



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
E DE REUSO DE ÁGUAS CINZA PARA O EDIFÍCIO-SEDE DA
EMPRESA BATERIAS MOURA, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE**

CLARISSA DALIA DE AZEVEDO

Recife

2016

CLARISSA DALIA DE AZEVEDO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DE
REUSO DE ÁGUAS CINZA PARA O EDIFÍCIO-SEDE DA EMPRESA
BATERIAS MOURA, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco para
obtenção da graduação em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Paulo Tadeu Ribeiro de
Gusmão**

**Recife
2016**

Catálogo na fonte

Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

A994a Azevedo. Clarissa Dalia de

Avaliação dos sistemas de captação de águas pluviais e de reuso de águas cinza para o edifício-sede da empresa baterias moura, Jaboatão dos Guararapes – PE. / Clarissa Dalia de Azevedo. - 2016.

103folhas, Ils.; Tab.; Graf. e Abr.; Sigl.

Orientador: Prof. Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2016.

Inclui Referências e Anexos.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 - CLARISSA DALIA DE AZEVEDO
2 - _____

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

Examinador 1:

Examinador 2:

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: "AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DE REUSO DE ÁGUAS CINZA PARA O EDIFÍCIO SEDE DA EMPRESA BATERIAS MOURA, JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE"

LOCAL: CTG / UFPE

DATA: 16/08/2016 HORÁRIO DE INÍCIO: 17:00h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 8,9 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) **aprovado(s)** (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) **reprovado(s)**. (nota $< 3,0$)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha mãe, Catarina, que sempre foi e será a minha maior inspiração e fonte de ajuda, amor, motivação, amparo e consolo.

Agradeço ao meu pai, Francelino, e irmão, Francelino Filho, que nunca deixaram faltar palavras de motivação, sempre me fazendo acreditar que seria capaz de alcançar todos os meus sonhos.

Agradeço ao Prof^o Dr^o Paulo Tadeu e aos demais professores do departamento de engenharia civil, que foram fontes de conhecimento e auxílio ao longo desta jornada.

Agradeço aos colegas de curso, em especial Maria Eduarda, Marcelo Lins e Jonathas Fonseca, por estarem ao meu lado, tornando a vida universitária mais fácil e por me ajudarem em meu desempenho acadêmico.

Agradeço aos meus familiares e amigos de infância pelas palavras e gestos de apoio e pelo carinho e amor que me fizeram aguentar os maus momentos.

Agradeço a empresa Baterias Moura pela oportunidade de realização deste estudo.

Resumo

O consumo das reservas naturais de água devido ao alto crescimento populacional está sendo maior do que a natureza pode oferecer, e a poluição produzida pelo homem vem contaminando cada vez mais essas reservas. Nesse contexto, o aproveitamento da água de chuva e o reuso de águas cinzas, tem o objetivo de diminuir a quantidade de água demandada e esgoto produzido nas edificações. No presente trabalho foram expostas pesquisas que qualificam as características das águas de chuva e cinza, bem como a regulamentação existente para sua utilização. Foi elaborado um sistema de aproveitamento de água cinza no Escritório Recife da Baterias Moura em Jaboatão dos Guararapes – PE, além da apuração dos custos para implementação e manutenção com o objetivo de fazer a análise da viabilidade econômica. O custo total da estação de tratamento de águas cinzas foi de R\$ 136.181,73 e o tempo de retorno final foi de aproximadamente seis anos, tornando-o viável economicamente além de ter seu valor ambiental e social.

Palavras-chave: Água Cinza, ETAC, UASB, Águas Pluviais, Telhado Verde.

Abstract

The sharp increase of human population results in an extremely high consumption of natural water resources and in a great amount of pollution with contaminates and reduces even more the volume of available water. One of the possible ways to soften this issue, by reducing the consumption of water and production of wastewater in a building, is to implement systems to collect rainwater, treats graywater and uses those kinds of water as supply for buildings. In the present project, there is analysis of the quality parameters of rainwater and graywater, as well as the laws for its consumption. A sewage treatment station was designed for the Escritório Recife da Baterias Moura building, in Jaboatão dos Guararapes – PE. The costs with the construction, acquisition, maintenance and functioning of the treatment station were quantified and studied so that an economic viability analysis could be made. The result of the evaluation of the total initial cost of the station is R\$ 136.181,73, and the estimated time so that the station pays its value, considering the reduction of the water and sewage bills, was six years. In addition, the construction of the treatment station has a great ecological and social significance.

Key-words: Graywater, Sewage Treatment, Viability, Rainwater, Green Roof.

Lista de Figuras

Figura 1- Porcentagem de população vs porcentagem de água por continente.....	4
Figura 2- Exemplo de inter-relação entre uso e ocupação do solo e focos alteradores da qualidade da água.	8
Figura 3 - Isoietas no território nacional.	14
Figura 4 - Localização do escritório Recife da Baterias Moura.	20
Figura 5 - Esquema do sistema hexa da empresa ecotelhado.....	23
Figura 6 - Módulos hexa instalados para coleta de água pluvial.....	24
Figura 7 - Esquema de um tratamento preliminar de esgoto.....	28
Figura 8 - Esquema de um decantador secundário.....	30
Figura 9 - Amostras de água de chuva após telhado verde.	32
Figura 10 - Análise bacteriológica da água pluvial pós telhado verde.....	70
Figura 11 - Análise físico-química da água pluvial pós telhado verde.	71
Figura 12- Detalhe do filtro biológico anaeróbico em corte (fora de escala).....	82
Figura 13 - Detalhe do filtro aeróbico submerso em corte (fora de escala).....	82
Figura 14 - Detalhe reator UASB em corte (fora de escala).....	83
Figura 15 - Detalhe Decantador Secundário em corte (fora de escala).....	84
Figura 16 - Esquema representativo disposição elementos em corte.....	84
Figura 17- Tarifa de energia elétrica.....	88
Figura 18 - Tarifa de água.....	89

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade da água.	9
Tabela 2- Características das águas cinza originadas de várias fontes.....	17
Tabela 3 - Resultados dos parâmetros analisados na água cinza de lavatórios do centro universitário e os limites para reuso.	18
Tabela 4 - Consumo mensal do Edifício comercial da Moura.	21
Tabela 5- Parâmetros de qualidade de água da chuva de João Pessoa - PB.....	22
Tabela 6 - Consumo mensais por uso e caracterização dos seus efluentes.	25
Tabela 7 - Consumo mensais por uso e caracterização da qualidade de água de entrada.....	26
Tabela 8 - Economia de água em 30 anos devido ao uso de água pluvial.....	26
Tabela 9 - Origem do abastecimento de água não potável por mês.	26
Tabela 10 - Resumos dos equipamentos da ETAC	31
Tabela 11 - Resultado da análise da água de chuva após telhado verde.	33
Tabela 12- Cálculo da vazão para o dia de maior consumo.	34
Tabela 13 - Resumo dimensionamento do canal de gradeamento.....	35
Tabela 14 - Resumo dimensionamento do filtro biológico anaeróbio.....	36
Tabela 15 - Resumo dimensionamento do reator UASB.	36
Tabela 16 - Resumo dimensionamento do decantador secundário.....	37
Tabela 17 - Resumo do dimensionamento da ETAC	37
Tabela 18 - Perdas de cargas para equipamentos hidráulicos	38
Tabela 19 - Dados de entrada para o dimensionamento das bombas	38
Tabela 20 - Potência das bombas em diferentes unidades.....	39
Tabela 21 - Resumo do custo com operação e manutenção da ETAC.....	40
Tabela 22 - Custo com energia consumida pela bomba.	40
Tabela 23 - Tarifa por consumo de água mensal para consumidor Comercial (abril/2016)	41
Tabela 24 - Comparativo de gastos com água (abril/2016).....	42
Tabela 25 - Valores de IPCA e INPC para o mês de junho e maio de 2016.....	43
Tabela 26 - Parâmetros característicos para água de reúso classe 1.....	62
Tabela 27 - Parâmetros básicos para água de reúso Classe 2.....	63
Tabela 28 - Parâmetros básicos para água de reúso classe 3.....	64
Tabela 29 - Variáveis de qualidade de água recomendados para o uso em torres de resfriamento.	65
Tabela 30 - Diretrizes e padrões para reuso de água.	68
Tabela 31 - Dados mensais do posto pluviométrico 202 - Jaboatão dos Guararapes.....	69
Tabela 32 - Características hidráulicas da bomba selecionada.....	85
Tabela 33 - Cálculo do BDI.....	86
Tabela 34 - Planilha orçamentária construção e aquisição da ETAC.....	87
Tabela 35 - Fluxo de caixa do custo da ETAC para quinze anos.	90
Tabela 36 - Fluxo de caixa corrigido para economia com a ETAC	91

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Os volumes de água da Terra.....	3
Gráfico 2 - Distribuição dos recursos hídricos da superfície e da população - em % total do Brasil.....	5
Gráfico 3 - Fluxo de caixa da ETAC para um período de quinze anos.	43
Gráfico 4 - Análise de viabilidade financeira da implantação da ETAC.	44

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
ASA	Articulação semi-árido brasileiro
CEF	Caixa Econômica Federal
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DOE	Diário Oficial do estado
FUNASA	Fundação nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel
IPCC	Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
IQA	Índice de Qualidade de Água
IWA	International Water Association
ONU	Organização da Nações Unidas
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SINDUSCON SP Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo
SUS Sistema Único de Saúde
Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a
UNESCO Cultura

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
2. REFERÊNCIA TEÓRICO-CONCEITUAL.....	3
2.1 Disponibilidade de Água.....	3
2.1.1 Disponibilidade de Água no Mundo.....	3
2.1.2 Disponibilidade de Água no Brasil.....	5
2.1.3 Disponibilidade de água no Nordeste.....	6
2.2 Importância da economia de água.....	6
2.3 Qualidade de água para consumo humano.....	7
2.4 Fontes alternativas de água	10
2.4.1 Água Cinza	10
2.4.2 Água Negra.....	11
2.4.3 Água Pluvial	11
2.5 Qualidade de água para reuso	11
2.6 Captação de água de chuva	12
2.6.1 Qualidade de água de chuva	15
2.6.2 Telhado verde	15
2.7 Reuso de águas cinzas.....	16
2.7.1 Qualidade de Águas Cinzas	16
2.7.2 Tratamento e ETAC.....	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Descrição do edifício	20
3.2 Descrição do consumo do edifício.....	21
3.3 Descrição do reservatório de águas pluviais	21
3.4 Captação de água de chuva no telhado verde	21
3.5 Volume de Reuso.....	24
3.6 ETAC – Estação de Tratamento de águas cinzas.....	27
3.7 Viabilidade econômica.....	31
4. RESULTADOS.....	32

4.1	Qualidade e tratamento da água de chuva após passagem pelo telhado verde	32
4.1.1.	Resultado da análise de qualidade	32
4.1.2.	Tratamento da água pluvial	33
4.2	Dimensionamento da ETAC	34
4.2.1	Dados de entrada	34
1.1.3	Dimensionamento dos componentes	35
4.3	Dimensionamento das bombas da estação elevatória	37
5.	ORÇAMENTO.....	39
5.1	Custo da ETAC	39
5.1.1	Instalação e equipamentos	39
5.1.2	Operação e Manutenção	39
5.2	Custo do bombeamento.....	40
5.2.1	Aquisição das Bombas	40
5.2.2	Custo de operação	40
6.	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	41
6.1	Economia de água e esgoto.....	41
6.2	Análise Financeira	42
7.	CONCLUSÃO	45
	Referências Bibliográficas:.....	46
	ANEXO A – PADRÕES DE QUALIDADE PARA REUSO DE ÁGUA.....	59
	ANEXO B – MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO.....	69
	ANEXO C – LAUDOS DE ANÁLISE DE ÁGUA	70
	ANEXO D – PROCEDIMENTO DE DIMENSIONAMENTO DA ETAC	72
	ANEXO E – ESQUEMAS DOS COMPONENTES DA ETAC	82
	ANEXO F – TABELA DE DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS	85
	ANEXO G – CÁLCULO BDI E PLANILHA ORÇAMENTÁRIA.....	86
	ANEXO H – TARIFA DE ENERGIA	88
	ANEXO I - TARIFA DE ÁGUA DA COMPESA.....	89
	ANEXO J – CÁLCULO VIABILIDADE.....	90

1. INTRODUÇÃO

Em todo o planeta é grande a preocupação com a disponibilidade de água potável para a população. O crescimento populacional, o incremento das atividades industriais e o desperdício têm aumentado a demanda da água potável e a produção de águas residuais no mundo.

A população vem sendo conscientizada desses problemas pelos órgãos encarregados e pelas próprias distribuidoras de água, e medidas de economia de água estão se tornando mais populares.

Além disso, cada vez mais esta sendo estudado o aproveitamento de água de chuva e reaproveitamento de águas cinzas.

Nesse contexto, a empresa Baterias Moura tomou a iniciativa de promover um programa de sustentabilidade, o PROMEE (Programa Moura de Eficiência Energética), com o objetivo de disseminar maiores níveis de eficiência e sustentabilidade nos escritórios e fábricas, com foco em aquisição de certificações ambientais e na economia a longo prazo.

O PROMEE está sendo colocado em prática em parceria com a UFPE- Universidade Federal de Pernambuco, cujos alunos desenvolvem trabalhos científicos para o programa.

O presente trabalho visa a elaboração de ante projetos de sistemas para o reuso da chuva e reuso de águas cinzas que possam suprir o consumo de água do prédio da sede da Baterias Moura em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Serão expostas e analisadas, conforme necessidades e peculiaridades do estabelecimento em estudo, as tecnologias existentes de tratamento para qualificar as águas pluviais e cinzas para os usos do edifício. Através destes métodos, é possível reduzir significativamente o abastecimento de água por outra fonte diferente da chuva e os efluentes produzidos no próprio prédio.

O dimensionamento do consumo do prédio e do reservatório de águas pluviais foram realizados por Silva, 2016. (Dispositivos hidráulicos economizadores e aproveitamento de águas pluviais em escritórios comerciais: Estudo de caso no escritório Recife da Baterias Moura. Monografia - Curso de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016) e serão adotados no presente trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo estudar alternativa para redução do consumo de água potável utilizando água de chuva e água cinza em um edifício comercial.

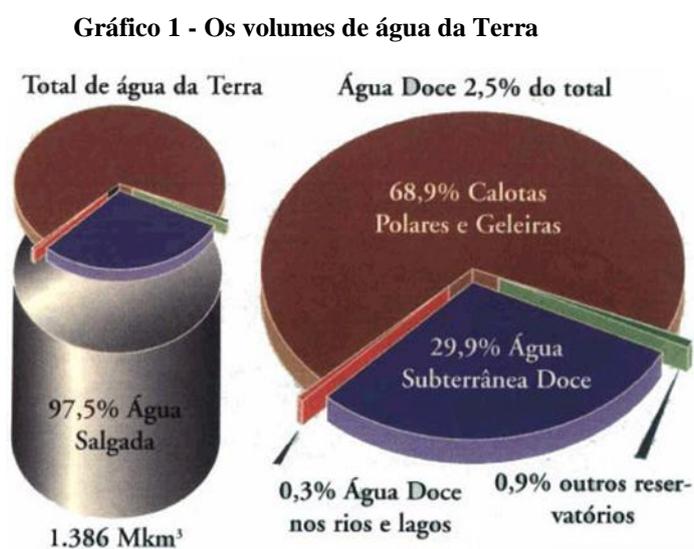
1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar a qualidade de água pluvial que é coletada através de um telhado e propor um tratamento adequado para viabilização para consumo humano.
- Dimensionar um sistema de tratamento de águas cinzas numa edificação comercial, levando em consideração sua eficiência.
- Verificar a de viabilidade financeira da implantação da ETAC.

2. REFERÊNCIA TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Disponibilidade de Água

A água cobre 70% do planeta, que se divide em rios, mares, oceanos e nas águas subterrâneas. Sendo que 97,5% encontram-se nos mares e oceanos e são impróprias para o consumo. A água doce corresponde a apenas 2,5% do total, sendo que desse total, 68,9% está em forma de gelo nas calotas polares; 29,9% constituem a água subterrânea e o restante distribuem-se em rios, lagos, atmosfera e solos (REBOUÇAS, 2001).



Fonte: Rebouças *et al*, 2001.

2.1.1 Disponibilidade de Água no Mundo

Figura 1- Porcentagem de população vs porcentagem de água por continente



Fonte : The United Nations World Water Development Report, 2003.

“Com 31% dos recursos hídricos do mundo, a América Latina tem 12 vezes mais água por pessoa que o sul da Ásia. Países como o Brasil e o Canadá têm mais água do que aquela que podem consumir. Por outro lado, alguns países do Médio Oriente têm muito menos água do que a que necessitam.” (PACHAURI apud NUNES, 2009).

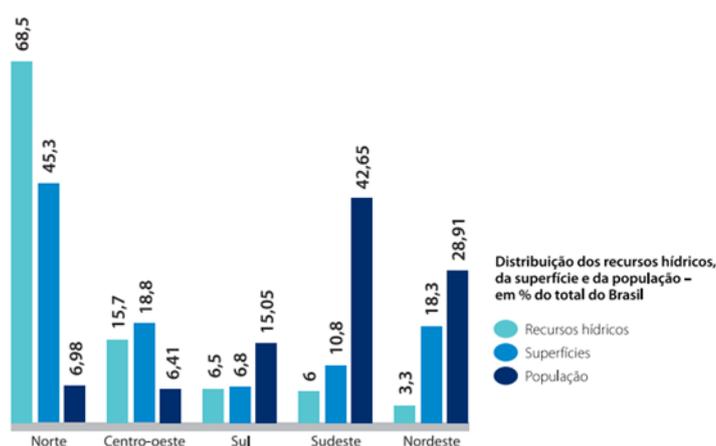
“Mais de 1.2 bilhões de asiáticos, 250 milhões de africanos e 81 milhões de latino-americanos irão ser expostos ao “stress hídrico” a partir de 2020.” (PACHAURI apud NUNES, 2009).

Verifica-se que as águas doces estão distribuídas de forma bastante desigual pelo mundo. Nos continentes africano, asiático e europeu existe uma maior percentagem de população, do que de água (havendo como que uma maior procura do que oferta de recursos hídricos). Sendo que a maior discrepância de valores se verifica na Ásia. Já em todo o continente americano e na Oceania se verifica que existem percentagens de água superiores à percentagem de população existente nessas regiões.

2.1.2 Disponibilidade de Água no Brasil

Em relação à disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil tem posição privilegiada, pois possui cerca de 12% das reservas de água doce do mundo. Isso se deve a uma das maiores bacias hidrográficas do mundo e um subsolo rico em água potável. No entanto, existe uma má distribuição dessa água no país, onde 78% está na região Norte, cuja densidade populacional é baixa (REBOUÇAS, 2006).

Gráfico 2 - Distribuição dos recursos hídricos da superfície e da população - em % total do Brasil



Fonte: IDEC, 2005

Apesar da grande disponibilidade hídrica, existem problemas de abastecimento de água no Brasil, que decorrem do crescimento exagerado de demanda localizada e da degradação das águas (REBOUÇAS, 2006). Além disso, existe um grande desperdício na distribuição, que vai de 20% a 60%, conforme dados do IDEC 2005.

Diante da compreensão de que a água é essencial à vida humana, tendo um papel fundamental para o desenvolvimento social e econômico e que os recursos hídricos não são inesgotáveis nem bem distribuídos, em 1997, foi sancionada a Lei das Águas (Lei nº 9.433/97) que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh).

Segundo a Lei das Águas, a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar usos múltiplos, de forma descentralizada e participativa e em situações de escassez o uso prioritário é para consumo humano e dessedentação de animais.

O fato de o Brasil possuir 12% de água potável do Planeta, torna-o um país extremamente valioso e visado, pois sabe-se que em 25 anos um em cada cinco países sofrerá com a escassez de água. Esta escassez certamente gerará conflitos de ordem internacional, já que estudos da ONU indicam que em 2025 a falta de água afetará a vida de três bilhões de pessoas (VIANNA et al, 2014).

2.1.3 Disponibilidade de água no Nordeste

Do grande potencial hídrico do Brasil, apenas 3,3% está no Nordeste (Gráfico 2). Além disso, as perdas na distribuição de água no Nordeste são altas, com 45,3%, conforme Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNS) de 2013, do Ministério das Cidades. Segundo Marengo (2008), a ONU recomenda um mínimo de 2.000 litros de água por habitante por ano, enquanto que em Pernambuco existem 1.320 litros de água por habitante por ano; o semi-árido tenderá a ficar mais árido, aumentando a intensidade e frequência das secas e reduzindo a disponibilidade de recursos hídricos (MARENGO, 2008). Independentemente da megaobra de transposição do Rio São Francisco, mais de 70% das cidades do semi-árido nordestino com população acima de 5.000 habitantes enfrentarão crise no abastecimento de água para consumo humano até 2025. Os depósitos subterrâneos de água do semi-árido nordestino poderão receber menos de 70% de recarga e assim caminhará para a desertificação (MARENGO, 2008).

2.2 Importância da economia de água

A falta de água é um dos graves problemas mundiais, pois, embora pareça ilimitada, à medida que há crescimento econômico e populacional, menos se respeita o ciclo natural da água e, em consequência, essa vai se degradando e se tornando imprópria para consumo (TOMAZ, 2003). O relatório sobre o desenvolvimento da água no mundo, da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), lançado no terceiro fórum mundial da água, em Quito, Japão, em 2003, afirma que as reservas de água estão

diminuindo, enquanto o consumo cresce, projetando que, no longo prazo, bilhões de pessoas não terão acesso à água de boa qualidade.

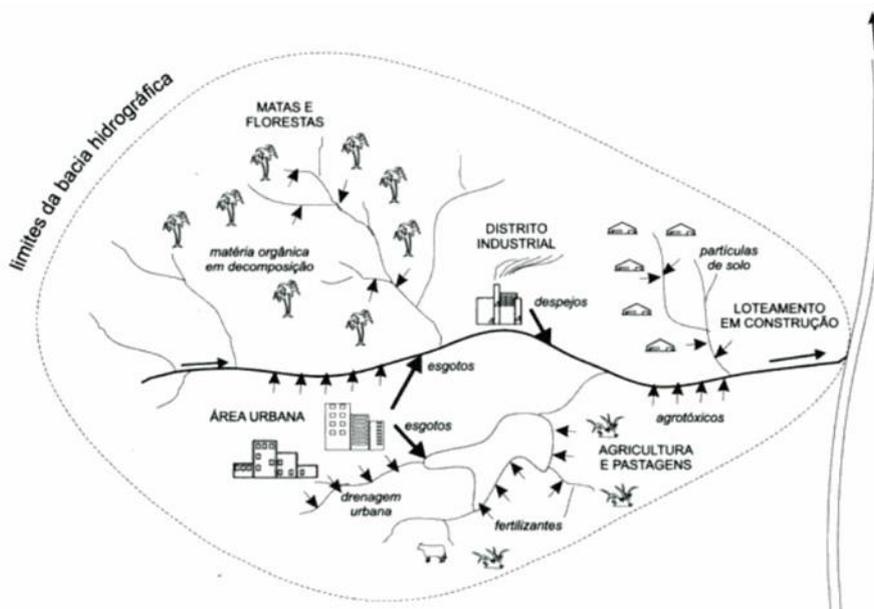
A conscientização da importância da economia de água é um dos primeiros passos para atenuar esse problema (TOMAZ, 2003). A população já está sendo conscientizada desses problemas pelos órgãos encarregados, mas isso ainda é pouco frente à necessidade de reverter e severa escassez de água potável.

Existem opções para economia de água potável, a exemplo do aproveitamento da água de chuva e do reúso da água cinza. Essas águas não devem ser usadas para fins potáveis. Podem ser usadas para irrigação de jardins, lavagem de pisos externos, descargas nos vasos sanitários (TOMAZ, 2003). A economia de água que se pode conseguir usando água de chuva é de 30%, conforme pesquisas feitas no Japão (YAMAGATA et al, 2002, apud TOMAZ, 2003).

2.3 Qualidade de água para consumo humano

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. Ela é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo resultantes das precipitações atmosféricas, com grande influência da cobertura e composição do solo. Também afeta a qualidade da água a interferência do homem de forma direta (ex: despejos domésticos e industriais) e dispersa (ex: aplicação de defensivos agrícolas no solo) (VON SPERLING, 2005).

Figura 2- Exemplo de inter-relação entre uso e ocupação do solo e focos alteradores da qualidade da água.



Fonte: VON SPERLING, 2005.

A qualidade da água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água. Conforme registros do SUS, 80% das internações hospitalares do Brasil são devidas a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade imprópria da água para consumo humano (MERTEN et al, 2002). Dentre as doenças transmitidas pela água, algumas são: diarreia infecciosa, cólera, leptospirose, hepatite e esquistossomose.

O controle da qualidade da água para consumo humano é o conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição (FUNASA, 2006).

A Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O termo “qualidade de água” não se refere a apenas um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas, que são definidas conforme as diferentes

finalidades da água (MERTEN et al, 2002). A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros (VON SPERLING, 2005).

O IQA é hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil. Foi criado nos Estados Unidos, em 1970, pela National Sanitation Foundation e começou a ser usado no país a partir de 1975. O IQA foi criado para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. O IQA é composto por nove parâmetros (PNQA-Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas lançado pela ANA-Agência Nacional de Águas), conforme descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade da água.

Parâmetro	Definição	Importância do parâmetro
Oxigênio Dissolvido	Concentração de oxigênio dissolvido nas águas.	É consumido na decomposição de matéria orgânica.
Coliformes Termotolerantes	Concentração de família de bactérias presentes em intestinos animais de sangue quente.	Indicam a presença de bactérias transmissoras de doenças
pH	Potencial Hidrogeniônico. A resolução da CONAMA 357 estabelece que seu valor deve estar entre 6 e 9.	Alterações no pH podem aumentar o efeito de substâncias químicas tóxicas.
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água	Quanto maior seu valor, maior o lançamento de cargas orgânicas.
Temperatura da Água	Grau de calor ou de frio de um ambiente	Influencia parâmetros físico-químicos da água, além do crescimento e reprodução de microorganismos.
Nitrogênio e Fósforo	São nutrientes no processo biológico	São tóxicos para o ser humano e favorecem a proliferação de matéria orgânica
Turbidez	Indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água	Fator estético que pode alterar sabor e odor da água.
Resíduo Total	Matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura	Podem causar assoreamento e danos para a vida aquática

Fonte: ANA.

2.4 Fontes alternativas de água

Consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou, ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias (SINDUSCON SP).

O interesse na segregação e reaproveitamento de diferentes efluentes (águas cinzas-baixa matéria orgânica, negras-elevada matéria orgânica e pluviais), tem aumentado no últimos anos, principalmente devido a aspectos econômicos e ecológicos (OTTOSON et al, 2003).

2.4.1 Água Cinza

As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto a este conceito, observa-se que ainda não há consenso internacional (FIORI et al, 2006).

Segundo Gonçalves et al (2006), alguns autores não consideram como água cinza a água residuária de cozinhas, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica e de óleos e gorduras nelas presente e sim águas negras. Este critério será adotado no presente projeto.

Segundo Friedler et al (2005), países industrializados, do total de água consumido para usos urbanos, 60 a 70% é transformado em águas cinzas.

Embora a água cinza não possua contribuição dos vasos sanitários, de onde provém a maior parte dos microrganismos patogênicos (Tabela 7), a limpeza após o uso do toalete, lavagem de roupa ou o próprio banho são possíveis fonte de contaminação e inserção de risco no seu reuso (GONÇALVES et al, 2006). Ela varia em qualidade de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores (NSW HEALTH, 2000).

A utilização de água cinza bruta em descargas sanitárias ou na irrigação de jardins é uma prática vigente em alguns países, apesar do aspecto relativamente desagradável da água de reuso (GONÇALVES et al, 2006). No entanto, uma grande variedade de tecnologias têm sido utilizadas ou estão sendo desenvolvidas para seu tratamento, compreendendo sistemas

naturais, processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. O tratamento da água cinza junto à fonte geradora para uso no próprio local, pois evita longos transportes de um ponto a outro. Por isso é interessante a possibilidade de um sistema de tratamento de fácil operação e manutenção, o qual o usuário possa fazê-lo sem grandes dificuldades e custos.

2.4.2 Água Negra

As águas negras são aquelas provenientes dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico. Apresentam elevada carga orgânica e presença de sólidos em suspensão, em grande parte sedimentáveis, em elevada quantidade. Como já foi dito, a água residuária de cozinhas pode ser considerada água negra (GONÇALVES et al, 2006). Este critério será adotado no presente projeto.

O volume de águas negras é bem menor que o volume de águas cinza, no entanto, contem a maior parte dos patogênicos e dos nutrientes encontrados no esgoto doméstico (GALBIATI, 2009).

2.4.3 Água Pluvial

As águas pluviais são aquelas provenientes das chuvas. Cada vez mais as águas pluviais são aproveitadas em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Para estimular o uso de sistemas de reuso de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva é necessário verificar a qualidade e a necessidade de tratar essas águas. As águas cinza e as águas de chuva devidamente tratadas podem ser utilizadas no consumo não potável em bacias sanitárias, torneira de jardins, irrigação de gramados e plantas, lavagem de veículos, lavagem de roupas, limpeza de calçadas, limpeza de pátios, produção de concretos, compactação de solo, etc.

2.5 Qualidade de água para reuso

Tendo em vista que a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a implementação de sistema alternativos de oferta de água, serão

apresentados os conceitos e exigências contidos na publicação “Conservação e Reúso da Água em Edificações” do SINDUSCON SP e ANA e na ABNT/NBR 13.969/1997. Ambos estão presentes no Anexo A, juntamente com uma tabela resumo que contém os padrões de qualidade de água para reúso em outros países e regiões.

2.6 Captação de água de chuva

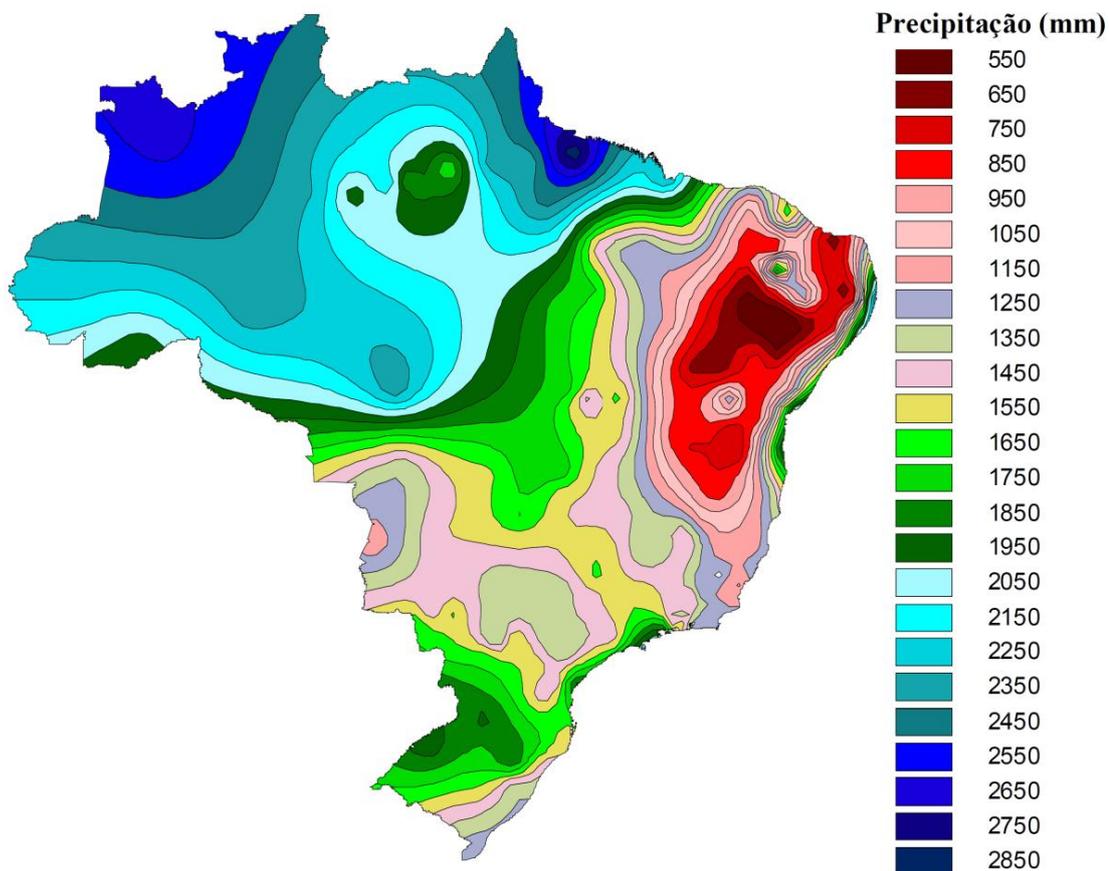
Longe de lagos, rios e fontes grandes de água potável, acredita-se que a primeira forma de coleta de água para consumo por homens primitivos foi o armazenamento da chuva em folhas da vegetação circundante (ROLA, 2008). Desta forma, o aproveitamento de águas de chuva é uma prática bastante antiga. Como relata May (2004), no deserto de Negrev já existe um sistema de uso de águas pluviais há mais de 4000 anos. Cisternas são cavadas desde a Idade de Bronze (NEGEV E GIBSON, 2001) e esteve presente como papel importante do desenvolvimento de grandes importantes civilizações como a Grécia e a Roma antigas (ROLA, 2008). Até nas Américas, no México, especificamente, existem cisternas ainda em uso cuja construção é datada de antes da chegada de Colombo ao Novo Mundo (TOMAZ, 2003 apud LIMA; MACHADO, 2008).

A prática do uso de águas pluviais é extensamente utilizada no mundo atual. Principalmente em países mais desenvolvidos, são comuns incentivos governamentais para aumento da construção e implementação de sistemas de coleta de água pluvial. No Japão, por exemplo, todos os prédios que contam com mais de 30.000m² de área construída e utilizem mais de 100 m³ de água para fins não potáveis por dia devem reutilizar as águas pluviais e cinzas (LIMA; MACHADO, 2008). Na Alemanha, são oferecidos financiamentos governamentais para a construção de sistemas de captura de águas pluviais. Em um importante aeroporto da Cingapura (Aeroporto de Chagi), a chuva que cai nas pistas de voo é coletada e utilizada posteriormente para a descarga de banheiros (GROUP RAINDROPS, 2002).

No Brasil, a prática de coleta de água de chuva é comum até em regiões áridas e semiáridas (SINDUSCON SP, 2005). Por possuir acesso restrito a fontes de água limpa, o semiárido foi o pioneiro no Brasil em captação de água de chuva para consumo humano, animal e irrigação (LIMA; MACHADO, 2008). O semiárido brasileiro é delimitado conforme regras da cartilha “Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro”, publicada pelo

Ministério da Integração Nacional, que classifica o semiárido de acordo com os seguintes parâmetros: precipitação pluviométrica anual, índice de aridez (considerando período entre 1961 e 1990) e risco de seca (considerando período entre 1970 e 1990). O aproveitamento de água de chuva no semiárido vem aumentando desde a criação, em 2003, do programa do governamental P1MC – Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido. Este programa constrói cisternas reservatórios de água pluvial no semiárido e busca promover a educação das pessoas para a vivência no semiárido através de um processo de formação e de políticas públicas (ASA, 2005). No semiárido, esta alternativa de fonte de água tem apresentado ótimos resultados, por ter reduzido custo e grande eficácia (JALFIM, 2001). Na Zona da Mata de Pernambuco, as águas pluviais também são utilizadas. A Arena Pernambuco, por exemplo, aproveita 2.200m^3 de água por mês (BARBOSA, 2015).

Tendo em vista esse histórico relevante e importância global, deve-se considerar uma das principais fontes alternativas de água, na Região Metropolitana do Recife, a água da chuva, visto que a região conta com alto índice pluviométrico, comparado à média brasileira, como é possível observar no mapa de isoietas do território nacional (Figura 3). Além de reduzir o custo de aquisição de água, o aproveitamento de água de chuva também auxilia no controle de cheias melhorando a distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana (BERTOLO, 2006).

Figura 3 - Isoietas no território nacional.

Fonte: Adaptado da CPRM, 2016.

De acordo com a Conferência Latino-Americana de Desenvolvimento Sustentável (2004), um sistema de captação de água pluvial deve possuir três elementos: a área de captação, os condutores e reservatório. A superfície coletora é em geral o telhado do edifício, mas também podem ser utilizadas as fachadas e os pisos externos. O reservatório tem a função de regularizar a vazão da chuva além de servir de local para possível tratamento da água. Este reservatório deve receber manutenção periódica para evitar contaminação da água e riscos para a saúde de usuários.

2.6.1 Qualidade de água de chuva

A água da chuva não é potável, pois antes de chegar ao solo, vai capturando tudo o que encontra pela frente, e como nossa atmosfera é poluída, se torna um verdadeiro arraste de poluentes.

Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais suas qualidades. Entre o material dissolvido encontram-se várias substâncias como, por exemplo, as substâncias calcárias e magnesianas tornam a água dura; as substâncias ferruginosas alteram cor e sabor e as substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo. Entre o material carregado encontram-se as substâncias em suspensão (partícula finas dos terrenos por onde passa) que dão turbidez à mesma; organismos, como algas que modificam seu odor e sabor, além de liberar toxinas (ex: cianobactérias) e microorganismos patogênicos, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana (FUNASA, 2006).

2.6.2 Telhado verde

Telhados verdes são definidos pelo uso de solo e vegetação nas coberturas de edificações (HENEINE, 2008). O uso dos telhados verdes tem sido valorizado nos últimos anos uma vez que trazem múltiplos benefícios (BALDESSAR, 2012), tanto melhorando o conforto ambiental do edifício, ajudando a controlar a temperatura ambiente e promovendo o melhor isolamento acústico, quanto benefícios de cunho ecológico.

Em meios a tantos benefícios que o telhado verde proporciona a seus usuários e ao meio ambiente, mostra-se a possibilidade real de se produzir alimentos orgânicos na cobertura de edifícios com lajes horizontais, plantando-se espécies pequenas que produzam frutas e hortaliças.

Os telhados verdes apresentam ainda potencial de proteger a cobertura contra a ação dos raios ultravioletas, extremos de temperatura, efeitos do vento no telhado e contração retração estrutural, o que aumenta a vida útil das estruturas do telhado (TASSI et al, 2014).

2.7 Reuso de águas cinzas

As águas cinzas são águas cinzas originadas em residências, escolas, escritórios ou edifícios públicos, provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque (JEFFERSON et al., 1999; ERIKSSON et al., 2002; OTTOSON e STENSTRÖM, 2003). Alguns autores, como Nolde (1999) e Christova-Boal et al. (1996), não consideram como água cinza o efluente oriundo de cozinhas, por considerá-lo altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

“Reusar água é aproveitar água residuária recuperada, através da remoção ou não de parte dos resíduos por ela carregada em uso anterior, e usá-la novamente em aplicações menos exigentes que o primeiro uso, encurtando assim o ciclo da natureza em favor do balanço energético” (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Langergraber e Muellegger (2005), as águas residuárias domésticas são conhecidas como um recurso que pode ser disponível para reuso.

2.7.1 Qualidade de Águas Cinzas

A qualidade da água cinza varia de acordo com vários fatores, tais como, a localidade, nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costume dos moradores (NSW HEALTH, 2000), com o tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizado (lavatório, chuveiro, máquina de lavar, etc.) (NOLDE, 1999), bem como com a qualidade de água de abastecimento e o tipo de rede de distribuição da água de abastecimento e da água de reuso (ERIKSSON et al, 2002).

A Tabela 2 mostra características físico-químicas e microbiológicas de águas cinza originadas de várias fontes dentro de uma residência.

Tabela 2- Características das águas cinza originadas de várias fontes

Parâmetros	Slegrist et al (1976)					Christova-Boal et al (1998)		Almeida et al (1999)			
	Chuveiro/ Banheira	Pia de Coz	Lava Louça	Lava Roupa	Enx. Roupa	WC	Lavand.	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Pia de Coz
<i>Físicos</i>	mg/L exceto onde indicado										
Temperatura(°C)	29	27	38	32	28						
Turbidez(NTU)						60 – 240	50 - 210				
ST	250	2410	1500	1340	410						
SST	120	720	440	280	120			54	181	200	235
<i>Químicos</i>	mg/L exceto onde indicado										
pH						6,4 - 8,1	9,3 - 10				
Cond.(µS/cm)						82 – 250	190 - 1400				
Alcalinidade						24 – 43	83 - 200				
DBO5	170	1460	1040	380	150	76 – 200	48 - 290				
DQO								210	298	501	644
Óleos e Graxas						37 – 78	8,0 - 35				
Cloreto						9,0 – 18	9,0 - 88				
<i>Nutrientes</i>	mg/L exceto onde indicado										
N-total	17	74	40	21	6						
NTK						4,6 – 20	1,0 - 40				
NH4-N	2	6	4,5	0,7	0,4	<0,1 – 15	<0,1 - 1,9	1,1	0,3	1,2	0,3
NO3-N	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4			4,2	6	6,3	5,8
NO3 & NO2						<0	0,10 - 0,31				
P-total	2	74	68	57	21	0,11 - 1,8	0,062 - 42				
PO4-P	1	31	32	16	4			5,3	13,3	19,2	26
<i>Microbiológicas</i>	por 100 ml exceto onde indicado										
Coliformes Totais	70-8200			85-8,9x10 ⁵	190-1,5x10 ⁵	500-2,4x10 ⁷	2,3x10 ³ - 3,3x10 ⁵				
Coliformes Fecais	1 - 2.500			9-1,6x10 ⁴	35-7,1x10 ³	170-3,3x10 ³	110-1,09x10 ³				
Cripistoridium						Nd	nd				
Salmonela						Nd					

Fonte: Adaptado de ERIKSSON *et al*, 2002.

Serão apresentados os resultados dos parâmetros analisados na água cinza de lavatórios do centro universitário localizado no Rio Grande do Sul e os limites para reuso (KUREK et al, 2015).

Tabela 3 - Resultados dos parâmetros analisados na água cinza de lavatórios do centro universitário e os limites para reuso.

Parâmetro/unidade	Água cinza bruta
Ph	7,34
Cor (UH)	37,50
Turbidez (UT)	22,70
Óleos e Graxas (mg/L)	<10
DBO (mg/L)	47
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	3500
SST (mg/L)	59
Odor e aparência	Não desagradável

Fonte: Adaptado de KUREK *et al*, 2015.

2.7.2 Tratamento e ETAC

Pode-se perceber nas Tabelas 2 e 3 que as águas cinzas tem vários parâmetros fora do padrão exigido para reaproveitamento. Dessa forma, torna-se necessário que as águas cinzas sejam tratadas antes do reuso, que pode ser feito da seguinte forma:

Tratamento Preliminar: nesta etapa são removidos os sólidos grosseiros, preparando o efluente para os tratamentos posteriores, evitando obstruções e danos aos equipamentos (MATOS, 2010). É constituído de gradeamento e desarenação. O gradeamento objetiva a remoção de sólidos bastante grosseiros (ex.: materiais plásticos e papelões de embalagens). A desarenação objetiva a remoção de sólidos com características de sedimentação semelhantes à areia.

Tratamento Primário: Ganghis (2016) classifica esta etapa de tratamento como sendo de cunho físico, mais eficaz que o tratamento preliminar. Em geral, trata-se de

sedimentações, remoção de sólidos não grosseiros e remoção de graxas e óleos de menor densidade.

Tratamento Secundário: Este tratamento é realizado através de biomassa composta por bactérias, que degradam biologicamente, aerobiamente ou anaerobiamente, carboidratos, óleos, graxas, proteínas e compostos mais simples (ANDRADE NETO; CAMPOS, 199).

Tratamento Terciário: Esta etapa é referente à remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária (GANGHIS, 2016).

Desinfecção : esta etapa tem a finalidade de eliminar boa parte dos microorganismos patogênicos que ainda estão presentes.

O tratamento das águas cinza é feito na ETAC – Estação de tratamento de águas cinzas, que consiste basicamente de reservatório de água cinza que passa por um processo de tratamento intenso para ser reutilizada. Normalmente é composta por vários equipamentos, tais como, gradeamento, filtros, reatores, decantadores, tanques, dentre outros. O projeto de uma ETAC depende de muitas variáveis, como o tamanho da edificação, quanto se quer economizar, como será o processo, etc. Os parâmetros mais utilizados para considerar a água pronta para o reuso são os padrões mínimos exigidos para a segurança do usuário, levando-se em consideração o nível de turbidez, cloro e nível de acidez presentes na água (PD7 TECHNOLOGY).

Conforme RECESA (2008), os objetivos principais de uma ETAC só serão atingidos se o sistema de tratamento for corretamente operado. Dessa forma, é de fundamental importância o gerenciamento operacional, ou seja, o monitoramento, operação e manutenção das unidades da ETAC. Os parâmetros e a frequência de monitoramento das unidades podem ser diferentes, em função de especialidades locais e de exigência impostas pelos órgãos de controle ambiental.

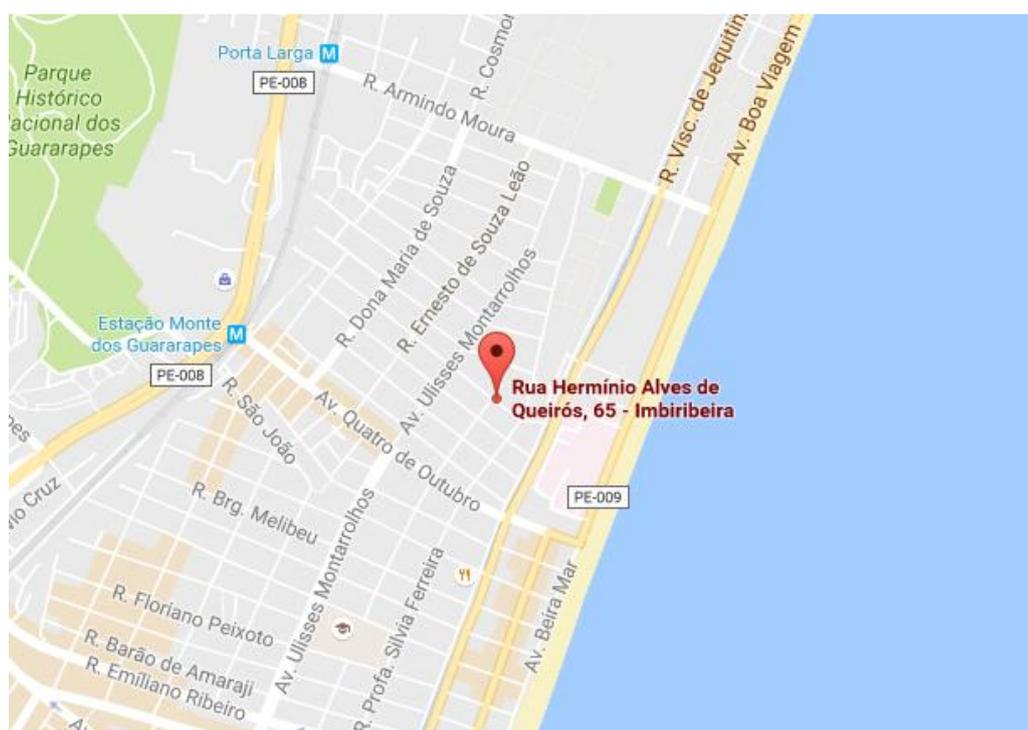
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição do edifício

A sede do escritório comercial da Baterias Moura, é na Rua Hermínio Alves de Queiroz, 65, no bairro de Piedade, Jaboatão dos Guararapes 45 - PE. Segundo o Atlas do meio físico do município de Jaboatão dos Guararapes, o mesmo está situado na porção centro-leste da Região Metropolitana do Recife – RMR, em uma região de clima AMS', segundo a classificação de Koeppen. O período das chuvas desenvolve-se entre os meses de março a agosto, com precipitação pluviométrica oscilando entre 140mm e 270mm mensais e sempre acima de 1.500mm anuais. A temperatura média situa-se em torno de 26° C, com uma mínima de 18° C e uma máxima de 32° C.

O edifício do escritório tem dois andares de altura, no terreno há também um amplo estacionamento, uma cozinha industrial, um refeitório e amplos espaços de área verde. Ao todo trabalham 230 pessoas no escritório, de segunda a sexta. Nos sábados e domingos ficam apenas dois seguranças na portaria do prédio.

Figura 4 - Localização do escritório Recife da Baterias Moura.



Fonte: Google Maps, 2016

3.2 Descrição do consumo do edifício

Para a obtenção do consumo do prédio foram considerados os dados obtidos por Silva (2016). A Tabela 4 resume os tipos de uso de água no edifício e o volume mensal de água consumida para cada uso.

Tabela 4 - Consumo mensal do Edifício comercial da Moura.

DEMANDA TOTAL MENSAL			
Item	Descrição	Total mensal (L)	Total Mensal (m3)
1	Uso pelos funcionários	174.131,61	174,13
2	Cozinha industrial	18.670,00	18,67
3	Lavação dos carros	7.040,00	7,04
4	Limpeza dos banheiros	2.140,00	2,14
5	Limpeza do piso geral	46.048,00	46,05
6	Rega das áreas verdes	57.024,00	57,02
TOTAL MENSAL		305.053,61	305,05

Fonte: Adaptado de Silva, 2016.

3.3 Descrição do reservatório de águas pluviais

O reservatório adotado no presente projeto será o reservatório dimensionado por Silva, 2016, que estudou a viabilidade econômica de reservatórios com vários volumes. O reservatório de 250m³ apresentou melhor retorno financeiro para um tempo de 30 anos (equivalente a 40.219,13m³ de água economizados em trinta anos). Para seu dimensionamento foram utilizados os dados mensais do posto pluviométrico 202 – Jaboatão dos Guararapes (Anexo B).

3.4 Captação de água de chuva no telhado verde

Para o presente projeto foi utilizado o padrão de qualidade da água de chuva de João Pessoa, encontrados por Santana (2012), uma vez que ambas as cidades estão localizadas no litoral, são relativamente próximas e são as capitais de seus respectivos estados, ou seja, possuem concentrações semelhantes de poluentes dispersos na atmosfera.

Tabela 5- Parâmetros de qualidade de água da chuva de João Pessoa - PB

Parâmetro	Unidade	Patm		
pH	-	6,59		
		6,05	7,02	8
Condutividade	$\mu\text{S/cm}$	16,90		
		9,63	38,9	8
Cor	μH	0,94		
		0,00	2,50	8
Turbidez	μT	2,33		
		0,25	8,45	8
Dureza	mg/L	3,31		
		0,00	5,94	8
Cloretos	mg/L	2,86		
		0,00	7,00	8
STD	mg/L	8,41		
		4,30	19,45	8
DBO	mg/L	0,78		
		0,00	2,60	5
Amônia	mg/L	0,32		
		0,00	1,00	5
Coliformes Totais	NMP/100mL	4,23		
		0,90	9,30	6
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4,23		
		0,90	9,30	6

Patm-água bruta da chuva

Média		
Mínimo	Média	n° de ocorrência

Fonte : Adaptado de Santana, 2012

De acordo com Santana (2012), a qualidade da água de chuva da cidade de João Pessoa está dentro dos parâmetros de qualidade, estabelecidos pela ABNT/NBR 13.969/1997.

No entanto, no edifício estudado neste projeto será instalado o telhado verde em toda extensão de telhado do prédio. Logo, a água de chuva captada para reuso terá passado pelo telhado verde, que alterará suas características qualitativas. O telhado verde será adquirido pela empresa Ecotelhados e será do tipo Sistema Hexa, um produto oferecido pela empresa e esquematizado na Figura 5.

Figura 5 - Esquema do sistema hexa da empresa ecotelhado



Fonte: ECOTELHADO.

Com o objetivo de analisar as alterações na qualidade da água da chuva provocadas pelo contato com a vegetação, substrato e os outros elementos do telhado verde, foram obtidos três módulos hexa deste sistema para realização de uma análise da qualidade da água. Estes três módulos foram instalados em Boa Viagem – Recife e deixados em local exposto à chuva até que fosse coletado um volume de água suficiente para a efetuação de análises. Estas análises, bacteriológicas e físico-químicas, foram realizadas pela empresa Acqualabor, segundo a metodologia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005.

Figura 6 - Módulos hexa instalados para coleta de água pluvial.



3.5 Volume de Reuso

A partir do estudo do consumo de água no prédio, é possível estimar o volume de águas cinzas que poderão ser reutilizadas. A Tabela 6 resume o consumo de água e quantifica o volume total de águas cinzas.

Tabela 6 - Consumo mensais por uso e caracterização dos seus efluentes.

Uso	Consumo (L/mês)	Classificação dos efluentes
Sanitário	70.800,00	Águas Negras
Mictório	22.080,00	Águas Negras
Pias Banheiros	74.123,61	Águas Cinzas
Lavagem Refeitório	300,00	Águas Cinzas
Lavagem Cozinha	50,00	Águas Cinzas
Lavagem Estoque	120,00	Águas Cinzas
Lavagem Pratos	18.000,00	Águas Negras
Cloração Vegetais	200,00	Águas Cinzas
Lavagem Carros	7.040,00	Águas Negras
Lavagem Banheiros	2.140,00	Águas Cinzas
Limpeza Piso	46.048,00	Águas Cinzas
Rega Área Verde	57.024,00	Sem Efluentes
Produção total de águas cinzas (L/mês)		122.981,61

As águas de reuso não podem ser utilizadas para fins potáveis, logo, é necessário saber o volume de água não-potável demandada no edifício. A Tabela 7 identifica os usos potáveis e não potáveis e identifica o volume de água que pode ser de procedência de reuso.

Tabela 7 - Consumo mensais por uso e caracterização da qualidade de água de entrada.

Qualidade água de entrada	Uso	Consumo (L/mês)
Não potável	Sanitário	70.800,00
Não potável	Mictório	22.080,00
Potável	Pias Banheiros	74.123,61
Não potável	Lavagem Refeitório	300,00
Não potável	Lavagem Cozinha	50,00
Potável	Lavagem Estoque	120,00
Potável	Lavagem Pratos	18.000,00
Potável	Cloração Vegetais	200,00
Não potável	Lavagem Carros	7.040,00
Não potável	Lavagem Banheiros	2.140,00
Não potável	Limpeza Piso	46.048,00
Não potável	Rega Área Verde	57.024,00
Consumo total de água não potável (L/mês)		205.532,00

Entretanto, o prédio já conta com um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Este tipo de água também só poderá ser utilizado para fins não-potáveis, logo, o volume aproveitável de águas cinzas será menor. A Tabela 9 explicita o volume economizado pelo uso da água da chuva e o volume restante de demanda por águas não potáveis.

Tabela 8 - Economia de água em 30 anos devido ao uso de água pluvial

Volume do reservatório (m ³)	Economia de água em 30 anos (m ³)
250	40.219,13

Tabela 9 - Origem do abastecimento de água não potável por mês.

Consumo total de água não potável (L/mês)	205.532,00
Água economizada captação pluvial (L em 30 anos)	40.219.130,00
Água economizada captação pluvial (L/mês)	111.719,81
Água não potável sujeita a economia (L/mês)	93.812,19

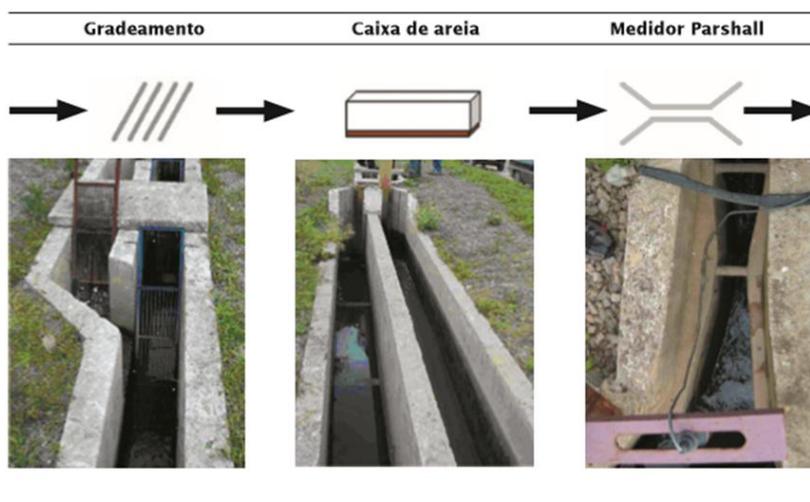
Assim, é fácil observar que o volume de água não potável demandado pelo prédio após a economia por águas pluviais é menor que a quantidade de água cinza disponibilizada para reuso. Entretanto, a ETAC será dimensionada para todo o consumo de águas cinzas, para garantir o abastecimento do estabelecimento mesmo em períodos de pouca chuva, precário abastecimento de água pela empresa responsável pelo local e suportar um possível aumento de demanda no prédio. Este volume que sobrar representa apenas aproximadamente 26,12% do volume de águas pluviais a ser utilizado, com isso, torna-se provável a necessidade, em épocas de estiagem, do uso deste volume. Logo, o volume de água a ser utilizado para reuso por mês será de 93.812,19L.

3.6 ETAC – Estação de Tratamento de águas cinzas

A estação de tratamento de águas cinza proposta neste projeto contará com a utilização do reator UASB, pois a mesma apresenta tamanho compacto, compatível com a vazão de projeto, comprovada eficiência de projeto e dimensionamento econômico. Piveli (2002) recomenda a utilização de reatores UASB, pois o mesmo é o reator anaeróbico que mais tem se consolidado no Brasil. Piveli (2002) ainda recomenda o uso de reatores UASB após o uso de filtros biológicos, pois os reatores UASB podem receber o excesso de lodo proveniente dos filtros, dispensando o uso de digestores de lodo. O uso do reator UASB como pós-tratamento do filtro biológico anaeróbico é defendido por Chernicharo e Machado (1997), que estudaram esta associação, obtendo resultados de remoção de DBO entre 85 e 95%. A ETAC desenvolvida neste projeto é muito semelhante à ETAC sugerida pela PROSAB (2009), que é composto por um reator anaeróbico compartimentado, um filtro biológico aerado submerso, um decantador, um tanque de equalização de vazão, dois filtros terciários de membrana e um clorador de pastilha. Para esta ETAC, o PROSAB (2009) constatou eficiência de 86% de remoção de DBO. Desta forma, a ETAC é composta por peneiramento, filtro biológico anaeróbico, reator UASB, filtro aeróbico submerso, decantador secundário e tanque de contato para cloração. A ETAC ainda vai contar com equipamentos auxiliares, para seu devido funcionamento, como caixas de inspeção, sistemas de aeração do filtro aeróbico submerso, bombas de recirculação do lodo, medidor de vazão, bombas de sucção, entre outros. A Tabela 10 resume os equipamentos utilizados e a função de cada um.

Peneiramento: o tratamento preliminar, em geral, é composto por unidades de gradeamento, desarenadores e medidores de vazão (dispositivo tradicionalmente usado: calha Parshall).

Figura 7 - Esquema de um tratamento preliminar de esgoto



A instalação acima descrita é geralmente utilizada para estações de tratamento com grandes vazões, como de estações de tratamento de esgoto de cidades inteiras. Considerando a pequena vazão da edificação estudada, bem como a área disponível para a instalação da estação, o gradeamento, a caixa de areia e a calha Parshall serão substituídas por uma peneira fina que detém partículas de até 1,0mm. As peneiras são utilizadas para retenção e separação de sólidas em suspensão dos efluentes e, usualmente utilizadas como unidade preliminar (ECOSAN).

Filtro biológico anaeróbio: O filtro anaeróbio consiste em um tanque PRFV (poliéster reforçado de fibra de vidro). O efluente é lançado na parte inferior do tanque, através de tubo que chega até a parte inferior do mesmo, em seguida passa por uma tampa furada / meio suporte / calha vertedora. As bactérias presentes no lodo disperso estabilizam-se (fixam-se) no meio suporte. O meio suporte é o elemento filtrante usado, podendo ser argila expandida ou até mesmo pedra brita, dependendo do porte do equipamento em questão. O efluente não sobe além da tampa do filtro pela "lei dos vasos comunicantes", na qual a água não subirá a um nível superior ao que está entrando no sistema. O tubo possui um capse na parte superior (tampão) para permitir a limpeza a cada 12 meses (através de caminhões limpa-fossa) (GANGHIS; PESTANA, 2016). Filtros biológicos anaeróbios podem tratar despejos solúveis em concentrações relativamente baixas (como, por exemplo, efluentes de esgotos domésticos). (CAMPOS; DIAS, 1989).

Reator UASB: Este reator anaeróbio é de fluxo ascendente. A digestão anaeróbia que ocorre no UASB é realizada pelo leito de lodo, localizado na zona de digestão. Acima desta zona, está a zona de sedimentação e o separador de fases. (MEHROTRA; NARNOLI, 1996). A água de entrada é distribuída no fundo do reator, se misturando com o lodo. Esta mistura causa a biodegradação e digestão de sólidos orgânicos suspensos, o que resulta na produção de biogás. O biogás segue em direção ao separador trifásico de fases. (FERNANDES, 1997).

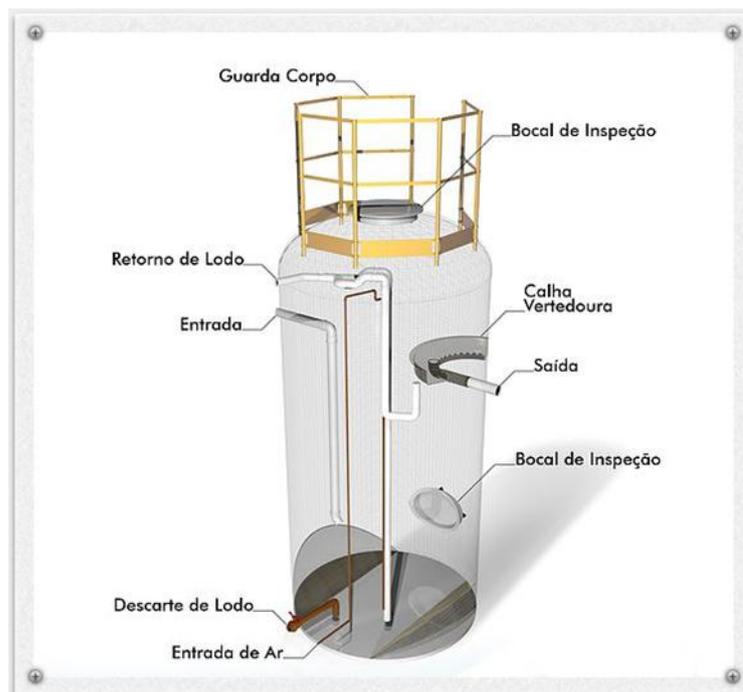
Filtro aeróbio submerso: o processo aeróbio é necessário para completar a remoção de matéria orgânica, e proporcionar a remoção de constituintes pouco afetados durante o tratamento anaeróbio como nutrientes e patógenos (CHERNICHARARO, 1997).

O filtro aeróbio submerso tem sido empregado por mais de 50 anos. O ar comprimido era introduzido por meio de tubos perfurados sob o meio de contato. Com o desenvolvimento dos difusores de ar e material de contato feito de plástico, os filtros continuaram atraindo o interesse dos pesquisadores. Assim, os filtros submersos parecem ser uma boa alternativa em relação a outros processos de tratamento (RUSTEN, 1984).

Este tipo de filtro é indicado para o uso em ETACs, pois seus custos de implantação, operação e manutenção são baixos e a operação é simples, comparados ao custo e operação de outros possíveis equipamentos, não exigindo mão de obra qualificada. (GONÇALVES et al, 2001).

Decantador secundário: Nos decantadores, ocorre o processo de sedimentação das partículas em suspensão. Para suspensões bastante diluídas (como, por exemplo, esgotos domésticos), o processo de sedimentação é governado pela lei de Stokes, que considera o equilíbrio de forças verticais. Os decantadores são alimentados pelo centro e a coleta de esgoto decantado é realizada na região inferior, através de raspadores mecanizados. Porém, estes raspadores representam um dos maiores custos de um decantador secundário. Os decantadores Dortmund possuem o fundo em forma de cone invertido, o que permite a retirada do lodo sedimentado através da pressão hidrostática, logo, descartando a necessidade da presença de raspadores mecanizados. Assim, o custo do decantador é reduzido e sua manutenção é facilitada. Os decantadores Dortmund são indicados para estações de pequeno porte (PIVELI, 2002).

Figura 8 - Esquema de um decantador secundário.



Fonte : Naturaltec

Cloração: Os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis. (CUBILLOS, 1981). Existem muitos agentes desinfetantes, mas, em geral, o cloro é o principal produto utilizado na desinfecção de águas de abastecimento. (MEYER, 1994). Comercialmente, o hipoclorito de cálcio é encontrado na forma sólida (pastilhas), e é relativamente estável na forma seca. Pastilhas de hipoclorito de cálcio, com 60% de cloro ativo, vêm sendo testadas com eficiência na desinfecção (PROSAB, 2003).

Tabela 10 - Resumos dos equipamentos da ETAC

Equipamento da ETAC	O que é removido/reduzido
Peneira Fina	Sólidos de até 1mm de diâmetro
Filtro Biológico Anaeróbio	DBO
Reator UASB	DBO, Sólidos orgânicos suspensos
Filtro Aeróbio Submerso	DBO, Nitrogênio, Fósforo, Sólidos orgânicos suspensos
Decantador Secundário	Sólidos sedimentáveis
Cloração	Microorganismos patogênicos restantes

3.7 Viabilidade econômica

A viabilidade econômica será analisada por meio de um gráfico de retorno financeiro, fazendo um comparativo de quanto se economizaria com a implantação desse sistema. Foram utilizados os seguintes dados para elaboração de planilha orçamentárias : bases de referência da construção civil, tais quais Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI); custo atual com água; custo de energia com bomba e orçamentos fornecidos por empresas para equipamentos e componentes da ETAC. Foram considerados também gastos com manutenção, mão de obra, crescimento de tarifa, dentre outros.

Com esse gráfico, será possível analisar o ponto em que os custos se equivalem com os benefícios, e então indicar em quanto tempo se torna vantajoso a implantação de um sistema de tratamento de águas cinzas no empreendimento em questão.

4. RESULTADOS

4.1 Qualidade e tratamento da água de chuva após passagem pelo telhado verde

4.1.1. Resultado da análise de qualidade

Com o uso de frascos esterilizados para evitar contaminação, foi coletado do armazenamento do telhado verde o volume de água solicitado pela empresa Acqualabor para a realização dos ensaios qualitativos da água. As amostras foram enviadas para o laboratório, que fez a análise cujo resultado (laudo presente no Anexo C) está resumido na Tabela 11.

Figura 9 - Amostras de água de chuva após telhado verde.



Tabela 11 - Resultado da análise da água de chuva após telhado verde.

Parâmetro	Resultado
Coliformes totais (NMP/100mL)	>8,0
Coliformes termotolerantes / Escherichia coli (NMP/100mL)	<1,1
pH	7,90
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385,00
Turbidez (μT)	47,00
Cor (μH)	329,00
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	261,80

4.1.2. Tratamento da água pluvial

O tratamento de águas pluviais requer apenas uma filtração simples e uma desinfecção, que, em geral, é feita através de cloração (TWBD, 1997). Porém, como foi constatado que o uso do telhado verde aumentar significativamente o valor para a cor e a turbidez da água (em comparação aos valores encontrados para a água bruta de chuva, presentes na Tabela 5), será necessário um tratamento para anteceder o filtro para evitar o fenômeno de colmatação. A colmatação do filtro lento de areia é o entupimento gradual dos vazios entre grãos e ocorre quando o acúmulo de contaminantes pelo filtro ocorre principalmente nas camadas superiores do filtro, tornando os poros desta camada mais preenchidos que os poros das camadas inferiores (BHARGAVA et al, 1989). Assim, é importante que a água bruta de entrada no filtro lento de areia, receba um pré-tratamento que garanta que o valor máximo da turbidez seja de 10 μT e da cor aparente de 20 μH (TOMAZ, 2009). Uma forma eficaz de remoção de turbidez e cor é a coagulação seguida de flotação, que remove pequenas partículas de forma mais eficiente que a sedimentação (EDZWALD, 2010). A flotação permite a separação de partículas sólidas ou líquidas de uma fase líquida com o uso de pequenas bolhas de gás, através de um processo físico-químico (DI BERNARDO et al., 2003).

Como foram constatados valores de turbidez e cor mais altos do que os recomendados para o uso do filtro lento de areia para a amostra de água analisada, fica claro que deverá haver um processo de coagulação e flotação antes da filtração da água de chuva. Com o objetivo de reduzir mais eficientemente os valores de cor e turbidez na água pluvial para a entrada da água no filtro lento de areia, haverá uma manta de material não tecido como pré-tratamento para o filtro. Di Bernardo et al (1991) comprovaram que o uso da

manta sintética como pré-tratamento para filtração lenta ajuda a aumentar a vida útil do filtro, reduzir a frequência de manutenções necessárias e a espessura de camada de areia, maximizar a eficiência de filtração e remoção de impurezas.

Associações de flotoadores e filtros lentos de areia, ou floto-filtração tem sido objeto de estudo de alguns pesquisadores como Reali (1991) e Burgess et al (1996), pois verificaram que este sistema é compacto e de fácil operação. Uma pesquisa realizada por Patrizzi (2002) analisou a eficiência deste tipo de tratamento para água de turbidez de aproximadamente 15uT e cor aparente de aproximadamente 120uH, resultando em uma turbidez de aproximadamente 0,4 uT e em uma cor aparente menor que 2uH. É importante ressaltar que a água bruta tratada pelo sistema projetado e estudado por Patrizzi (2002) apresenta qualidade superior à qualidade da água analisada neste projeto.

4.2 Dimensionamento da ETAC

4.2.1 Dados de entrada

A vazão de projeto utilizada foi a vazão máxima horária. Para seu cálculo, foi utilizado como base o dia que todos os usos que abastecerão a ETAC ocorrerão.

Tabela 12- Cálculo da vazão para o dia de maior consumo.

Descrição do uso	Quantidade de usos no dia de maior consumo	Tempo de abertura por uso (s/uso)	Vazão do equipamento (L/s)	Capacidade por utilização (L/uso)	Consumo no dia de maior consumo (L/dia)
Pia (lavagem de mãos)	1122	15	0,125		2103,75
Pia (escovação de dentes)	260	49,31	0,125		1602,575
Lavagem refeitório	1	25			25
Lavagem cozinha	1	25			25
Lavagem Banheiros	13			10	130
Manutenção Banheiros	37			1	37
Lavagem Pisos					5756
Vazão para o dia de ocorrência de todos os usos (L/dia)					9679,325

A DBO de entrada dos efluentes foi adotada com base na Tabela 2. Como a maior parte do volume de entrada na ETAC é composta por águas providas de pias de banheiro, a

DBO utilizada será similar aos resultados obtidos para esse uso. Assim, a Tabela 3, que contém análises apenas de efluentes de pias de banheiro, apresenta um valor de DBO que poderá ser utilizado no cálculo. Por questões de segurança, a DBO de projeto foi majorada em relação a DBO apresentada na Tabela 3 e tem ser valor igual a 60mg/L.

1.1.3 Dimensionamento dos componentes

O dimensionamento da ETAC foi realizado conforme instruções e recomendações das normas NBR 13969, NBR 12208, NBR 12209, da ABNT e dos autores Chernicharo (2000 e 1997) e Jordão e Pessoa (1994). O procedimento de cálculo está descrito no Anexo B e foi realizado com o auxílio de um software de programação MathCad. Como este software é em inglês, as unidades apresentadas no procedimento de cálculo estão no mesmo idioma. No Anexo C, pode-se observar desenhos em corte dos equipamentos já dimensionados.

Para a primeira etapa do tratamento, composta por um peneiramento, foi considerado o uso da Peneira Estática Autolimpante da empresa ECOSAN. Esta possui abertura de 1mm. A Tabela 13 resume os resultados obtidos para esta etapa.

Tabela 13 - Resumo dimensionamento do canal de gradeamento.

Canal de Gradeamento	
Largura	5cm
Altura	1,68cm

O leito filtrante do filtro biológico anaeróbio será preenchido por brita número 4. O volume deste leito está resumido na Tabela 14. Os aspectos do filtro que não foram dimensionados na planilha de cálculo foram assumidos por recomendação das fontes citadas acima.

Tabela 14 - Resumo dimensionamento do filtro biológico anaeróbio

Filtro Biológico Anaeróbio	
Volume	27,876m ³
Altura	3m
Diâmetro	3,441m
Eficiência	82,24%

Para o dimensionamento do reator UASB foram levados em consideração limites, inferiores ou superiores, de alguns parâmetros do seu funcionamento. Estes foram verificados e constatou-se que o UASB terá seu funcionamento conforme recomendado. A velocidade de ascensão nos compartimentos de digestão e decantação deve ser controlada, pois, velocidades excessivas resultam na perda de biomassa do sistema reduzindo a estabilidade do processo. Assim, a relação altura/área do reator foi controlada de forma que esta velocidade fique dentro do padrão. É importante considerar que o UASB possui um separador trifásico que serve para a coleta de gás, cuja saída é feita pela parte superior do reator. Neste projeto, não foi considerado o destino do lodo e o biogás gerados pelo UASB.

Tabela 15 - Resumo dimensionamento do reator UASB.

Reator UASB	
Volume	5,808m ³
Altura	6m
Largura	1,5m
Comprimento	0,645
Eficiência	89,78%

O decantador secundário foi dimensionado para forma cilíndrica para facilitar o arraste a instalação dos equipamentos e arraste de lodo e espuma. A altura mínima deste

componente da ETAC deve ser de três metros. A Tabela 16 resume os valores dimensionados para o decantador.

Tabela 16 - Resumo dimensionamento do decantador secundário.

Decantador Secundário	
Volume	0,3m ³
Diâmetro	1,053m
Altura	0,871m

O tanque de contato, além de servir de local para a desinfecção por cloração, também servirá como reservatório de águas para reuso. O volume encontrado para este reservatório é de 363L.

Os dados de saída da ETAC comprovaram a eficiência do projeto. Com essa taxa de remoção de DBO, a qualidade da água de reuso atende aos requisitos já explicados anteriormente. A Tabela 17 resume os parâmetros finais da ETAC.

Tabela 17 - Resumo do dimensionamento da ETAC

Resumo do dimensionamento da ETAC	
Eficiência total	99,50%
DBO de saída	0,269mg/L
Carga de saída	4,7g/dia

4.3 Dimensionamento das bombas da estação elevatória

A estação elevatória tem como função transportar a água tratada pela ETAC até o reservatório superior de águas de reuso, onde será armazenada. Por possuir uma das menores vazões presentes na tabela de dimensionamento no Anexo F, a água será recalçada por apenas uma bomba, entretanto, os custos serão analisados para duas bombas, pois é importante possuir uma reserva em caso de danos e quebras.

Para a obtenção da altura manométrica, foi estimado o valor para perdas de cálculo considerando que os seguintes equipamentos hidráulicos estão presentes no sistema: 1 válvula de retenção leve, 2 registros gaveta, 2 cotovelos de 90, 2 saídas de canalização.

Tabela 18 - Perdas de cargas para equipamentos hidráulicos

Peça	Comprimento expresso em diâmetros (unidade)	Unidades	Diâmetro da peça (mm)	Comprimento total de perdas (mm)
Válvula de retenção leve	100	1	32	3200
Válvula de gaveta	8	1	32	256
Cotovelo de 90	45	2	32	2880
Saída Canalização	35	1	32	1120
Perdas Totais (m)=				7,456

Fonte: Adaptado de Azevedo Neto, 1982.

Tabela 19 - Dados de entrada para o dimensionamento das bombas

Parâmetro	Valor	Unidade
Altura geográfica	12,2	M
Perdas de carga	7,456	M
Altura manométrica	19,656	M
Vazão de projeto	0,726	m ³ /h

Desta forma, foi escolhida a bomba BCR – 2000 da fabricante Schneider, com potência de ½ CV. Foi utilizada uma tabela fornecida pelo fabricante para a esta escolha. A tabela está presente no Anexo F.

Tabela 20 - Potência das bombas em diferentes unidades.

Potência da bomba	Unidade
0,5	CV
0,49315	Hp
0,36775	kW

5. ORÇAMENTO

5.1 Custo da ETAC

5.1.1 Instalação e equipamentos

Primeiramente, foram utilizadas tabelas da SINAPI como referência para custo de instalação da ETAC. Neste projeto não foram considerados os custos com fundação para a ETAC. Em seguida, com o objetivo de facilitar a elaboração do orçamento, cada equipamento da ETAC foi orçado com a empresa Fibrav Fibra de Vidro de Lambari Ltda., para os dados de projeto entrados no memorial de cálculo. O Anexo E apresenta a planilha orçamentária de aquisição e instalação da ETAC, além de demonstrar o cálculo da taxa de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). O custo total desta etapa do orçamento foi estimado em R\$ 136.181,73.

5.1.2 Operação e Manutenção

A operação da ETAC exige uma mão de obra treinada que deverá ser contratada por uma empresa especializada na cidade. Foi constatado que em apenas uma hora por dia, um funcionário devidamente instruído é capaz de manter uma ETAC em bom funcionamento. O custo desta visita foi estimado em R\$ 15,00. Este preço inclui o custo com o transporte e destinação do lodo resultante dos processos da ETAC. Para análises frequentes da qualidade da água efluente da ETAC, é necessária também a contratação de uma terceirizada especializada. Foi estimado um custo de R\$ 250,00 mensais. A despesa com energia dos dissipadores de ar e outros elementos dos constituintes da ETAC foi estimada em R\$

100,00, totalizando um custo de R\$ 665,00 por mês. Dessa forma, o orçamento com operação e manutenção da ETAC se assemelha à descrita por Von Sperling (2005).

Tabela 21 - Resumo do custo com operação e manutenção da ETAC

Tipo do custo	Quant.	Unidade	Custo unitário	Custo total
Mão de obra especializada	21	Horas	R\$ 15,00	R\$ 315,00
Análises da qualidade de água				R\$ 250,00
Custo com energia				R\$ 100,00

5.2 Custo do bombeamento

5.2.1 Aquisição das Bombas

As bombas foram orçadas pela empresa Schneider para o modelo e potência escolhidos anteriormente. O preço unitário da bomba é R\$ 632,00. O preço da bomba está incluído na planilha orçamentário do Anexo F. Serão compradas duas bombas para que o sistema não pare seu funcionamento no caso de quebra e danos em uma bomba.

5.2.2 Custo de operação

O funcionamento das bombas pode consumir bastante energia. Esse custo foi quantificado de acordo com a tarifa mais recente da CELPE para abastecimento por alta potência. A tabela tarifária da CELPE se encontra no Anexo H. As bombas tem potência de $\frac{1}{2}$ CV ou 0,36775kW e funcionarão durante 8 horas por dia, 5 dias por semana. Como a tarifa com energia elétrica é calculada em kWh, a tabela 30.

Tabela 22 - Custo com energia consumida pela bomba.

Potência da bomba (kW)	Horas de funcionamento (h)	Dias de funcionamento por mês (dias)
0,36775	8	21
CONSUMO TOTAL EM kWh		61,782
TARIFA POR CONSUMO (R\$/kWh)		0,41079
CUSTO TOTAL COM ENERGIA (R\$/mês)		R\$ 25,38

6. VIABILIDADE ECONÔMICA

6.1 Economia de água e esgoto

A partir dos valores do m³ de água cobrados pela COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento (Anexo I) foi possível estimar os custos com a conta de água.

Tabela 23 - Tarifa por consumo de água mensal para consumidor Comercial (abril/2016)

Consumo (litros)	Valor (R\$)
Tarifa Mínima-consumo até 10.000 litros/mês	54,80
Consumo superior a 10.000 litros	10,86 por 1.000 litros

Fonte: COMPESA (Anexo G)

Além desse valor, caso o consumidor seja atendido pela rede de esgoto, cobra-se ainda uma taxa de 100% do valor do consumo de água. Acresce a esse montante mais 1,65% de PIS e 7,6% de COFINS.

⁽¹⁾Consumo de água do prédio da Bateria Moura antes do reuso de água pluvial de cinza = 305.053,61 litros/mês.

⁽²⁾Economia de água com o reuso de água pluvial = 111.719,81 litros/mês.

⁽³⁾=(1)-(2)Consumo de água do prédio da Bateria Moura após o reuso de água pluvial = 193.333,80 litros/mês.

⁽⁴⁾Volume reutilizado de água cinza = 93.812,19 litros/mês (Tabela 19)

⁽⁵⁾=(3)-(4)Consumo de água do prédio da Bateria Moura após o reuso de água pluvial e cinza = 99.521,61 litros/mês.

A Tabela 24 apresenta o valor gasto mensal no prédio sem o reuso de água cinza e com o reuso de água cinza. É apresentado também a economia mensal gerada a partir do reaproveitamento das águas cinzas.

Tabela 24 - Comparativo de gastos com água (abril/2016)

	Conta de água sem reuso de água cinza	Conta de água com reuso de água cinza	Economia mensal de água
Tarifa	R\$ 54,80	R\$ 54,80	
Acréscimo	R\$ 1.991,00	R\$ 972,20	R\$ 1.018,80
Esgoto	R\$ 2.045,80	R\$ 1.027,00	R\$ 1.018,80
Subtotal	R\$ 4.091,60	R\$ 2.054,00	R\$ 2.037,60
PIS (1,65%)	R\$ 67,51	R\$ 33,89	R\$ 33,62
COFINS (7,6%)	R\$ 310,96	R\$ 156,10	R\$ 154,86
Total Geral	R\$ 4.470,07	R\$ 2.243,99	R\$ 2.226,08

6.2 Análise Financeira

A elaboração de uma análise financeira é extremamente importante para a aceitação ou não do projeto estudado neste trabalho. A análise de viabilidade tem como objetivo verificar se o projeto vai resultar em economia ou não. A elaboração de um fluxo de caixa, que descreve os valores gastos com a ETAC ao longo de um período de tempo, é a primeira etapa da análise financeira. Para isso, os custos futuros tiveram seu valor ajustado de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Este índice é calculado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e representa o aumento no preço de bens e serviços de acordo com a localização no Brasil, conforme define o IBGE. A Tabela 25 apresenta o valor atual do IPCA, que será utilizado neste projeto.

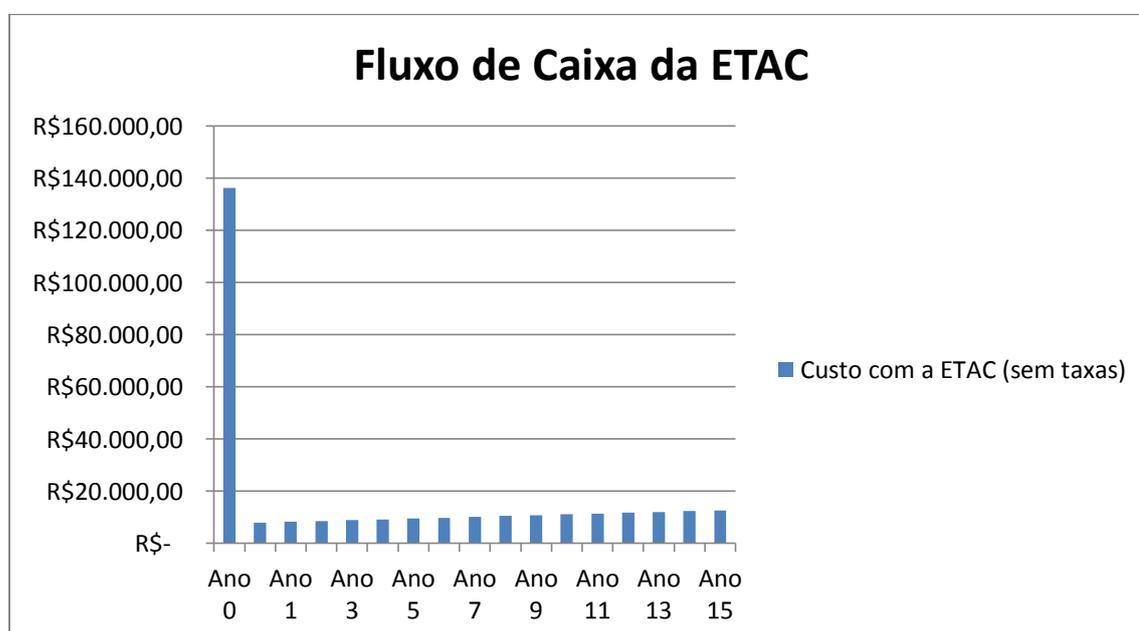
Tabela 25 - Valores de IPCA e INPC para o mês de junho e maio de 2016

Região	IPCA		INPC	
	Junho	maio	Junho	Maio
Rio de Janeiro	0,38	0,60	0,36	0,77
Porto Alegre	-0,02	0,92	0,08	1,16
Belo Horizonte	0,66	0,78	0,73	0,92
Recife	0,32	0,90	0,37	0,83
São Paulo	0,41	0,93	0,65	1,47
Brasília	0,11	0,45	0,28	0,43
Belém	0,52	0,60	0,61	0,59
Fortaleza	0,32	0,99	0,18	1,11
Salvador	0,33	0,83	0,49	0,80
Curitiba	0,09	0,64	0,18	0,75
Goiânia	0,39	0,28	0,56	0,35
Vitória	0,32	0,62	0,42	0,75
Campo Grande	0,45	0,73	0,81	0,75
Geral	0,35	0,78	0,47	0,98

Fonte: IBGE, 2016

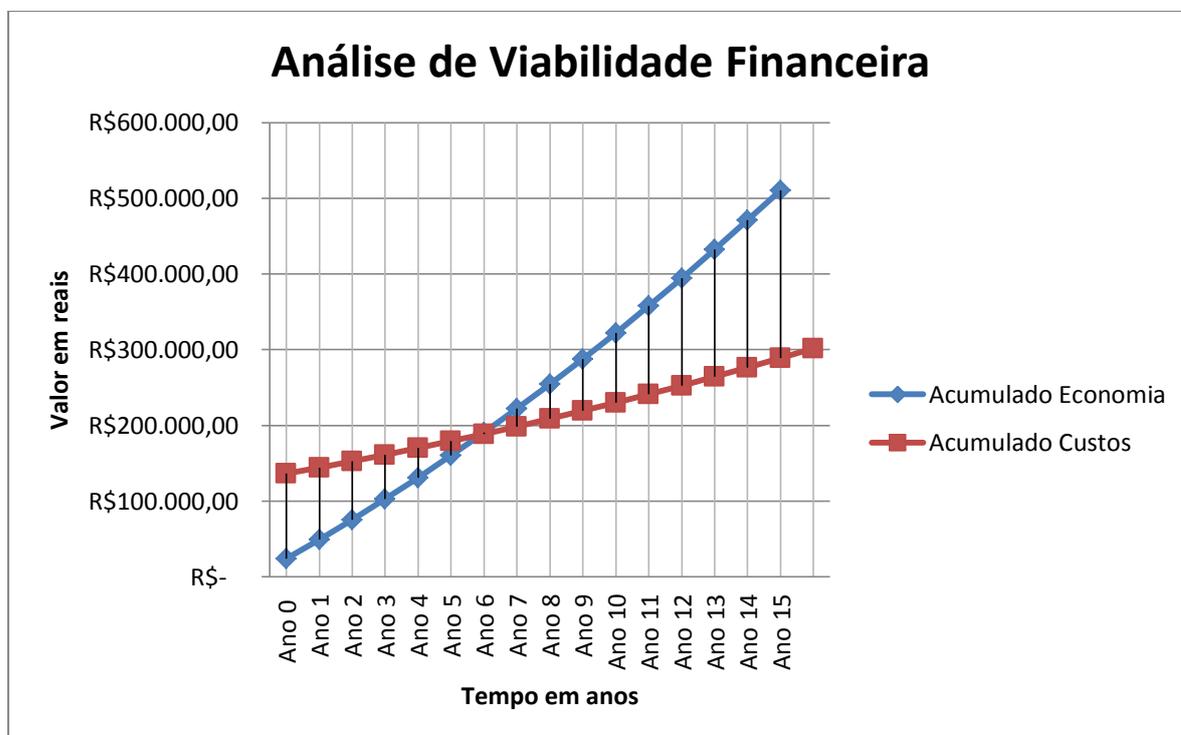
Com isso, o fluxo de caixa foi elaborado com os valores futuros corrigidos conforme este índice. No Anexo J estão apresentadas tabelas que quantificam os valores corrigidos ao longo de 15 anos. O gráfico 3 apresenta o fluxo de caixa da ETAC.

Gráfico 3 - Fluxo de caixa da ETAC para um período de quinze anos.



O mesmo procedimento também foi realizado para as economias geradas pela ETAC, como representado no gráfico 4. Com a adição dos dois fluxos de caixa e a elaboração de um gráfico com valores acumulados de custo e de economia, é possível verificar o tempo de retorno da ETAC, que foi identificado como seis anos. As tabelas demonstrando este cálculo se encontram no Anexo I.

Gráfico 4 - Análise de viabilidade financeira da implantação da ETAC.



7. CONCLUSÃO

A ETAC proposta por este projeto apresentou uma eficiência de remoção de DBO que permite o uso das águas cinzas tratadas, segundo os padrões de qualidade de água para reúso do Sinduscon e da ABNT/NBR 13.969/1997. A DBO de saída da ETAC é tão baixa comparada à recomendada por estes padrões (DBO de 0,265mg/L comparada à DBO de 10mg/L) que é possível afirmar que a ETAC foi superdimensionada. Com o objetivo de diminuir o custo com a ETAC e a área ocupada pela mesma, a remoção de um de seus componentes pode ser uma proposta interessante, que não compromete a qualidade da água tratada. O filtro biológico anaeróbio é o equipamento mais indicado para ser removido, pois, mesmo sem esta etapa, a ETAC continuaria contando com tratamentos aeróbio e anaeróbio associados, o que é essencial para a remoção de DBO e nutrientes presentes no efluente. Entretanto, a eficiência da ETAC não foi comprovada, sendo recomendado que, após a instalação, no período de pré-operação, algumas alterações possam ser introduzidas para melhorar o desempenho da operação. Quanto à análise de viabilidade financeira de uma ETAC, verificou-se que o tempo de retorno financeiro foi de seis anos. Se houver a retirada de um dos seus componentes, este tempo de retorno será reduzido.

O tratamento de águas pluviais proposto nesse trabalho não foi testado, logo, é recomendada a instalação de um sistema de tratamento igual para análise da sua eficiência. Esta análise pode ser realizada em laboratório, como parte de pesquisa acadêmica, ou testada após instalação no edifício em sua fase pré-operacional.

Em relação ao aproveitamento de águas pluviais, foi observado que o uso do telhado verde não traz nenhum benefício, apesar de melhorar o conforto ambiental no edifício. Este tipo de cobertura prejudica a qualidade da água pluvial, elevando os valores de cor e turbidez, além de reduzir o volume de coleta, pois uma parte da água é retida na camada de substrato e será consumida pela vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABNT/NBR 13.696/97. **Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação:** NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water** 1, p.49-55, 1999. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/223241406_At-source_domestic_wastewater_quality_Urban_Water_11_49-55 >. Acesso em: 27 jun. 2016.

ANA. **Programa Nacional da Qualidade das Águas**. Indicadores de Qualidade das Águas. Disponível em < <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> >. Acesso em: 29 jul. 2016.

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R. Introdução. In: CAMPOS, J. R. (Coordenador). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1-28.

ASA – Articulação para o semiárido. Programa um milhão de cisternas (P1MC). Recife, PE. Disponível em < <http://www.asabrasil.org.br> >. Acesso em: 16 jun. 2016.

AZEVEDO NETO, J.M. **Manual de Hidráulica**. 7 ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1982, 336 p.

BALDESSAR, S.. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BARBOSA, M. Pernambucanos apostam em ideias sustentáveis para economizar água. *Portal G1 de Notícias*, Recife, mar. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2015/03/pernambucanos-apostam-em-ideias-sustentaveis-para-economizar-agua.html>>. Acesso em 17 ago. 2016.

BERTOLO, E., **Aproveitamento da água da chuva em edificações**, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

BHARGAVA,D.S., OJHA, C.S.P., 1989, **Theoretical Analysis Of Backwash Time In Rapid and filters**, Water Research, v. 23, ed. 5..

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 26 jul.2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

BURGESS, D. et al. The investigation of the advanced treatment of municipal wastewater by modular flotation-filtration systems and reuse for irrigation. *Water science technology*. vol. 33, n. 10-11, EUA, 1996.

CEF. **Tabela de referência SINAPI**. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>. Acesso em: 3 ago. 2016.

CELPE. **Tarifas de energia elétrica**. Resolução homologatória nº 2067 de 26 de abril de 2016.

CHERNICHARO, C. A. DE L., **Reatores anaeróbios**. Princípios do tratamento Biológico de águas residuárias. DESA/UFMG. Belo Horizonte – MG, v.5, 1997.

CHERNICHARO, C. A. de L.; MACHADO, R. M. G.. Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios utilizados para o polimento de efluentes de um reator uasb In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. Anais do congresso, 1997. v. I – 148. p. 841 – 853.

CHERNICHARO, C.A. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. FINEP/CNPq/Caixa Econômica Federal. Rio de Janeiro, 2000.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v. 106, n. 1-3, p. 391-397, 1996. Disponível em < <http://www.oalib.com/references/13240740> >. Acesso em: 27 jun. 2016.

COMPESA. **Estrutura tarifária**. Resolução da Arpe nº 107/2016 publicado no DOE nº 31 de 19/02/2016 – Companhia Pernambucana de Saneamento. Disponível em <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAcao.n.do>>. Acesso em: 4 ago. 2016.

CPRM. **Mapa Isoietas**. Disponível em < <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicações/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html> > Acesso em: 28 jul. 2016.

CUBILLOS, A.. Calidad y Control de La Polucion del Agua. Mérida: IDIAT/Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. (Mimeo.) (Série Ambiente y Recursos Naturales Renovables, AR 14)., 1981.

DI BERNARDO, L.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1;2, p. 39 - 44, 2003.

DI BERNARDO, L.; GRAHAN, N. J. D.; PATERNIANI, J. E. S. Fabric-Protected Shallow Depth Slow Sand Filters. **Preliminary Pilot - Plant Investigations**. In: Workshop. Durham, 1991.

DELTA. **Produtos**: estações de tratamento de efluentes. Disponível em < <http://www.deltasaneamento.com.br/pagina/filtro-biologico-para-tratamento-de-esgoto> >. Acesso em: 29 jul. 2016.

ECOSAN. **Produtos e serviços**: equipamentos para tratamento de efluentes. Disponível em < http://www.ecosan.com.br/pt/br/produtos_servicos/equipamento_tratamento_efluentes >. Acesso em: 29 jul. 2016.

ECOTELHADO. **Sistema hexa Ecotelhado**, Porto Alegre. 7 p.

EDZWALD, J.; K. Dissolved air flotation and me. A review. **Water research**, v. 44, p. 2077–2106, 2010.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. A characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075801000644> >. Acesso em: 27 jun. 2016.

FERNANDES, C. - *Esgotos Sanitários*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 1997.

FERRAZ, C. F.; PATERNIANI, J. E. S. Eficiência da filtração lenta em areia e manta não tecida no tratamento de águas de abastecimento para pequenas comunidades. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. Anais do congresso, 2000. v. II – 0001. p. 1 – 10.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19 – 30, 2004. Disponível em <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3676/2042>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

FLUXO. **Soluções sustentáveis**: reuso de águas cinzas. Disponível em <http://www.fluxoambiental.com.br/solucoes.aguas_cinzas.php#d> Acesso em: 29 jul. 2016.

FONINI, A.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. S. **Estudo para a determinação da capacidade de aproveitamento das águas pluviais e das águas cinzas em um complexo esportivo universitário**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

FUNASA. **Manual de saneamento**. 3 ed. Ver. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de avapotranspiração**. Disponível em <<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/handle/123456789/1163>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

GANGHIS, D.; PESTANA, M. **Apostila de Tratamento de Efluentes**. CEFET/BA, 69p. Disponível em <
www.ifba.edu.br/professores/diogenesgaghis/TE_Tratamento%20de%20Efluentes/Apostila%20Tratamento%20de%20Efluentes.doc>. Acesso em: 7 maio 2016.

GONÇALVES, F.R. et al. **Uso racional da água em edificações**, PROSAB, Vitória – ES, 2006.

GONÇALVES, R. F. Plano de integração – Rede 5. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico**, Edital 4 (PROSAB 4), 2004. 12 p.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. Reuso de águas cinzas em edificações urbanas – Estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ) . **Revista Aidis**, v. 3, n. 1, p. 120 – 131, 2010. Disponível em <
http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/23795/pdf_895>. Acesso em: 28 jun. 2016.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil da escola de engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2008.

IDEC. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Brasília, 2005. Disponível em <
http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2016.

JALFIM, F.T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água de chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., Paraíba, 2001.

JEFFERSON, B. et al. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water** 1, p. 285 – 292, 1999. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/222684646_Technologies_for_Domestic_Wastewater_Recycling>. Acesso em: 27 jun. 2016.

JORDÃO, E.P. E PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 3 ed., 1994.

KUREK, R. K. M.; STEIN, R. T. **Proposta de um sistema de reuso de água de lavatórios em um centro universitário**: análise preliminar. In : VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, VI, Porto Alegre/RS, 2015. Disponível em <www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/I-008.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2016.

LANGERGRABER, G.; MUELLEGGER, E. Ecological Sanitation – a way to solve global sanitation problems?. **Environmental International**. v. 31, n. 3, p. 433 – 444, 2005. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041200400145X> >. Acesso em: 27 jun. 2016.

LIMA, R. P.; MACHADO, T. G.. **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. 2008. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. São Paulo, 2008.

MARCHETTO, M.; REALI, M. A. P. Clarificação por flotação de água bruta com cor moderadamente elevada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. Anais do congresso, 1997. v. II – 58. p. 1411 – 1424.

MARENGO, J. A.. Águas e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n. 63, 2008. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200006&lng=pt >. Acesso em: 26 de jun. 2106.

MATCALF & EDDY. **Wastwater Engineering: Treatment and Reuse**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 2003.

MATOS, J.C. **Tratamento de Esgoto Sanitário**. Manaus, 2010. 149p.

MAY, S.. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2002. 223 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Paulo.

MAY, S.. **Estudo do aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

MENROTRA, I.; NARKOLI, S. K. Sludge blanket of UASB reactor: mathematical simulation, **Water Science Tech**. Anais do Congresso, 1997. v. I – 31. p. 715-726.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MEYER, S. T.. Chlorine Use in Water Disinfection, Trihalomethane Formation, and Potential Risks to Public Health. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, Jan/Mar, 1994.

NATURALTEC. **Filtros:** ETE/ETA – filtro aeróbio. Disponível em <www.naturaltec.com.br/Filtro-Aerobio.html>. Acesso em: 29 de jul. 2016.

NEGEV, A. & GIBSON, S. **Archaeological Encyclopedia of the Holy Land**. New York, Continuum, 2001.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275 – 284, 2000. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/169974772/Greywater-Reuse-System-for-Toilet-Flushing>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

NSW HEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**. Sidney, 2000 Disponível em <http://www.health.nsw.gov.au/publichealth/ehb/general/wastewater/greywater_policy.pdf> Acesso em: 28 jul. 2016.

NUNES, L. et al. **Disponibilidade de água doce no planeta**, 2009. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2009_10/relatorios/R209.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2016.

OTTOSON, J. STRENSTROM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water Research**. v. 37, n. 3, p. 645 – 655, 2003. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/10810232_Faecal_Contamination_of_Grey_Water_and_Associated_Microbial_Risks>. Acesso em 28 jul. 2016.

PATRIZZI, L. J.. **Remoção de ferro, manganês e substâncias húmicas de água para abastecimento com uso de flotação por ar dissolvido de alta taxa e oxidação química**. 2009. 261 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

PD7 TECHNOLOGY. **Tendências:** ETAC – Estação de tratamento de águas cinzas. Disponível em <<http://pd7.com.br/tendências/etac-estacao-de-tratamento-de-aguas-cinzas>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

PIVELI, R. P.. Tratamento Biológico Aeróbio e Anaeróbio de Águas Residuárias - Módulo Prático. 2002.

PROSAB Edital 3, Coordenada pelo professor Ricardo Franci Gonçalves. Desinfecção de Efluentes Sanitários. Vitória/ES 2003.

PROSAB. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água/Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009

QUEENSLAND EPA. **Queensland water recycling guidelines**. Queensland, Australia: Queensland Government, 2005.

REALI, M. A. P.. Concepção e avaliação de um sistema compacto para tratamento de águas de abastecimento utilizando o processo de flotação por ar dissolvido e filtração com taxa declinante. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

REBOUÇAS, A. C.. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 327 - 344, 2001. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300024&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 25 de jul. 2016.

REBOUÇAS, A. C.. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed., 2006.

RECESA – REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. **Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamentos de esgoto: guia do profissional em treinamento: nível 1**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Belo Horizonte: ReCESA, 74 p., 2008. Disponível em <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-OMSS.2.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

RECESA – REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamentos de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Belo Horizonte: ReCESA, 112 p., 2008. Disponível em <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-OMSS.2.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

RELATÓRIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA ÁGUA NO MUNDO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Disponível em <<http://www.unesco.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

ROLA, S. M.. **A natureza como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: estudo da capacidade do sistema de natureza em filtrar a água de chuva**. 2008. 209 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro.

RUSTEN, B. Wastewater treatment with aerated submerged biological filters. **Journal WPCF**. v.5, p. 424 – 31, 1984

SABESP. **Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água**. São Paulo, 100 p.

SANEFLUX. **Produtos:** linha SV. Disponível em <<http://www.gruposaneflux.com.br/linha-sv>>. Acesso em 9: 2de jul. 2016.

SANTANA, N. C. B. **Qualidade das águas de chuva em João Pessoa – PB – Comparativo com padrões de qualidade para uso residencial**. João Pessoa, PB, 2012. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 2012.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Tabela de Seleção de Bombas e Motobombas**, 2016. Disponível em <<http://www.schneider.ind.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

SILVA, I. D. A.. **Dispositivos hidráulicos economizadores e aproveitamento de águas pluviais em escritórios comerciais** : Estudo de caso no escritório Recife da Baterias Moura. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SINDUSCON SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

TASSI, R et al. Telhado verde : uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139 – 154, 2014. Disponível em <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/38866/28753> >. Acesso em 17 jun. 2016.

THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT. **Water for People, Water for Life.** Disponível em < http://www.un.org/esa/sustdev/publications/WWDR_english_129556e.pdf>. Acesso em: 25 jul.2016.

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

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, 2009. Disponível em < <http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>> Acesso em: 3 ago. 2016.

TWDB. Texas Guide to Rainwater Harvesting .Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Austin, Texas, 1997. 65p.

VAZ, L.O. **Avaliação do risco microbiológico decorrente do reuso de águas cinza em uma edificação residencial de alto padrão,** 2009, 142 p. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

VIANNA, C. et al. Os recursos de água doce no mundo – situação, normatização e perspectiva. **Âmbito Jurídico.** Disponível em < http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?artigo_id=215&n_link=revista_artigos_leitura> . Acesso em: 26 jul. 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgostos:** princípios do tratamento biológicos de águas residuárias. v. 1, 3 ed. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2005, 452 p.

ANEXO A – PADRÕES DE QUALIDADE PARA REUSO DE ÁGUA

Padrão presente na publicação “Conservação e Reúso da Água em Edificações” do SINDUSCON SP:

a. Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;

Não deve ser abrasiva;

Não deve manchar superfícies;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

b. Água para descarga em bacias sanitárias:

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve ser abrasiva;

Não deve manchar superfícies;

Não deve deteriorar os metais sanitários;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

c. Água para refrigeração e sistema de ar condicionado:

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve ser abrasiva;

Não deve manchar superfícies;

Não deve deteriorar máquinas;

Não deve formar incrustações.

d. Água para lavagem de veículos:

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve ser abrasiva;

Não deve manchar superfícies;

Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

e. Água para lavagem de roupa:

Deve ser incolor;

Não deve ser turva;

Não deve apresentar mau-cheiro;

Deve ser livre de algas;

Deve ser livre de partículas sólidas;

Deve ser livre de metais;

Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

f. Água para uso ornamental:

Deve ser incolor;

Não deve ser turva;

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

g. Água para uso em construção civil:

Na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo:

Não deve apresentar mau-cheiro;

Não deve alterar as características de resistência dos materiais;

Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;

Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Atendendo às exigências mínimas acima citadas, foram definidas as classes de água para reúso.

a. Água de Reúso Classe 1

Os usos preponderantes para as águas tratadas desta classe, nos edifícios, são basicamente os seguintes:

- descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.);
- lavagem de roupas e de veículos.

Apesar desta aplicação incorporar diversas atividades, todas convergem para a mesma condição de restrição que é a exposição do público, usuários e operários que operam, manuseiam ou tenham algum contato com os sistemas de distribuição de água reciclada.

Outro fator de grande importância relativo aos usos benéficos em consideração diz respeito aos aspectos estéticos da água de reúso. Neste caso, o reúso está vinculado ao “adorno arquitetônico”, exigindo grau de

transparência, ausência de odor, cor, espuma ou quaisquer formas de substâncias ou componentes flutuantes.

Nesse sentido, os parâmetros característicos foram selecionados segundo o uso mais restritivo entre os acima relacionados, e estão apresentados na Tabela 26.

Cabe ressaltar que o uso da água de reúso Classe 1 pode gerar problemas de sedimentação, o que causaria odores devido à decomposição de matéria orgânica, obstrução e presença de materiais flutuantes. Como solução cita-se:

- a detecção de cloro residual combinado em todo o sistema de distribuição; e
- o controle de agentes tensoativos, devendo seu limite ser $\leq 0,5$ mg/L.

Embora no Brasil a grande maioria dos detergentes domésticos e industriais seja de biodegradáveis, o controle de surfactantes é importante, a fim de evitar formação de espumas em descargas de bacias sanitárias e torneiras.

Tabela 26 - Parâmetros característicos para água de reúso classe 1.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e Aparência	Não degradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO² (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Parâmetros	Concentrações
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total⁴ (mg/L)	$\leq 0,1$ mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: Sinduscon, 2005.

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

b. Água de Reúso Classe 2

Os usos preponderantes nessa classe são associados às fases de construção da edificação:

- lavagem de agregados;
- preparação de concreto;
- compactação do solo e;
- controle de poeira.

Os parâmetros básicos de controle são apresentados na Tabela 27:

Tabela 27 - 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 degradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	30 mg/L

Fonte: Sinduscon, 2005.

c. Água de Reúso Classe 3

O uso preponderante das águas dessa classe é na irrigação de áreas verdes e rega de jardins.

Neste caso, a maior preocupação do emprego da água de reúso fica condicionada às concentrações de contaminantes biológicos e químicos, incidindo sobre o meio ambiente e o homem, particularmente o operário que exerce suas atividades nesse ambiente.

As atividades antrópicas normalmente praticadas em áreas verdes não incluem contatos primários sendo, portanto, ocasional a frequência de interação homem-meio. Os aspectos condicionantes para a aplicação apresentada incidem principalmente sobre a saúde pública, a vegetação e o lado estético. Alguns dos principais problemas relacionados com o gerenciamento da qualidade da água são: salinidade, toxicidade de íons específicos, taxa de infiltração no solo etc.

A Tabela 28 apresenta os parâmetros mais importantes que devem ser verificados para o uso de água para irrigação.

Tabela 28 - 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	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
Específicos		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	> ou = 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)	
Sólido dissolvido total (mg/L)		< 20 (mg/L)	
Turbidez (UT)		< 5 (mg/L)	
Cor aparente (UH)		< 30 (mg/L)	
Coliformes fecais (mg/L)		≤ 200/ 100mL	

Fonte: Sinduscon, 2005.

Ressalte-se que em sistemas de irrigação por aspersores, como a água incide diretamente sobre as folhas, algumas culturas mais sensíveis podem apresentar queimaduras. Esse efeito negativo, comum em países tropicais,

é agravado em dias mais quentes, quando o cloro pode acumular-se nos tecidos, atingindo níveis tóxicos. Normalmente, concentrações de 1 mg/L, não causam problemas, porém algumas culturas mais sensíveis sofrem danos com concentrações de 0,5 mg/L.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu nas diretrizes para o uso de esgotos na agricultura e aquicultura, publicadas em 1989, o valor numérico de 1.000 coliformes fecais/100mL (média geométrica durante o período de irrigação), para irrigação irrestrita de culturas ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos. Entretanto, para gramados com os quais o público tenha contato direto deve ser adotado o valor numérico de 200 coliformes fecais/100 mL. Além disso, os nematóides intestinais devem ser < 1 ovo de helminto/L.

d. Água de Reúso Classe 4

O uso preponderante para esta classe é no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

As variáveis de controle são apresentadas na Tabela 29, em função do tipo de operação das torres de resfriamento utilizadas no edifício.

Tabela 29 - 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	SR	0,5
Manganês	SR	0,5
Amônia	SR	1
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos em Suspensão Totais	5000	100
pH	5,0 - 8,3	6,8 - 7,2
Coliformes Totais (NMP/100mL)	SR	2,2
Bicarbonato	600	24

Variável*	Sem recirculação	Com recirculação
Sulfato	680	200
Fósforo	SR	1
Cálcio	200	50
Magnésio	SR	30
O ₂ dissolvido	Presente	SR
DQO	75	75

Fonte: Sinduscon, 2005.

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

SR – sem recomendação.

Classificação das águas de acordo com seus respectivos usos, segundo a ABNT/NBR 13.969/1997:

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.

Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção.

Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo

necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

A Tabela 30 resume os parâmetros para qualidade de água de reuso em diversos países e regiões:

Tabela 30 - Diretrizes e padrões para reuso de água.

País/Região	Coliformes	Coliformes	Ovos	DBO	Turbidez	SST	OD (% de saturação)	pH	Cloro
	Fecais	Totais	helminto						Residual
	(nº/100mL)	(nº/100mL)	(nº/L)						(PPM)
Austrália (New South Wales)	<1	<2/50	-	>20	<2	-	-	-	-
Arizona	<1	-	-	-	1	-	-	4,5 - 9	-
Califórnia	-	2,2	-	-	2	-	-	-	-
Chipre	50	-	-	10	-	10	-	-	-
EC balneabilidade	100(g)	500(g)	-	-	2(g)	-	80 - 120	6,0 - 9,0	-
	2.000(m)	10.000(g)	-	-	1(m)	-			-
França	<1000	-	<1	-	-	-	-	-	-
Flórida (m)	25 p/	-	-	20	-	5	-	-	1
	qualquer								
	amostra 75%								
Alemanha (g)	100(g)	500(g)	-	20(g)	1 - 2(m)	30	80 - 120	6,0 - 9,0	-
Japão (m)	10	10	-	10	5	-	-	6,0 - 9,0	-
Israel	-	2,2 (50%)	-	15	-	15	0,5	-	0,5
		12(80%)							
Itália	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuwait (alimento não ingerido cru)	-	10.000	-	10	-	10	-	-	1
Kuwait (alimento ingerido cru)	-	100	-	10	-	10	-	-	1
Oman 11A	<200	-	-	15	-	15	-	6,0 - 9,0	-
Oman 11B	<1000	-	-	20	-	30	-	6,0 - 9,0	-
África do Sul	0(g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Espanha (Ilhas Canárias)		2,2	-	10	2	3	-	6,5	1
	-								
	8,4								
Texas (m)	75 (m)	-	-	5	3	-	-	-	-
Tunísia	-	-	<1	30	-	30	7	6,5	-
								-	
								8,5	
Emirados Árabes	-	<100	-	<10	-	<10	-	-	-
Reino Unido balneabilidade	100 (g)	500 (g)	-	-	2 (g)	-	80 - 120	6,0 - 9,0	-
	2000 (m)	10.000 (m)	-	-	1 (m)	-			-
US EPA (g)	14 p/qualquer amostra,	-	-	10	2	-	-	6,0 - 9,0	-
	0 para 90%								
WHO (irrigação gramado)	200 (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
	1000 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-
Legenda (g): guia/diretriz		(m):mandatário/obrigatório							

Fonte: Adaptado de EPA, 2005.

ANEXO B – MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO

Tabela 31 - Dados mensais do posto pluviométrico 202 - Jaboaão dos Guararapes

DADOS MENSIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 202 - JABOÃO DOS GUARARAPES														
Código	Posto	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
202	Jaboaão dos Guararapes	1995	24,7	1,3	114,7	96,2	46,8	234,9	255,2	14,9	0,2	10,5	41,1	0,2
202	Jaboaão dos Guararapes	1996	53,9	139,5	53,7	318,4	51,6	181,3	452,5	329	170,9	34,6	43,1	26,5
202	Jaboaão dos Guararapes	1997	3,6	103,4	123,4	315,2	336	137,3	55	122	3,3	3,8	19,2	43,4
202	Jaboaão dos Guararapes	1998	15,6	23,6	22,6	63,4	111,2	101,8	160,8	226,9	20,4	9,8	4,6	0,8
202	Jaboaão dos Guararapes	1999	35,3	7,8	79	21,7	152	93,4	55,5	76,2	44,4	32,6	64,4	61
202	Jaboaão dos Guararapes	2000	73,5	63,8	136,6	301,6	237,3	540,2	493,4	421,4	255,3	22,3	7	146
202	Jaboaão dos Guararapes	2001	11,1	10,1	61	13,3	17,8	295,9	223	97	40,9	2,8	0,2	0
202	Jaboaão dos Guararapes	2002	150,8	52,2	127,6	153,8	296,2	550,4	261,8	73,9	32,2	29,4	59	8,3
202	Jaboaão dos Guararapes	2003	46,7	199,2	259,4	101,9	286,1	412,7	264,7	201,1	82	35,8	17,8	21,1
202	Jaboaão dos Guararapes	2004	238	147,3	77,2	232,6	311,5	549,4	381,5	135,7	74,2	24,2	23,3	3,1
202	Jaboaão dos Guararapes	2005	14,7	72,4	74,5	22,9	384,9	615,5	178,2	200,6	36,9	43,8	2,6	134,9
202	Jaboaão dos Guararapes	2006	32,4	18,4	98,7	242,7	463,3	405,3	184,7	96,9	64,6	0,1	0	0
202	Jaboaão dos Guararapes	2007	40,8	140,2	120,3	227,6	202,5	325,9	239	180,3	115,7	6	0,3	10,6
202	Jaboaão dos Guararapes	2008	37,3	22,1	329,8	203,9	370,4	433,6	275,5	274,7	43,9	31,8	6,7	67,4
202	Jaboaão dos Guararapes	2009	198,4	176,3	132,3	347,5	300,1	376,6	313,2	253,9	60,4	12,8	63,2	39,1
202	Jaboaão dos Guararapes	2010	96,2	38,6	81,7	243,8	198,3	504,9	218,1	179,2	50,3	119,7	32,4	40,2
202	Jaboaão dos Guararapes	2011	173,1	171,8	82,6	758,3	638,6	260,1	369,3	207,8	33,8	9,9	51,8	45,2
202	Jaboaão dos Guararapes	2012	188,6	133,1	55	30,9	142,3	236,5	220,2	52,4	11,2	29,1	4,1	11,5
202	Jaboaão dos Guararapes	2013	27,6	21,1	95,7	156	429,6	247,6	392	221,8	143	94,2	68	142,6
202	Jaboaão dos Guararapes	2014	124,4	169,9	232,5	221,1	454,2	321,3	203,8	148,5	304,9	165,2	47,6	58,8
	Média da precipitação mensal		79,3	85,6	117,9	203,6	271,5	341,2	259,9	175,7	79,4	35,9	27,8	43,0

ANEXO C – LAUDOS DE ANÁLISE DE ÁGUA

Figura 10 - Análise bacteriológica da água pluvial pós telhado verde.



LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA

Nº 2035/16

Cliente:	Srª. Clarissa Dália de Azevedo		
Endereço:	Rua dos Navegantes, 1295 - Apto 1101 - Boa Viagem - Recife - PE		
Responsável:	Srª. Clarissa Dália de Azevedo	Data da Coleta:	03/08/16
Origem da Amostra:	Água de Chuva	Data do Laudo:	05/08/16
Ponto de coleta:	Telhado Verde		
Profundidade(m):	.	Coletor:	O Cliente
Cloro Residual Total (mg/L Cl ₂):			

ANÁLISE BACTERIOLÓGICA*

PARÂMETROS	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes/ Escherichia coli
RESULTADOS (NMP/100 mL)**	> 8,0	< 1,1
Padrão de Potabilidade ***	<1,1(ausência)	<1,1(ausência)

Obs.: O(s) resultados desta(s) análise(s) está(ão) restrito(s) e só se aplica(m) à amostra coletada discriminada neste laudo.

* Metodologia: Teste Enzima-Substrato (Método Cromo-fluorogênico) – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, 2005.

** Número mais Provável em 100mL

*** Ausência de coliformes, conforme Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde que rege sobre Água Potável.

CONCLUSÃO

Amostra insatisfatória do ponto de vista bacteriológico.

Fátima Monteiro
Fátima Monteiro
Eng. Química
CRQ 01.300.799

ANEXO D – PROCEDIMENTO DE DIMENSIONAMENTO DA ETAC

Dados de Entrada

Cálculo das Vazões de Entrada no ETAC

Vazão de entrada de efluentes no dia de maior consumo:

$$Q_{\text{maiorcons}} := 9679.325 \frac{\text{L}}{\text{day}}$$

$$Q_{\text{maiorcons}} = 1.12 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{maiorcons}} = 0.112 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Vazão de entrada de efluentes no dia de menor consumo:

$$Q_{\text{menorcons}} := 3873.325 \frac{\text{L}}{\text{day}}$$

$$Q_{\text{menorcons}} = 4.483 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{menorcons}} = 0.045 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Coefficiente de vazão máxima diária:

$$K1 := 1.2$$

Coefficiente de vazão máxima horária:

$$K2 := 1.5$$

Vazão máxima diária:

$$Q_{\text{maxd}} := Q_{\text{maiorcons}} \cdot K1$$

$$Q_{\text{maxd}} = 1.162 \times 10^4 \cdot \frac{\text{L}}{\text{day}}$$

maior consumo

$$Q_{\text{maxd}} = 1.344 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\max d} = 0.134 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Vazão máxima horária:

$$Q_{\max h} := Q_{\max d} \cdot K_2$$

$$Q_{\max h} = 1.742 \times 10^4 \cdot \frac{\text{L}}{\text{day}}$$

maior consumo

$$Q_{\max h} = 2.017 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\max h} = \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$Q_{\max h} = 0.202 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Cálculo da quantidade de DBO de entrada na ETAC

DBO dos efluentes:

$$SODBO := 60 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$LODBO := Q_{\text{maiorcons}} \cdot SODBO$$

$$LODBO = 0.581 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

DQO dos efluentes:

$$SODQO := 1.7 SODBO$$

$$SODQO = 102 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$LODQO := Q_{\text{maiorcons}} \cdot SODQO$$

$$LODQO = 0.987 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

Temperatura de esgoto:

$$T_{\text{amb}} := 25 \text{ C}$$

Tempo de retenção hidráulica:

$$t := 8 \cdot \text{hr}$$

Dimensionamento do Tratamento Preliminar - Gradeamento fino

Dados da grade a ser utilizada:

Espaçamento entre as barras:

$$e_{\text{grade}} := 0.15 \text{ m}$$

Espessura das barras:

$$a_{\text{grade}} := 0.1 \text{ m}$$

Eficiência da grade:

$$E_{\text{grade}} := \frac{a_{\text{grade}}}{(a_{\text{grade}} + e_{\text{grade}})}$$

$$E_{\text{grade}} = 0.4$$

Considerando o valor da velocidade de fluxo:

$$v_{\text{grade}} := 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Área útil da grade:

$$A_{\text{grade}} := \frac{Q_{\text{maxd}}}{v_{\text{grade}}}$$

$$A_{\text{grade}} = 1.68 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Seção da grade para situação de limpeza:

$$S_{\text{gradelimpa}} := \frac{A_{\text{grade}}}{E_{\text{grade}}}$$

$$S_{\text{gradelimpa}} = 4.201 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Seção da grade para situação de 50% de entupimento:

$$S_{\text{gradesuja}} := \frac{A_{\text{grade}}}{E_{\text{grade}} \cdot 0.5}$$

$$S_{\text{gradesuja}} = 8.402 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Adotando a largura do canal de gradeamento igual a

$$b_{\text{grade}} := 5 \cdot \text{cm}$$

Temos que a altura da lâmina de água será igual a

$$H_{\text{grade}} := \frac{S_{\text{gradesuja}}}{b_{\text{grade}}}$$

$$H_{\text{grade}} = 1.68 \text{ cm}$$

Cálculo das perdes de carga na grade

Parâmetros:

$$v_{0\text{grade}} := 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para a situação de limpeza:

$$H_{\text{gradelimpa}} := \frac{\left[1.43 \left(v_{\text{grade}}^2 - v_{0\text{grade}}^2 \right) \right]}{2 \cdot g}$$

$$H_{\text{gradelimpa}} = 0.02 \text{ m}$$

Para situação de 50% de entupimento:

$$H_{\text{gradesuja}} := \left[1.43 \frac{\left[(2 \cdot v_{\text{grade}})^2 - (v_{0\text{grade}})^2 \right]}{2 \cdot g} \right]$$

$$H_{\text{gradesuja}} = 0.16 \text{ m}$$

Dimensionamento do Filtro Biológico Anaeróbio

Parâmetros iniciais

Tempo de detenção hidráulica de esgotos

$$T_{\text{fbana}} := 1 \text{ day}$$

Cálculo do volume útil do leito filtrante

$$V_{\text{ufbana}} := 1.6 Q_{\text{maxh}} T_{\text{fbana}}$$

$$V_{\text{ufbana}} = 2.788 \times 10^4 \text{ L}$$

$$V_{\text{ufbana}} = 27.876 \text{ m}^3$$

Volume maior do que o mínimo requerido pela norma

Adotando profundidade útil do leito filtrante

$$H_{\text{ufbana}} := 3 \text{ m}$$

Área útil da seção transversar do leito filtrante

$$\text{Aufbana} := \frac{\text{Vufbana}}{\text{Hufbana}}$$

$$\text{Aufbana} = 9.292\text{m}^2$$

Assim, o diâmetro útil do leito filtrante será

$$\text{Dufbana} := \left(4 \cdot \frac{\text{Aufbana}}{3.14}\right)^{0.5}$$

$$\text{Dufbana} = 3.44\text{lm}$$

Cálculo da Eficiência do Filtro Biológico Anaeróbio

Constante empírica 1 (coeficiente do sistema):

$$\text{K1fbana} := 0.87$$

Constante empírica 2 (coeficiente do meio suporte):

$$\text{K2fbana} := 0.4$$

$$\text{Efba} := 100 \left[1 - \text{K1fbana} \cdot (1.24)^{-0.5} \right]$$

$$\text{Efba} = 82.241$$

Concentração do substrato efluente

$$\text{DBOfba} := \text{SODBO} \left(1 - \frac{\text{Efba}}{100} \right)$$

$$\text{DBOfba} = 10.655 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DBOfba} = 0.011 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Dimensionamento do UASB

Assumindo o tempo de retenção hidráulica do UASB

$$\text{Tuasb} := 8\text{-hr}$$

$$\text{Tuasb} = 0.333\text{day}$$

Volume útil do UASB:

$$\text{Vuuasb} := \text{Qmaxh} \cdot \text{Tuasb}$$

$$\text{Vuuasb} = 5.808 \times 10^3 \text{L}$$

Carga hidráulica volumétrica

$$CH_{uasb} := \frac{1}{T_{uasb}}$$

$$CH_{uasb} = 3 \cdot \frac{m^3}{m^3 \cdot day}$$

Carga orgânica volumétrica

$$COV_{uasb} := \frac{(Q_{maxh} \cdot DBOfba)}{V_{uuasb}}$$

$$COV_{uasb} = 0.032 \frac{kg}{m^3 \cdot day}$$

Adotando altura útil do UASB:

$$H_{uuasb} := 6r$$

Área útil do UASB:

$$A_{uuasb} := \frac{V_{uuasb}}{H_{uuasb}}$$

$$A_{uuasb} = 0.968m^2$$

Adotando largura útil do UASB

$$L_{uuasb} := 1.5r$$

Comprimento do UASB

$$C_{uuasb} := \frac{A_{uuasb}}{L_{uuasb}}$$

$$C_{uuasb} = 0.645m$$

Velocidade ascensional na zona de manto de lodo:

$$v_{ascuasb} := \frac{Q_{maxh}}{A_{uuasb}}$$

$$v_{ascuasb} = 0.75 \frac{m}{hr}$$

Velocidade ascensional indicada entre 0,7m/h e 1,0m/h

Velocidade de passagem para a zona de decantação:

Considerando quatro aberturas de 0,2m x 6,453m

$$v_{puasb} := \frac{Q_{maxh}}{(4 \cdot 0.2m \cdot 6.6453m)}$$

$$v_{puasb} = 0.137 \frac{m}{hr}$$

Velocidade de passagem indicada menor que 4m/h

Taxa de escoamento superficial na zona de decantação

Houve uma redução na largura do UASB por conta do espaço ocupado pelo "chapéu"

$$L_{uasbes} := L_{uuasb} - 0.5r$$

$$L_{uasbes} = 1m$$

$$q_a := \frac{Q_{maxh}}{L_{uasbes} \cdot C_{uuasb}}$$

$$q_a = 1.125 \frac{m^3}{m^2 \cdot hr}$$

$$q_a = 27 \frac{m^3}{m^2 \cdot day}$$

Taxa de escoamento indicada inferior a 1,25m³.m²/dia

Eficiência na remoção de DBO

$$E_{uasb} := 100 \left[1 - 0.78^{(-0.5)} \right]$$

$$E_{uasb} = 75.251$$

Constante empírica 1:

$$K1_{fbana} := 0.7$$

Constante empírica 2:

$$K2_{fbana} := 0.4$$

Concentração do substrato efluente

$$DBO_{uasb} := DBO_{fba} \cdot \left(1 - \frac{E_{uasb}}{100} \right)$$

$$DBO_{uasb} = 2.637 \frac{mg}{L}$$

Dimensionamento do Filtro Aeróbio Submerso

Carga orgânica a ser aplicado ao filtro

$$W_{\text{fas}} := \text{DBO}_{\text{uasb}} \cdot Q_{\text{maxt}}$$

$$W_{\text{fas}} = 0.046 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

Adotando a taxa de aplicação de esgoto sugerida pela ABNT

$$Q_{\text{afas}} := 30 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$$

Área útil do filtro

$$A_{\text{ufas}} := \frac{Q_{\text{maxh}}}{Q_{\text{afas}}}$$

$$A_{\text{ufas}} = 0.58 \text{Im}^2$$

Diâmetro do filtro:

$$D_{\text{ufas}} := \left(4 \cdot \frac{A_{\text{ufas}}}{3.14} \right)^{0.5}$$

$$D_{\text{ufas}} = 0.86 \text{m}$$

Assumindo profundidade do leito de pedras

$$H_{\text{pfas}} := 1.2 \text{r}$$

Volume do leito de pedras:

$$V_{\text{pfas}} := H_{\text{pfas}} \cdot A_{\text{ufas}}$$

$$V_{\text{pfas}} = 696.91 \text{L}$$

Taxa de aplicação da DBO resultante

$$\text{TDBO}_{\text{fas}} := \frac{W_{\text{fas}}}{V_{\text{pfas}}}$$

$$\text{TDBO}_{\text{fas}} = 0.066 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{day}}$$

Eficiência do filtro

$$E_{\text{fas}} := \frac{100}{\left[1 + \left[0.443 (0.066)^{0.5} \right] \right]}$$

$$E_{\text{fas}} = 89.782$$

Eficiência na remoção de DBO

$$DBO_{\text{Ofas}} := DBO_{\text{Ouasb}} \cdot \left(1 - \frac{E_{\text{fas}}}{100} \right)$$

$$DBO_{\text{Ofas}} = 0.269 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Eficiência total da ETAC:

$$E := 100 - \left(100 \cdot \frac{DBO_{\text{Ofas}}}{SODBO} \right)$$

$$E = 99.551$$

Dimensionamento do Decantador Secundário

Adotando taxa de escoamento superficial conforme a ABNT

$$q_{\text{ads}} := 20 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$$

Área do decantador

$$A_{\text{uds}} := \frac{Q_{\text{maxh}}}{q_{\text{ads}}}$$

$$A_{\text{uds}} = 0.87 \text{ m}^2$$

Diâmetro do decantador

$$D_{\text{uds}} := \left(4 \cdot \frac{A_{\text{uds}}}{3.14} \right)^{0.5}$$

$$D_{\text{uds}} = 1.053 \text{ m}$$

Ainda conforme ABNT, adotando o tempo de retenção hidráulica

$$T_{\text{ds}} := 1.5 \text{ hr}$$

Adotando a altura mínima estabelecida pela ABNT

$$H_{\text{uds}} := 3.5 \text{ r}$$

Volume útil decantador

$$V_{\text{uds}} := H_{\text{uds}} \cdot A_{\text{uds}}$$

$$V_{\text{uds}} = 3.049 \times 10^3 \text{ L}$$

Adotando taxa de escoamento no vertedor

$$Q_{vds} := 150 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{day}}$$

Comprimento do vertedor:

$$C_{vds} := \frac{Q_{maxh}}{Q_{vds}}$$

$$C_{vds} = 0.116\text{m}$$

Velocidade de escoamento adotado

$$v_{eds} := 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Área do canal de saída

$$A_{sds} := \frac{Q_{maxh}}{v_{eds}}$$

$$A_{sds} = 2.017 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Altura adotada canal de saída

$$H_{sds} := 2\text{cm}$$

Largura do canal de saída

$$L_{sds} := \frac{A_{sds}}{H_{sds}}$$

$$L_{sds} = 0.01\text{m}$$

Dimensionamento do tanque de contato

Tempo de contato adotado:

$$T_{tc} := 0.5\text{hr}$$

Volume de cotato:

$$V_{tc} := T_{tc} \cdot Q_{maxh}$$

$$V_{tc} = 362.975\text{L}$$

ANEXO E – ESQUEMAS DOS COMPONENTES DA ETAC

Figura 12- Detalhe do filtro biológico anaeróbio em corte (fora de escala)

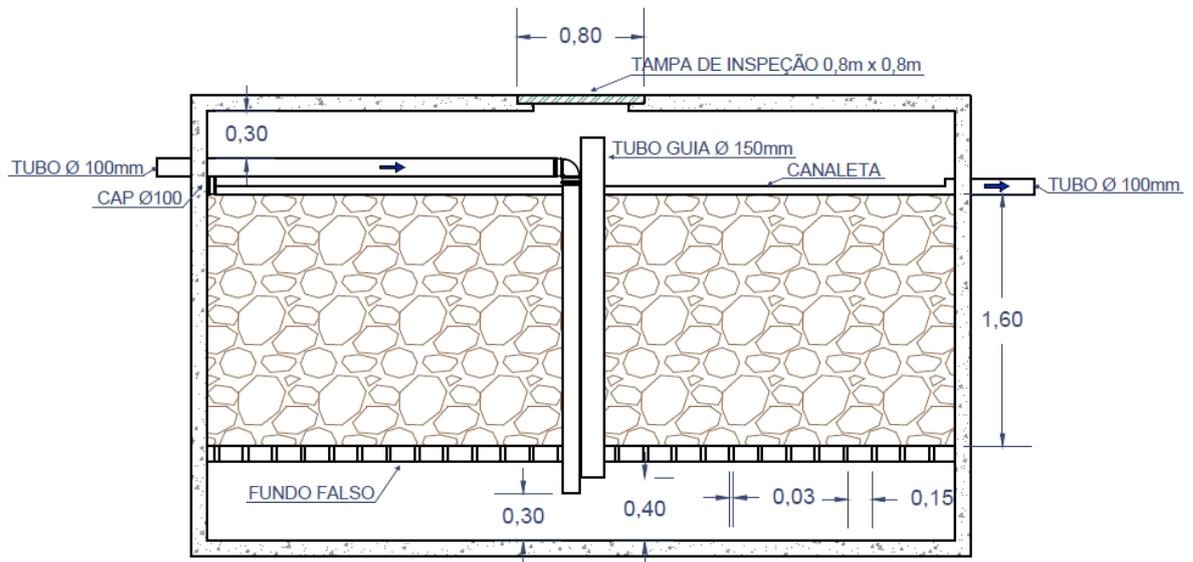


Figura 13 - Detalhe do filtro aeróbio submerso em corte (fora de escala)

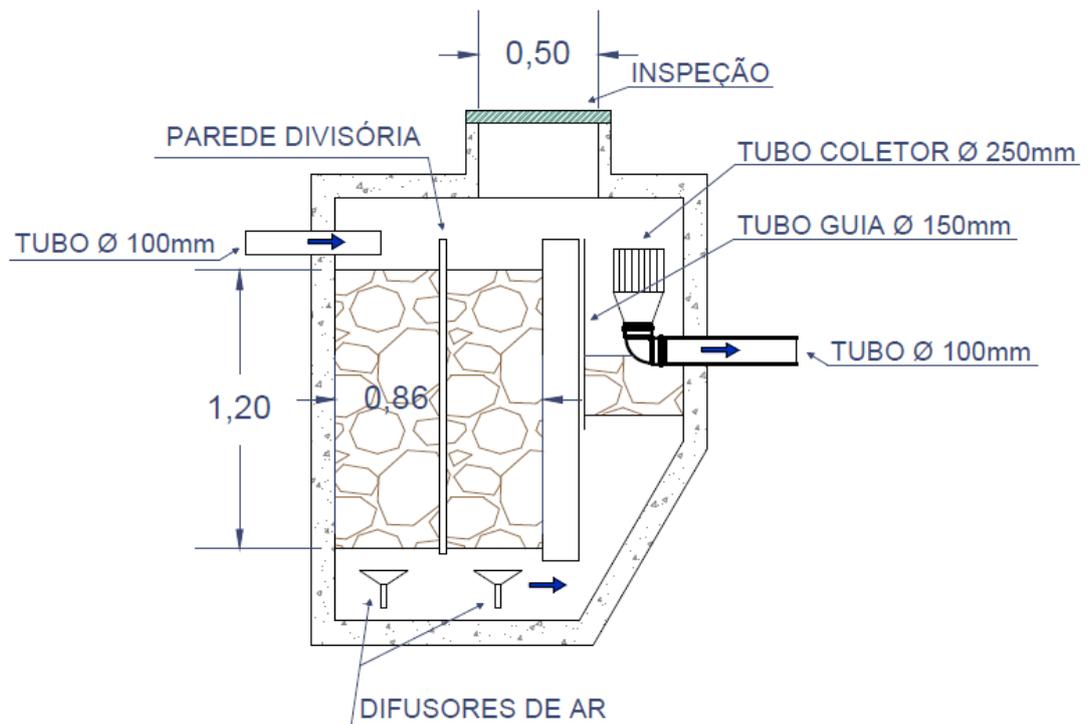


Figura 14 - Detalhe reator UASB em corte (fora de escala)

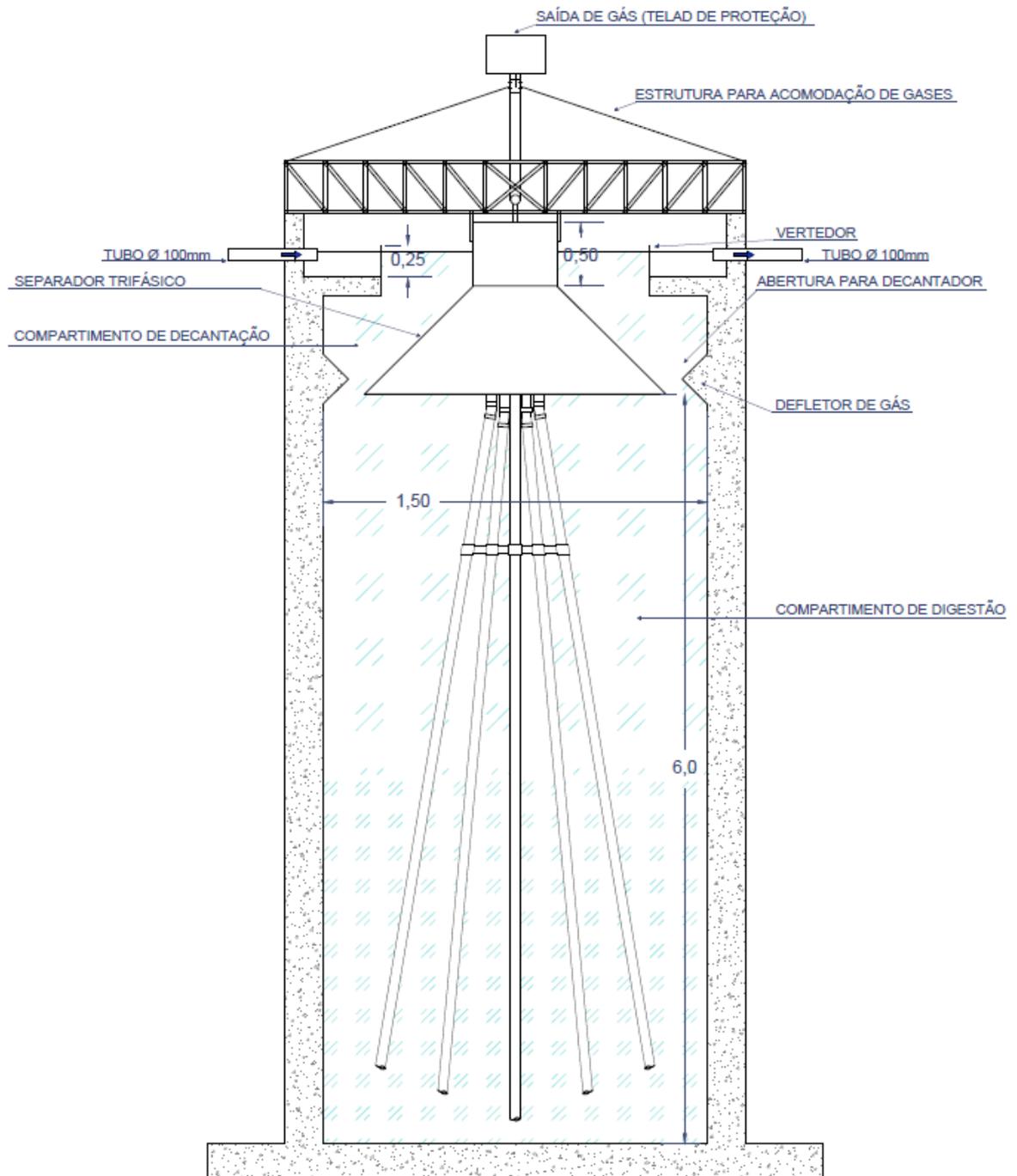


Figura 15 - Detalhe Decantador Secundário em corte (fora de escala)

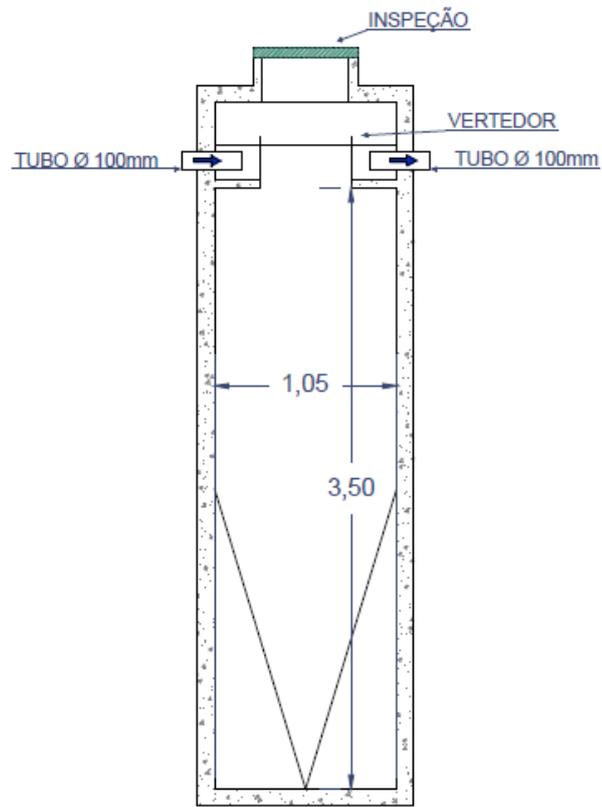
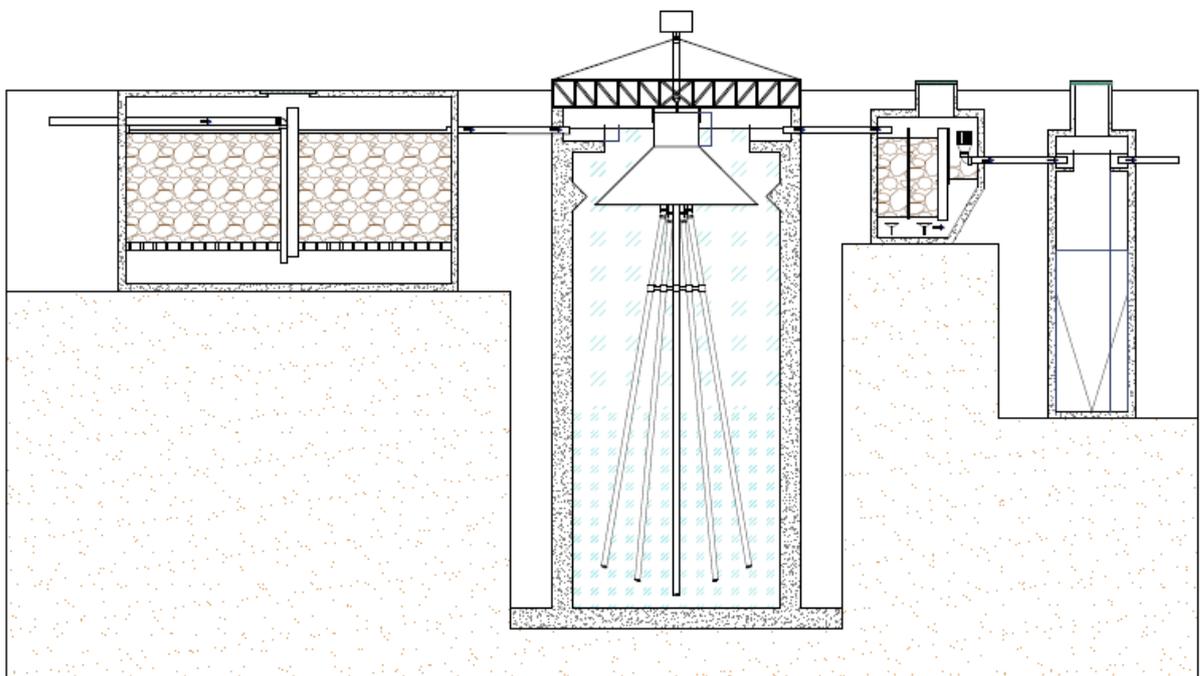


Figura 16 - Esquema representativo disposição elementos em corte



ANEXO G – CÁLCULO BDI E PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

Tabela 33 - Cálculo do BDI

Benefícios e Despesas Indiretas	
Edificações	
<i>Fonte: Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras da Prefeitura de São Paulo com base em Jan/2014</i>	
Escritório Central	2,23%
Administração Local e Transportes Internos	9,88%
Lucro Bruto	8,00%
IMPOSTOS:	
Cofins	3,00%
PIS	0,65%
ISS	2,00%
BDI	28,3%

Tabela 34 - Planilha orçamentária construção e aquisição da ETAC.

Projeto de Conclusão de Curso - Pré-dimensionamento de um sistema de reuso de águas cinzas	
Clarissa Dalla de Azevedo	
Custo total dos serviços	R\$ 106.120,68
BDI	R\$ 30.061,04 28,3%
Orçamento final	R\$ 136.181,73

Código	Serviço	Unidade	Preço Unitário	Preço total
10107	REMOÇÃO DE ENTULHO COM CAÇAMBA METÁLICA, INCLUSIVE CARGA MANUAL E DESCARGA EM BOTA-FORA	312,00 M3	R\$ 71,49	R\$ 22.303,88
10108	LIMPEZA MANUAL GERAL INCLUSIVE REMOÇÃO DE COBERTURA VEGETAL - TRONCO ATÉ 10CM - SEM TRANSPORTE	68,00 M2	R\$ 3,16	R\$ 214,67
10402	ESCAVAÇÃO MANUAL, PROFUNDIDADE SUPERIOR A 1,50M	312,00 M3	R\$ 44,20	R\$ 13.789,64
10437	TUBO DE CONCRETO - DIÂMETRO DE 100CM	10,00 M	R\$ 286,50	R\$ 2.865,04
920501	LOCAÇÃO DE OBRA	68,00 M2	R\$ 4,17	R\$ 283,45
ECOSAN	PENEIRA ESTÁTICA AUTOLIMPANTE	1,00 UN	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
SCHNEIDER	BOMBA CENTRÍFUGA BRB-2000 1/2 CV	2,00 UN	R\$ 632,00	R\$ 1.264,00
FORTLEV	RESERVATÓRIO FORTLEV	1,00 UN	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
FIBRAV	FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO	1,00 UN	R\$ 27.000,00	R\$ 27.000,00
FIBRAV	REATOR UASB	1,00 UN	R\$ 10.500,00	R\$ 10.500,00
FIBRAV	FILTRO AERÓBIO SUBMERSO	1,00 UN	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
FIBRAV	DECANTADOR SECUNDÁRIO	1,00 UN	R\$ 7.900,00	R\$ 7.900,00

ANEXO H – TARIFA DE ENERGIA

Figura 17- Tarifa de energia elétrica

APLICAÇÃO Agosto/2016

SUPERINTENDÊNCIA COMERCIAL - SCM
DEPARTAMENTO COMERCIAL - CCM

TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA: RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2067 DE 26 DE ABRIL DE 2016

INÍCIO DE VIGÊNCIA DAS TARIFAS DA RESOLUÇÃO - 29/04/2016**

ICMS - LEI ESTADUAL Nº 11.919 de 20/12/2006, LEI 12.472/2008 de 21/11/2008, DECRETO Nº 30.494/2007, de 07/05/07 e DECRETO ESTADUAL Nº 42.527, de 22/12/2015
PIS e COFINS - LEI Nº 10.637 de 30/12/2002 e LEI 10.833/2003 de 26/12/2003 e Sua. Norm. Estadual 172/2003 de 19 de maio de 2005

VERDE

Em função da BANDEIRA TARIFÁRIA este mês ser VERDE, os valores abaixo não terá acréscimo tarifário referente a Bandeira.
Conforme despacho ANEEL nº 2049/2016 de 29/07/2016, este mês a BANDEIRA TARIFÁRIA é VERDE

	TARIFA CONSUMO (R\$/kWh) SEM ICMS e PIS/COFINS*	VALOR CONSUMO (R\$/kWh) COM PIS/COFINS MENUS DE ICMS	VALOR FINAL CONSUMO (R\$/kWh) COM PIS/COFINS* e ICMS de 25%
ADICIONAL DE BANDEIRA VERDE	0	0	0

TARIFA CONVENCIONAL - ALTA TENSÃO (13,8 kV)	TARIFA SEM (ICMS + PIS/COFINS)*			VALOR FINAL COM (ICMS + PIS/COFINS)*			ICMS %
	CONSUMO (R\$/kWh) SEM ICMS e PIS/COFINS*	DEMANDA (R\$/kW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA (R\$/kW) SEM (ICMS + PIS/COFINS)*	CONSUMO (R\$/kWh) COM ICMS e PIS/COFINS*	DEMANDA (R\$/kW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA (R\$/kW) COM ICMS e PIS/COFINS*	
A4 - RESIDENCIAL	0,27186	36,68122	73,36244	0,41079	55,42644	110,85288	TABELA ICMS
A4 - INDUSTRIAL	0,27186	36,68122	73,36244	0,41079	55,42644	110,85288	25%
A4 - DEMAIS CLASSES	0,27186	36,68122	73,36244	0,41079	55,42644	110,85288	25%
A4 - RETAL - REDUÇÃO DE 10% NO CONSUMO E NA DEMANDA	0,24467	33,01310	73,36244	0,36970	49,88380	110,85288	25%
A4 - RETAL REQUENTE (Categorias de Madrugada(21:30h às 6h) e Noite - ANEEL 414/2010-6094deco)	0,02719	36,68122	73,36244	0,04108	55,42644	110,85288	25%
A4 - CONP - ULTRAPASSAGEM RETAL - REDUÇÃO DE 10% NO CONSUMO E NA DEMANDA	0,13593	18,34061	73,36244	0,14908	20,11473	80,45891	ISENTO
A4 - PUGERES PÚBLICOS **	0,27186	36,68122	73,36244	0,41079	55,42644	110,85288	25%
A4 - ABASTECIMENTO D'ÁGUA (REDUÇÃO DE 10% NO CONSUMO E DEMANDA)	0,23108	31,17904	73,36244	0,34917	47,11248	110,85288	25%
A4 - TRACÃO ELÉTRICA	0,27186	36,68122	73,36244	0,41079	55,42644	110,85288	25%

* Valor Final com ICMS e PIS/COFINS - corresponde ao valor da tarifa acrescida da cobrança da despesa com o PIS/COFINS incidida pela CELPE após o desconto dos créditos conforme Lei 10.637/2002 e Lei 10.833/2003 e repasse autorizada pela Psa (Sua. Anon)

** Abastecimento d'água, esgoto e saneamento com redução de 10% nas tarifas de consumo e demanda (DECRETO Nº 7891/2013). Os descontos não se aplicam as Tarifas de Ultrapassagem de Demanda, de acordo com a portaria DINAEE 478/93

*** Da Classe de Poder Público Estadual da Administração Direta e suas Paróquias não incide o ICMS (verificar tabela de tarifas específica) conforme Art. 9º, Inciso XVIII, Alínea "c", do Decreto nº 14.876/91, alterado pelo art. 1º, do Decreto nº 13.1

**** ICMS isento para produtor rural (art. 156 da CF/1988 e alterações)

***** ICMS isento para baixa tensão até 140 KW, conforme DECRETO ESTADUAL Nº 42.527, de 22/12/2015.

***** Quando o consumo for superior a 140 KW o ICMS será calculado no consumo total da fatura, conforme DECRETO ESTADUAL Nº 42.527, de 22/12/2015.

Fonte: CELPE, 2016.

ANEXO I - TARIFA DE ÁGUA DA COMPESA

Figura 18 - Tarifa de água

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO DIRETORIA COMERCIAL E DE ATENDIMENTO - DCA ESTRUTURA TARIFÁRIA		Vigência: 20 de Março de 2016	
DECRETO ESTADUAL Nº 18.251 DE 21/12/1994.			
ÁGUA TRATADA		Resolução da Arpe n.º 107/2016 publicado no DOE n.º31 de 19/02/2016	
Consumidores Medidos		Reposicionamento tarifário incremental de 19,69% válido a partir de 20 de março de 2016	
Consumidores Medidos	Consumo (litros)	Valor (R\$)	
Residencial	Tarifa Social - consumo até 10.000 litros/mês	7,97	
	Tarifa Normal - consumo até 10.000 litros/mês	37,25	
	Consumo superior a 10.000 litros/mês		
	10.001 a 20.000 litros	4,27 por 1.000 l	
	20.001 a 30.000 litros	5,08 por 1.000 l	
	30.001 a 50.000 litros	6,98 por 1.000 l	
	50.001 a 90.000 litros	8,28 por 1.000 l	
Comercial	90.001 a 999999.000 litros	15,92 por 1.000 l	
	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	54,80	
	+ 10.000 litros	10,86 por 1.000 l	
Industrial	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	68,66	
	+ 10.000 litros	14,56 por 1.000 l	
Pública	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	52,95	
	+ 10.000 litros	8,04 por 1.000 l	
Consumidores não medidos			
Residencial	Tarifa Social	7,97 por mês	
	Tarifa Normal	37,25 por mês	
	Comercial	Tarifa Mínima	54,80 por mês
		Tarifa Mínima	68,66 por mês
Público	Tarifa Mínima	52,95 por mês	
	Fornecimento por Carros-pipa		
Fornecimento por Carros-pipa Órgãos Públicos		2,03 por 1.000L	
Chafariz Público		2,03 por 1.000L	
ÁGUA BRUTA			
Residencial		1,46 por 1.000 l	
Comercial e Industrial	entre 51 e 5.000 m³	2,03 por 1.000 l	
	entre 5.001 e 19.999 m³	1,66 por 1.000 l	
	a partir de 20.000 m³	0,93 por 1.000 l	
ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
SISTEMA CONVENCIONAL			
Ligação Convencional ou ramal de calçada - 100% da tarifa de água			
Ramal Condominial (operado p/ Comunidade) - 50% da tarifa de água			
SISTEMA SIMPLIFICADO			
Ligação Convencional ou ramal de calçada - 80% da tarifa de água			
Ramal Condominial (operado p/ Comunidade) - 40% da tarifa de água			
DRENO			
Ligação Convencional ou ramal de calçada - 50% da tarifa de água			
Ramal Condominial (operado p/Comunidade) - 30% da tarifa de água			
PRÉDIOS EM CONSTRUÇÃO			
50% do valor dos serviços de esgotos estipulados no momento da ligação, cobrados até a concessão do habite-se.			

Fonte: COMPESA, 2016.

ANEXO J – CÁLCULO VIABILIDADE

Tabela 35 - Fluxo de caixa do custo da ETAC para quinze anos.

ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO	0,32%	ao mês	
CUSTOS COM A ETAC			
Investimento inicial	R\$ 136.181,73	Custo Inicial	
Custo com operação e manutenção	R\$ 665,00	Por mês	
Custo com energia	R\$ 25,38	Por Mês	VALOR ACUMULADO
FLUXO DE CAIXA PARA 15 ANOS			
Investimento inicial	R\$ 136.181,73	Ano 0	R\$ 136.181,73
Custos de operação	R\$ 7.966,43	Ano 0	R\$ 144.148,16
Custos de operação	R\$ 8.284,56	Ano 1	R\$ 152.432,72
Custos de operação	R\$ 8.602,69	Ano 2	R\$ 161.035,41
Custos de operação	R\$ 8.920,81	Ano 3	R\$ 169.956,22
Custos de operação	R\$ 9.238,94	Ano 4	R\$ 179.195,17
Custos de operação	R\$ 9.557,07	Ano 5	R\$ 188.752,23
Custos de operação	R\$ 9.875,20	Ano 6	R\$ 198.627,43
Custos de operação	R\$ 10.193,32	Ano 7	R\$ 208.820,75
Custos de operação	R\$ 10.511,45	Ano 8	R\$ 219.332,20
Custos de operação	R\$ 10.829,58	Ano 9	R\$ 230.161,78
Custos de operação	R\$ 11.147,70	Ano 10	R\$ 241.309,48
Custos de operação	R\$ 11.465,83	Ano 11	R\$ 252.775,31
Custos de operação	R\$ 11.783,96	Ano 12	R\$ 264.559,27
Custos de operação	R\$ 12.102,09	Ano 13	R\$ 276.661,36
Custos de operação	R\$ 12.420,21	Ano 14	R\$ 289.081,57
Custos de operação	R\$ 12.738,34	Ano 15	R\$ 301.819,91
VALOR GASTO TOTAL	R\$ 301.819,91		

Tabela 36 - Fluxo de caixa corrigido para economia com a ETAC

ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO	0,32%	ao mês	
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 2.268,08	Por mês	VALOR ACUMULADO
FLUXO DE CAIXA PARA 15 ANOS			
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 24.081,57	Ano 0	R\$ 24.081,57
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 25.126,70	Ano 1	R\$ 49.208,26
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 26.171,83	Ano 2	R\$ 75.380,09
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 27.216,96	Ano 3	R\$ 102.597,05
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 28.262,09	Ano 4	R\$ 130.859,14
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 29.307,22	Ano 5	R\$ 160.166,37
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 30.352,35	Ano 6	R\$ 190.518,72
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 31.397,49	Ano 7	R\$ 221.916,21
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 32.442,62	Ano 8	R\$ 254.358,82
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 33.487,75	Ano 9	R\$ 287.846,57
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 34.532,88	Ano 10	R\$ 322.379,45
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 35.578,01	Ano 11	R\$ 357.957,46
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 36.623,14	Ano 12	R\$ 394.580,60
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 37.668,27	Ano 13	R\$ 432.248,87
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 38.713,40	Ano 14	R\$ 470.962,28
Economia na conta de água e esgoto	R\$ 39.758,54	Ano 15	R\$ 510.720,81
VALOR ECONOMIZADO TOTAL	R\$ 510.720,81		