



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIANCA BEZERRA DUARTE GOMES

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS NA VILA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

MOSSORÓ

2018

BIANCA BEZERRA DUARTE GOMES

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS NA VILA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Blake Charles Diniz
Marques, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2018

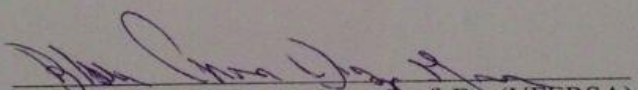
BIANCA BEZERRA DUARTE GOMES

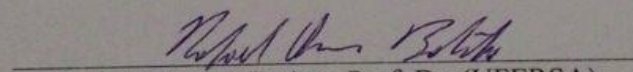
**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS
CINZAS NA VILA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

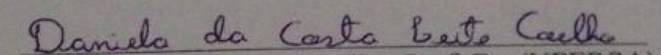
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciências e Tecnologia.

Defendida em: 19 / 04 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Blake Charles Diniz Marques, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Rafael Oliveira Batista, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Daniela da Costa Leite Coelho, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pela autora

B633a Bezerra Duarte Gomes, Bianca .
Avaliação da viabilidade de implantação do
sistema de reúso de águas cinzas na vila
acadêmica da Universidade Federal Rural do Semi-
Árido / Bianca Bezerra Duarte Gomes. - 2018.
44 f. : il.

Orientador: Blake Charles Diniz Marques.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Água. 2. Sistema de reúso. 3. Tratamento de
água. I. Charles Diniz Marques, Blake , orient.
II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar a vida e forças para continuar nos momentos difíceis, ao meu pai por sempre ter sido meu porto seguro, a minha mãe por todas as palavras de apoio exatamente quando necessitei, aos meus irmãos pelos momentos de descontração ou até mesmo de raiva.

Agradeço ao meu orientador Blake Charles pela sua dedicação, paciência e estímulo com qual me conduziu durante esse trabalho e ao professor Rafael de Oliveira, que compartilhou comigo seu inenarrável conhecimento.

Agradeço imensamente a minha irmã de coração Karla Honorina, por ter se tornado minha segunda família, pelas palavras de apoio, pelas provas estudadas de madrugada, por todas as músicas cantadas para espantar o sono (Ainda bem que temos o mesmo gosto musical), por ter acompanhado minha mudança como pessoa desde que saí de casa e por estar comigo não só na Universidade, mas em muitos dos tapas que a vida nos deu.

A Stenyo Silva por sua paciência, dedicação, amor, atenção e companheirismo todos esses anos, pelas palavras de incentivo e por nunca desistir de mim mesmo quando eu era imatura.

A meus familiares que tanto contribuíram ao longo desse percurso, meus avós, tios e primos mas em especial a minha avó Oneide Barbosa, que sempre foi minha segunda mãe, minha base, minha luz e sempre me fez acreditar que tudo ia dar certo.

RESUMO

O consumo de água no mundo é feito de forma desordenada, causando em alguns locais impactos negativos, por isso a utilização de fontes alternativas, como reaproveitamento de águas pluviais, águas cinzas, águas salobras e entre outras, são tão importantes. Esse reaproveitamento ainda não é plenamente regulamentado no Brasil, porém já existem vários métodos de tratamento para o reuso, que deve ser feito de forma planejada para equilibrar a demanda e a oferta do recurso. O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade de um sistema de implantação de reuso de águas cinzas, para uso geral, na Vila acadêmica feminina da Ufersa, no campus Mossoró, onde a vazão ofertada de água cinza é de $11.000 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ (Ld^{-1}), um dos sistemas possíveis para esse caso foi o gradeamento, reator e biofiltro anaeróbico e por fim, para a etapa de desinfecção foi sugerido a desinfecção UV, pois além de serem as opções mais baratas para cada etapa ainda era o sistema que mais se encaixava para a vazão diária.

Palavras-chave: Água, sistema de reúso, tratamento de água.

ABSTRACT

The consumption of water in the world is made in a disorderly way, causing in some places negative impacts, so the use of alternative sources, such as reuse of rainwater, gray water, brackish water and others, are so important. This reutilization is not yet fully regulated in Brazil, but there are already several treatment methods for reuse, which must be done in a planned way to balance the demand and supply of the resource. The objective of this study was to analyze the feasibility of a system for the implantation of gray water reuse, for general use, in the female Academic Village of Ufersa, at the Mossoró campus, where the available gray water flow is $11,000 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ (Ld^{-1}), one of the possible systems for this case was the railing, reactor and anaerobic biofilter and finally, for the disinfection step, it was suggested to disinfect UV, as besides being the cheapest options for each stage was still the system that most fit for the daily flow.

Key words: Water, reuse system, water treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Esquema do sistema de reúso.....	21
Figura 2	–	Esquema do tratamento preliminar.....	26
Figura 3	–	Esquema de uma grade	26
Figura 4	–	Esquema de um desarenador retangular de fluxo horizontal	27
Figura 5	–	Processos de desinfecção de esgotos sanitários.....	29
Figura 6	–	Reator e filtro anaeróbico	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Classificação e reúso previsto	19
Tabela 2	– Estimativa de consumo mensal interno de água.....	31
Tabela 3	– Estimativa de águas cinzas produzidas na Vila Acadêmica	31
Tabela 4	– Áreas construída da residência universitária	33
Tabela 5	– Classificação dos sistemas de gradeamento	33
Tabela 6	– Reator/Filtro fibra de vidro	35
Tabela 7	– Características das águas obtidas após tratamento	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de tratamento de esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial da Saúde
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UV	Ultra violeta

SUMÁRIO

1	Introdução	12
2	Objetivos	14
3	Revisão bibliográfica	15
3.1	Disponibilidade hídrica	15
3.2	Esgoto Sanitário	15
3.3	Reuso de águas	17
3.3.1	Tipos de reuso.....	18
3.3.2	Reúso de águas cinzas.....	19
3.3.2.1	Sistema de reuso	20
3.3.2.1.1	Sistema de distribuição.....	22
3.3.2.1.2	Sistema de coleta.....	22
3.3.3	Aspectos qualitativos das águas cinzas	23
3.3.3.1	Características físicas	23
3.3.3.2	Características químicas	24
3.3.3.3	Características microbiológicas.....	24
3.3.4	Aspectos quantitativos das águas cinzas	25
3.4	Tratamento de águas cinzas	25
3.4.1	Preliminar	25
3.4.2	Primário	27
3.4.3	Secundário	28
3.4.4	Terciário	28
4	Metodologia	30
4.1	Edificação	30
4.1.1	Edificação estudada	30
4.1.2	Estimativa do consumo de água	30
4.1.3	Estimativa da oferta de águas cinzas	31
4.1.4	Estimativa da demanda da água de reuso	32
4.1.4.1	Demanda de águas cinza interna.....	32
4.1.4.2	Demanda de águas cinza externa.....	32
4.2	Sistema preliminar	33
4.3	Sistema primário e secundário	33
4.4	Sistema terciário	36
5	Resultados	37
6	Considerações finais	40
7	Referências	41

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida humana, devido ao desenvolvimento da população industrialmente e tecnologicamente, seu consumo altamente acelerado tem ocasionado impactos negativos em várias esferas da sociedade.

O índice de perda física, que de acordo com Pinto (2012) corresponde ao volume de água produzido que não chegará às residências por falhas no sistema de distribuição, gerando vazamentos nos reservatórios, redes de distribuição e redes de reservatórios, através do transbordamento de água, do Brasil é muito alto comparado com outros países (LEAL, 2000). A elaboração de ações para conservar a água é realmente necessária para diminuir o desperdício, já que de acordo com a IBNET (2015) essa perda é de 39% da água produzida.

O uso eficiente de água pode ser realizado em dois aspectos: o não estrutural, que se constitui em incentivos econômicos e os estruturais, que se baseiam na utilização de alternativas tecnológicas para proporcionar a redução do consumo de água (ALBUQUERQUE, 2008). Por isso as ações para economizar água devem ser feitas em todos os locais onde poderão ser consumidas (SANTOS, 2002).

Em residências as técnicas de preservação de água envolvem diferentes práticas que vão desde a diminuição do consumo em si até à utilização de fontes alternativas como as águas de chuva e o reuso de águas cinzas. Para Fiori (2004) águas cinzas são aquelas provenientes de lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça que devido as suas características poderiam ser utilizadas para fins menos nobres.

As atividades que mais consomem água nas residências são as bacias sanitárias com 22% da demanda doméstica total, a pia da cozinha que demanda 18% e a máquina de lavar roupas com 9% (HATENREITER, 2013).

A estimativa da demanda de água não potável em residências é feita através de métodos estatísticos, utilizando dados como: condições climáticas, características das residências, quantidade de moradores, renda familiar e faixa etária (ARBUÉS et al, 2003). Então substituir a água tratada por uma água de qualidade inferior diminuiria significativamente o consumo de água do local. Segundo uma estimativa feita pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) se essa água substituída fosse usada somente na limpeza de vasos sanitários já haveria uma redução de 1/3 do volume consumido na residência.

Existem dois tipos de águas cinzas, as claras e as escuras, as claras são aquelas águas usadas no chuveiro e na máquina de lavar roupas, e as escuras são aquelas provindas da pia da cozinha e da máquina de lavar pratos. Então para a reutilização dessa água é necessário verificar a qualidade e a necessidade do tratamento daquelas águas, quando devidamente tratadas podem ser utilizadas para fins não potáveis como em bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e entre outros, de forma que não ofereça riscos à saúde de seus usuários (MAY, 2009).

Existem vários riscos relacionados ao consumo inadequado dessa água provinda do sistema de reuso como: a disseminação de doenças devido aos microrganismos presentes na água, proliferação de algas na água, presença de odores fortes produzidos pela decomposição da matéria orgânica, risco de entupimento da tubulação e entre outros (MAY, 2009).

Identificar e caracterizar os riscos que a presença de organismos na reutilização de águas cinzas são fundamentais para o êxito de um sistema de reuso de águas cinzas, é necessário se ter conhecimento sobre os efluentes para designar o melhor tratamento possível, se esse sistema atende a qualidade necessária exigida para que essas águas possam ser utilizadas em segurança (MAY, 2009).

2. OBJETIVOS

Dessa forma é cada vez mais necessário incentivar as pesquisas envolvendo o reuso de água para que as técnicas de tratamento e aplicação sejam aperfeiçoadas. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo geral analisar a viabilidade de um sistema de reuso de águas cinzas da Vila Acadêmica feminina da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, do campus sede. Como objetivos específicos tem-se: Indicação de um sistema de reuso de águas cinzas para a Vila Acadêmica feminina, cálculo das estimativas necessárias como a vazão demandada e vazão ofertada de água nas residências, levantamento da população e as alternativas de uso dessa água tratada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Disponibilidade hídrica

A água é uma substância muito presente no nosso planeta, ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, é um recurso natural renovável finito, fundamental e essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos, sendo por essa razão, intensamente utilizada (LEME, 2010). Desses 70% citado acima, 97% se encontra em mares, oceanos e lagos de água salgada, mesmo que a dessalinização, como tecnologia de potabilização tenda a crescer, a água doce disponível tenda a crescer, a água doce disponível constitui-se como a proposta de abastecimento mais facilmente acessível às populações (LIBÂNIO, 2010).

O Brasil possui uma área de 8.574.761 km², é reconhecido como o país detentor da maior disponibilidade hídrica e recursos naturais do mundo, possuindo uma vazão média de 180.000 m³/s utilizada em atividades humanas, animais, irrigações e em setores industriais (ANA, 2002; ANA 2005).

Desde 2012, observa-se uma gradativa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, esse fenômeno climático tem prejudicado de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica. Outros setores que estão sendo bastante afetados com a crise hídrica é o de irrigação e o de energia hidrelétrica que são fortemente afetados pela falta das chuvas e pelo menor armazenamento de água nos reservatórios (ANA, 2014).

A compreensão da crise hídrica pela população é essencial para que se tenha maior oferta desse bem para usos futuros. Deve ser priorizado o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica como forma de garantir a maior capacidade de reservação e de acesso à água (ANA, 2014).

3.2 Esgoto sanitário

O crescimento populacional e o desenvolvimento das indústrias fazem parte da demanda por água no mundo, quando os rejeitos são lançados sem tratamento no meio ambiente eles poluem os locais para onde são destinados. Por isso, o tratamento desses efluentes é extremamente importante para a preservação dos mananciais e da qualidade das águas.

Uma pesquisa feita pelo IBGE (2008) comprovou que dos 5564 municípios brasileiros 2495 não possuíam rede coletora de esgoto e como fonte alternativa utilizam fossas sépticas, fossas rudimentares, semidouros, fossas secas, valas a céu aberto, lançamento em corpos d'água e a menor parte dos municípios utiliza outra fonte que não foi citada nos resultados da pesquisa. Vale salientar que a coleta de esgoto não significa tratamento e disposição adequada dos rejeitos. Desses 3069 municípios que possuem coleta de esgoto apenas 1587 possuem tratamento.

A falta de saneamento básico nas regiões brasileiras afeta diretamente a população, a OMS (2017) afirmou, que uma a cada quatro mortes de crianças é causada pela população e as principais causas desses óbitos é a falta de saneamento básico. A avaliação feita mostrou que nas famílias sem acesso a serviços básicos, como água potável e saneamento, crianças principalmente abaixo dos 5 anos, correm um risco maior a exposição de doenças e outros prejuízos causados pela falta de saneamento. Os dados mostram que 270 mil crianças morrem durante o primeiro mês de vida por conta de condições como a prematuridade, que poderia ser prevenida por meio do acesso à água tratada, ao saneamento e a unidades de saúde. E 361 mil crianças com menos de 5 anos que morrem em razão de diarreia, como resultado do baixo acesso à água tratada, ao saneamento e a condições adequadas de higiene.

A OMS (2017) relatou que ambientes poluídos e insalubres podem matar cerca de 1,7 milhões de crianças por ano por conta de fatores como, riscos ambientais, poluição do ar, falta de saneamento básico e de infraestrutura adequada de higiene.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2015) declarou que 50,3% da população têm acesso à coleta de esgoto, então observa-se que mais de 100 milhões de brasileiros não tem acesso a este serviço. De acordo com a instituição mais de 3,5 milhões de brasileiros despejam esgotos irregularmente, mesmo tendo redes coletoras disponíveis.

Segundo Pessanha & Pessoa (2012), o tratamento de esgoto se desenvolve na mesma velocidade que a população, por isso a emissão de esgoto sem tratamento no Brasil interfere diretamente no bem estar da população e na preservação do meio ambiente.

O esgoto doméstico é uma das principais causas de poluição dos recursos naturais, com o aumento da demanda de água houve, conseqüentemente, um aumento na quantidade de esgoto doméstico e quando não é tratado, o mesmo acarreta diversos impactos na saúde da população ou no ambiente natural (ZORATO, 2006).

No Nordeste, segundo dados do Ministério das Cidades analisados pelo Instituto Trata Brasil, apenas 71% possuíam água tratada e 21% tinham coleta de esgotos. De todas as cidades que foram analisadas aquela que estava numa melhor situação foi a capital baiana, onde 92,49% das pessoas tem acesso a água tratada e 79,20% com coleta e tratamento de esgoto. Seguida por Fortaleza (CE) que 98,77% da população tem acesso a água tratada e 53,63% com coleta e 51,77% de tratamento de esgoto. No Rio Grande do Norte gera cerca de 80,17 mil metros cúbicos de esgoto por mês, dos quais 37,79% de esgoto são descartados por mês no ambiente sem qualquer tratamento (BRASIL, 2005).

Em 2015, a Caern tratou 24,48 mil metros cúbicos de esgoto no mês de dezembro, enquanto a Companhia de Águas e esgotos do RN fechou o ano tratando 25,68 mil m³ de esgoto em média por mês. O uso de fossas na região suporta cerca de 17,73 mil metros cúbicos de esgotos por mês (22,12% da carga total gerada no RN). Essas fossas são consideradas adequadas pelo Plano Nacional de Saneamento Básico e segundo a Agência Nacional de Água (ANA) são “Soluções individuais” (TRIBUNA DO NORTE, 2017).

O Rio Grande do Norte gera uma demanda de 141,5 toneladas de DBO por dia e trata 30,53% desse volume, ou 43,2 toneladas de DBO/dia. As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Caern, recebem efluentes para tratamento com carga máxima de DBO com até 300 mg/l (TRIBUNA DO NORTE, 2017).

3.3 Reúso de águas

Por definição, reúso de água é a reutilização da água após passar por um novo tratamento que varia de acordo com o destino do efluente (FERNANDES ET AL., 2006). Esse conceito já é aplicado em vários países com sucesso e a racionalização e reutilização desses recursos pode dar uma contribuição significativa na diminuição do desperdício de água.

Água cinza é qualquer água que já foi utilizada em ações domésticas, como chuveiros, banheiras e máquinas de lavar roupas, essas tarefas equivalem de 50 a 80% do esgoto residencial. De acordo com Brancatelli (2007), o reaproveitamento dessa água para uso não-potável já é feito em alguns países como Japão, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel, no Brasil essa prática ainda está sendo estudada e só foi aplicada em alguns condomínios residenciais.

A água utilizada em residências é usada para vários fins e em cada tipo de uso traz diferentes resíduos. A qualidade da água varia de acordo com a localização da residência,

faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores (NSW HEALTH, 2002). Por isso as águas cinzas apresentam características diferentes, pois em cada uso são concentradas tipo de resíduos diferentes.

3.3.1 Tipos de reúso

Hespanhol (2003, p. 413) afirma que potencialmente as formas de reutilizar a água dependem diretamente das características e condições que o local apresenta. O autor avalia fatores relacionados ao processo de reuso, como os custos de implantação, de manutenção, de operação, a exigência de tratamento, a qualidade da água e também parâmetros de segurança que venham a ser adotados, dependerão e estão intimamente ligados ao destino que se dará a água reutilizada.

De acordo com Westerhoff (1984 apud MAY; HESPANHOL, 2006, p. 2), os tipos de reúso das águas podem ser classificados em:

- a) Reúso indireto não planejado: ocorreu quando a água já utilizada em ou mais em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada;
- b) Reúso planejado: Ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta;
- c) Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reúso;
- d) Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são despejados de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneo, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.969/97, o a reutilização de água é uma extensão do tratamento de esgotos sem investimentos adicionais elevados, entretanto nem toda água usada pode ser tratada para ser reutilizada. Cada finalidade precisa de um tratamento específico e por isso o reúso local de esgoto

deve ser planejado para que essa água novamente tratada seja usada de forma segura e minimizaria o custo de implantação e de operação.

O grau de tratamento para o esgoto é definido pelo uso mais limitante quanto à qualidade de esgoto tratado. Em casos mais simples, pode-se prever o uso da água de enxágue de máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando ao vaso, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento. Podemos ver no quadro 1 de que forma a água pode ser reutilizada e suas características respectivamente.

Tabela 1 – Classificação e reuso previstos

Classe	Uso previsto	Turbidez	Coliformes fecais (NMO/100mL)	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água	Inferior a 5	Inferior a 200	Inferior a 200	Entre 6 e 8	Entre 0,5 e 1,5
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins	Inferior a 5	Inferior a 500	-	-	Superior a 0,5
Classe 3	Reuso em descargas dos vasos sanitários	Inferior a 10	Inferior a 500	-	-	-
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastos para gados e outros cultivos	-	Inferior a 500	-	-	-

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas técnicas (NBR 13.969/97, p 22)

3.3.2 Reúso de águas cinzas

O termo água cinza é utilizado para a água originada em residências, escolas, escritórios ou edifícios públicos, proveniente de uso da máquina de lavar roupas,

banheiras, pias de cozinha e chuveiros (BAZZARELA, 2005; JEFFERSON et al, 1999; ERIKSSON et al, 2002).

A reutilização de águas cinza tratadas em residências contribui reduzindo o consumo residencial de água potável, reduzindo também o volume de contaminantes do solo e dos corpos d'água. Em alguns casos, principalmente em edificações de grande porte, a prática do reúso apresenta-se como uma alternativa mais atrativa, em termos econômicos, do que a utilização de águas pluviais (ALVES, 2009).

3.3.2.1 Sistema de reúso

O sistema de reúso precisa ter alguns cuidados (BRASIL et al., 2005, p. 50), tais como:

- O sistema hidráulico deve ser identificado e totalmente independente do sistema de abastecimento de água potável;
- Todos os pontos de acesso à água de reúso devem ter acesso restrito, e devem ser identificados adequadamente;
- As pessoas que trabalharem em atividades inerentes ao sistema de reúso devem receber instruções;
- Os reservatórios de armazenamento devem ser específicos.

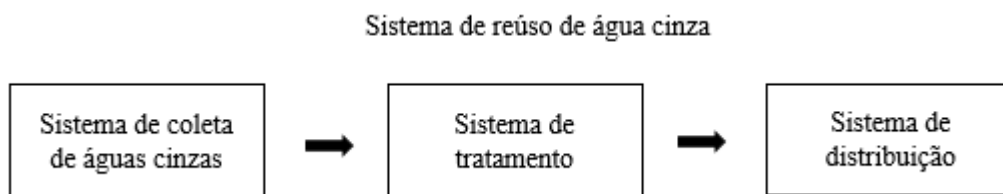
De acordo com May (2009), um sistema de reúso precisa ter no mínimo esses componentes:

- Coletores: Sistema de condutores horizontais e condutores verticais que transportam o efluente proveniente do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas ao sistema de armazenamento, onde posteriormente é devidamente tratado.
- Armazenamento: Sistema composto por reservatório de acumulação com objetivo de armazenar as águas cinza provenientes dos pontos de coleta.
- Tratamento: O sistema de tratamento das águas cinza depende da qualidade da água coletada e do seu uso final.

A escolha do processo de tratamento das águas cinza a ser utilizado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento, e por isso, a decisão deve ser criteriosa e fundamentada nas características do efluente a ser tratado.

Pode-se notar na Figura 1 os componentes gerais de um sistema de reúso de águas cinza, sistema de coleta, sistema tratamento, que pode ser dividido em duas partes ou em três, reservatório de armazenamento e o sistema de distribuição até a residência.

Figura 1: Esquema do sistema de reúso



Adaptado pela pesquisadora (Brasil et al., 2005)

Os principais pontos que devem ter em um sistema de reúso, de acordo com Brasil et al. (2005, p.73-74), são:

- Pontos de coleta e pontos de uso;
- Determinação de vazões disponíveis;
- Dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinza brutas;
- Determinação do volume de água a ser armazenado;
- Estabelecimento dos usos das águas cinza tratadas;
- Definição dos parâmetros de qualidade da água em função dos usos estabelecidos;
- Tratamento da água;
- Dimensionamento do sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo.

O custo para a montagem do sistema de reúso depende da infraestrutura a ser adotada, pois inclui rede dupla de abastecimento, coleta das águas cinza, unidades de bombeamento e acondicionamento da água de reúso. O tratamento dessa água varia de acordo com o local onde a mesma será utilizada, seguindo as recomendações da NBR 13969 (ABNT, 1997).

3.3.2.1.1 Sistema de distribuição

A forma mais comum utilizada para o dimensionamento das tubulações prediais é apresentada na NBR 5.626, que estabelece as exigências e recomendações para realização do projeto, execução e manutenção de instalações prediais de águas frias (ABNT 1998). O anexo A dessa norma traz uma tabela que serve para facilitar os cálculos, serão esses descritos a seguir de forma mais simples possível:

- Identificação dos trechos da tubulação;
- Soma-se os pesos que cada trecho deve atender;
- Estima-se a vazão;
- Determina-se o diâmetro do tubo;
- Calcula-se a velocidade da água;
- Calcula-se a perda de carga unitária;
- São verificadas as diferenças de cota, definindo sinal positivo para trechos de descida e sinal negativo para trechos de subida;
- Avalia-se a pressão disponível;
- Definem-se os comprimentos reais e equivalentes da tubulação;
- Calcula-se a perda de carga total nos trechos;
- Determina-se a pressão dinâmica disponível nos pontos de consumo.

3.3.2.1.2 Sistema de coleta

Como o sistema de distribuição, o sistema de coleta também deve seguir uma norma vigente no Brasil, NBR 8.160 (ABNT, 1999), que estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto e manutenção dos sistemas prediais.

De forma geral é indicado na norma que a finalidade básica do esgoto sanitário é coletar e conduzir os rejeitos provenientes do uso dos aparelhos sanitários a um destino viável. Segundo a NBR 8.160 (ABNT, 1999), o sistema de esgoto sanitário deve ser projetado da seguinte forma:

- Evitar a contaminação das águas, para diminuir a contaminação do meio ambiente;
- Facilitar o escoamento, para que não ocorra entupimentos no interior das tubulações;

- Impossibilita a contaminação as áreas de utilização pelos gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário;
- Impedir a entrada de corpos estranhos no sistema;
- Deve ser de fácil inspeção;
- Não deve ter contato com o sistema de ventilação do prédio;
- Aparelhos sanitários só devem ser utilizados se forem de fácil remoção para facilitar as manutenções;

Após todos esses passos serem seguidos o coletor de um sistema de esgoto sanitário só deve ser feita se existir ou um sistema de coleta de esgoto sanitário na cidade ou uma rede particular de tratamento.

3.3.3 Aspectos qualitativos das águas cinzas

Águas cinzas são originadas pelo uso produtos de limpeza em geral, óleos advindos da cozinha, lavagem do corpo e de roupas (JEFFERSON et al., 1999). E para que a reutilização desses efluentes seja de qualidade é necessário que haja uma avaliação dessas águas de acordo com suas características (ERIKSSON et al., 2002).

A composição das águas cinzas dependerá diretamente das fontes escolhidas, tem influência direta de características regionais e culturais dos usuários como, a localização e ocupação da residência, a faixa etária dos usuários, o estilo de vida, a classe social, o uso de produtos de limpeza e entre outros (ERIKSSON et al, 2002).

3.3.3.1 Características físicas

De acordo com Bazzarella (2005) as características físicas os mais importantes são temperatura, cor, turbidez e o conteúdo de sólidos suspensos. A temperatura influencia diretamente no desenvolvimento de microrganismos, enquanto a turbidez e a concentração podem induzir ao entupimento de instalações de transporte e tratamento das águas. A turbidez e os sólidos suspensos podem ainda prejudicar a desinfecção das águas que vão passar por tratamento (MAY, 2009).

3.3.3.2 Características químicas

As características químicas são divididas de acordo com o composto presente, são divididas em quatro grupos: Compostos nitrogenados, compostos fosforados, compostos orgânicos. De acordo com Shonning 2001, 80% dos compostos nitrogenados encontrado no esgoto doméstico são provem da urina. Porém nas águas cinzas escuras, a maior concentração de nitrogênio são provenientes da cozinha, já nas águas cinzas claras o nitrogênio é mais encontrado nas águas usadas no chuveiro. (ERIKSSON et al., 2002)

Os compostos fosforados são ligados ao uso de detergentes. Os compostos orgânicos estão relacionados aos valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e de DQO (demanda química de oxigênio) indicam a diminuição do grau de oxigênio devido a degradação da matéria orgânica presente no esgoto (ERIKSSON et al., 2002).

Dentre os demais componentes, o pH está diretamente ligado ao pH da água fornecida pelo abastecimento público, mas os produtos químicos utilizados podem aumentar esses valores. Medidas de alcalinidade e dureza também podem causar problemas nas tubulações (ERIKSSON et al., 2002).

Outro fator que deve ser citado é o tempo que as águas cinzas ficam armazenadas, quando elas são armazenadas por mais de 48h ocorre a depleção total do oxigênio dissolvido, alterando sua qualidade. (ERIKSSON et al., 2002 apud MAY, 2009).

A maior parte da matéria orgânica é provem principalmente de resíduos corporais, já a inorgânica é oriunda principalmente de produtos químicos e detergentes utilizados para limpeza. (MAY, 2009).

3.3.3.3 Características microbiológicas

Microrganismos que são introduzidos nas águas cinzas podem trazer riscos de contaminação para aqueles usuários que estejam expostos às águas residenciais não tratadas. Essas bactérias podem ser inseridas nas águas em atividades simples como tomar banho, lavar as mãos e fraldas, podendo durante a fase de estocagem haver uma proliferação desses agentes (ERIKSSON et al., 2002).

Por isso é tão importante a desinfecção, pois ela é de caráter corretivo e preventivo, pois essa água pode ser contaminada na tubulação e ao chegar no reservatório pode ocorrer a proliferação de limo. Se a desinfecção for feita corretamente faz-se a inativação dos microrganismos patogênicos a água, existem alguns tipos de desinfecção que podem

causar problemas se feitos em excesso ou a falta como a cloração, no primeiro caso o odor do desinfetante e o desperdício do produto e no segundo caso o armazenamento de águas cinzas não desinfetadas por mais de 24 horas pode resultar em odores ofensivos. Por isso é de grande importância o controle da dosagem de cloro no sistema de tratamento de águas cinzas (MAY, 2009).

3.3.4 Aspectos quantitativos das águas cinzas

Tanto a produção como a demanda de águas cinzas estão diretamente relacionadas com o consumo de água dentro das residências, que variam de acordo com a região, clima e cultura da população. E para quantificar essa água o valor é estimado de acordo com a vazão dos aparelhos sanitários (SANTOS, 2002).

Para que o sistema de reaproveitamento de água dê certo, é necessário que haja um balanço entre a oferta e a demanda de águas cinzas. Entretanto a água cinza é produzida numa quantidade de tempo diferente da necessária, de modo que a descarga dos vasos sanitários ocorre de maneira mais consistente ao longo do dia. Esse problema poderia ser resolvido aumentando a quantidade de reservatórios para estocagem, porém aumenta substancialmente o tamanho do sistema. (SURENDRAN E WHEATLEY, 1998 apud JEFFERSON et al., 1999).

3.4 Tratamento de águas cinzas

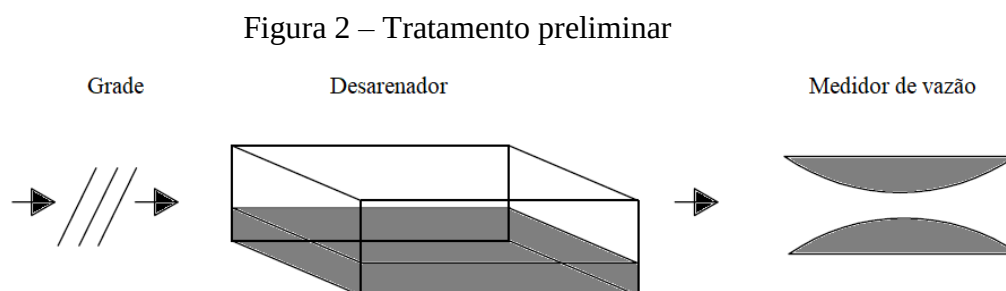
A remoção dos poluentes no tratamento é feita como forma de obtenção da qualidade desejada ou o padrão qualidade vigente. O tratamento é classificado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário (VON SPERLING, 2005).

3.4.1 Preliminar

Visa apenas a remoção dos sólidos grosseiros e areia. A remoção dos sólidos grosseiros é necessária para proteção das unidades de tratamento subsequentes e dos corpos receptores e a remoção da areia é necessária para evitar a abrasão nos equipamentos e tubulações, reduzir a obstrução em tubulações, tanques e orifícios e

facilitar o transporte do líquido, principalmente a transferência de lodo, em sus diversas fases (VON SPERLING, 2005).

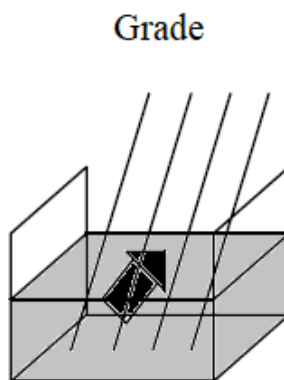
Existem dois tipos de tratamento preliminar, o gradeamento e o peneiramento, podemos ver na figura 2 mostra um esquema do gradeamento, que consiste basicamente na remoção de sólidos grosseiros por meio de grades.



Fonte: Adaptado pela pesquisadora (VON SPERLING, 2005).

A figura 3 mostra o esquema mais detalhado e aproximado de como a remoção dos sólidos grosseiros é feita.

Figura 3 – Esquema de uma grade



Adaptado pela pesquisadora (VON SPERLING, 2005).

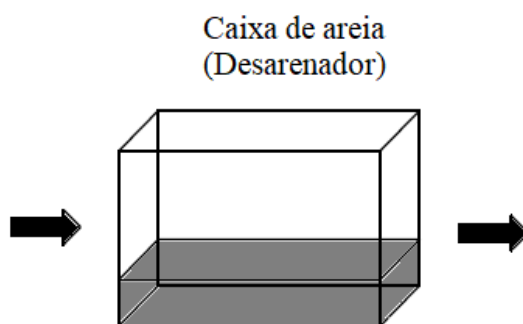
No peneiramento pode-se usar peneiras rotativas, estáticas ou trituradores, no gradeamento o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido, essa remoção pode ser feita tanto mecanicamente como manualmente.

Já a remoção de areia é feita através de unidades especiais chamadas desarenadores, onde o mecanismo para a remoção da areia é a sedimentação dos grãos. Devido serem mais pesados, os grãos de areia vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica,

fica em suspensão. Existem vários processos para a retirada da areia, desde manuais a mecânicos (VON SPERLING, 2005).

A figura 4 mostra um esquema de um desarenador e assim podemos observar melhor como esse processo é feito.

Figura 4 – Esquema de um desarenador retangular de fluxo horizontal



Adaptado pela pesquisadora (VON SPERLING, 2005).

3.4.2 Primário

O tratamento primário destina-se a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, que podem ser removidos em unidades de sedimentação. Uma parte desses sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão. Assim acontece sua remoção por processos simples, como a sedimentação, que implica na redução da carga de DBO dirigida ao tratamento secundário. A remoção desses sólidos se situa em torno de 60 a 70%, e a de DBO em torno de 25 a 35% (VON SPERLING, 2005).

Os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares e são utilizados principalmente antes da etapa biológica dos processos de tratamento como lodos ativados e reatores anaeróbicos com biofilmes. Atualmente a utilização de reatores anaeróbios, nesses processos de tratamento de esgotos, os decantadores primários estão sendo substituídos. Ao invés de ter uma remoção de DBO em torno de 25 a 35% passa-se ter uma eficiência em torno de 70%, possibilitando uma redução do volume das unidades do tratamento jusante (VON SPERLING, 2005).

O aumento da eficiência na remoção dos solos em suspensão pode ocorrer ainda ao adicionar agentes coagulantes, que podem ser de sulfato de alumínio, cloreto férrico ou por outro auxiliado ou não por um polímero. A formação do lodo é maior, devido a

quantidade maior de sólido removidos no líquido, bem como dos produtos químicos adicionados (VON SPERLING, 2005).

Além dos decantadores e reatores anaeróbicos ainda existem os tanques sépticos que são utilizados para pequenas populações contribuintes, são basicamente decantadores, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, constituindo lodo, o qual pertence no fundo dos tanques por um tempo suficiente para sua estabilização, que se dá por condições anaeróbicas. Por esse motivo os tanques sépticos são denominados de decanto-digestores (VON SPERLING, 2005).

3.4.3 Secundário

O tratamento secundário visa a remoção da matéria orgânica, se apresentando de duas formas: com a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada) e matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada) (VON SPERLING, 2005).

Os processos de tratamento secundários são feitos para acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores, assim a decomposição dos poluentes orgânicos é alcançada, em condições controladas, em intervalos de tempo menores do que nos sistemas naturais. Enquanto as etapas preliminares e primárias predominam mecanismos de ordem física, o tratamento secundário se preocupa com a remoção da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

O tratamento secundário inclui as unidades de tratamento preliminar, mas pode ou não inserir unidades de tratamento primário. Existe grande variedade de métodos de tratamento em nível secundário, sendo os mais comuns: lagoas de estabilização e variantes, processos de disposição sobre o solo, reatores anaeróbios, lodos ativados e variantes, reatores anaeróbios com biofilmes (VON SPERLING, 2005).

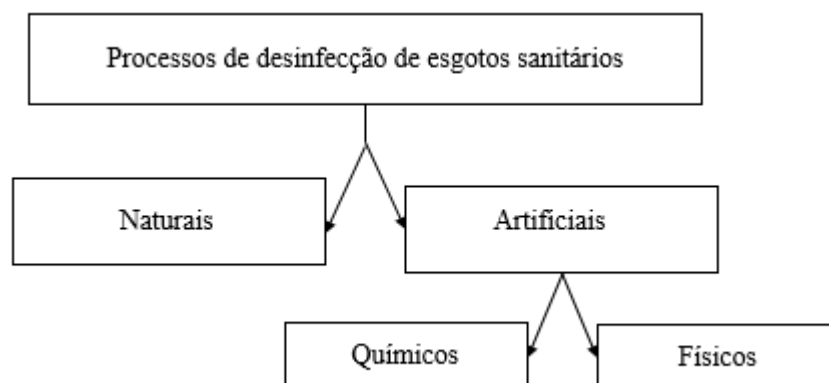
3.4.4 Terciário

A desinfecção é um processo para eliminar os organismos patogênicos, sem no entanto produzir água esterilizada. Existem dois fatores importantes no processo de desinfecção, o tempo de contato e a concentração do agente desinfetante (BAZARELLA, 2005).

A desinfecção pode ocorrer por processos artificiais ou naturais, porém ambos utilizam isoladamente ou de forma combinada agentes físicos e químicos para inativar os

organismos-alvo. A desinfecção química é realizada através da aplicação de compostos do grupo fenólico, álcoois, halogênios e metais pesados e os compostos mais utilizados são o cloro, o dióxido de cloro e o ozônio. Outra forma de desinfecção é a feita por radiação ultravioleta, que se torna em algumas situações uma alternativa mais viável devido à não geração dos subprodutos tóxicos (GONÇALVES, 2006). Podemos ver alguns dos processos de desinfecção na figura 5.

Figura 5 – Processos de desinfecção de esgotos sanitários



Adaptado pela pesquisadora (GONÇALVES, 2006)

4. Metodologia

Para o presente trabalho foi feito uma pesquisa bibliográfica durante um semestre, em busca de um sistema de reuso de águas cinzas para uso geral que fosse apropriada para a Vila Acadêmica. Uma estação de tratamento adequada para o uso geral possui quatro ramificações, a preliminar, primária, secundária e a terciária, mas anteriormente é necessário estimar a quantidade de águas cinza necessária para atender as necessidades das residências acadêmicas.

4.1 Edificação

Uma edificação que pretende implantar o reuso das águas cinzas deve executar a separação dos efluentes de interesse, direcioná-los para o sistema de tratamento, encaminha-los para o sistema para reservar a água e então oferecê-las aos pontos da casa onde ocorrerá a utilização efetiva das águas servidas.

4.1.1 Edificação estudada

A residência acadêmica feminina da Ufersa do campus Mossoró, consiste em dois blocos de apartamentos com capacidade para 160 pessoas. Cada bloco possui 20 apartamentos que acomodam unitariamente quatro pessoas e possuem somente um banheiro. A área compartilhada do edifício possui um banheiro coletivo, sala de estudo, cozinha e área de serviço.

4.1.2 Estimativa de consumo de água

Para a estimativa do consumo de água nas residências foi seguido um valor estabelecido pela ONU como o ideal diário. Segundo a instituição deve-se considerar que cada pessoa demandará 110 litros por dia. Dessa forma, observamos na tabela 2 a estimativa do consumo mensal interno de água (GONÇALVES, 2006).

Tabela 2 - Estimativa de consumo mensal interno de água

Número de habitantes	160
Consumo per capita ($\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	110
Consumo diário ($\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$)	17.600
Consumo interno mensal (m^3)	528.000

Adaptado pela pesquisadora (GONÇALVES, 2006)

É necessário desconsiderar a lavagem de jardins pois essa água não é oriunda da vila acadêmica feminina e sim do sistema de abastecimento geral da universidade. Com os dados levantados, pode-se destacar que a estimativa de consumo de água total na residência acadêmica é de $528.000 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ (GONÇALVES, 2006).

4.1.3 Estimativa da oferta de águas cinzas

Estudos realizados demonstram como é a distribuição da demanda de água em uma casa. Assim, utilizando os percentuais de distribuição da água em uma residência, definidos por três pesquisas feitas no Brasil, foi realizado o cálculo da média desses percentuais para cada aparelho (GONÇALVES, 2006). Na tabela 3 são apresentados os valores estimados de águas cinzas que são produzidos na vila acadêmica.

Tabela 3 – Estimativa de águas cinzas produzidas na vila acadêmica

	Dec a*	USP *	PNCD A*	Média	Consumo diário (L dia^{-1})	Consumo mensal (L mês^{-1})
Chuveiro	47%	28%	55%	43,33%	7.626,08	228.782,40
Lavatório	12%	6%	8%	8,67%	1.525,92	45.777,60
Máquina de lavar roupas	8%	9%	11%	9,33%	1.642,08	49.262,40

Adaptado pela pesquisadora (GONÇALVES, 2006).

Pode-se perceber que o maior consumo de água potável em uma residência ocorre com a demanda do chuveiro, sendo esse o maior contribuinte para a oferta de águas cinzas para o reuso. Somando todas as formas de obtenção de águas cinzas, estima-se, para a vila acadêmica feminina, uma vazão de $11.000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ por dia aproximadamente (GONÇALVES, 2006).

4.1.4 Estimativa de demanda de água de reúso

Para estimar o consumo de águas de reúso foram relacionadas as demandas de água dos pontos que podem ser abastecidos com água com menor exigência, como vasos sanitários e áreas externas à residência.

A demanda de água dos vasos sanitários é melhor distribuída durante o mês, enquanto a utilização da água nas áreas externas não acontece todos os dias. A atividade de rega de jardins e lavagem de calçadas pode ser estimada em apenas 8 utilizações por mês, e a utilização dos vasos sanitários é feita em média 5 vezes por dia/morador, sendo 6 L/descarga (PHILIPPI et al., 2006).

4.1.4.1 Demanda interna

A demanda interna corresponde apenas ao volume de água a ser utilizada nos vasos sanitários, acrescida de um potencial para as perdas de 10%. Podemos então calcular a estimativa dessa vazão de acordo com a equação 1 (GONÇALVES, 2006)

Equação 1

$$D_{int}=Q \times V \times U \times P$$

Onde: Q = Quantidade de pessoas

V = Quantidade de litros por descarga

U = Total de utilizações por dia

P = Perdas

4.1.4.2 Demanda externa

Já para a demanda externa o cálculo é feito com base no mesmo princípio. Nesse caso só será considerada a lavagem da área impermeabilizada do edifício, sendo que por área a quantidade de água estimada é de 4 m³ dia⁻¹ para cada metro quadrado e são feitas 8 lavagens por mês. Podemos calcular essa demanda multiplicando a quantidade de litros usada por lavagem. Observamos na tabela 4 as áreas da residência, tanto do bloco superior, do inferior e a área total.

Tabela 4: Área da residência universitária feminina

Área construída	
Pavimento térreo	511,56 m ²
Pavimento superior	468,08 m ²
Área total	979,64 m ²

Fonte: Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Então a demanda externa deve ser calculada com base na equação 2 (GONÇALVES, 2006).

Equação 2:

$$D_{\text{ext}} = A_{\text{total}} \times V \times U$$

Onde: A = Área

V = Vazão de água utilizada a cada lavagem por metro quadrado

U = Quantidade de lavagens

4.2 Sistema preliminar

Essa fase pode ser feita tanto por peneiramento como por gradeamento, porém o peneiramento é geralmente usado em indústrias, já o gradeamento é mais adequado para sistemas menores. Na tabela 5 podemos observar o espaçamento em que essas grades devem ficar para reter cada tipo de sólido.

Tabela 5 – Classificação dos sistemas de gradeamento

Tipo	Espaçamento (cm)
Grade grosseira	4 – 10
Grade média	2 – 4
Grade fina	1 – 2

Fonte : Tratamento preliminar (PIVELI; SOUZA, 2017)

A dimensão das barras deve ter uma largura de 4mm a 10mm e o comprimento deve variar de 25 mm a 75 mm. A inclinação e a velocidade vão variar de acordo o tipo de limpeza que vai ser feita, se será manual ou mecanizada, se for manual a inclinação deve ser de 45° ou 60° e a velocidade de passagem será de 0,6 m s⁻¹ a 0,9 m s⁻¹, já se a limpeza for mecanizada, a inclinação deverá ser de 70° a 90° e a velocidade e passagem sofrerá uma variação de 0,6 m s⁻¹ a 1,2 m s⁻¹ (PIVELI; SOUZA, 2017)

Ao passar por essa etapa a água deverá passar por um desarenador para remover a areia através da sedimentação, sem que haja remoção conjunta dos sólidos orgânicos. De acordo com Piveli e Souza (2017) o diâmetro efetivo do grão de areia varia em torno de

0,2 mm e 0,4 mm e a velocidade da sedimentação é de 2 cm s^{-1} . A remoção desses grãos também pode ser feita por processos manuais ou mecânicos, porém manualmente existe a possibilidade de paralização da unidade se não for retirada no tempo certo, já a mecânica a remoção é contínua.

4.3 Sistema primário e secundário

No tratamento primário o que dever ser removido são os sólidos em suspensão e os sólidos flutuantes, como já foi explicado anteriormente, existem algumas formas de remover esses sólidos, variam apenas pela qualidade dessa remoção. No secundário a remoção é de matéria orgânica dissolvida e em suspensão, sólidos não sedimentáveis, nutrientes (parcialmente) e patogênicos (parcialmente) e para a Vila Acadêmica foi escolhido um modelo já comercializado onde abrange tanto o sistema primário como secundário. O sistema é feito por um reator e um biofiltro anaeróbicos de fibra de vidro comercializado pela empresa Bakof Tec.

O reator anaeróbico é composto por distribuidor de fluxo, cone defletor, tubo de sucção, tubo de limpeza, suspiro e tampa de inspeção. O processo consiste de um fluxo ascendente das águas cinza através de um leito de lodo denso e de elevada atividade (CHERNICHARO, 2007).

A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional das águas cinzas e das bolhas de gás.

Um dos princípios fundamentais do processo é a sua habilidade de desenvolver biomassa de elevada atividade. Essa biomassa pode se apresentar na forma de flocos ou grânulos (CHERNICARO, 2007).

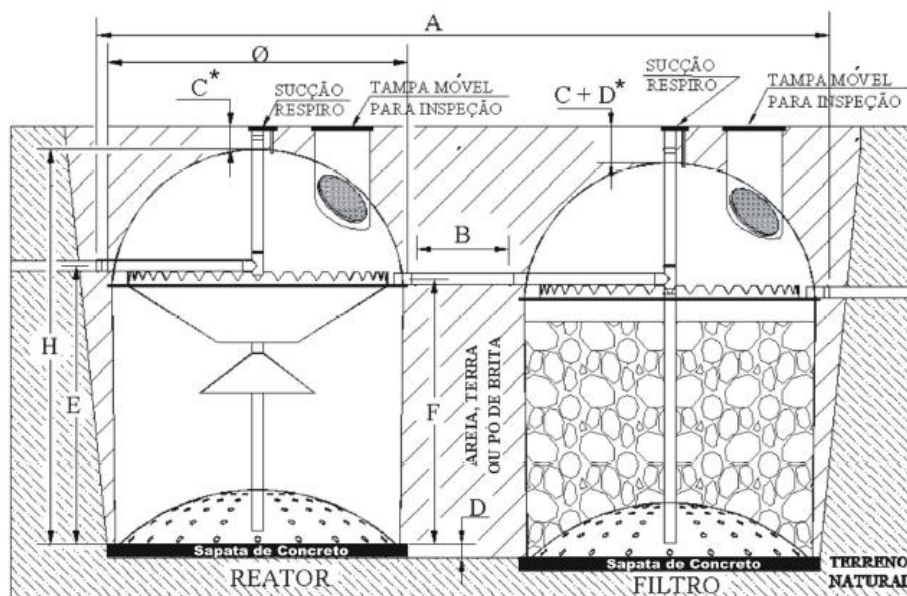
Considerada a unidade primária do sistema de digestão anaeróbia, este reator, irá receber o efluente bruto, que ao passar pela manta de lodo bacteriano localizada na zona inferior do equipamento (entrada) receberá ação de bactérias anaeróbias que utilizarão a carga orgânica do esgoto como substrato para o seu metabolismo e crescimento. A saída do efluente, mais líquido e clarificado, se dará pela zona superior do equipamento e deverá ser direcionado à entrada do filtro anaeróbio.

Ao chegar no biofiltro anaeróbico (Tratamento secundário), o líquido passará por um meio filtrante (corrugado) onde será formado biofilme bacteriano. As bactérias formadoras do biofilme irão consumir o restante da carga orgânica e aumentar assim a

eficiência do sistema. Esse sistema é composto pelos seguintes elementos: distribuidor de fluxo, anéis corrugados (meio filtrante), tubo de sucção, suspiro e tampa de inspeção.

A Figura 6 mostra um esquema de o reator e biofiltro de fibra de vidro.

Figura 6 – Reator e filtro anaeróbico



Bakof indústria e comércio de fiberglass LTDA, 2018

A tabela 6 abaixo possui características para um reator com capacidade para 16.000 L dia⁻¹, pois é primeiro modelo do reator que atende a vazão diária da vila acadêmica,6 apresentando ainda as características de acordo com o modelo que comporta a quantidade de águas cinza ofertada pela edificação durante o dia.

Tabela 6 – Reator/Filtro fibra de vidro

Modelo	M									M ³
	A	B	C*	D	E	F	Ø	H	C+D*	BRITA N° 4
16.000	6x2,7	1,00	0,30	0,11	2,41	2,31	2,50	3,24	0,41	10,30

Bakof indústria e comércio de fiberglass LTDA, 2018

A instalação desses equipamentos pode ser descrita da seguinte forma:

- Escavar do terreno até a largura e profundidade necessárias;
- Construir de uma sapata nivelada em concreto que servirá de base para o Reator/Filtro;
- Realizar conexões utilizando anéis de vedação;
- Encher o reator e o filtro com água; no filtro preencher com brita n°4; e,

- Utilizar terra peneirada, areia ou pó de brita e efetuar a compactação a cada 25cm.

Para a preservação do reator é necessário que a tampa de inspeção seja de fácil acesso, essa manutenção deve ser feita a cada 12 meses, ou inferior a isso conforme a necessidade, em terrenos arenosos/movediços/de lençol freático superficial, além de sapata, é necessário realizar a ancoragem do sistema.

4.4 Sistema terciário

No sistema terciário os poluentes que deverão ser removidos serão, nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescente. Os métodos mais comuns de tratamento terciário são, lagoas de maturação, desinfecção, processos de remoção de nutrientes e filtração final (PIVELI; SOUZA, 2017).

A opção mais barata para essa parte do tratamento do sistema é reuso é a lagoa de maturação, porém exige uma área muito ampla para ser construída, por isso optou-se pelo processo de desinfecção UV, por também ser barato e rápido, não agredir o meio ambiente, possuir um baixo investimento inicial e o processo de manutenção é simples.

Os principais componentes desse sistema são lâmpadas tipo arco mercúrio, equipamento de acionamento e reator. Existem dois tipos de configurações de reatores de desinfecção UV, tipo de contato e tipo de não contato. Em ambos a água pode fluir perpendicular ou paralelo às lâmpadas. No reator de contato as lâmpadas de mercúrio são colocadas em tubos de quartzo para minimizar o efeito de resfriamento pela água. Em reatores de não contato, as lâmpadas UV são suspensas externamente a um condutor transparente que conduz a água para desinfecção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Só é possível definir um sistema de reúso viável de acordo com a quantidade de demanda de água cinza ofertada e demandada, dessa forma temos que:

- Demanda interna de águas cinza

Equação 1

$$D_{\text{int}} = Q \times V \times U \times P$$

$$D_{\text{int}} = 160 \times 6 \times 5 \times 1,1$$

$$D_{\text{int}} = 5280 \text{ l/dia}$$

De acordo com a equação 1, a demanda interna da vazão usada nas residências da vila acadêmica é de 5.280 L/dia.

- Demanda externa de águas cinza

Equação 2

$$D_{\text{ext}} = A_{\text{total}} \times V \times U$$

$$D_{\text{ext}} = 979,64 \times 4 \times 1$$

$$D_{\text{ext}} = 3.918,56 \text{ L dia}^{-1}$$

Com base na equação 2, a demanda externa da vazão usada nas residências da vila acadêmica é de 3.918,56 L dia⁻¹ a cada lavagem, enquanto por mês a vazão será de 31.348,48 L mês⁻¹ em 8 lavagens.

Segundo a quantidade estimada, tanto da demandada quanto da ofertada é necessário um sistema que não seja tão pequeno, mas que não necessite de grande área para a execução.

Na etapa preliminar, o gradeamento se tornou mais viável por se tratar de uma estação pequena, remove os sólidos grosseiros capazes de causar entupimento e aspecto desagradável nas unidades do sistema de tratamento são utilizadas grades mecânicas ou limpeza manual, para esse caso é mais viável a utilização de grades mecânicas pois a retirada de material é mais rápida.

No tratamento primário e o secundário, o reator e biofiltro da empresa Bakof disponibiliza as características que a água possui após passar pelo tratamento, podemos ver essas características explicitamente na tabela 7.

Tabela 7 – Características da água obtidas após o tratamento

	Resultado obtido	Valor máximo permitido	Limite de detecção
Cor	2,4 mg Pt-Co/L	- mg Pt-Co/L	2 mg Pt-Co/L
DBO	56 mg/L	180 mg/L	0,1 mg/L
DQO	77 mg/L	400 mg/L	3,0 mg/L
Fósforo total	Nd mg/L	4 mg/L	0,1 mg/L
Óleos e Graxas vegetal / animal	Nd mg/L	Maior ou igual a 10 mg/L	1,0 mg/L
Oxigênio dissolvido	4,2 mg/L	- mg/L	0,1mg/L
pH	7,339	6,00 a 9,00	0 a 14
Sólidos suspensos	31 mg/L	180 mg/L	1,0 mg/L
Temperatura	25°C	<40°C	
Turbidez	1,18 NTU	- NTU	0,1 NTU

Fonte: Bakof indústria e comércio de fiberglass LTDA (2018)

Como tratamento terciário, dentre todas as opções que poderiam ser escolhidas, a mais viável foi o sistema de desinfecção UV, esse processo neutraliza os microrganismos conforme eles atravessam as lâmpadas ultravioletas submersas nos efluentes. O processo não adiciona nada a água além da luz UV e não causa nenhum tipo de impacto a composição química ou no oxigênio dissolvido na água.

Essa forma de desinfecção é mais viável pelas vantagens a mais quando comparadas aos outros sistemas que agem com o mesmo propósito. Pode-se então listar as vantagens e desvantagens desse sistema.

Vantagens:

- É efetiva na inativação de muitos vírus, esporos e cistos;
- É um processo físico, que ao contrário de desinfetantes químicos, manuseio, transporte ou estocagem de produtos químicos tóxicos/perigosos/corrosivos;
- Não geram efeitos residuais prejudiciais a humanos ou vida aquática;
- É facilmente controlada pelos operadores;
- Tem tempo de contato menor quando comparada a outros agentes desinfetantes (aprox. 20 a 30 segundos com lâmpadas de baixa pressão);
- O equipamento de desinfecção UV requer menos espaço que outros métodos.

Desvantagens:

- Baixas dosagens podem não ser efetivas na inativação de alguns vírus, esporos e cistos;
- Os microrganismos podem, às vezes, reparar e reverter os efeitos destrutivos do UV através, de mecanismo de reativação, conhecido como foto reativação, ou em ausência de luz, conhecido como recuperação no escuro;
- Existe a necessidade de programa preventivo para controle preventivo para controle da formação de biofilmes nos tubos (reator de contato);
- Turbidez (T) e sólidos suspensos totais (SST) na água pode prejudicar a eficiência de inativação;
- A desinfecção UV não tem custo competitivo com a cloração, mas os custos são competitivos quando comparados com cloração – descloração.

A eficiência de um sistema de desinfecção por ultravioleta depende de alguns fatores como, as características do efluente, intensidade da radiação UV aplicada, tempo de exposição dos microrganismos a radiação, configuração do reator.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um bem necessário para a vida humana. Devido a hábitos errados a sociedade vem usando esse recurso de forma exacerbada, sem se preocupar com o quanto ele pode se tornar raro. Produtos, tecnologias e campanhas promovem o quanto a falta d'água pode afetar a vida na terra para que a população se conscientize e encontre uma forma de controlar esse desperdício pontualmente.

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar, ainda que hipoteticamente, a viabilidade de implantação de um sistema de reutilização de águas cinzas nas residências universitárias da UFERSA do campus Mossoró. A Vila Acadêmica analisada possui 160 residentes, então, estima-se o uso de 17.600 L de água usados por dia e, de acordo com estudos de estimativa de águas cinzas ofertadas, o resultado para essa quantidade de água ofertada seria de aproximadamente 11.000L por dia. Diante dos sistemas de tratamento apresentados anteriormente, os mais viáveis, por conta desse fator, seriam o gradeamento, o reator e filtro biológico e a desinfecção UV, ao serem dimensionados, e em comparação as outras opções, esses são os que necessitam de uma área menor.

A qualidade da água cinza tratada pelo sistema definido nesse trabalho é viável somente para uso geral, como lavagens de carros, limpeza da própria residência, uso em aparelhos sanitários, então ela possui limitações, e suas características se restringem as possibilidades de uso dessa.

A possibilidade de preservar um recurso que tende a ser cada vez mais precioso não deve ser pensado apenas do ponto de vista econômico. Dessa forma, meios de incentivo e políticas públicas capazes de viabilizar a difusão de práticas, que preservem a água e que façam com que as construções rumem à sustentabilidade devem ser desenvolvidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: Tda - Desenho, Art Ltda, 2002. 68 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Balanço das Águas 2014 – 2015. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Boletim Água 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>

ALVES, W. C.; KIPERSTOK, A; ZANELLA, L.; PHILIPPI, L. S.; SANTOS, M.F.L.; VALENTINA, R.S.D.; OLIVEIRA, L.V.; GONÇALVES, R.F. Tecnologias de conservação em sistemas prediais. Gonçalves, R. F. (Coord). Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. P. 219-294. Programas de Pesquisa em Saneamento Básico.

ARBUÉS, F.; GARCIA-VALIÑAS, M. A.; MARTINEZ-ESPIÑEIRA, R. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. Journal of Socio-Economics. V. 32, n.1, p. 81-102, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.969**. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 60p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – ABNT. **NBR 5.626**. Sistema predial de água fria. Rio de Janeiro, ABNT, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7.229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução. Rio de Janeiro, ABNT, 1999. 74 p.

BAKOF INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE FIBERGLASS LTDA (Brasil). Frederico Wetphalen. **Manual de instalação**. 2011. ed. Santa Maria, 2011. 1 f.

BRANCATELLI, R. SP começa a investir em reuso de água. O Estado de São Paulo, 6 mai. 2007. Cidades/metropole, caderno meio ambiente, p. C 12.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Conservação e reuso de água em edificações. São Paulo: Prol, 2005.

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

CHERNICHARO, C.A.L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; PIVELI, R.P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L.A.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Comunicado 07/10: tarifas de água e esgoto. São Paulo, 2010.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MONGENS, H.; LEDIN, A. A characteristics of grey wastewater. Urban Water, v. 4, n. 1, p. 58 – 104, 2002.

FERNANDES, V. M. C.; FIORI, S.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, Porto alegre, v.6, n.1, p. 19-30, 2006.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. S. Avaliação do potencial de reuso de águas cinzas em edificações. In: I Conferência latino-americana de construção sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004. ENTAC/2004. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. P. 1-28. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.

HASTENREITER, Tainá Alves. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um projeto de reuso de água cinza para fim não potável em edificação empresarial.** 2013. 151 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: Água doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Coordenação de Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. Editora Escrituras, 1999.

HESPANHOL, I. Reúso integrado à gestão de recursos hídricos bases para planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Vitória, 1997. Disponível em: <http://www.usp.br/cirra/arquivos/prof-simposio>.

IBNET – International Benchmarking Network for Waterand Sanitation Utilities. Parâmetros Internacionais para Redes de Operadoras de Saneamento, 2015.

JEFFERSON, et al. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water. 1, p. 285-292, 1999.

LEAL, U. Ciclo de água na edificação. Técnica, v. 9, n. 48, p. 45-6, set/out, 2000.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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, 2004.

NSW HEALTH. Greywater reuse in Sewered single domestic premises. Sidney, 2002.

PINTO, L. C. B. Gestão do Saneamento Básico: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. São Paulo: Manole, 2012.

PIVELI, R.P.; SOUZA, T.S.O. Tratamento preliminar. Aula 2 – Disciplina Tratamento de Esgotamento Sanitário (PHA 3413). Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2017.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente construído**, Porto alegre. 2002

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnósticos dos serviços de água e esgoto (2005). Tabelas de informações e diagnósticos. Brasília: MCIDADES. SNSA: IPEA, 2006.

SHONNING, G. Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine. In: NJF Seminar, Copenhagen, 2001.

TRIBUNA DO NORTE (Natal - Rio Grande do Norte) (Ed.). **No RN, 47% do Esgoto Não é Tratado**. 2017. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/no-rn-47-do-esgoto-na-o-a-tratado/393805>>.

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

