATTANI, L.; CARTESEGNA, M.; MAGNANI, L. Production of water from the air: the environmental sustainability of air-conditioning systems through a more intelligent use of resources. The advantages of an integrated system. **Energy Procedia**. v. 78, p. 1153-1158, 2015a.

MAGRINI, A.; CATTANI, L.; CARTESEGNA, M.; MAGNANI, L. Water Production from Air Conditioning Systems Some Evaluations about a Sustainable Use of Resources. **Sustainability**. v. 9, p. 1309, 2017.

MAKROPOULOS C.; ROZOS E.; TSOUKALAS I.; PLEVRI A.; KARAKATSANIS G.; KARAGIANNIDIS L.; MAKRI E.; LIOUMIS C.; NOUTSOPOULOS C.; MAMAI D.; RIPPIS C.; LYTRAS E. Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. **Journal of Environmental Management**. v. 216, 285-298, 2018.

MALDONADO, Y. L.; SAMPEDRO, E.B.; BINDER, C.R.; FATH, B. D. Local groundwater balance model: stakeholders' efforts to address groundwater monitoring and literacy. **Hydrological Sciences Journal**. v. 62, n. 14, p. 2297-2312, 2017.

MARANGON, B. B.; SILVA, T. A.; CALIJURI, M. L.; ALVES, S. C.; SANTOS, V. J.; OLIVEIRA, A. P. S. Reuse of treated municipal wastewater in productive activities in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Water Process Engineering**. v. 37, 101483, 2020.

MARINHO, M.; GONÇALVES, M. S.; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**. v. 62, p. 98-106, 2014.

MARINOSKI, A. K.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**. v. 206 p. 28-39, 2018.

MATOS, C.; SANTOS, C.; PEREIRA, S.; BENTES, I.; IMTEAZ, M. Rainwater storage tank sizing: Case study of a commercial building. **International Journal of Sustainable Built Environment**. v. 2, p. 109-118, 2013.

MECHRI, H. E.; AMARA, S. Investigation and analysis of energy and water use of hotelbuildings in Tunisia. **Energy and Buildings**. v. 241, 110930, 2021.

MEDEIROS, D. L.; QUEIROZ, L. M.; COHIM, E.; NETO J. A. DE A.; KIPERSTOK, A. Human urine fertiliser in the Brazilian semi-arid: Environmental assessment and water-energy-nutrient nexus. **Science of the Total Environment**. v. 713 p. 136-145, 2020.

METCALF & EDDY. **Water Reuse: Issues, Technologies and Applications**. McGraw Hill Professional. Califórnia, 2007.

MILITÃO, F. G. S. A.; ALBERTO, J. G. C. A. Considerações a respeito do Ponto de Fisher. **Percorso Acadêmico**. v. 1, n 1, p. 61-68, 2011.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R. **Refrigeração e ar condicionado**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

NETO, A. A. Os Métodos Quantitativos de Análise de Investimentos. **Cad estud.**, São Paulo, n. 6, p. 1-16, 1992.

NIKA, C. E.; GUSMAROLI, L.; Ghafourian, M.; Atanasova, N.; Buttiglieri, G.; Katsou E. Nature-based solutions as enablers of circularity in water systems: A review on

assessment methodologies, tools and indicators. **Water Research**. v. 183, 115988, 2020.

NRC - National Research Council. **Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater**. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.

OH, K. S.; LEONG, J. Y. C.; POH, P. E.; CHONG, M. N.; LAU, E. V. A review of greywater recycling related issues: Challenges and future prospects in Malaysia. **Journal of Cleaner Production**. v. 171, p. 17-29, 2018.

OH, K. S.; POH, P. E.; CHONG, M. N.; GOUWANDA, D.; LAM, W. H.; CHEE, C. Y. Optimizing the in-line ozone injection and delivery strategy in a multistage pilot-scale greywater treatment system: System validation and cost-benefit analysis. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. v. 3, p. 1146–1151, 2015.

OKOYE, C. O.; SOLYALI, O.; AKINTUG, B. Optimal sizing of storage tanks in domestic rainwater harvesting systems: A linear programming approach. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 104, p. 131-140, 2015.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 366 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES O. M.; YWASHIMA L.; REIS R. P. A. **Levantamento do estado da arte: Água**. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. FINEP. São Paulo, 2007.

OSIPI, S. R.; SECCHI A. R.; BORGES C. P. Cost analysis of forward osmosis and reverse osmosis in a case study. In: BASILE, A.; CASSANO, A.; RASTOGI, N. K. (Ed.). **Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes**. Elsevier, 2020, p. 305-324.

PATIL, Y.M.; MUNAVALLI, G.R. Performance evaluation of an Integrated On-site GreywaterTreatment System in a tropical region. **Ecological Engineering**. v. 95, p. 492–500, 2016.

PAVOLOVÁ, H.; BAKALÁR, T.; KUDELAS, D.; PUSKÁROVÁ, P. Environmental and economic assessment of rainwater application in households. **Journal of Cleaner Production**. v. 209, p 1119-1125, 2019.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian Office buildings. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 54, p. 489–500, 2010.

PUCCINI, E. C. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. 1 ed. Florianópolis: CAPES: UAB, 2011.

ReCESA – Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1** / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

RENOUF, M. A.; SERRAO-NEUMANN, S.; KENWAY, S. J.; MORGAN, E. A.; CHOY, D. L. Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance – bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management. **Water Research**. v. 122, p. 669-677, 2017.

RIZZO, L.; MALATO, S.; ANTAKYALI, D.; BERETSOU, V. G.; ĐOLIĆ, M. B.; GERNJAK, W.; HEATH, E.; IVANCEV-TUMBAS, I.; KARAOLIA, P.; RIBEIRO, A. R. L.; MASCOLO, G.; MCARDELL, C. S.; SCHAAR, H.; SILVA, A. M.T.; FATTA-KASSINOS, D. Consolidated vs new advanced treatment methods for the removal of contaminants of emerging concern from urban wastewater. **Science of the Total Environment**. v. 655, p. 986-1008, 2019.

SALGOT, M.; FOLCH, M. Wastewater treatment and water reuse. **Environmental Science & Health**. v. 2, p. 64-74, 2018.

SANT'ANA, D. R. (Coordenador). **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações: Padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção**. Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

SANTOS, C.; PINTO, F. T.; Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 71, p. 1-6, 2013.

SCHOEN, M. E.; JAHNE, M. A.; GARLAND, J. Human health impact of non-potable reuse of distributed wastewater and greywater treated by membrane bioreactors. **Microbial Risk Analysis**. v. 9, p. 72-81, 2018.

SEMAAN, M.; DAY, S. D.; GARVIN, M.; Ramakrishnan, N.; PEARCE, A. Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A

SIAM, L. **Strategy Development for Condensate Water Recovery from Air Conditioning in Palestine**. 2013. 120 p. Master's Thesis (Water and Environmental Engineering). Water and Environmental Masters Program, Faculty of Graduate Studies, Birzeit University, Palestine, 2013.

SILVA, W. O. **O uso de ferramenta computacional para a realização de balanço hídrico em edificações comerciais com foco na utilização de fontes não potáveis**. 2013. 188 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental. São Paulo. 2013.

SIMA, L. C.; KELNER-LEVINE, E.; ECKELMAN M. J.; MCCARTY, K.M.; ELIMELECH, M. Water flows, energy demand, and market analysis of the informal water sector in Kisumu, Kenya. **Ecological Economics**. v. 87, p. 137-144, 2013.

SINAPI, **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Tabela Insumos Espírito Santo, Março de 2020. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em mar. 2020.

SINGH, N.B.; NAGPAL, G.; AGRAWAL, S.; RACHNA. Water purification by using Adsorbents: A Review. **Environmental Technology & Innovation**. v. 11, p. 187-240, 2018.

SINGKARAN, N. Water budget analysis and management for Bangkok Metropolis, Thailand. **Water Science & Technology**. v. 76, n. 6, p. 1545-1554, 2017.

SOUZA, L. S.; BRAGA, B. V. D.; KIPERSTOK, A.; KALID, R. A.; SALES, E. A. Balanço hídrico: uma ferramenta para gestão industrial e otimização ambiental. In: 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais eletrônicos...** Recife, Pernambuco, 2009. Disponível em: https://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art91.pdf. Acesso em 27 mar. 2019.

SUBRAMANI, A.; JACANGELO, J. G. Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review. **Water Research**. v. 75, p. 164-187, 2015.

systematic literature review. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 6, 100033, 2020.

TESTON A.; GERALDI M. S.; COLASIO B. M.; GHISI E. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. **Water**. v. 10, n. 471, 2018.

TILLEY E.; ULRICH L.; LÜTHI C.; REYMOND P.; ZURBRÜGG C. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**. 2nd Revised Edition, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Duebendorf, 2014.

TUAN, P. T.; DUNG, M. T.; DUC, P.T.; TRANG, H. M.; KHAI, N. M.; THUY, P. T. Industrial water mass balance as a tool for water management in industrial parks. **Water Resources and Industry**. v. 13, p. 14-21, 2016.

UN-WATER - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ÁGUA. **Un-Water Analytical Brief on Water security and the Global Water Agenda**. Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH). Canadá, 2013.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse**. 2012.

VALENTINA, M. D. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reúso de água cinza em um shopping center**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

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

VIANNA, J. T. D. S. **Análise de alternativas para conservação de água em edificações residenciais funcionais em Brasília-DF.** 2017. 196p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília- DF. 2017.

VON SPERLING, M. **Biological Wastewater Treatment Series:** Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. IWA Publishing, London, 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WANG D., GUO F., WU Y., LI Z., WU G. Technical, economic and environmental assessment of coagulation/ filtration tertiary treatment processes in full-scale wastewater treatment plants. **Journal of Cleaner Production.** v. 170, p. 1185-1194, 2018.

WANJIRU, E. e XIA, X. Sustainable energy-water management for residential houses with optimal integrated grey and rain water recycling. **Journal of Cleaner Production.** v. 170, p. 1151-1166, 2018.

WARD, S.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance of a large building rainwater harvesting system. **Water Research.** v. 46, p. 5127-5134, 2012.

WU, B. Membrane-based technology in greywater reclamation: A review. **Science of the Total Environment.** v. 656, p. 184-200, 2019.

WWAP (World Water Assessment Programme). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018:** Soluções baseadas na natureza para a gestão da água . Perúgia, UNESCO, 2018.

WWAP (World Water Assessment Programme). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020:** Água e mudança climática. Perúgia, UNESCO, 2020.

YOANN VERGER, Y.; PETIT, C.; BARLES, S.; BILLENE, G.; GARNIER, J.; ESCULIER, F.; MAUGIS, P. A N, P, C, and water flows metabolism study in a peri-urban territory in France: The case-study of the Saclay plateau. **Resources, Conservation & Recycling.** v. 137, p. 200-213, 2018.

ZHU, D.; RYAN, M. C.; GAO, H. The role of water and mass balances in treatment assessment of a flooded natural wetland receiving wastewater effluent. (Frank Lake, Alberta, Canada). **Ecological Engineering.** <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.01.010>. 2019.

ANEXO A

Quadro 28 - Parâmetros característicos para água de reúso classe 1.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	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	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total (mg/L)	$\leq 0,1$ mg/L
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: BRASIL (2005).

Quadro 29 - Parâmetros básicos para água de reúso classe 2.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	≤ 1000 /mL
pH	Entre 6,0 e 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	30 mg/L

Fonte: BRASIL (2005).

Quadro 30 - Parâmetros básicos para água de reúso Classe 3.

Parâmetros			Concentrações
pH			Entre 6,0 e 9,0
Salinidade			0,7 < EC (dS/m) < 3,0
			450 < SDT (mg/L) < 1500
Toxicidade 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 aspersor	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

Fonte: BRASIL (2005).

Quadro 31 - Variáveis de qualidade de água recomendados para o uso em torres de resfriamento.

Variável (*)	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	SR	0,1
Ferro		0,5
Manganês		0,5
Amônia		1,0
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	1,0
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

Fonte: BRASIL (2005).

ANEXO B



Vila Velha (ES), 31 de agosto de 2020.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.
CNPJ: 17.191.472/0001-71
Telefone: (27) 3244-7443 / (27) 99293-9991
E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br
Endereço: Rodovia do Sol, 2500 - Praia dos Recifes - Vila Velha/ES - CEP 29.128-200 - Brasil
Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE)
Responsável (s): Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref.: Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Submetemos à sua apreciação a Proposta FLUXO, referente fornecimento e montagem de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Colocamo-nos à sua inteira disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e para prestação de informações complementares.

Atenciosamente,

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.



1 OBJETIVO

A presente proposta tem por objetivo o fornecimento de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

2 PARÂMETROS DE PROJETO

2.1 Capacidade nominal do sistema

Vazão média (esgoto)	195,36m³/d	2,26 L/s
----------------------	------------	----------

2.2 Características do efluente

Parâmetro	Unidade	Esgoto bruto	Efluente Tratado
DBO ₅	mg/L	≤ 300	< 15
DQO	mg/L	≤ 600	< 90
SST	mg/L	≤ 300	< 10
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 10 ⁷	< 10 ³

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A ETE proposta associa processos físicos, químicos e biológicos, compreendendo: pré-tratamento, Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), Jardim Filtrante Vertical (JFV), filtração terciária (areia e antracito) e desinfecção com cloro.

3.1 Etapas do tratamento

- Pré-tratamento: unidade essencial que visa reter sólidos grosseiros, evitando o desgaste por abrasão dos equipamentos eletromecânicos (bombas submersíveis de recalque e bombas de recirculação de lodo), o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos e entupimentos nas tubulações; além de remover materiais flutuantes, evitando a obstrução das tubulações, acúmulo nas unidades de tratamento e aspectos desagradáveis no corpo receptor.
- Tratamento anaeróbio (RAC – Reator Anaeróbio Compartimentado): tratamento primário que assegura uma remoção média de matéria orgânica (DBO₅) da ordem de 70%. O RAC é composto por um leito de lodo biológico (biomassa) denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Após o RAC o esgoto é encaminhado, por gravidade, ao Filtro Anaeróbio (FAn) para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes.
- Tratamento aeróbio (Jardim Filtrante Vertical): Os Jardins Filtrantes, ou *wetlands* construídos, são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas de raízes longas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, promovem a remoção de sólidos e matéria orgânica do efluente.
- Filtro terciário: unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. A limpeza é automática, realizada através do sistema de retrolavagem. Neste processo a água passa no sentido contrário ao do fluxo, retirando as impurezas do meio filtrante.



- Desinfecção com cloro: sistema de desinfecção do efluente por meio de tanque de contato e aplicação de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora. O cloro é misturado em meio a corrente líquida que percorre o clorador e, após 30 minutos de mistura e ação, o efluente final tratado e desinfetado atende aos padrões de qualidade exigidos pela legislação ambiental brasileira para lançamento de efluentes em corpos hídricos.

* Itens excluídos do escopo de fornecimento da FLUXO e deverão ser providenciados pela empresa contratante.

4 TABELA RESUMO DA ETE PROPOSTA

Item	Unidade	Descrição	Quant.	Material
1	Pré-tratamento	Gradeamento, caixa de areia e calha parshall	01	PRFV
2	ETE COMPACTA	Tanque enterrado		
	RAC+FA [*]	Ø 4,20 m; H: 2,20 m [*]	04	PRFV
3	Jardim Filtrante Vertical	B: 4,0 m; L: 25,0 m	04	PRFV
4	Filtração terciária	Filtro de areia	01	PRFV
		Filtro de carvão ativado	01	PRFV
5	Desinfecção	Bomba dosadora/Tanque de contato	01	PRFV
		Clorador em linha	01	

Legenda: PRFV: Plástico Reforçado com Fibras de Vidro; L: comprimento; B: largura; H: altura; Ø: diâmetro

OBS: Recomenda-se a compra de equipamentos eletromecânicos reservas.

* As dimensões podem ser alteradas/adequadas durante o desenvolvimento do projeto.

* FRETE EXCLUSO

* Não está incluso estação elevatória de esgoto.

OBS: O Jardim Filtrante deverá ser executado em alvenaria, baseado em projeto de execução fornecido pela Fluxo Ambiental.

5 SISTEMAS SEMELHANTES INSTALADOS E OPERANDO



Figura 1 – Residência Particular – Serra/ES



Figura 3 – Condomínio Rio da Montanha – Birricas/ES



Figura 3 – SICOOB – Vitória/ES



Figura 4 – Multilift Logística – Cariacica/ES

6 ESCOPO DA PROPOSTA

6.1 Data-book:

O data-book será constituído dos seguintes documentos:

- Memorial Descritivo e de Cálculo
- Manual de Operação e Manutenção
- Especificações e manuais de equipamentos
- Certificados (quando existirem)

Desenhos:

- Fluxograma do processo
- Planta de situação
- Planta de locação das unidades
- Planta das unidades
- Planta de tubulações
- Perfil hidráulico
- Projeto instrumentação/automação

6.2 Serviços fornecidos:

- Montagem e instalação da ETE, componentes e equipamentos, incluindo toda a mão de obra especializada e não especializada no que diz respeito ao escopo dessa proposta.
- Testes hidráulicos da ETE.
- Partida do sistema.

6.3 Limites do fornecimento (FLUXO):

Não integram o escopo desta proposta e, portanto, **NÃO SERÃO FORNECIDOS** pela FLUXO os seguintes itens:

- Terraplanagem.
- Projeto e obra civil de qualquer natureza.
- Projeto e execução da rede coletora de efluentes sanitários.



- Projeto e execução do canal de descarga de efluente final.
- Espaço para canteiro de obras e armazenagem de equipamentos e ferramentas.
- Peças sobressalentes e de reposição.
- Rede hidráulica à montante e a jusante da ETE.
- Alimentação elétrica do CCM.
- Ponto de água com tanque para operação/manutenção.
- Levantamento topográfico.
- Análises laboratoriais.
- Sondagens.
- Iluminação da área.
- Limpeza do local de instalação.
- Urbanização.
- Rede coletora dos extravasores da ETE.
- Custos decorrentes de operação e manutenção.
- Fornecimento de água para o teste hidráulico.
- Ligação do suspiro da ETE com a tubulação de suspiro da edificação.
- Reservatório superior de água tratada.
- Fiação do painel elétrico até a ETE acima de 10m.
- Frete.

7 VALOR DA PROPOSTA

Valor global R\$ 400.000,00 (Quatrocentos mil reais)

NOTA FISCAL	PERCENTUAL	MEDIÇÃO	CONDIÇÃO DE PAGAMENTO
DANFE	25%	1 - Assinatura do contrato.	Boleto bancário – vencimento na assinatura do contrato.
	30%	2 – Fabricação do produto.	Boleto bancário – vencimento 30 dias após assinatura do contrato.
	40%	3 – Descarregamento do produto.	Boleto bancário – vencimento 45 dias após assinatura do contrato.
	5%	4 - Término da montagem e partida do sistema.	Boleto bancário - vencimento 5 dias após conclusão da montagem e partida do sistema.



8 CONDIÇÕES COMERCIAIS

8.1 Cronograma físico

Prazo para fornecimento e instalação: 120 dias.

Atividades	Dias											
	20		40		60		80		100		120	
Planejamento e fabricação dos tanques												
Montagem												
Testes e Partida												
Data-book												

² O quadro representa apenas o tempo aproximado para realização de cada etapa.

9 GARANTIAS

9.1 Garantias Eletromecânicas

Os produtos eletromecânicos, fabricados por terceiros, tais como: bombas, sopradores, painéis elétricos, turbidímetros, medidor de cloro etc. que compõem a ETE Fluxo terão sua garantia conforme especificadas pelos seus fabricantes. Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Exceção-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos no equipamento sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.

9.2 Garantias de Processo

Garantias estruturais

- 03 (três) anos - Garantia estrutural dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), desde que mantidas as condições de instalação e manutenção recomendadas nos manuais de instalação e operação dos equipamentos;
- 01 (um) ano - Contra defeitos de fabricação dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro); Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Exceção-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos nos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.
- Como todo bem durável, os tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) instalados acima do piso estão sujeitos a todo tipo de intempéries, portanto, deverão receber manutenção adequada a fim de prolongar sua vida útil. Entre essas manutenções, sugerimos pintar a parte externa dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), pelo menos uma vez a cada 5 anos e/ou sempre que as condições o exigirem.

6



- Excluem-se das garantias problemas estruturais nos tanques em PRFV fabricados pela Fluxo nos casos em que o radier/piso executado pelo CONTRATANTE não estiver adequado para o posicionamento dos tanques e montagem do sistema. Problemas estruturais nos tanques causados por radier/piso fora de conformidade incluindo, mas não restrito a desnível, rachaduras, afundamento, ou pontas de concreto podem ocasionar em perfurações, fissuras ou rachaduras nos tanques, e não serão cobertos pela garantia.

Garantia de eficiência

- Garantia de eficiência - Não será garantida a eficiência do processo, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado. De acordo com a Legislação Ambiental vigente e exigências das Autoridades Ambientais, todo sistema de tratamento de esgotos deve ser operado e monitorado adequadamente a fim de que se maximize a eficiência do mesmo e se tome as medidas necessárias para evitar a contaminação do lençol freático e águas superficiais. Assim, tão logo que a ETE entrar em operação o Cliente/Empreendedor deverá firmar um 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. A falta de monitoramento e operação gera efluentes sem condições de descarte, dando causa a multas e interdições. Portanto, todos os nossos Manuais de Operação e instruções fornecidas fazem parte desse contrato e a garantia de eficiência da ETE está diretamente ligada a esses serviços técnicos de Operação e Monitoramento da ETE.
- Máquinas e equipamentos de terceiros como bombas, aeradores, painéis elétricos ou eletrônicos, conexões hidráulicas, motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, terão sua garantia conforme especificado pelo fabricante.

Excluem-se das garantias

- Os danos causados aos equipamentos e acessórios em decorrência de imperícia, impactos de objetos, veículos ou animais, fogo, inundação, ou serviços e reparos executados por terceiros não autorizados expressamente pela Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda, bem como, os tubos e conexões hidráulicas, a pintura dos equipamentos, os motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, painéis elétricos ou eletrônicos. Os serviços e obras, eventualmente contratados ou acertados diretamente pelo Cliente junto aos nossos funcionários ou empreiteiros, e não previstos expressamente nesse contrato;
- Não será garantida a eficiência da ETE, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado;
- Os danos causados pelos raios UV da radiação solar poderão danificar a ETE, comprometendo sua resistência mecânica, se por acaso não for realizada a pintura dos equipamentos fabricados em fibra de vidro reforçada a cada 5 anos ou sempre que as condições o exigirem. A pintura deverá ser realizada com tinta preconizada pelo fabricante para resistir a este tipo de agressão, obedecendo-se às condições de aplicação recomendadas pelo mesmo.

A presente PROPOSTA será válida por 30 (trinta) dias a contar de sua apresentação.

10 NOTAS

1. Após o aceite da proposta será elaborado um contrato entre as partes, fixando as responsabilidades e os prazos de execução, conforme cronograma físico/financeiro e garantias;
2. Para montagem executada fora do horário normal de trabalho (sábados, domingos e feriados), desde que solicitados pelo cliente, serão cobrados os custos adicionais de horas extras;
3. Horas paradas de nossa equipe de montagem, por motivos alheios à nossa vontade, serão cobrados como hora técnica;



4. Durante a fase de instalação do sistema, a empresa contratante responsabilizar-se-á pela guarda e conservação dos equipamentos, suas partes, peças, componentes e ferramental;
5. Se houver atraso no pagamento das parcelas, o valor em atraso será acrescido de juros de mora a razão de 1% ao mês, e multa compensatória de 2%.
6. Não será garantida a eficiência dos equipamentos após a partida do sistema, nos casos em que: não houver monitoramento, operação do sistema e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado seguindo orientações estabelecidas nos manuais de operação e manutenção;
7. A Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda não se responsabiliza por quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos ocasionados em pessoas, bens ou meio ambiente, em virtude da má utilização do equipamento, em desacordo com as regras estabelecidas no presente documento e no manual de operação e manutenção;
8. As Notas aqui descritas bem como a proposta são partes integrantes do contrato;

TERMO DE ACEITAÇÃO DE PROPOSTA

Através deste termo, aceitamos a proposta FLUXO.

Vila Velha - ES, de de 2020.

Ass.
 Nome
 CPF nº
 Cargo
 Empresa

ANEXO C



Vila Velha (ES), 31 de agosto de 2020.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.
CNPJ: 17.191.472/0001-71
Telefone: (27) 3244-7443 / (27) 99293-9991
E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br
Endereço: Rodovia do Sol, 2500 - Praia dos Recifes - Vila Velha/ES - CEP 29.128-200 - Brasil

Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE)
Responsável (s): Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref.: Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Submetemos à sua apreciação a Proposta FLUXO, referente fornecimento e montagem de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Colocamo-nos à sua inteira disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e para prestação de informações complementares.

Atenciosamente,

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.



1 OBJETIVO

A presente proposta tem por objetivo o fornecimento de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

2 PARÂMETROS DE PROJETO

2.1 Capacidade nominal do sistema

Vazão média (esgoto)	195,36m³/d	2,26 L/s
----------------------	------------	----------

2.2 Características do efluente

Parâmetro	Unidade	Esgoto bruto	Efluente Tratado
DBO ₅	mg/L	≤ 300	< 30
DQO	mg/L	≤ 600	< 90
SST	mg/L	≤ 300	< 30
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 10 ⁴	< 10 ³

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A ETE proposta associa em série processos físicos, químicos e biológicos, do tipo anaeróbio + aeróbio. Suas unidades componentes são: pré-tratamento completo, Reator UASB, Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) e Decantador Secundário (DEC), filtração terciária (areia e antracito) seguido de desinfecção com cloro.

3.1 Etapas do tratamento

- Pré-tratamento (grade, desarenador e calha parshall): unidade essencial que visa reter sólidos grosseiros e areia, evitando o desgaste por abrasão dos equipamentos eletromecânicos (bombas submersíveis de recalque e bombas de recirculação de lodo), o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos e entupimentos nas tubulações; além de remover materiais flutuantes, evitando a obstrução das tubulações, acúmulo nas unidades de tratamento e aspectos desagradáveis no corpo receptor.
- Tratamento anaeróbio (UASB): tratamento primário que assegura uma remoção média de matéria orgânica (DBO₅) da ordem de 70%. O UASB é composto por um leito de lodo biológico (biomassa) denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Após o UASB o esgoto é encaminhado, por gravidade, ao Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes.
- Tratamento aeróbio (FBAS – Filtro Biológico Aerado Submerso e Decantador Secundário): reator biológico à base de culturas de microrganismos fixas sobre um meio suporte. É constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual água residual e ar fluem permanentemente. O meio poroso é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico, caracterizando o FBAS como reator trifásico (fase líquida: esgoto sanitário; fase gasosa: sistema de aeração e fase sólida: formação de biofilme sobre meio suporte). O sistema de aeração é essencial para manter as condições aeróbias no reator e é constituído de grelhas que distribuem bolhas grossas na base do tanque do FBAS e sopradores de ar tipo roots. O biofilme de excesso produzido no FBAS é liberado no efluente e retido na etapa de decantação secundária, localizada a jusante do FBAS. O decantador secundário de alta taxa (DEC) promove a segregação de lodo e líquido (efluente tratado). O lodo de excesso (biofilme) é recirculado ao tratamento anaeróbio (UASB) para ser digerido e estabilizado.



- Filtro terciário: unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. A limpeza é automática, realizada através do sistema de retrolavagem. Neste processo a água passa no sentido contrário ao do fluxo, retirando as impurezas do meio filtrante.
- Desinfecção com cloro: sistema de desinfecção do efluente por meio de tanque de contato e aplicação de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora. O cloro líquido é aplicado na corrente líquida que percorre o tanque de contato e, após 30 minutos de mistura e reação, o efluente é desinfetado atende ao padrão de qualidade coliformes termotolerantes $< 10^3$ NMP/100ml.
- Sistema de aeração: sistema de aeração por ar difuso através de sopradores e de difusores de bolha grossa.
- Sistema de descarte de lodo aeróbio: bombas centrífugas auto-aspirantes que coletam o lodo aeróbio a cada ciclo de 2 horas e recirculam dos decantadores secundários para o reator UASB (tratamento anaeróbio para digestão e estabilização). Ciclos automáticos controlados por temporizadores.
- Casa de operação com quadro de comando: área destinada à proteção das bombas de recirculação de lodo, proteção do quadro de comando e apoio ao operador.

* Itens excluídos do escopo de fornecimento da FLUXO e deverão ser providenciados pela empresa contratante.

4 TABELA RESUMO DA ETE PROPOSTA

Item	Unidade	Descrição	Quant.	Material
1	Pré-tratamento	Gradeamento, desarenador e calha parshall	01	PRFV
2	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Poço e bombas de recalque	01	PRFV
3	ETE Compacta		01	PRFV
	Reator UASB	Ø 4,10 m; H: 5,80 m *		
	FBAS/ DEC	Ø 3,20 m; H: 4,50 m *		
4	Filtração terciária	Filtro de areia	01	PRFV
		Filtro de carvão ativado	01	PRFV
5	Sistema de aeração	Soprador de ar do tipo roots	01	-
6	Sistema de recirc. de lodo	Bomba de recirculação de lodo	01	-
7	Desinfecção	Bomba dosadora/Tanque de contato	01	PRFV
8	Painel elétrico	Painel elétrico para motores	01	
9	Escada e plataforma		01	PRFV

Legenda: PRFV: Plástico Reforçado com Fibras de Vidro; L: comprimento; B: largura; H: altura; Ø: diâmetro
OBS: Recomenda-se a compra de equipamentos eletromecânicos reservas.

* As dimensões dos tanques podem ser alteradas/adequadas durante o desenvolvimento do projeto.

* FRETE EXCLUSO



5 SISTEMAS SEMELHANTES INSTALADOS E OPERANDO



Figura 1 – Município Sapucaia – Marilândia/ES



Figura 2 – Deville Hotéis – Cuiabá/MT



Figura 3 – Loteamento Jardins Veneza (FGR) - Vila Velha/ES



Figura 4 - Leites Maranguape – Maranguape/CE

6 ESCOPO DA PROPOSTA

6.1 Data-book:

O data-book será constituído dos seguintes documentos:

- Memorial Descritivo e de Cálculo
- Manual de Operação e Manutenção
- Especificações e manuais de equipamentos
- Certificados (quando existirem)

Desenhos:

- Fluxograma do processo
- Planta de situação
- Planta de locação das unidades
- Planta das unidades
- Planta de tubulações
- Perfil hidráulico
- Projeto instrumentação/automação

6.2 Serviços fornecidos:



- Montagem e instalação da ETE, componentes e equipamentos, incluindo toda a mão de obra especializada e não especializada no que diz respeito ao escopo dessa proposta.
- Testes hidráulicos da ETE.
- Treinamento operacional.
- Partida do sistema.

6.3 Limites do fornecimento (FLUXO):

Não integram o escopo desta proposta e, portanto, **NÃO SERÃO FORNECIDOS** pela FLUXO os seguintes itens:

- Terraplanagem
- Projeto e obra civil de qualquer natureza
- Projeto e execução da rede coletora de efluentes sanitários
- Projeto e execução do canal de descarga de efluente final
- Espaço para canteiro de obras e armazenagem de equipamentos e ferramentas
- Peças sobressalentes e de reposição
- Rede hidráulica à montante e a jusante da ETE
- Alimentação elétrica do CCM
- Ponto de água com tanque para operação/manutenção
- Levantamento topográfico
- Análises laboratoriais
- Sondagens
- Iluminação da área
- Limpeza do local de instalação
- Urbanização
- Rede coletora dos extravasores da ETE
- Custos decorrentes de operação e manutenção.
- Fornecedor de água para o teste hidráulico
- Ligação do suspiro da ETE com a tubulação de suspiro da edificação
- Reservatório superior de água tratada
- Fiação do painel elétrico até a ETE acima de 10m.
- Frete.
- Carregamento e descarregamento dos tanques.



7 VALOR DA PROPOSTA

Valor global R\$ 470.000,00 (Quatrocentos e setenta mil reais)

NOTA FISCAL	PERCENTUAL	MEDIÇÃO	CONDIÇÃO DE PAGAMENTO
DANFE	25%	1 - Assinatura do contrato.	Boleto bancário – vencimento na assinatura do contrato.
	30%	2 – Fabricação do produto.	Boleto bancário – vencimento 30 dias após assinatura do contrato.
	40%	3 – Descarregamento do produto.	Boleto bancário – vencimento 45 dias após assinatura do contrato.
	5%	4 - Término da montagem e partida do sistema.	Boleto bancário - vencimento 5 dias após conclusão da montagem e partida do sistema.

8 CONDIÇÕES COMERCIAIS

8.1 Cronograma físico

Prazo para fornecimento e instalação: 120 dias.

Atividades	Dias											
	20		40		60		80		100		120	
Planejamento e fabricação dos tanques												
Montagem												
Testes e Partida												
Data-book												

* O quadro representa apenas o tempo aproximado para realização de cada etapa.

9 GARANTIAS

9.1 Garantias Eletromecânicas

Os produtos eletromecânicos, fabricados por terceiros, tais como: bombas, sopradores, painéis elétricos, turbidímetros, medidor de cloro etc. que compõem a ETE Fluxo terão sua garantia conforme especificadas pelos seus fabricantes. Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Exceção-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos no equipamento sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.

9.2 Garantias de Processo



Garantias estruturais

- 03 (três) anos - Garantia estrutural dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), desde que mantidas as condições de instalação e manutenção recomendadas nos manuais de instalação e operação dos equipamentos;
- 01 (um) ano - Contra defeitos de fabricação dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro); Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Excetuam-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos nos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.
- Como todo bem durável, os tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) instalados acima do piso estão sujeitos a todo tipo de intempéries, portanto, deverão receber manutenção adequada a fim de prolongar sua vida útil. Entre essas manutenções, sugerimos pintar a parte externa dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), pelo menos uma a vez a cada 5 anos e/ou sempre que as condições o exigirem.
- Excluem-se das garantias problemas estruturais nos tanques em PRFV fabricados pela Fluxo nos casos em que o radier/piso executado pelo CONTRATANTE não estiver adequado para o posicionamento dos tanques e montagem do sistema. Problemas estruturais nos tanques causados por radier/piso fora de conformidade incluindo, mas não restrito a desnível, rachaduras, afundamento, ou pontas de concreto podem ocasionar em perfurações, fissuras ou rachaduras nos tanques, e não serão cobertos pela garantia.

Garantia de eficiência

- Garantia de eficiência - Não será garantida a eficiência do processo, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado. De acordo com a Legislação Ambiental vigente e exigências das Autoridades Ambientais, todo sistema de tratamento de esgotos deve ser operado e monitorado adequadamente a fim de que se maximize a eficiência do mesmo e se tome as medidas necessárias para evitar a contaminação do lençol freático e águas superficiais. Assim, tão logo que a ETE entrar em operação o Cliente/Empreendedor deverá firmar um 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. A falta de monitoramento e operação gera efluentes sem condições de descarte, dando causa a multas e interdições. Portanto, todos os nossos Manuais de Operação e instruções fornecidas fazem parte desse contrato e a garantia de eficiência da ETE está diretamente ligada a esses serviços técnicos de Operação e Monitoramento da ETE.
- Máquinas e equipamentos de terceiros como bombas, aeradores, painéis elétricos ou eletrônicos, conexões hidráulicas, motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, terão sua garantia conforme especificado pelo fabricante.

Excluem-se das garantias

- Os danos causados aos equipamentos e acessórios em decorrência de imperícia, impactos de objetos, veículos ou animais, fogo, inundação, ou serviços e reparos executados por terceiros não autorizados expressamente pela Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda, bem como, os tubos e conexões hidráulicas, a pintura dos equipamentos, os motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, painéis elétricos ou eletrônicos. Os serviços e obras, eventualmente contratados ou acertados diretamente pelo Cliente junto aos nossos funcionários ou empreiteiros, e não previstos expressamente nesse contrato;
- Não será garantida a eficiência da ETE, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado;



- Os danos causados pelos raios UV da radiação solar poderão danificar a ETE, comprometendo sua resistência mecânica, se por acaso não for realizada a pintura dos equipamentos fabricados em fibra de vidro reforçada a cada 5 anos ou sempre que as condições o exigirem. A pintura deverá ser realizada com tinta preconizada pelo fabricante para resistir a este tipo de agressão, obedecendo-se às condições de aplicação recomendadas pelo mesmo.

A presente PROPOSTA será válida por 30 (trinta) dias a contar de sua apresentação.

10 NOTAS

- Após o aceite da proposta será elaborado um contrato entre as partes, fixando as responsabilidades e os prazos de execução, conforme cronograma físico/financeiro e garantias;
- Para montagem executada fora do horário normal de trabalho (sábados, domingos e feriados), desde que solicitados pelo cliente, serão cobrados os custos adicionais de horas extras;
- Horas paradas de nossa equipe de montagem, por motivos alheios à nossa vontade, serão cobrados como hora técnica;
- Durante a fase de instalação do sistema, a empresa contratante responsabilizar-se-á pela guarda e conservação dos equipamentos, suas partes, peças, componentes e ferramental;
- Se houver atraso no pagamento das parcelas, o valor em atraso será acrescido de juros de mora a razão de 1% ao mês, e multa compensatória de 2%.
- Não será garantida a eficiência dos equipamentos após a partida do sistema, nos casos em que: não houver monitoramento, operação do sistema e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado seguindo orientações estabelecidas nos manuais de operação e manutenção;
- A Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda não se responsabiliza por quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos ocasionados em pessoas, bens ou meio ambiente, em virtude da má utilização do equipamento, em desacordo com as regras estabelecidas no presente documento e no manual de operação e manutenção;
- As Notas aqui descritas bem como a proposta são partes integrantes do contrato;

TERMO DE ACEITAÇÃO DE PROPOSTA

Através deste termo, aceitamos a proposta FLUXO

Vila Velha - ES, de de 2020.

Ass. _____
 Nome _____
 CPF nº _____
 Cargo _____
 Empresa _____

ANEXO D



El-20-C-B-022-C-001_0 - Proposta Comercial.

29 de outubro de 2020

A/C: Sra. Carolina Wassem Galvão

REF.: Sistema de tratamento de efluentes sanitário por MBR (2,26 l/s)

Atendendo à vossa solicitação, enviamos nossa proposta comercial para fornecimento de um sistema de tratamento de efluentes sanitário conforme as condições descritas em nossa proposta técnica El-20-C-B-022-T-001_0.

Ficamos à disposição para esclarecimentos;

Atenciosamente,

Ronaldo Alessandro Silva
Gerente Comercial
+55 11 9 9855-3790
ronaldo@elementiprojetos.com.br

Walter Marini
Gerente Processos
+55 11 9 9338-0313
walter@elementiprojetos.com.br |



CONDIÇÕES COMERCIAIS

1. PREÇOS (EXW- VÁRZEA PAULISTA-SP)

R\$ 1.436.767,00 (Hum milhão quatrocentos e trinta e sei mil setecentos e sessenta e sete reais)

2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

20% no aceite do pedido;
30% no envio do projeto básico;
30% no embarque dos equipamentos;
20% a 30 ddl do embarque dos equipamentos.

3. IMPOSTOS

Inclusos, A *Elementi Projetos* é optante pelo Simples Nacional
A substituição tributária se aplicável está excluída de nossos custos.

4. PRAZO DE FORNECIMENTO

Entrega do projeto: 30 dias
Entrega: estimada em: 90 a 120 dias após a data de aceite do pedido
Montagem em campo: 30 dias
Comissionamento/Partida/Treinamento: 12 dias após a conclusão das interligações e alimentação elétrica finalizadas (pelo cliente).

5. REAJUSTE DE PREÇOS

O preço informado nesta proposta comercial é fixo e irredutível.



6. CLASSIFICAÇÃO FISCAL

NCM - 84212100

7. CANCELAMENTO E RESCISAO

Qualquer rescisão ou cancelamento será precedido de negociação prévia entre as partes, cabendo ao fornecedor, neste caso, o direito de ser ressarcido dos prejuízos que houver sofrido, bem como das despesas de qualquer natureza já efetuadas ou a efetuar para o cumprimento do contrato. Neste caso, as partes contratantes, farão o respectivo acerto de contas levando-se em consideração os itens executados, entregues e a entregar, aqueles em fase de execução, itens encomendados a terceiros, pagamentos efetuados e a efetuar, incluindo-se despesas de mão-de-obra, valor dos materiais e despesas administrativas.

8. VALIDADE DA PROPOSTA

30 dias a partir desta data



|EI-20-C-B-022-C-003_0 - Proposta Comercial.

29 de outubro de 2020

A/C: Sra. Carolina Wassem Galvão

REF.: Unidade de osmose reversa (1,58 l/s)

Atendendo à vossa solicitação, enviamos nossa proposta comercial para fornecimento de um sistema de osmose reversa conforme as condições descritas em nossa proposta técnica EI-20-C-B-022-T-003_0.

Ficamos à disposição para esclarecimentos;

Atenciosamente,

Ronaldo Alessandro Silva
Gerente Comercial
+55 11 9 9855-3790
ronaldo@elementiprojetos.com.br

Walter Marini
Gerente Processos
+55 11 9 9338-0313
walter@elementiprojetos.com.br |



CONDIÇÕES COMERCIAIS

1. PREÇOS (EXW- VÁRZEA PAULISTA-SP)

R\$ 197.635,00 (Cento e noventa e sete mil seiscientos e trinta e cinco reais)

2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

20% no aceite do pedido;
30% no envio do projeto básico;
30% no embarque dos equipamentos;
20% a 30 ddl do embarque dos equipamentos.

3. IMPOSTOS

Inclusos, A *Elementi Projetos* é optante pelo Simples Nacional
A substituição tributária se aplicável está excluída de nossos custos.

4. PRAZO DE FORNECIMENTO

Entrega do projeto: 30 dias
Entrega: estimada em 60 dias após a data de aceite do pedido
Comissionamento/Partida/Treinamento: 05 dias após a conclusão das interligações e alimentação elétrica finalizadas (pelo cliente).

5. REAJUSTE DE PREÇOS

O preço informado nesta proposta comercial é fixo e irrevogável.

6. CLASSIFICAÇÃO FISCAL

NCM - 84212100



7. CANCELAMENTO E RESCISAO

Qualquer rescisão ou cancelamento será precedido de negociação prévia entre as partes, cabendo ao fornecedor, neste caso, o direito de ser ressarcido dos prejuízos que houver sofrido, bem como das despesas de qualquer natureza já efetuadas ou a efetuar para o cumprimento do contrato. Neste caso, as partes contratantes, farão o respectivo acerto de contas levando-se em consideração os itens executados, entregues e a entregar, aqueles em fase de execução, itens encomendados a terceiros, pagamentos efetuados e a efetuar, incluindo-se despesas de mão-de-obra, valor dos materiais e despesas administrativas.

8. VALIDADE DA PROPOSTA

30 dias a partir desta data

ANEXO E



Vila Velha (ES), 31 de agosto de 2020.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.
CNPJ: 17.191.472/0001-71
Telefone: (27) 3244-7443 / (27) 99293-9991
E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br
Endereço: Rodovia do Sol, 2500 - Praia dos Recifes - Vila Velha/ES - CEP 29.128-200 - Brasil

Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE)
Responsável (s): Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref.: Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Submetemos à sua apreciação a Proposta FLUXO, referente fornecimento e montagem de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Colocamo-nos à sua inteira disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e para prestação de informações complementares.

Atenciosamente,

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.



1 OBJETIVO

A presente proposta tem por objetivo o fornecimento de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

2 PARÂMETROS DE PROJETO

2.1 Capacidade nominal do sistema

Vazão média (esgoto)	58,79m³/d	0,68 L/s
----------------------	-----------	----------

2.2 Características do efluente

Parâmetro	Unidade	Esgoto bruto	Efluente Tratado
DBO ₅	mg/L	≤ 300	< 15
DQO	mg/L	≤ 600	< 90
SST	mg/L	≤ 300	< 10
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 10 ⁷	< 10 ³

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A ETE proposta associa processos físicos, químicos e biológicos, compreendendo: pré-tratamento, Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), Jardim Filtrante Vertical (JFV), filtração terciária (areia e antracito) e desinfecção com cloro.

3.1 Etapas do tratamento

- Pré-tratamento: unidade essencial que visa reter sólidos grosseiros, evitando o desgaste por abrasão dos equipamentos eletromecânicos (bombas submersíveis de recalque e bombas de recirculação de lodo), o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos e entupimentos nas tubulações; além de remover materiais flutuantes, evitando a obstrução das tubulações, acúmulo nas unidades de tratamento e aspectos desagradáveis no corpo receptor.
- Tratamento anaeróbio (RAC – Reator Anaeróbio Compartimentado): tratamento primário que assegura uma remoção média de matéria orgânica (DBO₅) da ordem de 70%. O RAC é composto por um leito de lodo biológico (biomassa) denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Após o RAC o esgoto é encaminhado, por gravidade, ao Filtro Anaeróbio (FAn) para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes.
- Tratamento aeróbio (Jardim Filtrante Vertical): Os Jardins Filtrantes, ou wetlands construídos, são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas de raízes longas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, promovem a remoção de sólidos e matéria orgânica do efluente.
- Filtro terciário: unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. A limpeza é automática, realizada através do sistema de retrolavagem. Neste processo a água passa no sentido contrário ao do fluxo, retirando as impurezas do meio filtrante.



- Desinfecção com cloro: sistema de desinfecção do efluente por meio de tanque de contato e aplicação de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora. O cloro é misturado em meio a corrente líquida que percorre o clorador e, após 30 minutos de mistura e ação, o efluente final tratado e desinfetado atende aos padrões de qualidade exigidos pela legislação ambiental brasileira para lançamento de efluentes em corpos hídricos.

* Itens excluídos do escopo de fornecimento da FLUXO e deverão ser providenciados pela empresa contratante.

4 TABELA RESUMO DA ETE PROPOSTA

Item	Unidade	Descrição	Quant.	Material
1	Pré-tratamento	Gradeamento, caixa de areia e calha parshall	01	PRFV
2	ETE COMPACTA	Tanque enterrado		
	RAC+FAr	Ø 4,60 m; H: 2,20 m ⁴	01	PRFV
3	Jardim Filtrante Vertical	B: 4,0 m; L: 15,0 m	02	PRFV
4	Filtração terciária	Filtro de areia	01	PRFV
		Filtro de carvão ativado	01	PRFV
5	Desinfecção	Bomba dosadora/Tanque de contato	01	PRFV
		Clorador em linha	01	

Legenda: PRFV: Plástico Reforçado com Fibras de Vidro; L: comprimento; B: largura; H: altura; Ø: diâmetro

OBS: Recomenda-se a compra de equipamentos eletromecânicos reservas.

* As dimensões podem ser alteradas/adequadas durante o desenvolvimento do projeto.

* FRETE EXCLUSO

* Não está incluso estação elevatória de esgoto.

OBS: O Jardim Filtrante deverá ser executado em alvenaria, baseado em projeto de execução fornecido pela Fluxo Ambiental.

5 SISTEMAS SEMELHANTES INSTALADOS E OPERANDO



Figura 1 – Residência Particular – Serra/ES



Figura 3 – Condomínio Rio da Montanha – Birricas/ES



Figura 3 – SICOOB – Vitória/ES



Figura 4 – Multilift Logística – Cariacica/ES

6 ESCOPO DA PROPOSTA

6.1 Data-book:

O data-book será constituído dos seguintes documentos:

- Memorial Descritivo e de Cálculo
- Manual de Operação e Manutenção
- Especificações e manuais de equipamentos
- Certificados (quando existirem)

Desenhos:

- Fluxograma do processo
- Planta de situação
- Planta de locação das unidades
- Planta das unidades
- Planta de tubulações
- Perfil hidráulico
- Projeto instrumentação/automação

6.2 Serviços fornecidos:

- Montagem e instalação da ETE, componentes e equipamentos, incluindo toda a mão de obra especializada e não especializada no que diz respeito ao escopo dessa proposta.
- Testes hidráulicos da ETE.
- Partida do sistema.

6.3 Limites do fornecimento (FLUXO):

Não integram o escopo desta proposta e, portanto, **NÃO SERÃO FORNECIDOS** pela FLUXO os seguintes itens:

- Terraplanagem.
- Projeto e obra civil de qualquer natureza.
- Projeto e execução da rede coletora de efluentes sanitários.



- Projeto e execução do canal de descarga de efluente final.
- Espaço para canteiro de obras e armazenagem de equipamentos e ferramentas.
- Peças sobressalentes e de reposição.
- Rede hidráulica à montante e a jusante da ETE.
- Alimentação elétrica do CCM.
- Ponto de água com tanque para operação/manutenção.
- Levantamento topográfico.
- Análises laboratoriais.
- Sondagens.
- Iluminação da área.
- Limpeza do local de instalação.
- Urbanização.
- Rede coletora dos extravasores da ETE.
- Custos decorrentes de operação e manutenção.
- Fornecimento de água para o teste hidráulico.
- Ligação do suspiro da ETE com a tubulação de suspiro da edificação.
- Reservatório superior de água tratada.
- Fiação do painel elétrico até a ETE acima de 10m.
- Frete.

7 VALOR DA PROPOSTA

Valor global R\$ 125.000,00 (Cento e vinte e cinco mil reais)

NOTA FISCAL	PERCENTUAL	MEDIÇÃO	CONDIÇÃO DE PAGAMENTO
DANFE	25%	1 - Assinatura do contrato.	Boleto bancário – vencimento na assinatura do contrato.
	30%	2 – Fabricação do produto.	Boleto bancário – vencimento 30 dias após assinatura do contrato.
	40%	3 – Descarregamento do produto.	Boleto bancário – vencimento 45 dias após assinatura do contrato.
	5%	4 - Término da montagem e partida do sistema.	Boleto bancário - vencimento 5 dias após conclusão da montagem e partida do sistema.



8 CONDIÇÕES COMERCIAIS

8.1 Cronograma físico

Prazo para fornecimento e instalação: 90 dias.

Atividades	Dias											
	15		30		45		60		75		90	
Planejamento e fabricação dos tanques												
Montagem												
Testes e Partida												
Data-book												

* O quadro representa apenas o tempo aproximado para realização de cada etapa.

9 GARANTIAS

9.1 Garantias Eletromecânicas

Os produtos eletromecânicos, fabricados por terceiros, tais como: bombas, sopradores, painéis elétricos, turbidímetros, medidor de cloro etc. que compõem a ETE Fluxo terão sua garantia conforme especificadas pelos seus fabricantes. Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Excetuam-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos no equipamento sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.

9.2 Garantias de Processo

Garantias estruturais

- 03 (três) anos - Garantia estrutural dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), desde que mantidas as condições de instalação e manutenção recomendadas nos manuais de instalação e operação dos equipamentos;
- 01 (um) ano - Contra defeitos de fabricação dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro); Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Excetuam-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos nos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.
- Como todo bem durável, os tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) instalados acima do piso estão sujeitos a todo tipo de intempéries, portanto, deverão receber manutenção adequada a fim de prolongar sua vida útil. Entre essas manutenções, sugerimos pintar a parte externa dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), pelo menos uma vez a cada 5 anos e/ou sempre que as condições o exigirem.



- Excluem-se das garantias problemas estruturais nos tanques em PRFV fabricados pela Fluxo nos casos em que o radier/piso executado pelo CONTRATANTE não estiver adequado para o posicionamento dos tanques e montagem do sistema. Problemas estruturais nos tanques causados por radier/piso fora de conformidade incluindo, mas não restrito a desnível, rachaduras, afundamento, ou pontas de concreto podem ocasionar em perfurações, fissuras ou rachaduras nos tanques, e não serão cobertos pela garantia.

Garantia de eficiência

- Garantia de eficiência - Não será garantida a eficiência do processo, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado. De acordo com a Legislação Ambiental vigente e exigências das Autoridades Ambientais, todo sistema de tratamento de esgotos deve ser operado e monitorado adequadamente a fim de que se maximize a eficiência do mesmo e se tome as medidas necessárias para evitar a contaminação do lençol freático e águas superficiais. Assim, tão logo que a ETE entrar em operação o Cliente/Empreendedor deverá firmar um 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. A falta de monitoramento e operação gera efluentes sem condições de descarte, dando causa a multas e interdições. Portanto, todos os nossos Manuais de Operação e instruções fornecidas fazem parte desse contrato e a garantia de eficiência da ETE está diretamente ligada a esses serviços técnicos de Operação e Monitoramento da ETE.
- Máquinas e equipamentos de terceiros como bombas, aeradores, painéis elétricos ou eletrônicos, conexões hidráulicas, motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, terão sua garantia conforme especificado pelo fabricante.

Excluem-se das garantias

- Os danos causados aos equipamentos e acessórios em decorrência de imperícia, impactos de objetos, veículos ou animais, fogo, inundação, ou serviços e reparos executados por terceiros não autorizados expressamente pela Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda, bem como, os tubos e conexões hidráulicas, a pintura dos equipamentos, os motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, painéis elétricos ou eletrônicos. Os serviços e obras, eventualmente contratados ou acertados diretamente pelo Cliente junto aos nossos funcionários ou empreiteiros, e não previstos expressamente nesse contrato;
- Não será garantida a eficiência da ETE, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado;
- Os danos causados pelos raios UV da radiação solar poderão danificar a ETE, comprometendo sua resistência mecânica, se por acaso não for realizada a pintura dos equipamentos fabricados em fibra de vidro reforçada a cada 5 anos ou sempre que as condições o exigirem. A pintura deverá ser realizada com tinta preconizada pelo fabricante para resistir a este tipo de agressão, obedecendo-se às condições de aplicação recomendadas pelo mesmo.

A presente PROPOSTA será válida por 30 (trinta) dias a contar de sua apresentação.

10 NOTAS

1. Após o aceite da proposta será elaborado um contrato entre as partes, fixando as responsabilidades e os prazos de execução, conforme cronograma físico/financeiro e garantias;
2. Para montagem executada fora do horário normal de trabalho (sábados, domingos e feriados), desde que solicitados pelo cliente, serão cobrados os custos adicionais de horas extras;
3. Horas paradas de nossa equipe de montagem, por motivos alheios à nossa vontade, serão cobrados como hora técnica;



4. Durante a fase de instalação do sistema, a empresa contratante responsabilizar-se-á pela guarda e conservação dos equipamentos, suas partes, peças, componentes e ferramental;
5. Se houver atraso no pagamento das parcelas, o valor em atraso será acrescido de juros de mora a razão de 1% ao mês, e multa compensatória de 2%.
6. Não será garantida a eficiência dos equipamentos após a partida do sistema, nos casos em que: não houver monitoramento, operação do sistema e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado seguindo orientações estabelecidas nos manuais de operação e manutenção;
7. A Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda não se responsabiliza por quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos ocasionados em pessoas, bens ou meio ambiente, em virtude da má utilização do equipamento, em desacordo com as regras estabelecidas no presente documento e no manual de operação e manutenção;
8. As Notas aqui descritas bem como a proposta são partes integrantes do contrato;

TERMO DE ACEITAÇÃO DE PROPOSTA

Através deste termo, aceitamos a proposta FLUXO.

Vila Velha - ES, de de 2020.

Ass. _____
 Nome _____
 CPF nº _____
 Cargo _____
 Empresa _____

ANEXO F



Vila Velha (ES), 31 de agosto de 2020.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.
CNPJ: 17.191.472/0001-71
Telefone: (27) 3244-7443 / (27) 99293-9991
E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br
Endereço: Rodovia do Sol, 2500 - Praia dos Recifes - Vila Velha/ES - CEP 29.128-200 - Brasil

Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE)
Responsável (s): Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref.: Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Submetemos à sua apreciação a Proposta FLUXO, referente fornecimento e montagem de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Colocamo-nos à sua inteira disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e para prestação de informações complementares.

Atenciosamente,

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.



1 OBJETIVO

A presente proposta tem por objetivo o fornecimento de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

2 PARÂMETROS DE PROJETO

2.1 Capacidade nominal do sistema

Vazão média (esgoto)	58,79m³/d	0,68 L/s
----------------------	-----------	----------

2.2 Características do efluente

Parâmetro	Unidade	Esgoto bruto	Efluente Tratado
DBO ₅	mg/L	≤ 300	< 30
DQO	mg/L	≤ 600	< 90
SST	mg/L	≤ 300	< 30
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 10 ⁷	< 10 ³

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A ETE proposta associa em série processos físicos, químicos e biológicos, do tipo anaeróbio + aeróbio. Suas unidades componentes são: pré-tratamento completo, Reator UASB, Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) e Decantador Secundário (DEC), filtração terciária (areia e antracito) seguido de desinfecção com cloro.

3.1 Etapas do tratamento

- Pré-tratamento (grade, desarenador e calha parshall): unidade essencial que visa reter sólidos grosseiros e areia, evitando o desgaste por abrasão dos equipamentos eletromecânicos (bombas submersíveis de recalque e bombas de recirculação de lodo), o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos e entupimentos nas tubulações; além de remover materiais flutuantes, evitando a obstrução das tubulações, acúmulo nas unidades de tratamento e aspectos desagradáveis no corpo receptor.
- Tratamento anaeróbio (UASB): tratamento primário que assegura uma remoção média de matéria orgânica (DBO₅) da ordem de 70%. O UASB é composto por um leito de lodo biológico (biomassa) denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Após o UASB o esgoto é encaminhado, por gravidade, ao Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes.
- Tratamento aeróbio (FBAS – Filtro Biológico Aerado Submerso e Decantador Secundário): reator biológico à base de culturas de microrganismos fixas sobre um meio suporte. É constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual água residuária e ar fluem permanentemente. O meio poroso é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico, caracterizando o FBAS como reator trifásico (fase líquida: esgoto sanitário; fase gasosa: sistema de aeração e fase sólida: formação de biofilme sobre meio suporte). O sistema de aeração é essencial para manter as condições aeróbias no reator e é constituído de grelhas que distribuem bolhas grossas na base do tanque do FBAS e sopradores de ar tipo roots. O biofilme de excesso produzido no FBAS é liberado no efluente e retido na etapa de decantação secundária, localizada a jusante do FBAS. O decantador secundário de alta taxa (DEC) promove a segregação de lodo e líquido (efluente tratado). O lodo de excesso (biofilme) é recirculado ao tratamento anaeróbio (UASB) para ser digerido e estabilizado.



- Filtro terciário: unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. A limpeza é automática, realizada através do sistema de retrolavagem. Neste processo a água passa no sentido contrário ao do fluxo, retirando as impurezas do meio filtrante.
- Desinfecção com cloro: sistema de desinfecção do efluente por meio de tanque de contato e aplicação de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora. O cloro líquido é aplicado na corrente líquida que percorre o tanque de contato e, após 30 minutos de mistura e reação, o efluente é desinfetado atende ao padrão de qualidade coliformes termotolerantes $< 10^4$ NMP/100ml.
- Sistema de aeração: sistema de aeração por ar difuso através de sopradores e de difusores de bolha grossa.
- Sistema de descarte de lodo aeróbio: bombas centrífugas auto-aspirantes que coletam o lodo aeróbio a cada ciclo de 2 horas e recirculam dos decantadores secundários para o reator UASB (tratamento anaeróbio para digestão e estabilização). Ciclos automáticos controlados por temporizadores.
- Casa de operação com quadro de comando: área destinada à proteção das bombas de recirculação de lodo, proteção do quadro de comando e apoio ao operador.

* Itens exclusivos do escopo de fornecimento da FLUXO e deverão ser providenciados pela empresa contratante.

4 TABELA RESUMO DA ETE PROPOSTA

Item	Unidade	Descrição	Quant.	Material
1	Pré-tratamento	Gradeamento, desarenador e calha parshall	01	PRFV
2	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Poço e bombas de recalque	01	PRFV
3	ETE Compacta		01	PRFV
	Reator UASB	Ø 2,60 m; H: 5,80 m ¹		
	FBAS/ DEC	Ø 2,00 m; H: 4,50 m ¹		
4	Filtração terciária	Filtro de areia	01	PRFV
		Filtro de carvão ativado	01	PRFV
5	Sistema de aeração	Soprador de ar do tipo roots	01	-
6	Sistema de recirc. de lodo	Bomba de recirculação de lodo	01	-
7	Desinfecção	Bomba dosadora/Tanque de contato	01	PRFV
8	Painel elétrico	Painel elétrico para motores	01	
9	Escada e plataforma		01	PRFV

Legenda: PRFV: Plástico Reforçado com Fibras de Vidro; L: comprimento; B: largura; H: altura; Ø: diâmetro
OBS: Recomenda-se a compra de equipamentos eletromecânicos reservas.

¹ As dimensões dos tanques podem ser alteradas/adequadas durante o desenvolvimento do projeto.

² FRETE EXCLUSO



5 SISTEMAS SEMELHANTES INSTALADOS E OPERANDO



Figura 1 – Município Sapucaia – Marilândia/ES



Figura 2 – Deville Hotéis – Cuiabá/MT



Figura 3 – Loteamento Jardins Veneza (FGR) - Vila Velha/ES



Figura 4 - Leites Maranguape – Maranguape/CE

6 ESCOPO DA PROPOSTA

6.1 Data-book:

O data-book será constituído dos seguintes documentos:

- Memorial Descritivo e de Cálculo
- Manual de Operação e Manutenção
- Especificações e manuais de equipamentos
- Certificados (quando existirem)

Desenhos:

- Fluxograma do processo
- Planta de situação
- Planta de locação das unidades
- Planta das unidades
- Planta de tubulações
- Perfil hidráulico
- Projeto instrumentação/automação

6.2 Serviços fornecidos:



- Montagem e instalação da ETE, componentes e equipamentos, incluindo toda a mão de obra especializada e não especializada no que diz respeito ao escopo dessa proposta.
- Testes hidráulicos da ETE.
- Treinamento operacional.
- Partida do sistema.

6.3 Limites do fornecimento (FLUXO):

Não integram o escopo desta proposta e, portanto, **NÃO SERÃO FORNECIDOS** pela FLUXO os seguintes itens:

- Terraplanagem
- Projeto e obra civil de qualquer natureza
- Projeto e execução da rede coletora de efluentes sanitários
- Projeto e execução do canal de descarga de efluente final
- Espaço para canteiro de obras e armazenagem de equipamentos e ferramentas
- Peças sobressalentes e de reposição
- Rede hidráulica à montante e a jusante da ETE
- Alimentação elétrica do CCM
- Ponto de água com tanque para operação/manutenção
- Levantamento topográfico
- Análises laboratoriais
- Sondagens
- Iluminação da área
- Limpeza do local de instalação
- Urbanização
- Rede coletora dos extravasores da ETE
- Custos decorrentes de operação e manutenção.
- Fornecedor de água para o teste hidráulico
- Ligação do suspiro da ETE com a tubulação de suspiro da edificação
- Reservatório superior de água tratada
- Fiação do painel elétrico até a ETE acima de 10m.
- Frete.
- Carregamento e descarregamento dos tanques.



7 VALOR DA PROPOSTA

Valor global R\$ 150.000,00 (Cento e cinquenta mil reais)

NOTA FISCAL	PERCENTUAL	MEDIÇÃO	CONDIÇÃO DE PAGAMENTO
DANFE	25%	1 - Assinatura do contrato.	Boleto bancário – vencimento na assinatura do contrato.
	30%	2 – Fabricação do produto.	Boleto bancário – vencimento 30 dias após assinatura do contrato.
	40%	3 – Descarregamento do produto.	Boleto bancário – vencimento 45 dias após assinatura do contrato.
	5%	4 - Término da montagem e partida do sistema.	Boleto bancário - vencimento 5 dias após conclusão da montagem e partida do sistema.

8 CONDIÇÕES COMERCIAIS

8.1 Cronograma físico

Prazo para fornecimento e instalação: 90 dias.

Atividades	Dias											
	15		30		45		60		75		90	
Planejamento e fabricação dos tanques												
Montagem												
Testes e Partida												
Data-book												

* O quadro representa apenas o tempo aproximado para realização de cada etapa.

9 GARANTIAS

9.1 Garantias Eletromecânicas

Os produtos eletromecânicos, fabricados por terceiros, tais como: bombas, sopradores, painéis elétricos, turbidímetros, medidor de cloro etc. que compõem a ETE Fluxo terão sua garantia conforme especificadas pelos seus fabricantes. Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Excetuam-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos no equipamento sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.

9.2 Garantias de Processo



Garantias estruturais

- 03 (três) anos - Garantia estrutural dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), desde que mantidas as condições de instalação e manutenção recomendadas nos manuais de instalação e operação dos equipamentos;
- 01 (um) ano - Contra defeitos de fabricação dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro); Essa garantia limita-se ao conserto ou à substituição pura e simples de peças verificadas como defeituosas por razões de fabricação ou montagem (quando executada pela FLUXO). Exceção-se aquelas que sofreram deterioração por operação, manutenção ou armazenagem deficiente, ou que sofreram desgastes pelo uso. A garantia cessará no momento que forem efetuadas modificações ou reparos nos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) sem prévia autorização da FLUXO. Em caso de atendimento fora da cidade de Vitória/ES, a FLUXO se reserva o direito de se ressarcir das despesas de viagem e estadias de seus técnicos.
- Como todo bem durável, os tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) instalados acima do piso estão sujeitos a todo tipo de intempéries, portanto, deverão receber manutenção adequada a fim de prolongar sua vida útil. Entre essas manutenções, sugerimos pintar a parte externa dos tanques e peças fabricados em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), pelo menos uma a vez a cada 5 anos e/ou sempre que as condições o exigirem.
- Excluem-se das garantias problemas estruturais nos tanques em PRFV fabricados pela Fluxo nos casos em que o radier/piso executado pelo CONTRATANTE não estiver adequado para o posicionamento dos tanques e montagem do sistema. Problemas estruturais nos tanques causados por radier/piso fora de conformidade incluindo, mas não restrito a desnível, rachaduras, afundamento, ou pontas de concreto podem ocasionar em perfurações, fissuras ou rachaduras nos tanques, e não serão cobertos pela garantia.

Garantia de eficiência

- Garantia de eficiência - Não será garantida a eficiência do processo, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado. De acordo com a Legislação Ambiental vigente e exigências das Autoridades Ambientais, todo sistema de tratamento de esgotos deve ser operado e monitorado adequadamente a fim de que se maximize a eficiência do mesmo e se tome as medidas necessárias para evitar a contaminação do lençol freático e águas superficiais. Assim, tão logo que a ETE entrar em operação o Cliente/Empreendedor deverá firmar um 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. A falta de monitoramento e operação gera efluentes sem condições de descartê, dando causa a multas e interdições. Portanto, todos os nossos Manuais de Operação e instruções fornecidas fazem parte desse contrato e a garantia de eficiência da ETE está diretamente ligada a esses serviços técnicos de Operação e Monitoramento da ETE.
- Máquinas e equipamentos de terceiros como bombas, aeradores, painéis elétricos ou eletrônicos, conexões hidráulicas, motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, terão sua garantia conforme especificado pelo fabricante.

Excluem-se das garantias

- Os danos causados aos equipamentos e acessórios em decorrência de imperícia, impactos de objetos, veículos ou animais, fogo, inundação, ou serviços e reparos executados por terceiros não autorizados expressamente pela Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda, bem como, os tubos e conexões hidráulicas, a pintura dos equipamentos, os motores elétricos, lâmpadas, chaves interruptoras, painéis elétricos ou eletrônicos. Os serviços e obras, eventualmente contratados ou acertados diretamente pelo Cliente junto aos nossos funcionários ou empreiteiros, e não previstos expressamente nesse contrato;
- Não será garantida a eficiência da ETE, nos casos em que não houver monitoramento e operação da ETE e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado;



- Os danos causados pelos raios UV da radiação solar poderão danificar a ETE, comprometendo sua resistência mecânica, se por acaso não for realizada a pintura dos equipamentos fabricados em fibra de vidro reforçada a cada 5 anos ou sempre que as condições o exigirem. A pintura deverá ser realizada com tinta preconizada pelo fabricante para resistir a este tipo de agressão, obedecendo-se às condições de aplicação recomendadas pelo mesmo.

A presente PROPOSTA será válida por 30 (trinta) dias a contar de sua apresentação.

10 NOTAS

- Após o aceite da proposta será elaborado um contrato entre as partes, fixando as responsabilidades e os prazos de execução, conforme cronograma físico/financeiro e garantias;
- Para montagem executada fora do horário normal de trabalho (sábados, domingos e feriados), desde que solicitados pelo cliente, serão cobrados os custos adicionais de horas extras;
- Horas paradas de nossa equipe de montagem, por motivos alheios à nossa vontade, serão cobrados como hora técnica;
- Durante a fase de instalação do sistema, a empresa contratante responsabilizar-se-á pela guarda e conservação dos equipamentos, suas partes, peças, componentes e ferramental;
- Se houver atraso no pagamento das parcelas, o valor em atraso será acrescido de juros de mora a razão de 1% ao mês, e multa compensatória de 2%.
- Não será garantida a eficiência dos equipamentos após a partida do sistema, nos casos em que: não houver monitoramento, operação do sistema e análises laboratoriais dos efluentes tratados por empresa ou técnico qualificado seguindo orientações estabelecidas nos manuais de operação e manutenção;
- A Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda não se responsabiliza por quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos ocasionados em pessoas, bens ou meio ambiente, em virtude da má utilização do equipamento, em desacordo com as regras estabelecidas no presente documento e no manual de operação e manutenção;
- As Notas aqui descritas bem como a proposta são partes integrantes do contrato;

TERMO DE ACEITAÇÃO DE PROPOSTA

Através deste termo, aceitamos a proposta FLUXO

Vila Velha - ES, de de 2020.

Ass.
 Nome
 CPF nº
 Cargo
 Empresa

ANEXO G



|EI-20-C-B-022-C-002_0 - Proposta Comercial.

29 de outubro de 2020

A/C: Sra. Carolina Wassem Galvão

REF.: Sistema de tratamento de efluentes sanitário por MBR (0,68 l/s)

Atendendo à vossa solicitação, enviamos nossa proposta comercial para fornecimento de um sistema de tratamento de efluentes sanitário conforme as condições descritas em nossa proposta técnica EI-20-C-B-022-T-002_0.

Ficamos à disposição para esclarecimentos;

Atenciosamente,

Ronaldo Alessandro Silva
Gerente Comercial
+55 11 9 9855-3790
ronaldo@elementiprojetos.com.br

Walter Marini
Gerente Processos
+55 11 9 9338-0313
walter@elementiprojetos.com.br |



CONDIÇÕES COMERCIAIS

1. PREÇOS (EXW- VÁRZEA PAULISTA-SP)

R\$ 804.153,00 (Oitocentos e quatro mil e cinquenta e tres reais)

2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

20% no aceite do pedido;
30% no envio do projeto básico;
30% no embarque dos equipamentos;
20% a 30 ddl do embarque dos equipamentos.

3. IMPOSTOS

Inclusos, A *Elementi Projetos* é optante pelo Simples Nacional
A substituição tributária se aplicável está excluída de nossos custos.

4. PRAZO DE FORNECIMENTO

Entrega do projeto: 30 dias
Entrega: estimada em: 90 a 120 dias após a data de aceite do pedido
Montagem em campo: 20 dias
Comissionamento/Partida/Treinamento: 12 dias após a conclusão das
interligações e alimentação elétrica finalizadas (pelo cliente).

5. REAJUSTE DE PREÇOS

O preço informado nesta proposta comercial é fixo e irredutível.

6. CLASSIFICAÇÃO FISCAL

NCM - 84212100



7. CANCELAMENTO E RESCISAO

Qualquer rescisão ou cancelamento será precedido de negociação prévia entre as partes, cabendo ao fornecedor, neste caso, o direito de ser ressarcido dos prejuízos que houver sofrido, bem como das despesas de qualquer natureza já efetuadas ou a efetuar para o cumprimento do contrato. Neste caso, as partes contratantes, farão o respectivo acerto de contas levando-se em consideração os itens executados, entregues e a entregar, aqueles em fase de execução, itens encomendados a terceiros, pagamentos efetuados e a efetuar, incluindo-se despesas de mão-de-obra, valor dos materiais e despesas administrativas.

8. VALIDADE DA PROPOSTA

30 dias a partir desta data

ANEXO H



Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda
 CNPJ: 17.191.472/0001-71
 Tel: (27) 3244-7443 – (27) 99293-9991
 Rodovia do Sol, 2500 – Praia dos Recifes, Vila Velha/ES
 E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br

Vila Velha (ES), 15 de setembro de 2020.

Cliente: Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref: Sistema de aproveitamento de água de chuva, cloração e reservatório

Proposta Fluxo

ÍTEM	DESCRIÇÃO	QNTD	Valor (R\$)
Filtro VF12 + poço técnico	Até 3.000 m ²	1	R\$ 32.000,00
Sistema de cloração	Bomba dosadora + reservatório de cloro	1	R\$ 2.100,00
Super Reservatório 15m ³ Vertical	Diâmetro: 2,5 m Altura: 3,0 m	1	R\$ 18.000,00
Valor total			R\$ 52.100,00

Excluso: Frete e instalação.

Prazo de entrega (FOB): 40 dias.

Condições de Pagamento: À vista.

Garantia: 3 anos contra defeitos estruturais.

Esta proposta é válida por 30 dias.

Colocamo-nos à disposição para a prestação de dúvidas e esclarecimentos posteriores.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda
 (27) 3244-7443 // (27) 99293-9991



Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda
 CNPJ: 17.191.472/0001-71
 Tel: (27) 3244-7443 – (27) 99293-9991
 Rodovia do Sol, 2500 – Praia dos Recifes, Vila Velha/ES
 E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br

Vila Velha (ES), 18 de novembro de 2020.

Cliente: Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref: Acessórios para ETE

Proposta Fluxo

ÍTEM	DESCRIÇÃO	QNTD	Valor (R\$)
Calha parshall W 2"	Para vazões até 14,17 L/s	1	R\$ 1.000,00
Calha parshall W 3"	Para vazões até 53,80 L/s	1	R\$ 1.600,00
Filtro de Carvão Qm = 0,68 L/s	Filtro c/ retrolavagem + meio filtrante (carvão)	1	R\$ 18.000,00
Filtro de Carvão Qm = 2,26 L/s	Filtro c/ retrolavagem + meio filtrante (carvão)	1	R\$ 30.000,00
Valor total			R\$ 50.600,00

Excluso: Frete e instalação.

Prazo de entrega (FOB): 60 dias.

Condições de Pagamento: À vista.

Garantia: 1 ano contra defeitos estruturais.

Esta proposta é válida por 30 dias.

Colocamo-nos à disposição para a prestação de dúvidas e esclarecimentos posteriores.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda
 (27) 3244-7443 // (27) 99293-9991

ANEXO I



Vila Velha (ES), 15 de setembro de 2020.

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda - EPP
CNPJ: 17.191.472/0001-71
Telefone: (27) 3244-7443 / (27) 99293-9991
E-mail: comercial01@fluxoambiental.com.br
Endereço: Rodovia do Sol, nº 2500 - Praia dos Recifes - Vila Velha/ES - CEP 29.128-200 - Brasil
Operação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)
Responsável: Sra. Carolina Wassem Galvão

Ref.: Serviço de operação de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

Submetemos à sua apreciação a Proposta FLUXO, para operação de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE).

Colocamo-nos à sua inteira disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e para prestação de informações complementares.

Atenciosamente,

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda.



1 OBJETIVO

A presente proposta tem por objetivo a prestação de serviços de operação de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE).

2 DESCRIÇÃO DO SERVIÇO PROPOSTO

A adequada operação e manutenção são fundamentais para implantação e funcionamento de um sistema de tratamento. A ocorrência de desempenhos insatisfatórios desses sistemas tem sido atribuída com frequência, à deficiência na operação e manutenção.

- **Operação:** refere-se às atividades que interferem nas variáveis do sistema de modo a regular e equilibrar essas variáveis;
- **Manutenção:** refere-se às atividades cotidianas ou periódicas para manter as estruturas da planta de tratamento em boas condições e assegurar um bom e estável desempenho do sistema de tratamento;
- **Informação:** refere-se à comunicação, de preferência por escrito, entre as diferentes pessoas envolvidas, criando-se ao mesmo tempo um arquivo da operação e manutenção do sistema de tratamento.

3 ESCOPO DA PROPOSTA

- Limpeza das unidades de tratamento (manual)¹;
- Monitoramento da produção de lodo²;
- Verificação de funcionamento dos equipamentos (caso o sistema possua bombas)¹;
- Serviço de emergência (em horário comercial) ¹;
- Frequência da operação: semanal (mínimo 2 vezes por semana);
- Análises laboratoriais²;
- Materiais necessários: equipamentos de proteção individual (máscaras, luvas, bota, etc.), sacos de lixo, vassoura, rodo, pano, álcool, pastilhas de cloro, cloro líquido, mangueira, proveta, lenços, frascos para coleta, balde, entre outros;
- Produção de relatórios técnicos;

¹ Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE);

² Apenas ETE

4 LIMITES DO FORNECIMENTO

O fornecimento não inclui:

- Manutenção de equipamentos eletromecânicos (bombas, queimador, aerador e painel elétrico);
- Caminhão limpa-fossa;



- Custos de energia elétrica;
- Custos de água;
- Serviços de vigilância;
- Despesas relacionadas a furtos, roubos e vandalismo;
- Coleta e disposição do lodo;
- Limpeza da área interna, onde a ETE estará localizada;
- Pintura e reparos de engenharia civil nas instalações da ETE.

5 VALOR DA PROPOSTA

Valor mensal proposto..... R\$ 5.000,00 (Cinco mil reais)

Impostos inclusos: NOTA DE SERVIÇO – SIMPLES NACIONAL

6 CONDIÇÕES COMERCIAIS

6.1 Cronograma financeiro

- Pagamento até o dia 10 (dez) do mês subsequente.

7 NOTAS

- A proposta contempla o serviço de operação e manutenção pelo período de 5 (cinco) anos. Durante este período, os valores serão reajustados de acordo com o IGP-M acumulado a cada 12 meses.
- Após o aceite da proposta será elaborado um contrato entre as partes, fixando as responsabilidades e os prazos de execução, conforme cronograma físico/financeiro e garantias;
- Para serviços de operação e manutenção executada fora do horário normal de trabalho (sábados, domingos e feriados), desde que solicitados pelo cliente, serão cobrados os custos adicionais de horas extras;
- A CONTRATANTE deve periodicamente realizar análises físico-químicas do efluente para a produção dos relatórios;
- Horas paradas da equipe de operação, por motivos alheios à vontade da CONTRATADA, serão cobrados como hora técnica;
- Quando solicitado pela CONTRATADA, a CONTRATANTE deverá contratar o serviço de caminhão limpa-fossa para a correta manutenção do sistema de tratamento.
- Para o atendimento de serviços extras solicitados e com concordância da contratada, será cobrado do contratante o custo das peças, custo de hora técnica (M.O) e as despesas com transporte, estadia e alimentação de nosso técnico que deverá ser autorizada mediante ordem de serviço;
- A CONTRATADA não se responsabiliza por quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos ocasionados em pessoas, bens ou meio ambiente, em virtude da má utilização do



equipamento, em desacordo com as regras estabelecidas no presente documento e no manual de operação e manutenção do sistema;

As notas aqui descritas bem como a proposta são partes integrantes do contrato.

ANEXO J


Proposta Comercial:
PC1812/2020.1

Prezado (a) Senhor(a):

Conforme solicitado, estamos apresentando proposta técnica e comercial para a execução dos serviços analíticos abaixo discriminados.

Escopo dos Serviços e Preços

Amostra 207986 - Efluente Sanitário Tratado				
Amostra	Prazo de entrega de Relatório Analítico:			
Efluente Sanitário Tratado	11 Dias úteis à partir do recebimento da amostra			
Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2	Valor Unitário
Cloro Residual Livre	0,01 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VII	SMWW, 23ª edição, método 4500-Cl G	R\$17,69
DBO 5	2 mg/L	POP-FQ-098	SMWW, 23ª edição, método 5210 B	R\$45,99
Turbidez	0,34 UNT	SMWW, 23ª edição, método 2130 B	SMWW, 23ª edição, método 2130 B	R\$7,50
Condutividade	0,1 µS/cm	SMWW, 23ª edição, método 2510	SMWW, 23ª edição, método 2510	R\$7,50
Sólidos Suspensos Totais	10 mg/L	SMWW, 23ª edição, método 2540 B, C, D e E	SMWW, 23ª edição, método 2540 B, C, D e E	R\$23,58
pH	2,00 - 12,00	SMWW, 23ª edição, método 4500-H+	SMWW, 23ª edição, método 4500-H+	R\$5,92
.Escherichia coli	1,8 NMP/100mL	SMWW, 23ª edição, método 9221 F	SMWW, 23ª edição, método 9221 F	R\$51,82
Critério de Conformidade: Sem Critério de Conformidade				
NOTAS: LQ = Limite de Quantificação. Os LQ's acima apresentados, podem variar de acordo com as interferências da matriz. Parâmetros sem especificações ou VMP (Valor Máximo Permitido).				

Preço Amostra	Quantidade	Preço Total
R\$160,00	1	R\$160,00

Resumo dos Preços em Serviços	
Preço total dos serviços	R\$160,00

Resumo da Proposta	
Preço total da proposta	R\$160,00

Condições Comerciais

Condição de pagamento: 10 dias Após o recebimento das amostras
Forma de pagamento: Boleto Bancário
Validade da Proposta: 30 Dias
Cancelamento de Ordem de Serviço e/ou Ensaio: Quando o contratante solicitar o cancelamento da ordem de serviço e/ou ensaio será cobrado o serviço realizado até o momento do pedido.
Aceite da Proposta Comercial: Para dar início ao serviço, é imprescindível a devolução da Autorização de Realização de Serviços através dos contatos lá indicados.
Responsabilidade da Amostragem: Cliente
Dados Cadastrais: Tommasi Analítica LTDA

ANEXO K

TARIFAS EDP ESPÍRITO SANTO
Resolução homologatória Nº 2.589 - vigente a partir de 07/08/2019
Reajuste das Bandeiras Tarifárias - vigente a partir de 22/10/2019



SUBGRUPO/CLASSE/SUBCLASSE	TUSD	Tarifa de Energia (TE)	TE + Bandeira Tarifária			
			BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA 1	BANDEIRA VERMELHA 2
	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh
B1 - RESIDENCIAL	0,27440	0,25141	0,25141	0,26484	0,29310	0,31384
B1 - RESIDENCIAL BAIXA RENDA (*)	0,21623	0,25141	0,25141	0,26484	0,29310	0,31384
B2 - RURAL	0,20854	0,19107	0,19107	0,20450	0,23276	0,25350
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,20854	0,19107	0,19107	0,20450	0,23276	0,25350
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,18659	0,17096	0,17096	0,18439	0,21265	0,23339
B3 - DEMAIS CLASSES	0,27440	0,25141	0,25141	0,26484	0,29310	0,31384
B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	-	-	-	-	-	-
B4a - Rede de Distribuição	0,15092	0,13828	0,13828	0,15171	0,17997	0,20071
B4b- Bulbo de Lâmpada	0,16464	0,15085	0,15085	0,16428	0,19254	0,21328

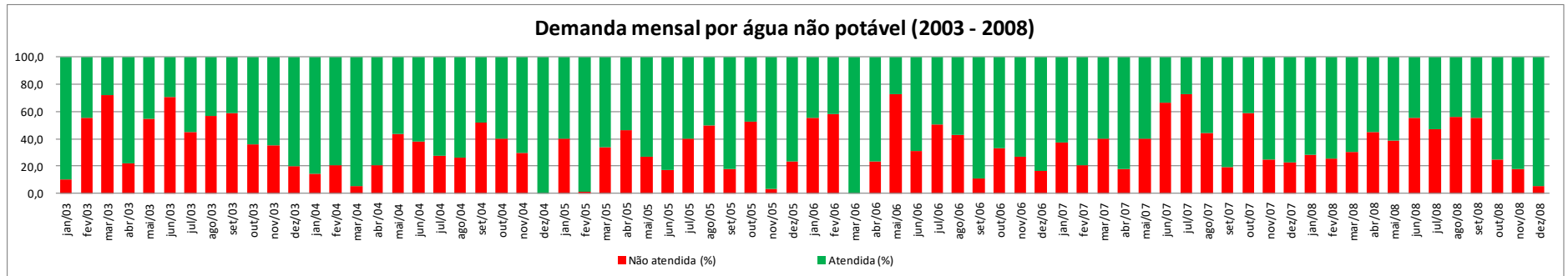
TARIFA FISCAL - ICMS															
$ICMS = (Consumo + PIS/PASEP e COFINS) \cdot \left[\left(\frac{1}{1-X} \right) - 1 \right]$ Onde: Consumo = valores em reais PIS/PASEP e COFINS = valores em reais X = Alíquota referente a classe do consumidor	<table> <tr> <th>Faixa de Consumo</th><th>Alíquota</th></tr> <tr> <td>Residencial até 50 kWh</td><td>isento</td></tr> <tr> <td>Residencial acima de 50 kWh</td><td>25%</td></tr> <tr> <td>Demais Classes até 50 kWh</td><td>7%</td></tr> <tr> <td>Demais Classes acima de 50 kWh</td><td>25%</td></tr> <tr> <td>RURAL (com n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)</td><td>4%</td></tr> <tr> <td>RURAL (sem n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)</td><td>25%</td></tr> </table>	Faixa de Consumo	Alíquota	Residencial até 50 kWh	isento	Residencial acima de 50 kWh	25%	Demais Classes até 50 kWh	7%	Demais Classes acima de 50 kWh	25%	RURAL (com n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)	4%	RURAL (sem n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)	25%
Faixa de Consumo	Alíquota														
Residencial até 50 kWh	isento														
Residencial acima de 50 kWh	25%														
Demais Classes até 50 kWh	7%														
Demais Classes acima de 50 kWh	25%														
RURAL (com n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)	4%														
RURAL (sem n.º da inscrição da Secretaria da Fazenda)	25%														

07 de agosto de 2019

Fonte: EDP (2019)

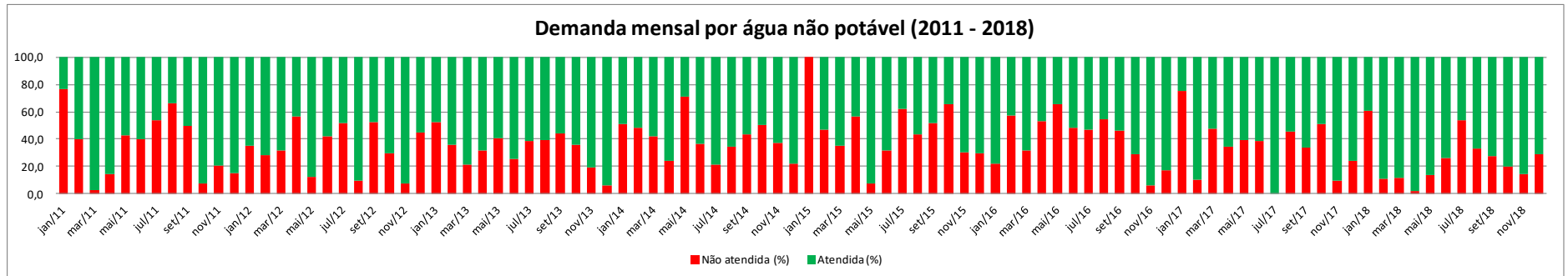
APÊNDICE A

Figura 44 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008)



Fonte: Autoria Própria

Figura 45 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018)



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE B

Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(continua)

Data	P (mm)	Vc (m³)	Vi (m³)	Vf (m³)	Extrav. (m³)	D_at (m³/dia)	D_nat (m³/dia)
01/01/2003	0	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
02/01/2003	3,3	62,8	490,0	398,4	0,0	154,39	0
03/01/2003	11,5	493,4	398,4	644,4	93,0	154,39	0
04/01/2003	0,4	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
05/01/2003	1,3	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
06/01/2003	0	0,0	335,6	181,2	0,0	154,39	0
07/01/2003	62,8	3187,9	181,2	644,4	2570,4	154,39	0
08/01/2003	5,9	199,3	644,4	644,4	44,9	154,39	0
09/01/2003	0,2	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
10/01/2003	0	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
11/01/2003	8,3	325,4	335,6	506,6	0,0	154,39	0
12/01/2003	0	0,0	506,6	352,2	0,0	154,39	0
13/01/2003	0	0,0	352,2	197,8	0,0	154,39	0
14/01/2003	6,6	236,1	197,8	279,5	0,0	154,39	0
15/01/2003	58,4	2956,8	279,5	644,4	2437,5	154,39	0
16/01/2003	24,6	1181,5	644,4	644,4	1027,1	154,39	0
17/01/2003	0	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
18/01/2003	0,2	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
19/01/2003	0	0,0	335,6	181,2	0,0	154,39	0
20/01/2003	0	0,0	181,2	26,8	0,0	154,39	0
21/01/2003	0	0,0	26,8	-127,6	0,0	26,84	127,55
22/01/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/01/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/01/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/01/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/01/2003	14,8	666,8	0,0	512,4	0,0	154,39	0
27/01/2003	0	0,0	512,4	358,0	0,0	154,39	0
28/01/2003	0	0,0	358,0	203,6	0,0	154,39	0
29/01/2003	0	0,0	203,6	49,2	0,0	154,39	0
30/01/2003	8,4	330,6	49,2	225,4	0,0	154,39	0
31/01/2003	0	0,0	225,4	71,1	0,0	154,39	0
01/02/2003	7,8	299,1	71,1	215,8	0,0	154,39	0
02/02/2003	1,1	0,0	215,8	61,4	0,0	154,39	0
03/02/2003	0	0,0	61,4	-93,0	0,0	61,39	93,00
04/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/02/2003	2,9	41,7	0,0	-112,6	0,0	41,74	112,65
11/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
16/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/02/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
01/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39

Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(continuação)

Data	P (mm)	Vc (m³)	Vi (m³)	Vf (m³)	Extrav. (m³)	D_at (m³/dia)	D_nat (m³/dia)
03/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
16/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/03/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/03/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/03/2003	2,9	41,7	0,0	-112,6	0,0	41,74	112,65
21/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/03/2003	3,4	68,0	0,0	-86,4	0,0	68,00	86,39
27/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/03/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
30/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
31/03/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
01/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/04/2003	8,3	325,4	0,0	171,0	0,0	154,39	0
08/04/2003	1,6	0,0	171,0	16,6	0,0	154,39	0
09/04/2003	0,4	0,0	16,6	-137,8	0,0	16,59	137,80
10/04/2003	14,8	666,8	0,0	512,4	0,0	154,39	0
11/04/2003	0	0,0	512,4	358,0	0,0	154,39	0
12/04/2003	1,2	0,0	358,0	203,6	0,0	154,39	0
13/04/2003	59	2988,3	203,6	644,4	2393,1	154,39	0
14/04/2003	0,1	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
15/04/2003	0	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
16/04/2003	0	0,0	335,6	181,2	0,0	154,39	0
17/04/2003	0	0,0	181,2	26,8	0,0	154,39	0
18/04/2003	0	0,0	26,8	-127,6	0,0	26,84	127,55
19/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/04/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/04/2003	30,9	1512,4	0,0	644,4	713,6	154,39	0
24/04/2003	39,8	1979,9	644,4	644,4	1825,5	154,39	0
25/04/2003	4,6	131,0	644,4	621,0	0,0	154,39	0
26/04/2003	0	0,0	621,0	466,7	0,0	154,39	0
27/04/2003	0	0,0	466,7	312,3	0,0	154,39	0
28/04/2003	0	0,0	312,3	157,9	0,0	154,39	0
29/04/2003	0	0,0	157,9	3,5	0,0	154,39	0
30/04/2003	0	0,0	3,5	-150,9	0,0	3,48	150,91
01/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/05/2003	2,4	15,5	0,0	-138,9	0,0	15,48	138,91
04/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39

Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(continuação)

Data	P (mm)	Vc (m³)	Vi (m³)	Vf (m³)	Extrav. (m³)	D_at (m³/dia)	D_nat (m³/dia)
06/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/05/2003	3,6	78,5	0,0	-75,9	0,0	78,51	75,88
12/05/2003	0,4	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/05/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/05/2003	3,2	57,5	0,0	-96,9	0,0	57,50	96,89
15/05/2003	7	257,1	0,0	102,7	0,0	154,39	0
16/05/2003	3,4	68,0	102,7	16,3	0,0	154,39	0
17/05/2003	3,8	89,0	16,3	-49,1	0,0	105,33	49,06
18/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/05/2003	2	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/05/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
30/05/2003	7,4	278,1	0,0	123,7	0,0	154,39	0
31/05/2003	0	0,0	123,7	-30,7	0,0	123,71	30,68
01/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/06/2003	2,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
16/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
30/06/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
01/07/2003	1,2	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39

Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(continuação)

Data	P (mm)	Vc (m³)	Vi (m³)	Vf (m³)	Extrav. (m³)	D_at (m³/dia)	D_nat (m³/dia)
09/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/07/2003	1,7	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/07/2003	2,3	10,2	0,0	-144,2	0,0	10,23	144,16
14/07/2003	26,9	1302,3	0,0	644,4	503,5	154,39	0
15/07/2003	2	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
16/07/2003	6	204,6	490,0	540,2	0,0	154,39	0
17/07/2003	0,2	0,0	540,2	385,8	0,0	154,39	0
18/07/2003	0,2	0,0	385,8	231,4	0,0	154,39	0
19/07/2003	1,4	0,0	231,4	77,0	0,0	154,39	0
20/07/2003	0	0,0	77,0	-77,4	0,0	77,02	77,37
21/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/07/2003	1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/07/2003	3,2	57,5	0,0	-96,9	0,0	57,50	96,89
25/07/2003	0,5	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/07/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/07/2003	0,8	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/07/2003	8	309,6	0,0	155,2	0,0	154,39	0
30/07/2003	0	0,0	155,2	0,8	0,0	154,39	0
31/07/2003	0	0,0	0,8	-153,6	0,0	0,83	153,56
01/08/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/08/2003	1,2	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/08/2003	10,7	451,4	0,0	297,0	0,0	154,39	0
04/08/2003	0	0,0	297,0	142,6	0,0	154,39	0
05/08/2003	0	0,0	142,6	-11,7	0,0	142,65	11,74
06/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/08/2003	0,9	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
16/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/08/2003	1,3	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/08/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/08/2003	2,6	26,0	0,0	-128,4	0,0	25,99	128,40
27/08/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/08/2003	7,1	262,3	0,0	108,0	0,0	154,39	0
29/08/2003	2,1	0,0	108,0	-46,4	0,0	107,95	46,44
30/08/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
31/08/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
01/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/09/2003	0,3	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/09/2003	3,3	62,8	0,0	-91,6	0,0	62,75	91,64
04/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
07/09/2003	2,7	31,2	0,0	-123,2	0,0	31,24	123,15
08/09/2003	2,9	41,7	0,0	-112,6	0,0	41,74	112,65
09/09/2003	1,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/09/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39

Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(continuação)

11/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/09/2003	3,6	78,5	0,0	-75,9	0,0	78,51	75,88
15/09/2003	5	152,0	0,0	-2,3	0,0	152,04	2,35
16/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/09/2003	0,8	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/09/2003	4,4	120,5	0,0	-33,9	0,0	120,53	33,86
20/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
25/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
26/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/09/2003	0,2	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/09/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
30/09/2003	5,3	167,8	0,0	13,4	0,0	154,39	0
01/10/2003	1	0,0	13,4	-141,0	0,0	13,41	140,98
02/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/10/2003	8,6	341,1	0,0	186,7	0,0	154,39	0
05/10/2003	2,1	0,0	186,7	32,3	0,0	154,39	0
06/10/2003	0	0,0	32,3	-122,0	0,0	32,35	122,04
07/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/10/2003	11,2	477,7	0,0	323,3	0,0	154,39	0
14/10/2003	0,4	0,0	323,3	168,9	0,0	154,39	0
15/10/2003	0,6	0,0	168,9	14,5	0,0	154,39	0
16/10/2003	0	0,0	14,5	-139,9	0,0	14,52	139,87
17/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
19/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/10/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
23/10/2003	0,1	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
24/10/2003	49,9	2510,4	0,0	644,4	1711,6	154,39	0
25/10/2003	4,6	131,0	644,4	621,0	0,0	154,39	0
26/10/2003	0,1	0,0	621,0	466,7	0,0	154,39	0
27/10/2003	2,1	0,0	466,7	312,3	0,0	154,39	0
28/10/2003	0	0,0	312,3	157,9	0,0	154,39	0
29/10/2003	2,7	31,2	157,9	34,7	0,0	154,39	0
30/10/2003	11,9	514,5	34,7	394,8	0,0	154,39	0
31/10/2003	10	414,7	394,8	644,4	10,7	154,39	0
01/11/2003	0,9	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
02/11/2003	0	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
03/11/2003	5	152,0	335,6	333,3	0,0	154,39	0
04/11/2003	1,2	0,0	333,3	178,9	0,0	154,39	0
05/11/2003	0	0,0	178,9	24,5	0,0	154,39	0
06/11/2003	1,2	0,0	24,5	-129,9	0,0	24,49	129,90
07/11/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
08/11/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
09/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
10/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
11/11/2003	0,3	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
12/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
13/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/11/2003	0,7	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/11/2003	1,4	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39

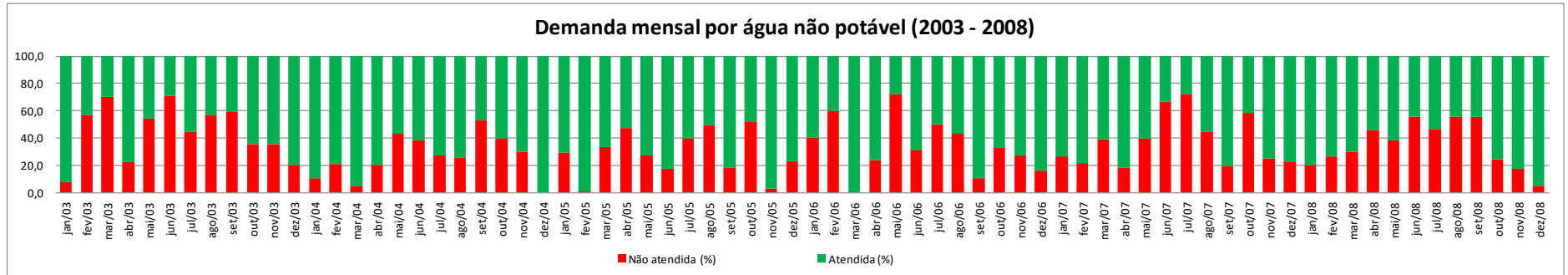
Quadro 32 – Método da Simulação com dados diários de precipitação – Simulação aplicada para o ano de 2003

(conclusão)

Data	P (mm)	Vc (m³)	Vi (m³)	Vf (m³)	Extrav. (m³)	D_at (m³/dia)	D_nat (m³/dia)
16/11/2003	9,9	409,4	0,0	255,0	0,0	154,39	0
17/11/2003	0	0,0	255,0	100,6	0,0	154,39	0
18/11/2003	0	0,0	100,6	-53,8	0,0	100,63	53,76
19/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
20/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
21/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
22/11/2003	8,4	330,6	0,0	176,2	0,0	154,39	0
23/11/2003	5,1	157,3	176,2	179,1	0,0	154,39	0
24/11/2003	0	0,0	179,1	24,7	0,0	154,39	0
25/11/2003	0	0,0	24,7	-129,6	0,0	24,75	129,64
26/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
27/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
28/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
29/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
30/11/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
01/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
02/12/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
03/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
04/12/2003	0,6	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
05/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
06/12/2003	4,2	110,0	0,0	-44,4	0,0	110,02	44,37
07/12/2003	14,5	651,0	0,0	496,6	0,0	154,39	0
08/12/2003	5,5	178,3	496,6	520,5	0,0	154,39	0
09/12/2003	0	0,0	520,5	366,2	0,0	154,39	0
10/12/2003	0	0,0	366,2	211,8	0,0	154,39	0
11/12/2003	0	0,0	211,8	57,4	0,0	154,39	0
12/12/2003	0	0,0	57,4	-97,0	0,0	57,37	97,02
13/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
14/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
15/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
16/12/2003	0	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
17/12/2003	0,8	0,0	0,0	-154,4	0,0	0,00	154,39
18/12/2003	27	1307,6	0,0	644,4	508,8	154,39	0
19/12/2003	60,2	3051,4	644,4	644,4	2897,0	154,39	0
20/12/2003	49,1	2468,3	644,4	644,4	2313,9	154,39	0
21/12/2003	0,6	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0
22/12/2003	0	0,0	490,0	335,6	0,0	154,39	0
23/12/2003	0	0,0	335,6	181,2	0,0	154,39	0
24/12/2003	69,6	3545,1	181,2	644,4	2927,5	154,39	0
25/12/2003	8,2	320,1	644,4	644,4	165,7	154,39	0
26/12/2003	22	1044,9	644,4	644,4	890,6	154,39	0
27/12/2003	13,3	588,0	644,4	644,4	433,6	154,39	0
28/12/2003	28,2	1370,6	644,4	644,4	1216,2	154,39	0
29/12/2003	10	414,7	644,4	644,4	260,3	154,39	0
30/12/2003	0	0,0	644,4	490,0	0,0	154,39	0

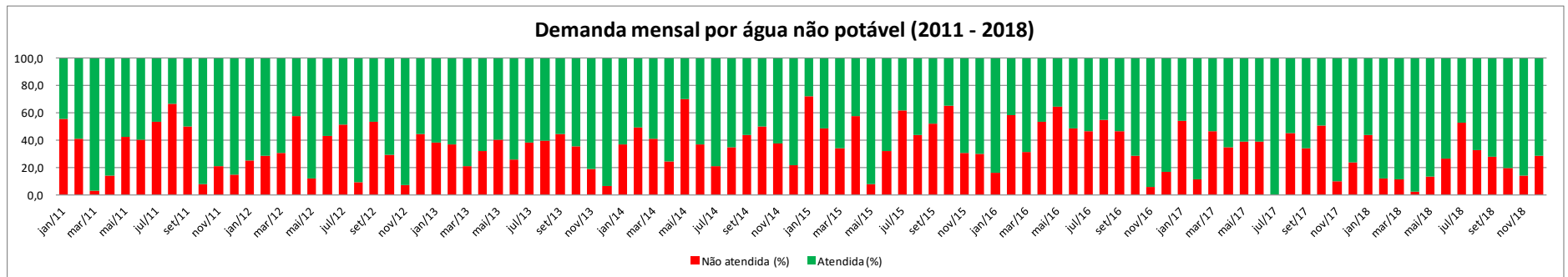
APÊNDICE C

Figura 46 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008)



Fonte: Autoria Própria

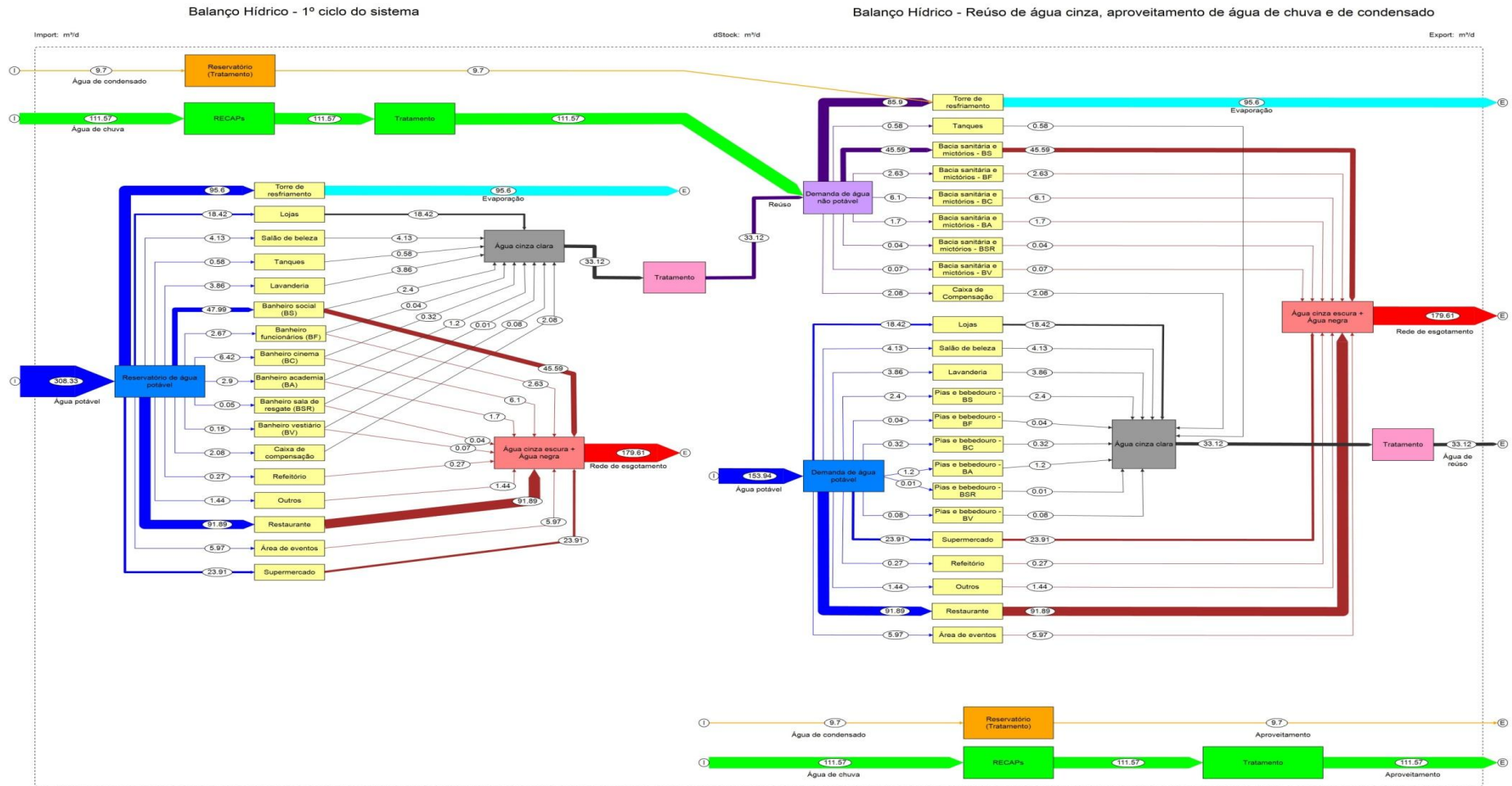
Figura 47 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018)



Fonte: Autoria Própria

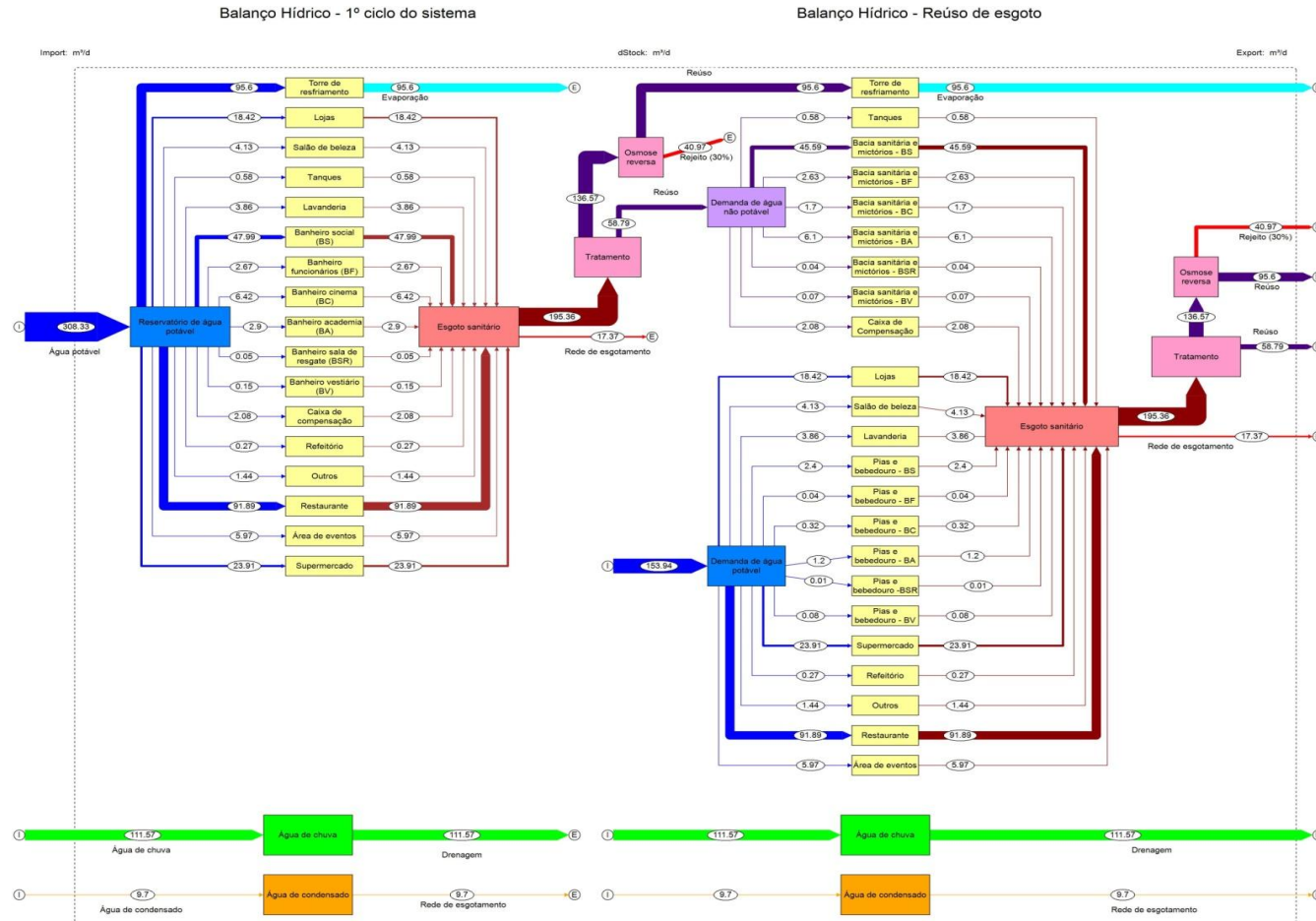
APÊNDICE D

Figura 48 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 1, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha



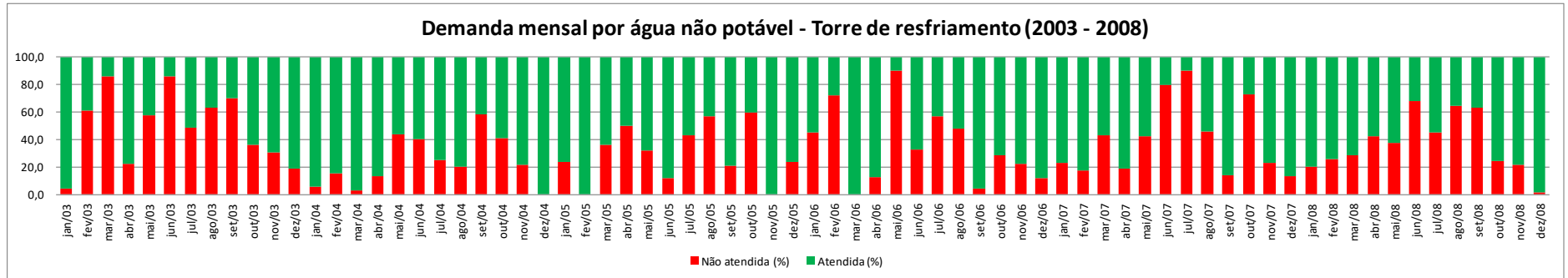
APÊNDICE E

Figura 49 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 2, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha



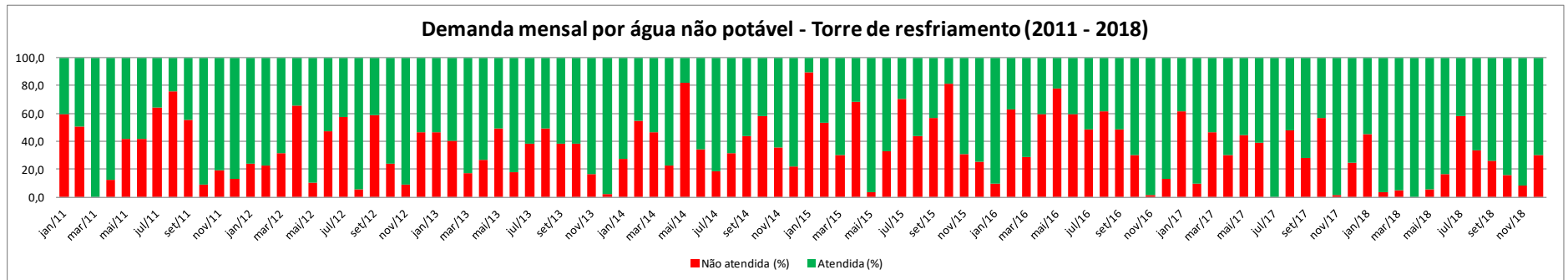
APÊNDICE F

Figura 50 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2003 a 2008)



Fonte: Autoria Própria

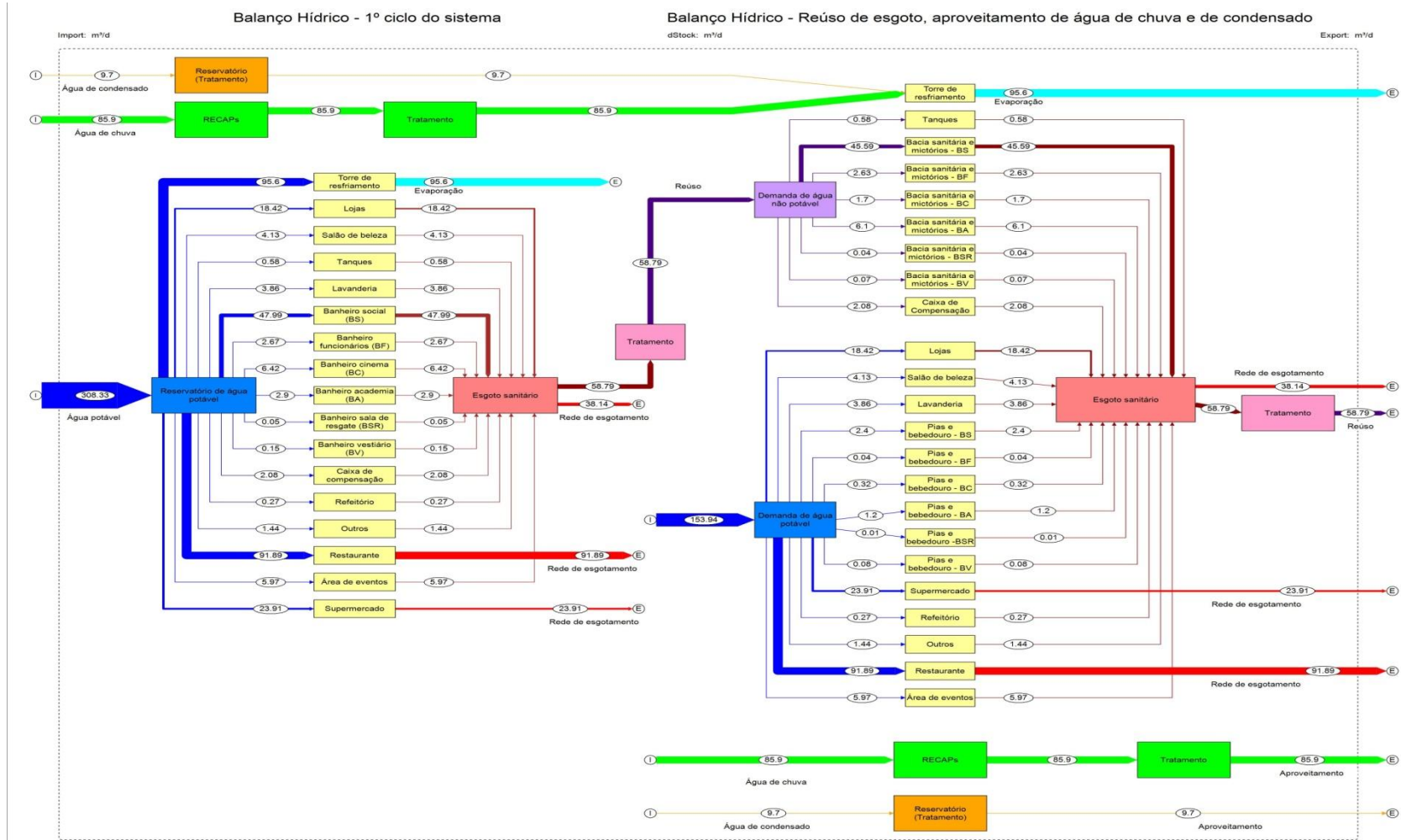
Figura 51 – Atendimento da demanda mensal por água não potável (2011 a 2018)



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE G

Figura 52 – Balanço Hídrico completo para o Cenário 3, com o detalhamento de todos os pontos de consumo de água do Shopping Center Vila Velha



APÊNDICE H

Quadro 33 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de água cinza proposto no Cenário 1 para o Shopping Vila Velha.

(continua)

Item	Descrição	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Rede de Coleta de Água Cinza e Caixa de passagem					
1	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 50 mm.	62,86	un.	1,70	106,86
2	Tubo de PVC de DN 50 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	66,00	m	12,42	819,72
3	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 75 mm	1.737,14	un.	2,56	4.447,09
4	Tubo de PVC de DN 75 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	1.824,00	m	18,74	34.181,76
5	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 110 mm.	611,43	un.	3,93	2.402,91
6	Tubo de PVC de DN 110 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	642,00	m	28,83	18.508,86
7	Líquido de limpeza para colagem com adesivo de tubos e acessórios de PVC.	78,40	L	42,50	3.332,00
8	Cola para tubos e acessórios de PVC.	39,24	L	58,89	2.310,73
9	Encanador.	296,05	h	25,36	7.507,93
10	Ajudante de encanador.	148,03	h	19,36	2.865,90
11	Caixa de passagem pré-fabricada de concreto (60 x 60 cm), com tampa de 5 cm de espessura	6,00	un.	123,37	740,22
12	Brita de pedra, de 19 a 25 mm de diâmetro.	5,05	t	18,32	92,55
13	Oficial de obras de construção civil.	3,44	h	23,85	82,00
14	Ajudante de obras de construção civil.	10,37	h	20,48	212,34
TOTAL					77.610,86
Elevatória de Água Cinza Bruta (EACB)					
1	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	1,69	m³	340,99	575,93
2	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm, densidade 746 kg/m³.	179,00	un	0,36	64,44
3	Água.	0,06	m³	3,39	0,19
4	Areia de pedra, para argamassa preparada em obra.	0,44	t	45,85	19,99
5	Cimento cinza em sacos.	112,34	kg	0,55	61,79
6	Curva 87°30' de PVC liso, D=200 mm.	1,00	un	100,82	100,82
7	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos.	1,84	kg	2,71	4,98
8	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas.	8,00	un	0,98	7,84
9	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60, segundo ABNT NBR 7481.	3,66	m²	16,05	58,79
10	Separador certificado para lajes maciças.	4,00	un	0,17	0,68
12	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento.	1,00	un	22,27	22,27
13	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm.	1,00	un	124,21	124,21
14	Brita de pedra, de 19 a 25 mm de diâmetro.	3,61	t	18,42	66,44
15	Duto de impulsão de águas residuais realizada com tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 40 mm de diâmetro, com com extremo alargado.	4,00	m	4,91	19,64

Quadro 33 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de água cinza proposto no Cenário 1 para o Shopping Vila Velha.

(continuação)

Item	Descrição	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
16	Repercussão, por m de tubulação, de acessórios, uniões e peças especiais para tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 40 mm de diâmetro.	4,00	un	1,47	5,88
17	Válvula de retenção, com rosca GAS de 1 1/4".	2,00	un	246,42	492,84
18	Registro de gaveta de latão fundido, para enroscar, de 1 1/4".	2,00	un	40,80	81,60
19	Bomba elétrica submersível com impulsor vórtex, para bombeamento de águas residuais e fecais com corpos em suspensão ou filamentosos, construída em ferro fundido, com uma potência de 0,5 kW.	2,00	un	2193,98	4387,96
20	Regulador de nível para águas limpas.	2,00	un	216,16	432,32
21	Acessórios para instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, instalada em caixa enterrada e ligação à rede de saneamento.	2,00	un	61,01	122,02
22	Instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, em caixa enterrada e ligação à rede elétrica.	2,00	un	40,76	81,52
23	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW.	1,12	h	102,84	115,28
24	Betoneira.	0,20	h	4,73	0,95
25	Pedreiro.	3,15	h	23,85	75,22
26	Ajudante de pedreiro.	0,31	h	20,48	6,39
27	Auxiliar de serviços gerais.	10,62	h	20,46	217,24
28	Encanador.	1,67	h	25,36	42,25
29	Ajudante de encanador.	1,67	h	19,36	32,25
30	Eletricista.	2,79	h	25,36	70,75
TOTAL					7292,50
Tratamento de Água Cinza					
1	RAC, Wetland, Desinfecção	1	un.	140.000,00	140.000,00
TOTAL (valor corrigido de acordo com IPCA - jun 2017 a março 2020)					154.490,98
Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)					
1	Bomba Centrífugas Monoestágio BC-92 S 1C SCHNEIDER 1,5cv	2,00	un.	1164,36	2328,72
2	Controlador Automático para Bomba d'Água CABF1 Bivolt Ferrari	2,00	un.	305,99	611,98
3	Sistema realimentador automático 1"	1,00	un.	549,40	549,40
4	Instalação de conjunto moto-bomba horizontal até 10 cv	2,00	um.	435,65	871,30
5	Válvula de retenção vertical Ø 1"	2,00	un.	24,85	49,70
6	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1 1/2"	2,00	un.	70,68	141,36
7	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1"	3,00	un.	42,82	128,46
8	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC-U, DN 25 mm.	198,00	un.	0,15	29,70
9	Tubo de PVC-U de 25 mm de diâmetro exterior, inclusive peças especiais.	198,00	m	3,66	724,68
10	Encanador.	12,28	h	25,36	311,32
11	Ajudante de encanador.	12,28	h	19,36	237,66
12	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC-U de 40 mm de diâmetro exterior.	6,00	un.	0,39	2,34
13	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 40 mm de diâmetro exterior, inclusive peças especiais.	6,00	m	9,08	54,48
14	Encanador.	0,44	h	25,36	11,11
15	Ajudante de encanador.	0,44	h	19,36	8,48

Quadro 33 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de água cinza proposto no Cenário 1 para o Shopping Vila Velha.

(conclusão)

Item	Descrição	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
16	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953	42,40	m³	340,99	14459,16
17	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm	1900,84	un.	0,36	684,30
18	Água	3,12	m³	3,39	10,57
19	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	4,14	m³	45,85	189,95
20	Cimento cinza em sacos	1040,59	kg	0,55	572,32
21	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos	23,03	kg	2,71	62,41
22	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas	97,48	un.	0,98	95,53
23	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60	7,38	m	16,05	118,51
24	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento	4,87	un.	22,27	108,54
25	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm	4,87	un.	124,21	605,39
26	Brita de pedreira, de 19 a 25 mm de diâmetro	41,82	m³	18,42	770,30
27	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW	46,94	h	102,84	4826,92
28	Betoneira	106,74	h	4,73	504,88
29	Pedreiro	368,86	h	23,85	8797,34
30	Ajudante de pedreiro	368,86	h	20,48	7554,28
31	Auxiliar de serviços gerais	661,88	h	20,46	13542,14
32	Encanador	43,77	h	25,36	1109,96
33	Ajudante de encanador	43,77	h	19,36	847,35
34	Eletricista	29,34	h	25,36	744,09
TOTAL					61.664,66
Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição					
1	Registro de esfera de PVC, soldável, de 50 mm de diâmetro, segundo ABNT NBR 15788.	2,00	un.	31,76	63,52
2	Registro de gaveta bruto de latão fundido, roscável, de 1" de diâmetro, segundo ABNT NBR 15705.	4,00	un.	30,48	121,92
3	Válvula de flutuador de 1" de diâmetro, para uma pressão máxima de 6 bar, com corpo de latão, bôia esférica roscada de latão e obturador de borracha.	2,00	un.	285,94	571,88
4	Regulador de nível de 10 A, com bôia, contrapeso e cabo.	2,00	un.	55,97	111,94
5	Reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro, de 10000 litros, com tampa e escoadouro.	2,00	un.	4.447,56	8.895,12
6	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	2,00	un.	3,80	7,60
7	Encanador.	11,19	h	25,36	283,78
8	Ajudante de encanador.	11,19	h	19,36	216,64
9	Eletricista.	0,23	h	25,36	5,78
10	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações PVC-U, DN 25 mm.	98,00	un.	0,15	14,70
11	Tubo de PVC-U de DN 25 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	98,00	m	3,66	358,68
12	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações PVC-U, DN 50 mm.	240,00	un.	0,54	129,60
13	Tubo de PVC de DN 50 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	240,00	m	12,49	2.997,60
14	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC-U, DN 75 mm.	734,00	un.	1,16	851,44
15	Tubo de PVC-U de DN 75 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	734,00	m	26,64	19.553,76
16	Encanador.	102,34	h	25,36	2.595,24
17	Ajudante de encanador.	102,34	h	19,36	1.981,22
TOTAL					38.760,42

APÊNDICE I

Quadro 34 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto nos Cenários 1 e 3 para o Shopping Vila Velha.

Item	Descrição	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Tubulação de desvio para direcionamento da água de chuva coletada na cobertura do SCVV					
1	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 125 mm.	20,00	m	4,42	88,40
2	Tubo de PVC de DN 125 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	21,00	un.	42,68	896,28
3	Líquido de limpeza para colagem com adesivo de tubos e acessórios de PVC.	1,16	L	42,50	49,30
4	Cola para tubos e acessórios de PVC.	0,92	L	58,89	54,18
5	Encanador.	5,76	h	25,36	146,07
6	Ajudante de encanador	2,88	h	19,36	55,76
TOTAL					1.289,99
Filtro de sólidos + Poço técnico e Reservatório para descarte de 1ª chuva					
1	Filtro FV12 + poço técnico	1,0	un.	30.000,0	30.000,0
2	Reservatório em PRFV - 45m ³	1,0	un.	27.300,0	27.300,0
TOTAL	- atualizado de acordo com IPCA maio/18 a março/2020				61.721,78
Transporte para RECAPs, bombeamento e transporte para RIAR					
1	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 110 mm.	819,51	un.	3,9	3.220,69
2	Tubo de PVC de DN 110 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	860,49	m	38,0	32.698,62
3	Líquido de limpeza para colagem com adesivo de tubos e acessórios de PVC.	32,78	L	42,5	1.393,17
4	Cola para tubos e acessórios de PVC.	26,22	L	58,9	1.544,36
5	Encanador.	208,16	h	25,4	5.278,85
6	Ajudante de encanador.	104,08	h	19,4	2.014,96
8	Bomba Monoestágio Schneider Bc-92S 1C 1,5 CV	14,00	un.	1164,4	16.301,04
9	Controlador Automático para Bomba d'Água CABF1 Bivolt Ferrari	14,00	un.	306,0	4.283,86
10	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC-U, DN 50 mm.	900,90	un.	0,5	486,49
11	Tubo de PVC-U de DN 50 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	900,90	m	12,5	11.252,24
12	Encanador.	81,08	h	25,4	2.056,21
13	Ajudante de encanador.	81,08	h	19,4	1.569,73
TOTAL					82.100,22

APÊNDICE J

Quadro 35 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de condensado proposto nos Cenários 1 e 3 para o Shopping Vila Velha.

Item	Descrição	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Rede de coleta de água de condensado					
1	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC, DN 32 mm.	1.245,18	un.	1,04	1.294,99
2	Tubo de PVC de DN 32 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	1.307,44	m	10,03	13.113,62
3	Líquido de limpeza para colagem com adesivo de tubos e acessórios de PVC.	24,90	L	42,50	1.058,40
4	Cola para tubos e acessórios de PVC.	31,13	L	58,89	1.833,22
5	Encanador.	3,66	h	25,36	92,88
6	Ajudante de encanador.	7,32	h	19,36	141,80
TOTAL					17.534,91
Reservatório de Água de Condensado					
1	Registro de esfera de PVC, soldável, de 63 mm de diâmetro, segundo ABNT NBR 15788.	1,00	un.	46,12	46,12
2	Registro de gaveta bruto de latão fundido, roscável, de 1" de diâmetro, segundo ABNT NBR 15705.	2,00	un.	30,48	60,96
3	Válvula de flutuador de 1" de diâmetro, para uma pressão máxima de 6 bar, com corpo de latão, bóia esférica roscada de latão e obturador de borracha.	1,00	un.	285,94	285,94
4	Regulador de nível de 10 A, com bóia, contrapeso e cabo.	1,00	un.	55,97	55,97
5	Reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro, de 25000 litros, com tampa e escoadouro.	1,00	un.	8.086,61	8.086,61
6	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,00	un.	3,80	3,80
7	Encanador.	8,43	h	25,36	213,84
8	Ajudante de encanador.	8,43	h	19,36	163,24
9	Eletricista.	0,10	h	25,36	2,64
TOTAL					8.919,12
Tratamento e bombeamento para torre de resfriamento					
1	Bomba dosadora + reservatório de cloro	1,00	un.	2.000,00	2.100,00
TOTAL					2.100,00
1	Bomba Monoestágio Schneider Bc-92T 1C 3 Cv	2,00	un.	1.775,02	3.550,04
2	Controlador Automático para Bomba d'Água CABF1 Bivolt Ferrari	2,00	un.	305,99	611,98
3	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de PVC-U, DN 25 mm.	30,00	un.	0,15	4,50
4	Tubo de PVC-U de DN 25 mm, inclusive acessórios e peças especiais.	30,00	m	3,66	109,80
5	Encanador.	2,04	h	25,36	51,73
6	Ajudante de encanador.	2,04	h	19,36	39,49
TOTAL					6.467,55

APÊNDICE K

Quadro 36 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 2 para o Shopping Vila Velha.

(continua)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB)						
1	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	1,30	1,30	m³	340,99	441,58
2	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm, densidade 746 kg/m³.	300,00	300,00	un	0,36	108,00
3	Água.	0,09	0,09	m³	3,39	0,31
4	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,69	0,69	t	45,85	31,68
5	Cimento cinza em sacos.	176,18	176,18	kg	0,55	96,90
6	Curva 87°30' de PVC liso, D=200 mm.	1,00	1,00	un	110,82	110,82
7	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos.	2,84	2,84	kg	2,71	7,68
8	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas.	12,00	12,00	un	0,98	11,76
9	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60, segundo ABNT NBR 7481.	5,87	5,87	m²	16,05	94,18
10	Separador certificado para lajes maciças.	4,00	4,00	un	0,17	0,68
11	Concreto C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	1,20	1,20	m³	340,99	409,87
12	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento, composto por: angulares e chapas metálicas com os seus elementos de fixação e ancoragem, junta de neoprene, óleo e outros acessórios.	1,00	1,00	un	22,27	22,27
13	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm.	1,00	1,00	un	124,21	124,21
14	Brita de pedreira, de 19 a 25 mm de diâmetro.	5,48	5,48	t	18,42	100,87
15	Duto de impulsão de águas residuais realizada com tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 63 mm de diâmetro, com com extremo alargado.	4,00	4,00	un	9,68	38,72
16	Repercussão, por m de tubulação, de acessórios, uniões e peças especiais para tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 63 mm de diâmetro.	4,00	4,00	un	2,91	11,64
17	Válvula de retenção, com rosca GAS de 2".	2,00	2,00	un	365,66	731,32
18	Registro de gaveta de latão fundido, para enroscar, de 2".	2,00	2,00	un	78,19	156,38
19	Bomba elétrica submersível com impulsor vórtex, para bombeamento de águas residuais e fecais com corpos em suspensão ou filamentosos, construída em ferro fundido, com uma potência de 1,9 kW, para uma altura máxima de imersão de 20 m, temperatura máxima do líquido conduzido 40°C, tamanho máximo de passagem de sólidos 50 mm, com corpo de impulsão, impulsor, carcaça e tampa do motor de ferro fundido GG25, eixo do motor de aço inoxidável AISI 420, fecho mecânico de carboneto de silício/silício, motor assíncrono de 2 polos, eficiência IE3, isolamento classe H, para alimentação monofásica a 230 V e 50 Hz de frequência, proteção IP68, cabo de ligação e quadro de distribuição com duplo condensador e disjuntor magneto-térmico.	2,00	2,00	un	5013,30	10026,60
20	Kit de descida e ancoragem automático para bomba elétrica submersível, de ferro fundido.	2,00	2,00	un	747,23	1494,46
21	Regulador de nível para águas limpas.	2,00	2,00	un	216,16	432,32
22	Acessórios para instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, instalada em caixa enterrada e ligação à rede de saneamento.	2,00	2,00	un	61,01	122,02
23	Instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, em caixa enterrada e ligação à rede elétrica.	2,00	2,00	un	40,76	81,52
24	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW.	1,92	1,92	h	102,84	197,66

Quadro 36 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 2 para o Shopping Vila Velha.

(continuação)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
25	Betoneira.	0,32	0,32	h	4,73	1,50
26	Pedreiro.	3,52	3,52	h	23,85	83,93
27	Ajudante de pedreiro.	0,31	0,31	h	20,48	6,39
28	Auxiliar de serviços gerais.	16,59	16,59	h	20,46	339,35
29	Encanador.	1,67	1,67	h	25,36	42,25
30	Ajudante de encanador.	1,67	1,67	h	19,36	32,25
31	Eletricista.	2,79	2,79	h	25,36	70,75
TOTAL						15.429,87
Tratamento						
1	Alternativa 1: RAC, wetland, filtro de areia, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un	400.000,00	400.000,00
2	Alternativa 2: UASB, FBAS, filtro de areia, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un	470.000,00	470.000,00
3	Alternativa 3: bioreator de membrana, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un	1.470.467,00	1.470.467,00
4	Osmose reversa	1,00	1,00	un	197.635,00	197.635,00
TOTAL ALTERNATIVA 1						597.635,00
TOTAL ALTERNATIVA 2						667.635,00
TOTAL ALTERNATIVA 3						1.668.102,00
Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)						
1	Bomba Centrífugas Monoestágio BC-92 S 1C SCHNEIDER 1,5cv	2,00	2,00	un.	1164,36	2328,72
2	Controlador Automático para Bomba d'Água CABF1 Bivolt Ferrari	2,00	2,00	un.	305,99	611,98
3	Sistema realimentador automático 1"	1,00	1,00	un.	549,40	549,40
4	Instalação de conjunto moto-bomba horizontal até 10 cv	1,00	2,00	um.	435,65	871,30
5	Válvula de retenção vertical ø 1"	1,00	2,00	un.	24,85	49,70
6	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1 1/2"	1,00	2,00	un.	70,68	141,36
7	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1"	1,00	3,00	un.	42,82	128,46
8	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior.	1,00	198	um.	0,15	29,70
9	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior, PN=16 atm e 1,9 mm de espessura, com com extremo alargado, para união colada, com o preço incrementado em 15% relativamente a acessórios e peças especiais.	1,00	198	m	3,66	724,68
10	Encanador.	0,06	12,276	h	25,36	311,32
11	Ajudante de encanador.	0,06	12,276	h	19,36	237,66
12	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 40 mm de diâmetro exterior.	1,00	6,00	un.	0,39	2,34
13	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 40 mm de diâmetro exterior, PN=16 atm e 3 mm de espessura, com com extremo alargado, para união colada, com o preço incrementado em 15% relativamente a acessórios e peças especiais.	1,00	6,00	m	9,08	54,48
14	Encanador.	0,07	0,44	h	25,36	11,11
15	Ajudante de encanador.	0,07	0,44	h	19,36	8,48
16	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953	-	42,40	m³	340,99	14.459,16
17	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm	-	1900,84	un.	0,36	684,30

Quadro 36 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 2 para o Shopping Vila Velha.

(continuação)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
18	Água	-	3,12	m³	3,39	10,57
19	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	-	4,14	m³	45,85	189,95
20	Cimento cinza em sacos	-	1040,59	kg	0,55	572,32
21	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos	-	23,03	kg	2,71	62,41
22	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas	-	97,48	un.	0,98	95,53
23	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60, segundo ABNT NBR 7481	-	7,38	m	16,05	118,51
24	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento, composto por: angulares e chapas metálicas com os seus elementos de fixação e ancoragem, junta de neoprene, óleo e outros acessórios	-	4,87	un.	22,27	108,54
25	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm	-	4,87	un.	124,21	605,39
26	Brita de pedreira, de 19 a 25 mm de diâmetro	-	41,82	m³	18,42	770,30
			0,00			0,00
28	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW	-	46,94	hora	102,84	4.826,92
29	Betoneira	-	106,74	hora	4,73	504,88
30	Pedreiro	-	368,86	hora	23,85	8.797,34
31	Ajudante de pedreiro	-	368,86	hora	20,48	7.554,28
32	Auxiliar de serviços gerais	-	661,88	hora	20,46	13.542,14
33	Encanador	-	43,77	hora	25,36	1.109,96
34	Ajudante de encanador	-	43,77	hora	19,36	847,35
35	Eletricista	-	29,34	hora	25,36	744,09
TOTAL						61.664,66
Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição						
1	Registro de esfera de PVC, soldável, de 50 mm de diâmetro, segundo ABNT NBR 15788.	1,00	2,00	un.	31,76	63,52
2	Registro de gaveta bruto de latão fundido, roscável, de 1" de diâmetro, segundo ABNT NBR 15705.	2,00	4,00	un.	30,48	121,92
3	Válvula de flutuador de 1" de diâmetro, para uma pressão máxima de 6 bar, com corpo de latão, bóia esférica roscada de latão e obturador de borracha.	1,00	2,00	un.	285,94	571,88
4	Regulador de nível de 10 A, com bóia, contrapeso e cabo.	1,00	2,00	un.	55,97	111,94
5	Reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro, de 10000 litros, com tampa e escoadouro.	1,00	2,00	un.	4.447,56	8.895,12
6	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,00	2,00	un.	3,80	7,60
7	Encanador.	5,60	11,19	h	25,36	283,78
8	Ajudante de encanador.	5,60	11,19	h	19,36	216,64
9	Eletricista.	0,11	0,23	h	25,36	5,78
13	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior.	1,00	98,00	un.	0,15	14,70
14	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior, PN=16 atm e 1,9 mm de espessura, com extremo alargado, para união colada, com o preço incrementado em 15% relativamente a acessórios e peças especiais.	1,00	98,00	m	3,66	358,68
15	Encanador.	0,06	6,08	hora	25,36	154,09
16	Ajudante de encanador.	0,06	6,08	hora	19,36	117,63
17	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 50 mm de diâmetro exterior.	1,00	240,00	un.	0,54	129,60

APÊNDICE L

Quadro 37 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 3 para o Shopping Vila Velha.

(continua)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB)						
1	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	1,30	1,30	m³	340,99	441,58
2	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm, densidade 746 kg/m³.	300,00	300,00	un	0,36	108,00
3	Água.	0,09	0,09	m³	3,39	0,31
4	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,69	0,69	t	45,85	31,68
5	Cimento cinza em sacos.	176,18	176,18	kg	0,55	96,90
6	Curva 87°30' de PVC liso, D=200 mm.	1,00	1,00	un	110,82	110,82
7	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos.	2,84	2,84	kg	2,71	7,68
8	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas.	12,00	12,00	un	0,98	11,76
9	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60, segundo ABNT NBR 7481.	5,87	5,87	m²	16,05	94,18
10	Separador certificado para lajes maciças.	4,00	4,00	un	0,17	0,68
11	Concreto C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	1,20	1,20	m³	340,99	409,87
12	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento, composto por: angulares e chapas metálicas com os seus elementos de fixação e ancoragem, junta de neoprene, óleo e outros acessórios.	1,00	1,00	un	22,27	22,27
13	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm.	1,00	1,00	un	124,21	124,21
14	Brita de pedreira, de 19 a 25 mm de diâmetro.	5,48	5,48	t	18,42	100,87
15	Duto de impulsão de águas residuais realizada com tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 63 mm de diâmetro, com com extremo alargado.	4,00	4,00	un	9,68	38,72
16	Repercussão, por m de tubulação, de acessórios, uniões e peças especiais para tubo de PVC para pressão de 6 atm, de 63 mm de diâmetro.	4,00	4,00	un	2,91	11,64
17	Válvula de retenção, com rosca GAS de 2".	2,00	2,00	un	365,66	731,32
18	Registro de gaveta de latão fundido, para enroscar, de 2".	2,00	2,00	un	78,19	156,38
19	Bomba elétrica submersível com impulsor vórtex, para bombeamento de águas residuais e fecais com corpos em suspensão ou filamentosos, construída em ferro fundido, com uma potência de 1,1 kW, para uma altura máxima de imersão de 20 m, temperatura máxima do líquido conduzido 40°C, tamanho máximo de passagem de sólidos 48 mm, com corpo de impulsão, impulsor, carcaça e tampa do motor de ferro fundido GG25, eixo do motor de aço inoxidável AISI 420, fecho mecânico de carboneto de silício/silício, motor assíncrono de 2 polos, eficiência IE3, isolamento classe H, para alimentação monofásica a 230 V e 50 Hz de frequência, proteção IP68, cabo de ligação e quadro de distribuição com duplo condensador e disjuntor magneto-térmico.	2,00	2,00	un	4096,50	8193,00
20	Kit de descida e ancoragem automático para bomba elétrica submersível, de ferro fundido.	2,00	2,00	un	747,23	1494,46
21	Regulador de nível para águas limpas.	2,00	2,00	un	216,16	432,32
22	Acessórios para instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, instalada em caixa enterrada e ligação à rede de saneamento.	2,00	2,00	un	61,01	122,02

Quadro 37 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 3 para o Shopping Vila Velha.

(continuação)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
23	Instalação de bomba submersível portátil, para bombeamento de águas, em caixa enterrada e ligação à rede elétrica.	2,00	2,00	un	40,76	81,52
24	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW.	1,92	1,92	h	102,84	197,66
25	Betoneira.	0,32	0,32	h	4,73	1,50
26	Pedreiro.	3,52	3,52	h	23,85	83,93
27	Ajudante de pedreiro.	0,31	0,31	h	20,48	6,39
28	Auxiliar de serviços gerais.	16,59	16,59	h	20,46	339,35
29	Encanador.	1,67	1,67	h	25,36	42,25
30	Ajudante de encanador.	1,67	1,67	h	19,36	32,25
31	Eletricista.	2,79	2,79	h	25,36	70,75
TOTAL						13.596,27
Tratamento						
1	Alternativa 1: RAC, wetland, filtro de areia, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un.	125.000,00	125.000,00
2	Alternativa 2: UASB, FBAS, filtro de areia, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un.	150.000,00	150.000,00
3	Alternativa 3: bioreator de membrana, filtro de carvão e cloração	1,00	1,00	un.	825.253,00	825.253,00
TOTAL ALTERNATIVA 1						125.000,00
TOTAL ALTERNATIVA 2						150.000,00
TOTAL ALTERNATIVA 3						825.253,00
Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR)						
1	Bomba Centrífugas Monoestágio BC-92 S 1C SCHNEIDER 1,5cv	2,00	2,00	un.	1164,36	2328,72
2	Controlador Automático para Bomba d'Água CABF1 Bivolt Ferrari	2,00	2,00	un.	305,99	611,98
3	Sistema realimentador automático 1"	1,00	1,00	un.	549,40	549,40
4	Instalação de conjunto moto-bomba horizontal até 10 cv	1,00	2,00	um.	435,65	871,30
5	Válvula de retenção vertical ø 1"	1,00	2,00	un.	24,85	49,70
6	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1 1/2"	1,00	2,00	un.	70,68	141,36
7	Registro gaveta Bruto em Latão Forjado 1"	1,00	3,00	un.	42,82	128,46
8	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior.	1,00	198	um.	0,15	29,70
9	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior, PN=16 atm e 1,9 mm de espessura, com com extremo alargado, para união colada, com o preço incrementado em 15% relativamente a acessórios e peças especiais.	1,00	198	m	3,66	724,68
10	Encanador.	0,06	12,276	h	25,36	311,32
11	Ajudante de encanador.	0,06	12,276	h	19,36	237,66
12	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 40 mm de diâmetro exterior.	1,00	6,00	un.	0,39	2,34
13	Tubo de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 40 mm de diâmetro exterior, PN=16 atm e 3 mm de espessura, com com extremo alargado, para união colada, com o preço incrementado em 15% relativamente a acessórios e peças especiais.	1,00	6,00	m	9,08	54,48
14	Encanador.	0,07	0,44	h	25,36	11,11
15	Ajudante de encanador.	0,07	0,44	h	19,36	8,48

Quadro 37 - Detalhamento dos custos de implantação do sistema de reúso de esgoto sanitário proposto no Cenário 3 para o Shopping Vila Velha.

(continuação)

Item	Descrição	Rend.	Qtde	un.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
16	Concreto simples C30 classe de agressividade ambiental III e tipo de ambiente industrial, brita 1, consistência S50, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953	-	42,40	m³	340,99	14.459,16
17	Bloco cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x9 cm	-	1900,84	un.	0,36	684,30
18	Água	-	3,12	m³	3,39	10,57
19	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	-	4,14	m³	45,85	189,95
20	Cimento cinza em sacos	-	1040,59	kg	0,55	572,32
21	Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos	-	23,03	kg	2,71	62,41
22	Painel cerâmico furado com ligação macho-fêmea, para revestir, 80x25x3 cm, com as testas retas	-	97,48	un.	0,98	95,53
23	Tela eletrossoldada T 283 30x10 cm, com fios longitudinais de 6 mm de diâmetro e fios transversais de 6,0 mm de diâmetro, aço CA-60, segundo ABNT NBR 7481	-	7,38	m	16,05	118,51
24	Conjunto de elementos necessários para garantir o fecho hermético à passagem de maus odores em caixas de saneamento, composto por: angulares e chapas metálicas com os seus elementos de fixação e ancoragem, junta de neoprene, óleo e outros acessórios	-	4,87	un.	22,27	108,54
25	Tampa de concreto armado pré-fabricada, 96x96x5 cm	-	4,87	un.	124,21	605,39
26	Brita de pedreira, de 19 a 25 mm de diâmetro	-	41,82	m³	18,42	770,30
			0,00			0,00
28	Retroescavadeira sobre pneus, de 70 kW	-	46,94	hora	102,84	4.826,92
29	Betoneira	-	106,74	hora	4,73	504,88
30	Pedreiro	-	368,86	hora	23,85	8.797,34
31	Ajudante de pedreiro	-	368,86	hora	20,48	7.554,28
32	Auxiliar de serviços gerais	-	661,88	hora	20,46	13.542,14
33	Encanador	-	43,77	hora	25,36	1.109,96
34	Ajudante de encanador	-	43,77	hora	19,36	847,35
35	Eletricista	-	29,34	hora	25,36	744,09
TOTAL						61.664,66
Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição						
1	Registro de esfera de PVC, soldável, de 50 mm de diâmetro, segundo ABNT NBR 15788.	1,00	2,00	un.	31,76	63,52
2	Registro de gaveta bruto de latão fundido, roscável, de 1" de diâmetro, segundo ABNT NBR 15705.	2,00	4,00	un.	30,48	121,92
3	Válvula de flutuador de 1" de diâmetro, para uma pressão máxima de 6 bar, com corpo de latão, bóia esférica roscada de latão e obturador de borracha.	1,00	2,00	un.	285,94	571,88
4	Regulador de nível de 10 A, com bóia, contrapeso e cabo.	1,00	2,00	un.	55,97	111,94
5	Reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro, de 10000 litros, com tampa e escoadouro.	1,00	2,00	un.	4.447,56	8.895,12
6	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,00	2,00	un.	3,80	7,60
7	Encanador.	5,60	11,19	h	25,36	283,78
8	Ajudante de encanador.	5,60	11,19	h	19,36	216,64
9	Eletricista.	0,11	0,23	h	25,36	5,78
13	Material auxiliar para montagem e fixação das tubulações de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), de 25 mm de diâmetro exterior.	1,00	98,00	un.	0,15	14,70

