



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS CRATEÚS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FRANCISCO MATHEUS TEIXEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS UTILIZANDO
APLICATIVO EM UMA COMUNIDADE RURAL DOS SERTÕES DE CRATEÚS-CE**

CRATEÚS-CE
2022

FRANCISCO MATHEUS TEIXEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS UTILIZANDO
APLICATIVO EM UMA COMUNIDADE RURAL DOS SERTÕES DE CRATEÚS-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
e Sanitária da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof.^a. Dra. Raimunda Moreira da
Franca.

CRATEÚS-CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S58a Silva, Francisco Matheus Teixeira da.

Avaliação do potencial de reúso de águas cinzas utilizando aplicativo em uma comunidade rural dos sertões de Crateús-CE / Francisco Matheus Teixeira da Silva. – 2022.

51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Ambiental, Crateús, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Raimunda Moreira da Franca.

1. Águas cinzas. 2. Aplicativo. 3. Disponibilidade hídrica. 4. Reúso. I. Título.

CDD 628

FRANCISCO MATHEUS TEIXEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS UTILIZANDO
APLICATIVO EM UMA COMUNIDADE RURAL DOS SERTÕES DE CRATEÚS-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
e Sanitária da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovada em: 18/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Raimunda Moreira da Franca (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ma. Anielle dos Santos Brito (membro externo)
(Doutoranda do Deha/UFC)

Profa. Dr. Janine Brandão de Farias Mesquita (membro interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ma. Tatiane Lima Batista (membro interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a Deus.

A minha família, em especial a minha mãe, **Socorro Teixeira** e a minha vó **Maria Pimentel**, que se esforçaram muito para que eu pudesse continuar a estudar.

E a todos egressos do ensino público brasileiro, que lutaram por suas formações profissionais mesmo diante de tantas dificuldades e desigualdades existentes.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por absolutamente tudo, pois sem Ele eu não poderia e não seria nada.

Aos meus pais Socorro Teixeira e Fábio Ribeiro, e aos meus avós, Maria Pimentel e Francisco Cesário, pela vida e criação que me proporcionaram. Aos quais devo tudo e sem o quais eu não seria quem sou.

A toda minha família, meu porto seguro e de onde me vem inspiração.

A minha orientadora Prof. Dr. Raimunda Moreira da Franca, pela paciência em me guiar e todo o ensinamento no decorrer do processo.

Ao meu primo e amigo Alfredo Henrique, profissional da área da Ciência da computação, por toda disponibilidade e empenho em desenvolver junto comigo o aplicativo, que calcula a vazão de águas cinzas, e por toda a paciência em realizar os diversos ajustes realizados.

Aos moradores da comunidade Salgado pela presteza em fornecer os dados e responder as solicitações da pesquisa. Em especial a Célia Coelho, Louro do Salgado, minha tia Rejane Teixeira e Deuzilene Oliveira, pelo apoio na coleta dos dados.

Aos colegas da turma de 2016 do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UFC Campus Crateús, em especial a turma da Michele Pontes, por todo apoio emocional, amizade, festinhas e ajudas acadêmicas proporcionadas.

À Prof. Dr. Luana Vianna a qual devo muito conhecimento aprendido e por todas as oportunidades de crescimento no decorrer do curso que ela me proporcionou, bem como a inspiração ao tema do presente trabalho.

Ao grupo GEPIA, pela experiência e contato com a extensão acadêmica que me proporcionou o desejo em trabalhar com comunidades rurais e menos favorecidas.

E a Dra. Érika Samara, pela experiência profissional grandiosa na empresa Qualitec Análises Físico-químicas e Microbiológicas LTDA, que entre muitas coisas me proporcionou incentivo na construção deste trabalho.

RESUMO

A necessidade de soluções que aumentem a disponibilidade hídrica e minimizem o desperdício referentes aos usos da água, faz do reúso uma ferramenta tecnicamente viável para prevenir ou reduzir os conflitos gerados pela crescente demanda por água. Sobretudo nas regiões semiáridas, onde o índice pluviométrico é baixo e há o agravante da falta de esgotamento sanitário. Este estudo tem como objetivo principal quantificar o potencial de águas cinzas propícias ao reúso em uma comunidade rural dos sertões de Crateús-CE. Para tanto, desenvolveu-se um aplicativo criado na linguagem Java, denominado TGWF Calculator, com interface de uma calculadora, que a partir de dados de consumo médio mensal de água e do número de habitantes por residência, realiza o cálculo da vazão de esgoto doméstico e da vazão diária de águas cinzas, em litros por dia. Posteriormente, o estudo faz um comparativo do consumo de água por pessoa e da geração de águas cinzas da comunidade com dados quantitativos de outras pesquisas existentes. Na premissa de criar subsídio técnico quantitativo para a produção de trabalhos futuros e para aplicação de projetos de reúso na própria comunidade. A geração de águas cinzas na comunidade, apresentou valor médio de 105,33 litros por dia, o que comparada a geração no meio urbano, considerada maior com valores na faixa de 152,00 litros por dia, pode ser considerada alta. Portanto, este estudo chegou à conclusão que a comunidade de Salgado-CE, produz uma grande quantidade de águas cinzas propícias ao reúso e possui um alto potencial de aplicação das técnicas de reúso, sendo necessária ainda a realização de análises qualitativas e monitoramento segundo legislação vigente, para assegurar o tratamento adequado e os usos futuros.

Palavras-chaves: Águas cinzas. Aplicativo. Disponibilidade hídrica. Reúso.

ABSTRACT

To increase water availability and minimize waste related to water uses, the reuse it is a technically viable tool to prevent or reduce conflicts generated by the growing demand for water. Especially in semi-arid regions, where the rainfall is low and there is an aggravating lack of basic sanitation. This study has as main objective to quantify potential of gray water to reuse in a rural community in the backlands of Crateús-CE. For this purpose, an application was developed and called TGWF Calculator, this application has an interface of a calculator, which, based on data of average monthly water consumption and the number of inhabitants per residence, calculates the flow of domestic sewage and the daily flow of gray water, in liters per day. Subsequently, the study makes a comparison of water consumption per person and the generation of gray water in the community with existing quantitative data. On the premise of creating quantitative technical support for the production of future works and for the application of reuse projects in the community itself. The generation of gray water in the community, presented an average value of 105.33 liters per day, which compared to the generation in the urban environment where the generation of sewage is considered higher, values in the range of 152.00 liters per day, can be considered high. Therefore, this study came to the conclusion that the community of Salgado-CE, produces a large amount of gray water suitable for reuse and has a high potential for the application of reuse techniques, and it is still necessary to carry out qualitative analyzes and monitoring according to current legislation to ensure proper treatment and future uses.

Keywords: Application. Gray waters. Reuse. Water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do consumo de água em uma residência.....	21
Figura 2 - Interface do TGWF CALCULATOR.....	33
Figura 3 - Imagens da comunidade Salgado, Crateús-CE.....	34
Figura 4 - Mapa de Localização da comunidade Salgado, Crateús-CE.....	35
Figura 5 - Mapa de uso e ocupação do solo da comunidade Salgado, Crateús-CE.....	36
Figura 6 - Interface do TGWF CALCULATOR com resultados.....	37
Figura 7 - Comparativo de consumo per capita.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das águas cinzas.....	19
Tabela 2 - Parâmetros de qualidade para água não potável e limites permitidos.....	20
Tabela 3 - Tratamento realizado para diferentes tipos de águas, seu reuso sugerido e enquadramento na norma NBR N°.13969 (ABNT,1997).....	27
Tabela 4 - Dados coletados na comunidade Salgado no período de janeiro de 2022, com dados dos seis últimos meses.....	38
Tabela 5 - Resultados do cálculo do valor da per capita das residências a partir da média mensal.....	39
Tabela 6 - Resultados do cálculo do valor da vazão diária de águas cinzas das residências no período mensal.....	42
Tabela 7 - Estatística descritiva da quantificação das águas cinzas na comunidade Salgado.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

APP - Aplicativo

COEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

CRN - Conselho Regional de Nutricionistas

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

EUA - Estados Unidos da América

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDE - Modelo Digital de Elevação

NBR - Normas Brasileiras

OMS - Organização Mundial da Saúde

pH- Potencial Hidrogeniônico

QGIS - Software livre com código-fonte aberto para georreferenciamento

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SISAR - Sistema Integrado de Saneamento Rural

UFC - Universidade Federal do Ceará

USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

INSA - Instituto Nacional do Semiárido INSA

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
§	Seção
©	Copyright
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Apresentação do tema e contextualização do problema	14
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.2. Objetivo geral	16
1.2.3. Objetivos Específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. Definição e caracterização das águas cinzas	17
2.2. Reúso das águas	22
2.3. Tipos de reúso	23
2.4. Tecnologias disponíveis para tratamento de águas cinzas	24
2.5. Aspectos legais referentes ao reúso das águas	28
3. METODOLOGIA	30
3.2. Delineamento do estudo	30
3.3. Procedimentos metodológicos	31
3.3.1. Coleta e análise de dados	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Descrição do local de estudo	34
4.1. Descrição e demonstração do aplicativo utilizado.	36
4.2. Análise do potencial de reúso das residências da comunidade	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
6. RECOMENDAÇÕES	45
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do tema e contextualização do problema

A água constitui-se como um elemento essencial à vida no planeta, e o acesso a esse recurso na forma limpa e segura é um direito básico adquirido pela população, e reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), através da Resolução 64/292 de 2010 (POSTAL, 2017). No Brasil, o acesso ao saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988 e tem as diretrizes estabelecidas pela Lei Federal 14.026/2020. Porém, ainda no ano de 2021 o país mantém sem serviços de água tratada cerca 35 milhões de habitantes e não trata metade do esgoto que gera, em torno de 49%, (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

A questão da disponibilidade hídrica é um assunto que se problematiza no país e no mundo. No caso do semiárido brasileiro o problema é ainda maior, pois a região segundo o Instituto Nacional do Semiárido, INSA (2021), possui aproximadamente 980 km², e é considerada a região mais seca do país com histórico de precipitação média anual abaixo de 750 mm. Apresenta padrão irregular de chuvas durante o ano, rios intermitentes e baixo escoamento superficial (GONDIM, 2018).

Um dos agravantes para as populações que vivem nas áreas de baixo índice pluviométrico, é a falta de esgotamento sanitário adequado. Ainda conforme o Instituto, no panorama de esgotamento sanitário para o semiárido, apenas 243 sedes municipais possuem sistema de coleta de esgoto sanitário. Contudo, a existência deste serviço não constitui garantia de atendimento a toda a população urbana dessas sedes (7.376.477 habitantes), visto que somente 43,7% desta população é efetivamente atendida. A situação nas comunidades rurais é ainda pior, segundo dados da Fundação Nacional de Saúde, Funasa (2020), mais de 80% dos domicílios rurais do semiárido possuem esgotamento sanitário precário e/ou inexistente.

Observando os dados existentes é possível perceber que a falta do saneamento é agravada na parte rural em comparação com a urbana, ainda que ambas possuam déficit como é caso da região semiárida. O saneamento básico na zona rural é alvo de grandes desafios, principalmente pelos aspectos econômicos e de infraestrutura, pois as comunidades rurais brasileiras, em ênfase as mais pobres, são objeto de constantes riscos e vulnerabilidade social (SOUZA, 2019; REZENDE, 2011).

No geral os problemas ambientais relacionados ao esgotamento sanitário são uma realidade para grande parte da população brasileira, sendo o saneamento um dos maiores desafios sociais e ambientais no país (IMPAGLIAZZO, 2011). A população brasileira é afetada

pela falta de tratamento dos esgotos domésticos urbanos e rurais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) no Brasil, 39% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica. Grande quantidade de esgoto bruto é lançada in natura nos corpos d'água e diretamente no solo, causando problemas de contaminação e poluição ambiental. Posto isso, as doenças de veiculação hídrica são a segunda maior causa de morte na infância, atrás, apenas, das infecções respiratórias (MOURA *et al.*, 2010).

Diante da problemática, várias estratégias de enfrentamento da escassez hídrica têm sido sugeridas e estudadas, por exemplo, o racionamento do fornecimento de água, a reservação de água subterrânea, reúso de efluentes, dessalinização de água marinha, eficiência na gestão do uso da água (GONDIM, 2018).

Dentre as técnicas existentes, o reúso de águas cinzas objeto de estudo do presente trabalho, caracteriza-se como uma solução viável e necessária à gestão dos recursos hídricos nas regiões semiáridas para proporcionar o aumento da disponibilidade hídrica, e o reaproveitamento de nutrientes. Desse modo, reduz desperdício de água e promove destinação adequada para as águas servidas, além de diminuir o grau de contaminação e poluição ambiental do lançamento *in natura* de esgoto bruto. Assim, potencializam-se os benefícios econômicos e sociais que motivam esta pesquisa, e ainda quando atrelado ao saneamento seco caracterizam o futuro do saneamento inteligente, favorecendo à economia circular.

Contudo, acredita-se que a prática do reúso de água pode beneficiar não apenas as regiões áridas e semiáridas, mas também as regiões com recursos hídricos abundantes que por vezes são insuficientes para atender a demanda excessivamente elevada, as quais também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANOL, 2008).

Outra motivação desse estudo é contribuir para a elaboração de material de pesquisa na área do reúso, através da construção de uma ferramenta de quantificação de águas cinzas para o reúso que poderá ser aprimorada e/ou utilizada em outras pesquisas e projetos. Apesar de não ser uma técnica recente, o reúso ainda possui pouca disponibilidade de pesquisas, em especial no semiárido e meio rural do espaço geográfico brasileiro. Portanto, carece de estudos na região semiárida do país, pois evidencia uma técnica que beneficia e enriquece a área social e pode levar grandes contribuições à população deve ser o intuito da academia, formar profissionais para o mercado, mas com caráter humanísticos e que pensam no bem da coletividade.

1.2.OBJETIVOS

1.2.2. Objetivo geral

- a) Quantificar por meio de aplicativo e avaliar a produção de águas cinzas passíveis ao reúso em uma comunidade rural dos sertões de Crateús-CE.

1.2.3. Objetivos Específicos

- a) Desenvolver um aplicativo para quantificar as águas de reúso em comunidades e/ou residências de forma a conhecer o potencial de reúso;
- b) Descrever e georreferenciar uma comunidade rural dos sertões de Crateús-CE;
- c) Quantificar o consumo de água na comunidade rural e a produção de águas cinzas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Definição e caracterização das águas cinzas

O esgoto sanitário, conforme norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Dentre os componentes do esgoto sanitário, Borges (2003) classifica os esgotos domésticos em uma divisão básica de água negra “blackwater”, que abrange efluentes provenientes dos vasos sanitários, e em água cinza “greywater”, que caracterizam as águas servidas excluindo o efluente proveniente dos vasos sanitários. Para Otterpohl (2001) podem-se adicionar a essa classificação as águas amarelas: efluente representado pela urina; e as águas marrons: efluente representado somente pelas fezes.

Dos elencados tipos água May (2009), enfatiza que água cinza é qualquer água residual, ou seja, não industrial, gerada a partir de processos domésticos como lavar louça, roupa e tomar banho. Essa água residual advinda de casas saneadas, exceto a água proveniente de vasos sanitários que geram águas negras, se difere pela quantidade e composição dos produtos químicos e contaminantes biológicos.

As águas cinzas são ainda definidas como águas residuárias urbanas, incluindo as águas de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar, lava-louças e pias de cozinha (FEITOSA, 2016). No entanto, neste conceito é possível incluir as águas residuais das residências rurais. O termo é utilizado, em geral, para água servida originada em residências (ou também escolas, escritórios ou edifícios públicos), que não possui contribuição de efluentes de vasos sanitários (BAZZARELLA, 2005).

Contudo, a água cinza se distingue da água negra pela quantidade e composição dos seus produtos químicos e contaminantes biológicos, como fezes ou substâncias químicas tóxicas (CARDOSO, 2018). Apesar do volume de águas negras e conter a maior parte dos patógenos e dos nutrientes encontrados no esgoto doméstico, ele é bem menor do que o volume de águas cinzas produzidos numa residência (ROCHA, 2013).

A vazão média de esgoto de uma residência pode ser calculada a partir de dados como o coeficiente de retorno “R” que pode ser considerado a parte da água consumida que se torna esgoto. Esse coeficiente é calculado pela divisão da vazão de esgoto pela vazão de água (que varia entre 40% a 100%), e segundo a NBR 9649/86, ele possui um valor de 80%, ou seja, $R=0,8$. É necessário compreender que de tal porcentagem existe uma parcela que se torna águas cinzas, e essa porcentagem varia em média de 50% a 80% de sua composição (MAY, 2009).

A geração de águas cinzas em uma residência é diretamente proporcional ao consumo de água dela. No entanto, segue uma faixa percentual que, segundo Gonçalves (2006), é cerca de 75% de todo o esgoto doméstico produzido em uma residência. O mesmo percentual que para Silva Neto (2018), é de 83,2% do esgoto doméstico.

Quando se fala de reúso de águas, May (2009) explica que para esses sistemas, conhecer o tipo de efluente é indispensável para a definição do tratamento a ser aplicado e o uso final que esse efluente poderá suprir. Desta forma, é importante caracterizar o efluente doméstico, previamente separado em águas cinzas ou negras para projetar potenciais sistemas.

Há uma variação regional das características das águas cinzas e do volume de água consumida em um domicílio. Assim como dos fatores que afetam a composição das águas cinzas; a qualidade da água de abastecimento; os tipos de rede de distribuição tanto da água cinza quanto da água potável; e os usos da água nas residências, são os mais significativos (MOURÃO, 2013). Para May (2009), a qualidade das águas cinzas varia de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores.

Em relação a composição das águas cinzas analisadas a partir da fonte de geração, trabalhos realizados constataram que estas águas diferem em sua constituição. May (2009) e Rocha (2013) apresentam uma divisão das águas cinzas em duas categorias: águas cinzas claras e águas cinzas escuras. As águas cinzas claras são águas residuárias provenientes de chuveiros, de lavatórios e de máquinas de lavar roupas. Já as águas cinzas escuras incluem as águas provenientes de pias da cozinha e de máquinas de lavar pratos.

As águas cinzas provenientes de cozinha apresentam partículas de comida, óleo, gordura, e podem poluir mais que as águas negras quando dispostas de forma inadequada e sem tratamento no solo, podem causar bloqueio nos sistemas de aplicação no solo. Além disso, apresentam altas concentrações de coliformes termotolerantes (2×10^9 UFC/100 ml) e alta concentração de detergentes que podem torna-las alcalinas (RAPOPORT, 2004).

As águas cinzas provenientes da lavagem de roupas podem apresentar concentrações de coliformes termotolerantes que variam de 10^7 UFC/100ml na primeira lavagem à 25 UFC/100ml para segunda lavagem e devido o emprego de sabões e produtos de limpeza possuem altas concentrações de químicos. Tais águas apresentam ainda, sólidos em suspensão, turbidez e a demanda por oxigênio elevados (RAPOPORT, 2004).

Nas pesquisas realizadas em alguns países, como os Estados Unidos da América (EUA), os efluentes provenientes da pia de cozinha e da máquina de lavar pratos apresentam maior concentração de sólidos suspensos totais. Já o efluente proveniente da lavanderia

apresenta a maior concentração de sólidos dissolvidos totais (MAY, 2009). Borges (2003) também relata que a água cinza da pia de cozinha apresenta uma contaminação física maior em virtude da presença de partículas de alimentos, óleos e gorduras. As águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros são consideradas aparentemente como as menos contaminadas (RAPOPORT, 2004).

Quando analisados os parâmetros físicos das águas cinzas, o potencial hidrogeniônico - pH depende do ponto de coleta do efluente e também do pH da água de abastecimento. Esse parâmetro pode ser obtido nas pesquisas internacionais de águas cinzas em que se apresentou próximo ao pH neutro em efluentes provindos do chuveiro e da pia da cozinha e alcalino em efluentes provindos da lavanderia e do lavatório (MAY, 2009).

Sinteticamente diversos parâmetros são utilizados para caracterizar as águas cinzas, deles os parâmetros físicos importantes a serem observados na água cinza são: temperatura (porque as temperaturas elevadas podem favorecer o crescimento microbiano), cor, turbidez e sólidos suspensos, bem como os parâmetros químicos, DBO, DQO e nutrientes como o fósforo e o nitrogênio (BORGES, 2003). Os parâmetros supracitados para a caracterização das águas cinzas, podem ser visualizados no Quadro 1, especificando as características químicas, físicas e microbiológicas de águas cinzas, associando a fonte de geração.

Tabela 1. Caracterização das águas cinzas

CARACTERÍSTICA X ORIGEM	Bactéria	Alvejante	Cloro	pH	Nitrato	Turbidez	Fósforo	Matéria orgânica	Sabões	Sólidos suspensos	Odor e cor	óleos e graxas
Lavagem de roupas		x			x	x	x		x	x		
Lavagem de pratos	x					x		x	x	x	x	x
Banheira e banho	x					x			x		x	
Lavatório	x					x			x		x	
Pia de cozinha	x					x		x	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de Borges (2003).

É perceptível a variação dos parâmetros em relação a sua origem, podendo também ser reafirmado o fato de que as águas efluentes ao lavatório e ao banho possuem menor presença dos componentes analisados em relação as demais.

A NBR 16783 de 2019 também dispõe sobre os parâmetros de qualidade para água não potável, onde a água cinza se enquadra, e destaca os padrões listados na Tabela 2, e atribui valores limites para tais padrões para assegurar o uso dessas águas.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade para água não potável e limites permitidos

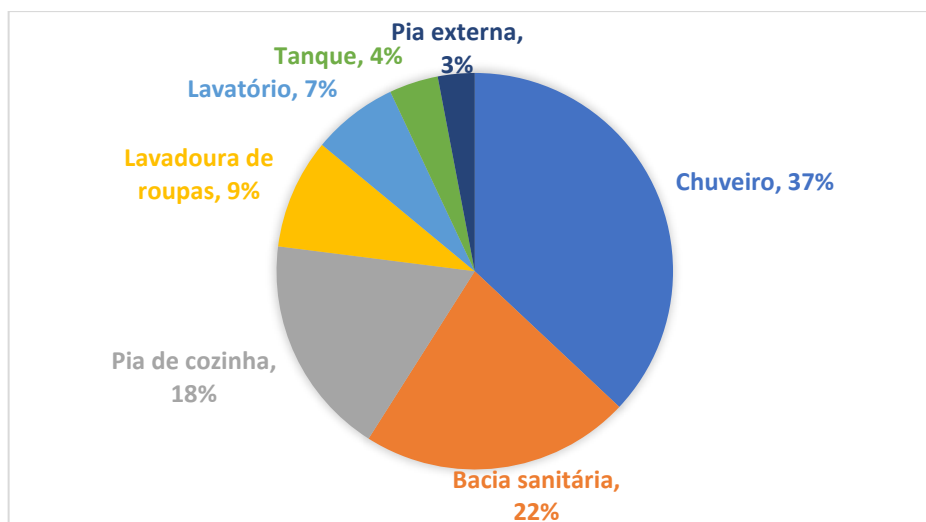
Parâmetros	Limites
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UT
DBO5:20	≤ 20 mgO ₂ /L
CRL (cloro residual livre)	mínimo 5,0 - máximo mg/L. Recomendável 0,5 mg/L mínimo e máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica	≤ 2000 mg/L ou ≤ 3200 μ S/cm
Carbono orgânico total (COT)	<4mg/L

Fonte: Adaptado de ABNT 2019.

A Tabela 2 mostra os valores limites estabelecidos segundo o parâmetro a qual se refere. De tais parâmetros o de bactérias do tipo E. Coli requer que seja realizada análise de presença ou ausência de tais bactérias, e caso seja constatada a presença se estabelecem os limites de menor igual à 200 NMP/100mL para se estabelecer o uso.

Oliveira (2016) relata que quanto às características quantitativas as águas cinzas podem variar em função de vários aspectos culturais, do custo da água, da pressão disponível, de aspectos econômicos do usuário, do tamanho da cidade, época do ano, vazão específica dos aparelhos sanitários, associados à realidade de seus usos (frequência e duração do uso), entre outros. O mesmo autor faz uma análise da distribuição do consumo de água em um condomínio horizontal multifamiliar de 25 casas, localizado na cidade de Fortaleza-CE, Figura 1.

Figura 1. Distribuição do consumo de água em uma residência



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2016.

Diante disso e utilizando de forma generalizada para o estado do Ceará tais resultados, pode-se observar que no geral os aparelhos de maior consumo são os chuveiros e bacias sanitárias, representando 59% do consumo total da residência. Seguido das pias de cozinha, lavadoras de roupa, lavatórios, tanques e consumo no jardim e lavagem de carros (OLIVEIRA, 2016).

As águas cinzas apresentam menor grau de contaminação, quando comparadas com as águas negras, porém, necessitam de tratamento para serem reutilizadas com segurança (RAPOPORT, 2004). Sendo um dos fatores preponderantes no uso desse tipo de efluente o cuidado e o manuseio adequados, a fim de evitar contaminação e promover a segurança e bem estar das pessoas (*Op cit*, 2004).

É importante ressaltar que existem parâmetros microbiológicos que possuem importância significativa no reúso de águas e também devem ser padronizados para promoção de saúde na aplicação do reúso. Existem riscos a serem considerados com o aproveitamento das águas cinzas, principalmente no que diz respeito à saúde pública, uma vez que a água não está isenta de contaminação (ROCHA, 2013). Como destaca Philippi *et al.*, (2005), a presença de microrganismos patogênicos nas águas cinzas, pode estar associada à lavagem das mãos após o uso o vaso sanitário, banho em crianças, lavagem de vegetais crus etc.

2.2 Reúso das águas

Na realização de estudos sobre reúso de águas cinzas é necessário entender do que se trata essa área e como ela pode ser aplicada na sociedade atual. Nessa premissa tem-se que o reúso de águas é muitas vezes dito como a utilização de águas residuárias após realização do devido tratamento e observadas as peculiaridades de cada aplicação segundo a legislação existente. A resolução COEMA Nº 02 DE 02/2017 traz que água de reúso é o efluente que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

O reúso das águas é uma das formas de utilização racional dos recursos hídricos, e pode ser considerado um dos instrumentos para atingir este objetivo específico (RODRIGUES, 2005). Moura *et al.*, (2020) definem ainda que a água de reúso é o produto de um esgoto tratado e polido. Os mesmos autores no geral denominam que o termo “água de reúso” confunde-se com o aproveitamento de águas pluviais (água reciclada). No entanto, não se deve considerar água pluvial como água de reúso, pois após passar pelo ciclo hidrológico natural, essa água captada terá sua primeira utilização (FERNANDES, 2006).

Diferente de outras fontes de água, que dependem de uma série de fatores, como clima, umidade e poluição, o reúso de águas cinza, por tratar-se de água “produzida” por ação humana constante, pode ter sua produção e uso previamente planejados o que facilitaria sua utilização (SILVEIRA *et al.*, 2014).

Vale observar ainda que mesmo poluída a água possui potencial de ser tratada e reusada para fins diversos, tendo em vista seu potencial de renovação, pois mesmo naturalmente como no ciclo hidrológico e na autodepuração, ela se renova. Hespanhol (2002) relata que o reúso das águas, no Brasil, apresenta significativa gama de aplicações potenciais, e partindo dessa prerrogativa, é possível observar a importância do tratamento de efluentes sanitários e as várias possibilidades que eles fornecem.

O reúso apresenta diferentes aplicações e, como um dos fins dos esgotos sanitários pode proporcionar alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; a reciclagem de nutrientes, ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; a redução do lançamento de esgotos em corpos receptores (SOUZA, 2019).

Para Hespanhol (2008) a aplicabilidade do reúso depende além das necessidades locais, do nível de qualidade da água requerida e da vazão produzida. As diferentes modalidades potenciais de reúso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Diante de todo o potencial da técnica do reúso, é necessário entender a sua necessidade no Brasil, haja vista que o país apesar de ser um dos que dispõem das maiores reservas hídricas do mundo, possui má distribuição do recurso no seu território; possui regiões com diferentes condições climáticas e volumes de precipitações, como as regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, e assim como no mundo enfrenta a diminuição da qualidade dos recursos hídricos eminente e o aumento de conflitos pelo uso da água.

O reúso, portanto, é uma das fontes alternativas de recursos hídricos que em maioria pode abranger usos menos nobres, possui grande potencial de solucionar o problema de escassez hídrica e falta da água de qualidade. Assim como o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, constituem a estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANOL, 2002).

2.3 Tipos de reúso

O reúso de água possui inúmeras classificações baseadas na maneira como ele ocorre, no grau de planejamento e na finalidade para a qual este se destina (FERNANDES, 2006). A técnica do reúso possui papel importante como instrumento de gestão de recursos hídricos e, partindo disso, a Agência Nacional de Águas - ANA (2014) dispõe sobre a seguinte classificação dos tipos de reúso:

❖ Reúso indireto não planejado da água

Ocorre quando a água utilizada em alguma atividade humana é disposta no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. No percurso ela está sujeita apenas às ações naturais do ciclo hidrológico.

❖ Reúso indireto planejado da água

É quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

❖ Reúso direto de água

De acordo com a Resolução CNRH nº 54/2005, reúso direto de água é o uso planejado da água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos ou subterrâneos.

Mancuso e Santos (1998) classificam o reúso de água em potável e não potável. O reúso potável direto ocorre quando o esgoto é munido de tratamento avançado e reutilizado diretamente no sistema e, o indireto ocorre quando o esgoto, após tratamento, é disposto nas coleções de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável. Já o reúso não potável é dividido de acordo com sua finalidade.

O reúso de água cinza enquadra-se no reúso não-potável. Ela pode ser utilizada para todos os fins citados acima, destacando-se, principalmente, o reúso doméstico (rega de jardins residenciais, lavagem de veículos e de áreas impermeáveis, descarga de vasos sanitários) e agrícola, onde pode-se citar a irrigação de plantas não comestíveis e a dessedentação de animais (BAZZARELA, 2005). Para fins recreacionais o exemplo seria o uso direto na rega de jardim, de plantas ornamentais e para fins de recarga de aquífero: este acontecerá por meio de infiltração no solo (CAL, 2011).

Cabe ressaltar que para a ABNT (1997) o reúso é admitido em plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação 10 dias antes da colheita.

2.4 Tecnologias disponíveis para tratamento de águas cinzas

Rocha (2013) e Batista *et al.* (2011) explicam que as principais técnicas de tratamento e aproveitamento de águas residuárias em residências rurais combinam processos físicos e biológicos, como: a caixa de gordura, o tanque séptico, os filtros orgânicos, os filtros biológicos, os reatores solares e a técnica de disposição no solo.

A definição do tipo de tratamento a ser utilizado é feita por meio da análise das características qualitativas e quantitativas do efluente a ser tratado. Os processos desenvolvidos variam desde sistema simples até os mais sofisticados, feitos por séries de tratamentos avançados para uso em larga escala (MOURÃO, 2013).

Rocha (2013) ressalta que as tecnologias utilizadas pelas companhias de saneamento, tanto pelo alto custo de implantação e manutenção quanto pela grande dispersão populacional nas zonas rurais, tornam-se inviáveis, principalmente nas de baixa renda. Portanto, existem necessidades quanto ao desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e de fácil operação para o tratamento de esgoto doméstico.

Gonçalves (2006) separa o tratamento de águas cinzas em três tipos de processos, primário, secundário e terciário, dos quais para se obter águas cinzas inodoras e com baixa turbidez, os processos primário e secundário devem ser aplicados no tratamento das águas captadas, já o tratamento terciário assegura a baixa densidade de coliformes termotolerantes.

O tratamento primário funciona como peneiramento, através de grades finas e/ou peneiras que separam os materiais sólidos presentes na água tratada, para posterior descarte. Para esse tipo de tratamento, o tanque de equalização regula as cargas e vazões, que variam na geração de águas cinzas ao longo das horas do dia, o que é importante para que o sistema mantenha a sua normalidade na utilização (MOURÃO, 2013). A caixa de gordura que tem como função a retenção de gorduras, que, em uma residência, estão presentes nas águas de lavagens de louças – águas cinza-escuras ou negras fazem parte de vários sistemas de tratamento como uma parte do pré-tratamento (D'AGOSTIN, 2017).

O tratamento secundário consiste, basicamente, na transformação dos carboidratos, óleos e graxas em compostos mais simples, por meio de processos biológicos, como por exemplo lodo ativado ou filtro biológico, onde microrganismos consomem a matéria orgânica presente nas águas captadas (MOURÃO, 2013).

Os filtros orgânicos são equipamentos constituídos de materiais filtrantes capazes de remover solutos e reter sólidos que sejam subprodutos das atividades humanas, agropecuárias e industriais. Este conta com baixo custo de aquisição e a possibilidade de serem tratados os meios filtrantes, depois de utilizados (ROCHA, 2013).

Os filtros biológicos compostos de materiais orgânicos e inorgânicos, geralmente, possuem quatro camadas: a primeira é constituída de material orgânico com elevado nível populacional de microrganismos e pode conter minhocas, para absorção e degradação da matéria orgânica presente nos esgotos domésticos; a segunda camada possui apenas material orgânico, proporcionando nova filtração do efluente. A terceira e quarta camadas são constituídas por cascalho, tendo por finalidade proporcionar a aeração e a permeabilidade no sistema (BATISTA *et al.*, 2011).

Os reatores solares são tanques rasos de lona, alvenaria ou fibra de vidro que proporcionam a inativação de microrganismos patogênicos nos esgotos domésticos, simplesmente com a exposição à radiação solar direta (ROCHA, 2013).

O tanque séptico é uma tecnologia bastante utilizada nas comunidades rurais o sistema segue como base as indicações das normas brasileiras NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997). No tanque se inicia o processo de tratamento do efluente, que é feito por bactérias e outros microrganismos. A função do tanque séptico é sedimentar parte dos resíduos,

formando o lodo, e a outra parte flutua, formando a espuma. Esses resíduos para um bom funcionamento do sistema devem que ser removidos com frequência (SOUZA, 2019).

O filtro de coco é um filtro anaeróbico que ao invés de preenchidos com brita são preenchidos com coco verde cortado. Nessa etapa ocorre o processo de degradação do efluente através da fermentação anaeróbica, sem a presença de oxigênio. O fluxo do efluente é ascendente, ao passar pela camada de coco, ocorre como uma filtragem natural e essa é responsável pela purificação do esgoto. Se não houver cocos verdes disponíveis, pedaços de bambu, telhas de barro antigas ou mesmo entulho limpo podem ser utilizados para substituí-los sem perda de eficiência do filtro (SOUZA, 2019).

Uma tecnologia de tratamento de águas cinzas ou para esgoto previamente tratado são os Sistemas Alagados Construídos (SAC), conhecidos também como *wetlands* (zonas húmidas) ou zonas de raízes. São valas pouco profundas, geralmente tem alturas menores que um metro, onde é disposto o esgoto, contém plantas aquáticas ou macrófitas, além das condições nas *wetlands* proporcionarem a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. (TONETTI *et al.*, 2018).

Além das plantas, geralmente os SACs possuem material particulado em seu interior podendo ser areia, brita ou seixo rolado, servindo de meio suporte para o crescimento das plantas e microrganismos. As zonas de raízes são sistemas que dificilmente são utilizados como processos de tratamento secundário, pois existe um grande potencial à exposição de agentes patogênicos a humanos (TONETTI *et al.*, 2018).

O tratamento terciário é um processo mais específico, nele consta da desinfecção da água cinza para a remoção dos organismos patogênicos. Outros processos são classificados como tratamento terciário, por exemplo, a desnitrificação e remoção de fósforo, que envolvem processos de precipitação química, filtragem em areia, etc. (MOURÃO, 2013).

A desinfecção de esgotos sanitários e das águas por aplicação de cloro é uma técnica vastamente difundida no Brasil e no mundo, vide sua acessibilidade e facilidade de operação. Porém, Gonçalves (2003) salienta que, apesar dos benefícios da cloração dos esgotos sanitários tratados, é necessário considerar que todos os desinfetantes químicos geram subprodutos, direta ou indiretamente, podendo gerar riscos à saúde pública, em alguns casos. A aplicação de cloro pode ter como objetivos: a desinfecção (destruição dos microrganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações simultaneamente (CAL, 2011).

Então, para que efluentes como as águas cinzas sejam reutilizados é necessário que os mesmos passem por tratamento adequado com posterior desinfecção. Desinfecção esta, que

não surtirá o efeito desejado a menos que o efluente seja previamente tratado, sendo assim capaz de reduzir a concentração de sólidos suspensos e reduzir a demanda bioquímica de oxigênio, a DBO (*Op cit.*, 2011). Assim, com base nos possíveis tratamentos existentes já citados e no que diz D'Agostin (2017) em sua pesquisa (que elencou os sistemas já estudados no Brasil, suas configurações e o atendimento aos parâmetros de legislação existentes), o quadro abaixo faz uma síntese do tratamento para reuso de alguns tipos de águas, dando ênfase as águas cinzas.

Tabela 3. Tratamento realizado para diferentes tipos de águas, seu reuso sugerido e enquadramento na norma NBR N°.13969 (ABNT,1997).

Tratamento	Tipo de Água	Uso Sugerido	Autores	Atendimento (NBR 13969)
CS + FAFA (brita) + Filtro (areia) + Desinfecção (cloro)	AC chuveiros e pias	Descargas em bacias sanitárias	Rapoport (2004)	SIM
RAC + FBAS + FT+ Desinfecção (cloro)	AC	Descargas em bacias sanitárias	Bazzarella (2005)	SIM
TS+ Wetlands	AC + AP	Fins domésticos não potáveis	Ferreira (2005)	-
Filtração (areia) + (Desinfecção (cloro) AC)	AC + AP	Fins domésticos não potáveis*	Philippi et al. (2005)	SIM
Wetlands	AC	Fins domésticos não potáveis*	Monteiro (2009)	SIM
Grade+ RAC + FBAS + Decantação + TQE + FT + Desinfecção (cloro)	AC	Fins domésticos não potáveis*	Pertel (2009)	-
RAC + FBAS + Decantação + TQE + FT+ Desinfecção (cloro)	AC	Fins domésticos não potáveis*	Vaz (2009)	SIM - CLASSE 3
RAC + FBAS + Decantação + TQE + FT + Desinfecção (cloro)	AC	Fins domésticos não potáveis*	Valentina (2009)	SIM
TQE+ RCB*** + Decantação secundária + Filtração + Desinfecção (cloro)	AC	Fins domésticos não potáveis*	May eHespanhol (2008)apud Sella, 2011); May (2009)	SIM
CS + Filtro lento (brita e areia) + Desinfecção (UV)	AC	Fins domésticos não potáveis*	Nirenberg&Reis (2010)	NÃO
TS+ Filtro anaeróbio + Filtro de areia + Desinfecção (cloro)	AC	Fins domésticos não potáveis*	Sella (2011)	sim
Filtro anaeróbio + Wetlands	AC	Fins domésticos não potáveis*	Knupp (2013)	sim
MBBR + Decantador	AC	Fins domésticos não potáveis*	Chripim (2014)	sim classe 4

Tratamento	Tipo de Água	Uso Sugerido	Autores	Atendimento (NBR 13969)
FAFA + Wetlands-FV	AC	Fins domésticos não potáveis*	Sarnaglia (2014)	sim classe 4
Coagulação + Desinfecção (cloro) + Filtração em série****	AC	Fins domésticos não potáveis*	Ferraz&Silva (2015)	sim
CG + CS + Wetlands-FH + TI + Wetlands-FV	ACE	Fins domésticos não potáveis* e irrigação restrita (WHO, 2006)	Begosso (2009)	SIM
CG + Wetlands + Desinfecção solar	ACE	Fins domésticos não potáveis*	Pansonato (2010)	SIM
CG + TS + FAFA (casca coco) + Filtração (areia)	ARD	Fins domésticos não potáveis*; Disposição no solo; Amassamento concreto	Gomes (2015)	NÃO
FAFA (anéis de bambu) + Filtração (areia)	ARD	Fins domésticos não potáveis* e irrigação	Tonetti (2012)	SIM

AC: Águas cinza-claras; ACE: Águas cinza-escuras; AdC: Carvão mineral AdC; AP: Águas pluviais; ARD: Águas residuárias domésticas; CA: Carvão ativado (pós-tratamento); CG: Caixa de gordura; CS: Caixa de sedimentação para sólidos em suspensão e sólidos maiores; CP: Carbotrat Premium; FAFA: Filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente; FBAS: Filtro Biológico Aerado Submerso; FH: Fluxo horizontal; FT: Filtro Terciário; FV: Fluxo vertical; MBR: Biorreator com membranas; MLR: Máquina lavar roupas; PF: Pré-filtro de fluxo ascendente; RAC: Reator Anaeróbio Compartimentado; TI: Sistema intermitente de abastecimento; TLR: Tanque lavar roupas; TQE: Tanque de Equalização de Vazão; TS: Tanque séptico.* Rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, lavagem de: veículos, roupas, pisos, calçadas.** Dois filtros lentos em paralelo, de areia e manta sintética não tecida e de areia com CA e manta sintética não tecida. *** Reator Biológico de Contato (Biodiscos; Tratamento biológico aeróbio).**** 3 filtros com diferentes camadas (areia, cerâmica e carvão)

Fonte: Adaptado de D'AGOSTIN, (2017).

2.5. Aspectos legais referentes ao reúso das águas

Em nível internacional, o reúso de águas cinzas é utilizado em alguns países há algumas décadas, entre eles, Estados Unidos, Alemanha, Japão e Reino Unido. No Brasil, apesar do grande potencial do reúso para fins não potáveis, existem apenas alguns sistemas de reúso sendo adotados em condomínios residências e, em raras exceções, em prédios públicos (BRANCATELLI, 2007 *apud* SILVEIRA, *et al.*, 2014).

O reúso de água e suas vertentes não constituem um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (CARVALHO *et al.*, 2014).

No mundo o reúso é bem diversificado e varia com as necessidades de cada país, assim como a legislação e regulamentações. As primeiras diretrizes e padrões sobre reúso de água apareceram por volta do século XX. Em 1918, no estado da Califórnia, Estados Unidos, padronizou-se a utilização da água de reúso para irrigação agrícola, o que foi revisado durante os anos seguintes até os dias atuais (MOURA *et al.*, 2020; RODRIGUES, 2005).

Hespanhol (2002) relata que a República da Namíbia, primeiro país no mundo a utilizar água de reúso para fins potáveis de forma indireta, trata o efluente sanitário para uso potável desde 1968, e promove a recarga de aquíferos. Na América Latina, só foi observada legislação na língua inglesa ou portuguesa no país México, onde é fundamentalmente usado para o aumento da disponibilidade hídrica, assim como para os demais países que praticam o reúso (MOURA *et al.*, 2020).

Dos países orientais o Japão realiza a prática o reúso da água cinza, e algumas instituições do país estabeleceram critérios quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para o reúso de águas servidas em bacias sanitárias (BORGES, 2003). Nos países em que a prática do reúso faz parte da realidade há algum tempo, já existem condições de desenvolver tais padrões, e o reúso já é promovido com uma certa maturidade.

No Brasil, entretanto, a experiência do reúso é bastante recente e ainda restrita. Porém, existem normas reguladoras e padrões no tocante aos recursos hídricos e esgotamento que versam sobre o reúso e suas diferentes modalidades e aplicações, por exemplo as já citadas NBR 13969/1997 e COEMA N° 02 DE 02/2017.

Vale ressaltar a existência de padrões de reúso, estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - USEPA e pela Organização mundial da saúde - OMS que são utilizados no Brasil para dar subsidio ao reuso, como também da norma que versa sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, NBR16783 de 11/2019, e ainda da resolução n° 54 de 28 de novembro de 2005 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

Em alguns estados a prática do reúso é uma realidade, como o estado de São Paulo que tem se destacado com o reúso urbano não potável. No estado do Ceará, a Lei N.º 16.033 de 20.06.16, dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado, porém, também não define padrões.

3. METODOLOGIA

3.2.Delineamento do estudo

A pesquisa foi desenvolvida em quatro fases, dispostas na seguinte ordem de execução de atividades e de tempo:

- ❖ Fase 1: caracterizou-se pelo desenvolvimento da temática sobre o reuso de águas cinzas, com levantamento de embasamento literário, bem como estudos referentes a plataforma Android e programação Java para criação de um aplicativo que quantificasse as águas de reúso na comunidade. Esta fase de estudos foi iniciada na metade do primeiro semestre de 2021, onde se iniciou o desenvolvimento de um banco de materiais de consulta.

- ❖ Fase 2: Na segunda fase realizaram-se algumas visitas de campo para caracterização das condições de lançamentos de efluentes na comunidade e mapear as residências que fazem parte do estudo amostral. O critério de escolha foi baseado em proximidade física entre as residências, visto que, a comunidade é composta por residências dispostas de forma variada, ou seja, não existem muitas ruas definidas, desta forma a amostra buscou abranger as residências com menor distância entre si, mais próximas umas das outras. Por sua vez, esta fase foi realizada em meados do mês de dezembro de 2021.

- ❖ Fase 3: Na fase três implementou-se a pesquisa junto à comunidade e procedeu-se a coleta de dados para gerar os resultados. A coleta foi realizada por meio do aplicativo WhatsApp, onde os entrevistados forneciam dados que posteriormente eram inseridos no aplicativo piloto instalado em um único aparelho de celular. O desenvolvimento do aplicativo se deu logo após a concretização das ideias da fase estudos, no período de novembro de 2021 a janeiro de 2022.

- ❖ Fase 4: A fase final, caracterizou-se pela tratabilidade dos resultados, interpretação e conclusão da pesquisa. Por fim, a análise no potencial de geração de águas cinzas para reúso e repasse das possíveis aplicações para a comunidade, foi realizada na fase final, que compreende o mês de fevereiro de 2022.

3.3.Procedimentos metodológicos

3.3.1. Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi realizada a partir de um aplicativo (App) desenvolvido especialmente para o presente trabalho, criado para a plataforma Android e desenvolvido pela linguagem de programação Java, que recebe uma conotação de linguagem de programação orientada a objetos, desenvolvida pela Sun Microsystems, capaz de criar tantos aplicativos para desktop, aplicações comerciais, softwares robustos, completos e independentes, aplicativos para a Web (CLARO, 2008).

A orientação a objetos visa modelar o mundo real, e garantir que as taxas de manutenibilidade (manutenção) sejam maiores. Utilizando essa linguagem consegue-se obter um desenvolvimento mais rápido, visto que este desenvolvimento ocorre em módulos, em blocos de códigos correspondentes aos objetos e seus acoplamentos. Pode-se obter uma maior qualidade e agilidade no desenvolvimento, com a orientação de objetos, pois o fator reusabilidade (reutilização) permite que se reutilize outros objetos que foram anteriormente desenvolvidos e podem ser facilmente incorporados na aplicação (CLARO, 2008).

Outro conceito adicional da orientação a objetos utilizado em Java é o polimorfismo, onde pode-se definir duas abordagens como a sobreposição (override). A sobreposição ocorre quando duas ou mais classes derivadas de uma mesma superclasse podem invocar métodos que possuam a mesma identificação (assinatura), mas comportamentos distintos e sobrecarga (overload), que ocorre quando em uma mesma classe, métodos possuem os mesmos nomes, mas assinaturas diferentes (*Op cit*, 2008).

Um programa Java pode ser executado em qualquer plataforma que possua um interpretador Java (ambiente de execução). Além disso, não há dependência de implementação, como por exemplo, os tamanhos dos tipos primitivos não diferem entre si, são independentes da máquina em que está a aplicação. (*Op cit*, 2008)

O app foi programado no software Android Studio e possui estilo visual de uma calculadora, Figura 5, na qual os usuários fornecem dados e eles retornam a quantia estimada em litros de água cinza que pode ter aplicação de reuso. Devido a sua aparência foi denominado de TGWF CALCULATOR – do inglês Teixeira's Gray Water Flow Calculator e traduzindo para a língua portuguesa é simplesmente Calculadora de vazão de águas cinzas do Teixeira.

A interface do aplicativo funciona basicamente da seguinte forma: o usuário fornece dados nas entradas, o aplicativo calcula a ação e responde nas saídas, desta forma, tudo que for

saída pode ser observado na tela para o usuário e tudo que for entrada fica armazenado no aplicativo e pode ser analisado posteriormente pelo programador. Assim, pode-se destacar:

❖ **Entradas**

- Nome do proprietário.
- Valor do uso de água mensal (consumo mensal, contido na conta do Sisar)
- Número de pessoas na residência.
- Para que é usada essa água na residência.

❖ **Saída**

$$PER\ CAPITA \left(\frac{L}{hab} * m\acute{e}s \right) = \frac{VALOR\ MENSAL\ DE\ \acute{A}GUA\ (m^3) \times 1000}{N^{\circ}\ DE\ PESSOAS\ NA\ RESID\êNCIA} \quad (1)$$

Observação: Este valor é informado na interface do aplicativo e usado no cálculo da vazão de esgoto doméstica.

❖ **Cálculos do aplicativo**

$$Vaz\tilde{a}o\ dom\acute{e}st.\ de\ esgoto \left(\frac{L}{dia} \right) = \frac{PER\ CAPITA \times N^{\circ}\ DE\ PESSOAS\ NA\ RESID\êNCIA \times 0,8 \times 1,2 \times 1,5}{30} \quad (2)$$

Onde: 0,8 = coeficiente de retorno do esgoto; 1,2 = coeficiente de máxima vazão diária; 1,5 = coeficiente de máxima vazão horária e 30 = número médio de dias em 1 mês.

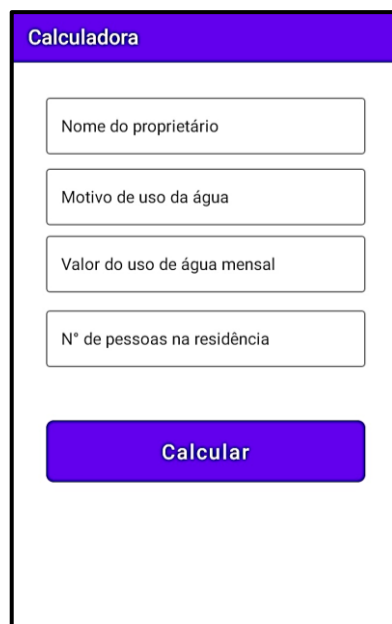
$$Percentual\ de\ gera\tilde{c}\tilde{a}o\ de\ \acute{a}guas\ cinzas \left(\frac{L}{dia} \right) = vaz\tilde{a}o\ dom\acute{e}stica\ de\ esgoto \times 0,8 \quad (3)$$

Onde: 0,8 = porcentagem adotada de esgoto que é composta por águas cinzas, dada em vazão.

❖ **Saída final**

- Percentual de geração de águas cinzas (vazão em litros/dia)
- Per capita
- Dados de uso e nome informados pelo proprietário.

Figura 2. Interface do TGWF CALCULATOR.



The image shows a mobile application interface for a calculator. At the top, there is a purple header with the text "Calculadora". Below the header, there are four white input fields with black borders, each containing a label: "Nome do proprietário", "Motivo de uso da água", "Valor do uso de água mensal", and "N° de pessoas na residência". Below these input fields is a purple button with the text "Calcular" in white.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Cabe observar que os dados relacionados ao valor de uso de água mensal, é alusivo ao consumo de água mensal das residências, descrito como forma de facilitar o entendimento e acessibilidade ao público pesquisado. Consumo este que é calculado e disposto na tarifa de água mensal, com um uma quantidade média dos últimos seis meses, feito pelo SISAR, que gerencia o abastecimento na comunidade.

De modo geral, o aplicativo capta valores de entrada como consumo per capita, número de habitantes da residência, consumo mensal, e calcula a partir deles a vazão doméstica de esgoto. Da vazão doméstica de esgoto, por sua vez, ele calcula 80% dessa vazão, pois segundo o estudo da literatura existente é o percentual médio de geração de águas cinzas na parcela total do esgoto (MAY, 2009). Com isso o aplicativo retorna uma vazão em litros por dia de águas cinzas da residência que pode ser utilizada para reúso. Assim, permite uma análise da geração de águas cinzas, bem como do quantitativo de águas que pode ser aplicado reúso.

A partir dos dados coletados, por meio de entrevistas que devido a pandemia da covid 19 foram realizadas on-line via internet, por meio do aplicativo WhatsApp os moradores da comunidade enviaram os dados que foram inseridos no App pelo responsável da ideia, e então pôde-se realizar um diagnostico em relação a vazão de águas cinzas por residência na comunidade, e assim fornecer para a população o resultado e alternativas de tratamento e uso viáveis dessa quantidade de água de reúso. Cabe destacar que o aplicativo foi desenvolvido para

celular, mas pode funcionar em outros dispositivos e está instalado apenas nos celulares dos criadores dele.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição do local de estudo

A pesquisa abrange uma comunidade rural dos sertões de Crateús no estado do Ceará. No entanto, pode ser estendida a mais comunidades, principalmente tendo em vista o uso facilitado do aplicativo desenvolvido para a coleta dos dados de volume de água cinza gerado nas residências. A caracterização utilizou o software QGIS a partir de dados de um Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e/ou pelo site Topodata- Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, e ainda se utilizou shapefiles do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de outras ferramentas de mapeamento como o Google Maps para dar o apoio à caracterização.

Figura 3. Imagens da comunidade Salgado, Crateús-CE.

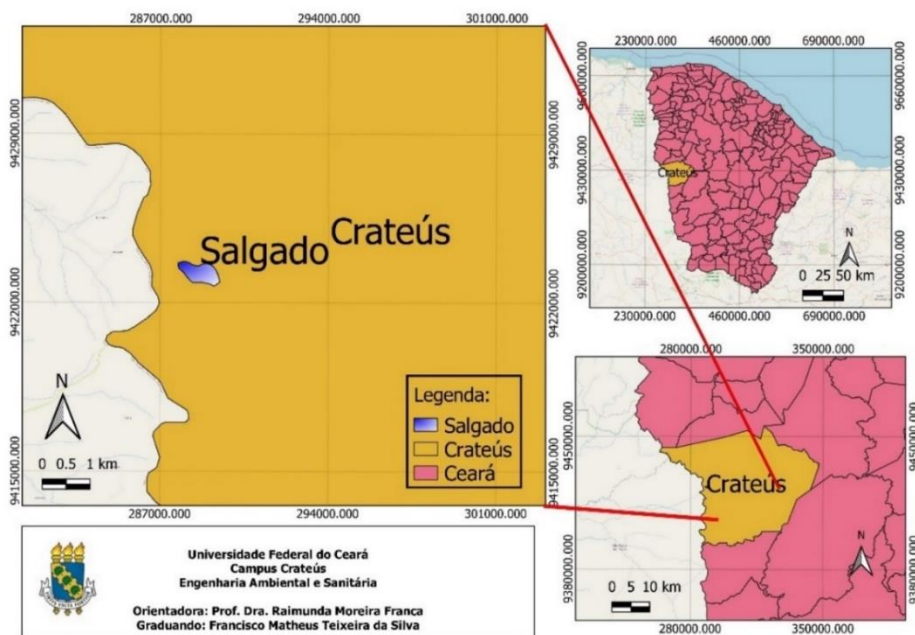




Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A comunidade Salgado, Figura 3, escolhida para realização da pesquisa é um distrito de Crateús localizado à aproximadamente 30,5 km da sede da cidade, próximo à divisão do Ceará com o Piauí e faz parte da microrregião Sertões de Crateús, como está indicado na Figura 4. A comunidade é formada por 54 famílias abastecidas através de poços artesianos através de sistemas criados e implementados pelo Sistema Integrado de Saneamento Rural (Instituto Sisar) e em casos de falta d'água são abastecidos por água armazenada em cisternas. Não possui sistema de esgotamento sanitário e utiliza, portanto, sistemas individualizados com fossas sépticas rudimentares e ainda disposição *in natura* no solo dos efluentes domésticos.

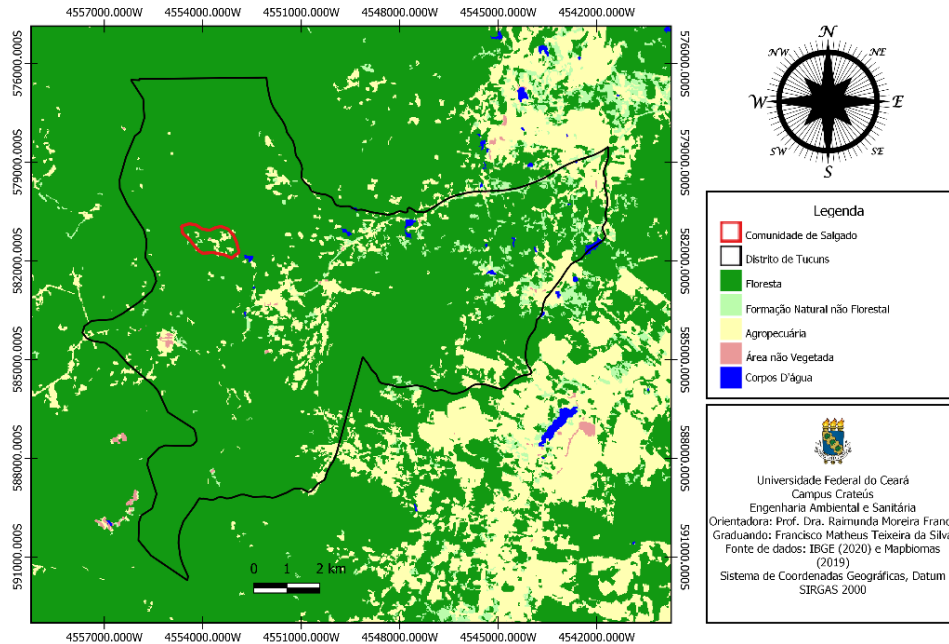
Figura 4. Mapa de Localização da comunidade Salgado, Crateús-CE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A renda base da comunidade é advinda de atividades agrícolas de subsistência e exploração dos recursos naturais locais, como pode ser observado na Figura 5, onde é perceptível a remoção de parte da cobertura vegetal em nome da agricultura.

Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo da comunidade Salgado, Crateús-CE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.1. Descrição e demonstração do aplicativo utilizado.

O App desenvolvido neste trabalho foi programado para calcular a vazão diária de águas cinzas de uma residência e, por consequência, de uma comunidade, serviu de apoio a coleta dos dados, pois calcula a partir das entradas fornecidas o resultado direto de vazão, e facilita a obtenção dos resultados desejados, haja vista que função de calculadora, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Interface do TGWF CALCULATOR com resultados.

The image shows a web-based calculator interface titled "Calculadora". It features four input fields with the following values: "Nome do proprietário" (Matheus Teixeira), "Motivo de uso da água" (banho, lavagem de roupas e de louça), "Valor do uso de água mensal" (19), and "N° de pessoas na residência" (4). Below the inputs is a blue "Calcular" button. Underneath the button, the results are displayed in text: "Nome do proprietário: Matheus Teixeira", "Motivo do uso da água: banho, lavagem de roupas e de louça", "Percentual de geração de água cinza (litros por dia): 729,60", and "Per Capita (litros/habitantes): 4750,00".

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observa-se na Figura 6 a praticidade do aplicativo, pois possui um funcionamento didaticamente simples, o que pode ajudar o usuário a obtenção dos resultados, bem como pode ser observado também que o aplicativo dispõe os resultados de forma detalhada com as unidades por escrito.

4.2. Análise do potencial de reúso das residências da comunidade

Desenvolveu-se um diagnóstico sobre a situação atual da comunidade em relação ao reúso: Com a obtenção de dados quantitativos de vazão das residências é possível que projetos relacionados ao reúso de águas cinzas sejam desenvolvidos. O cálculo da vazão cria subsídio para o cálculo de unidades de tratamento dessas águas e por conseguinte ajuda a planejar os usos futuros. Dessa forma, projeta-se uma possível fonte de dados para trabalhos futuros e desenvolvimento de projetos de reúso.

A comunidade formada por 54 famílias, segundo dados da associação de moradores da localidade, está representada neste trabalho por 33 famílias, o que representa 61,11% do total de famílias, as quais se dispuseram a participar diante de toda uma explicação sobre o tema e de acordo com a vontade dos mesmos.

Os dados fornecidos pela população estão dispostos da Tabela 4, onde observa-se a peculiaridade de cada residência diante do consumo de água correlato aos usos e quantidade de moradores de cada uma. Para facilitar a observação dos resultados, as residências foram organizadas de acordo com a letra inicial dos proprietários e substituídos os dados de entrada relacionados aos nomes próprios por uma sequência numeral de 1 a 33.

Na Tabela 4, verifica-se que há uma grande variação de consumo na comunidade segundo a residência, pois há famílias que mesmo compostas por poucos membros, demanda de um consumo alto em relação as demais. Ao passo que existem moradias que consomem pouca água mesmo com um número considerável de membros, este evento por sua vez, foi explicado pelos moradores como casa de veraneio ou por ser a segunda moradia, ou seja, as residências passam por períodos onde não há presença de moradores.

Ainda com base na Tabela 4, percebe-se que consumo de água na comunidade é variável, porém, semelhante nas residências, com potencial para geração de águas cinzas, os mais comuns, higiene pessoal, lavagem de roupas e de louças.

Tabela 4. Dados coletados na comunidade Salgado no período de janeiro de 2022, com dados dos seis últimos meses.

Residência	Valor médio mensal de consumo de água (m³/mês)	Nº de moradores (hab/residência)	Usos da água
1	10	4	lavagem de roupas, de louça e banho
2	9	4	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
3	14	5	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
4	4	3	banho, higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
5	10	1	banho, lavar roupas/louça, higiene p.
6	9	3	banho, lavagem de roupas e louça
7	13	1	banho, lavagem de roupas e louça e rega de plantas
8	1	4	lavagem de roupas, de louça e banho
9	11	3	banho, lavagem de roupas e louça
10	9	1	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
11	3	3	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
12	10	3	banho, lavar roupas e etc
13	4	3	banho, lavagem de roupas e louça
14	1	7	banho e higiene pessoal
15	2	4	banho, lavar roupas/louça, higiene p.
16	22	5	banho, higiene pessoal e lavagem de roupas
17	6	2	banho, lavar roupas e louça
18	5	1	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça

19	16	3	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
20	5	2	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
21	9	4	banho, lavagem de roupas e louça, higiene pessoal
22	12	3	banho, lavar roupas/louça, higiene p.
23	7	1	lavagem de roupas, de louça e banho
24	11	4	lavar roupas, louça e banho
25	7	4	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
26	11	3	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
27	1	3	banho e higiene pessoal
28	6	5	lavagem de roupas, de louça e banho
29	3	1	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
30	7	1	banho, lavar roupas e louça, higiene pessoal
31	10	2	higiene pessoal, lavagem de roupas e louça
32	8	3	banho, lavar roupas e louça, higiene pessoal
33	16	5	banho, lavar roupas/louça, higiene p.
TOTAL	272	101	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a utilização do aplicativo, os dados da Tabela 4, retornam os resultados das Tabela 5 e 6, dispostos na sequência de 1 a 33, números que representam as residências pesquisadas. Resultados estes cujos valores de consumo per capita de água estão em litros por habitantes em um mês, no aplicativo, porém na Tabela 5 foram dispostos na unidade de litros por habitante por dia para facilitar a compreensão, e os de vazão de águas cinzas estão nas unidades de litros por dia no período mensal.

Tabela 5. Resultados do cálculo do valor da per capita das residências a partir da média mensal.

PER CAPITA (L/hab*d)
83,33
75,00
93,33
44,44
333,33
100,00
433,33

8,33
122,22
300,00
33,33
111,11
44,44
4,76
16,67
146,67
100,00
166,67
177,78
83,33
75,00
133,33
233,33
91,67
58,33
122,22
11,11
40,00
100,00
233,33
166,67
88,89
106,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O consumo mensal da residência disposto na conta de água, é referente a média aritmética dos últimos 6 meses que antecedem ao mês de coleta dos dados e permite entre o cálculo da per capita de diferentes períodos de tempo. Deste modo, a Tabela 5, dispõe os valores calculados para cada residência individualmente no período de um mês, a partir da média aritmética feita pela empresa que abastece a localidade.

Comparando os dados das Tabelas 4 e 5, é possível observar dos resultados variam de acordo com o consumo e com o número de moradores das residências. Dos quais existem residências que possuem per capitam muito elevada, como a residência 7 onde a per capita é de 433,33 L/hab*dia, pois o consumo é muito alto em relação a quantidade de moradores.

No entanto, existem residências na localidade que possuem uma per capita menor em relação ao maior número de moradores, onde pode ser citada a residência 14, a qual possui per capita de 4,76 L/hab*dia, mesmo morando 7 pessoas na casa.

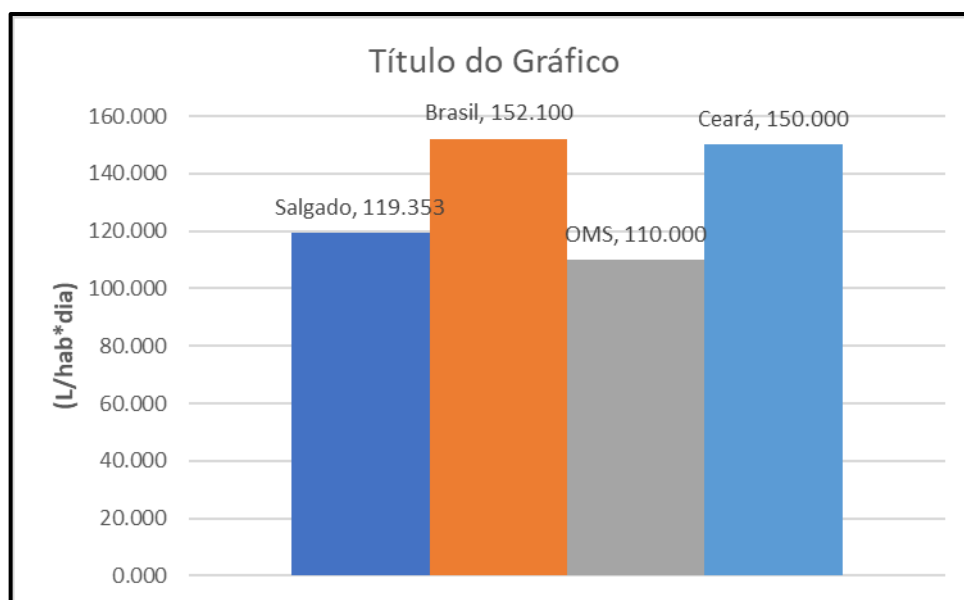
Deste modo, é possível perceber que o consumo per capita mensal da localidade no

geral, é muito variável e depende das peculiaridades de cada residência. No entanto, como forma de quantificar o consumo da comunidade no total realizou a soma total das respostas e a média aritmética, o que resultou um valor de 3.580,6L/hab*mês para a comunidade, o que se convertido litros por dia obtém-se uma per capita de 119,3L/hab*dia. O instituto Trata Brasil, 2021 diz que a média do país é de 152,1L/hab*dia, e o INSA (2021) relata que o consumo por pessoa no estado do Ceará é em torno de 150L/hab*dia, de todo modo o valor calculado para a comunidade é mediano em relação ao país.

Arsky (2011) relata que há um histórico no qual a média do consumo mensal de água no meio rural, é em relação ao meio urbano, um valor menor. O mesmo autor afirma que demanda média do meio rural esteve entre 70 e 100 L/hab*dia e faz um comparativo com a Organização das Nações Unidas (ONU), que afirma que o consumo per capita médio diário de 110L/hab*dia é suficiente para a realização das principais atividades cotidianas.

Deste modo, o consumo per capita da comunidade Salgado, tomando por base histórico de consumo brasileiro de água, a média brasileira para o presente momento, e ainda ressaltando os desvios da pesquisa (haja vista que a amostra representa apenas 61,11% da população, em como existe um desvio padrão alto, Tabela 7), pode ser considerado mediano e suficiente para atender a demanda da comunidade, como mostra o Gráfico, Figura 7.

Figura 7. Comparativo de consumo per capita.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os resultados de vazão de águas da Tabela 5 são valores obtidos por meio de cálculo do aplicativo e estão dispostos na unidade de litros por dia. Verifica-se uma variação por

residências e de acordo com o consumo. A residência 16 é a que mais produz águas cinzas, 844,80 L/dia, o que pode ser justificado pela alta per capita da casa e conseqüentemente a alta geração de efluentes.

Tabela 6. Resultados do cálculo do valor da vazão diária de águas cinzas das residências no período mensal.

Residência	Vazão diária de água cinzas (L/dia)
1	384,00
2	345,60
3	537,60
4	153,60
5	384,00
6	345,60
7	499,20
8	38,40
9	422,40
10	345,60
11	115,20
12	384,00
13	153,60
14	38,40
15	76,80
16	844,80
17	230,40
18	192,00
19	614,40
20	192,00
21	345,60
22	460,80
23	268,80
24	422,40
25	268,80
26	422,40
27	38,40
28	230,40
29	115,20
30	268,80
31	384,00
32	307,20
33	614,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A vazão média de geração de água propícia ao reúso da comunidade é de 316,51 L/

dia e no total a comunidade produz 10.444,80 L de águas cinzas em um único dia. Do ponto de vista ambiental, pode-se entender os impactos que essa geração de fato possui, pois por não haver tratamento todo esse efluentes está sendo disposto de forma incorreta no meio ambiente e causando entre muitas coisas a poluição dos recursos hídricos.

No contexto da quantificação na comunidade, pode-se realizar as análises com base na Tabela 6, onde um dos principais resultados a serem observados é a soma dos demais valores. Deste modo é fácil perceber a alta vazão de águas cinzas produzidas no geral pela comunidade. Daí a necessidade da aplicação de projetos pontuais ou coletivos que amenizem a disposição incorreta dessas águas na natureza, bem como proporcionar ganhos econômicos, de promoção a saúde e ao saneamento e entre outras coisas o aumento na disponibilidade hídrica do local.

Tabela 7. Estatística descritiva da quantificação das águas cinzas na comunidade Salgado.

Análise	Valor médio mensal de consumo de água (m³/mês)	Nº de moradores (hab/residência)	Per capita (L/hab*dia)	Vazão diária de água cinzas (L/dia)
Desvio padrão	4,75	1,48	96,57	182,55
Méd. Arit.	8,24	3,06	119,35	316,51
Mediana	8,5	3	100,00	326,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A comunidade possui no geral, uma vazão de águas cinzas de 10.444,80L/dia, com uma média de 316,51 L/dia por residência e um desvio padrão de 182,55L/dia. O desvio padrão alto pode ser justificado pela variabilidade do consumo entre as residências. Fiori *et al*, (2006) no seu estudo de produção de águas cinzas em um condômino vertical com 80 apartamentos com a tipologia de apartamento somente com os aparelhos básicos, o que constitui os condomínios de interesse social, a média de consumo em cada apartamento é de 25 m³/mês e o condomínio teria um consumo de 2.000 m³/mês de água potável, e aproximadamente 533,33L/dia de geração de águas cinzas.

Já Vergílio, (2018) analisando uma residência de consumo médio mensal de 31m³ por mês, relatou a geração de 19 m³ por mês de águas cinzas na residência, o que corresponde a 633,33L/dia. Comparando estes dados com os dados obtidos na comunidade que possui consumo médio mensal de água variável por residência, é possível observar a dimensão da geração de águas cinzas na localidade, e que ela possui uma vazão relativamente grande.

O potencial da comunidade é consideravelmente alto se observados os valores de geração de águas cinzas por residência comparados a residências consideradas de maior consumo que no meio rural, ou seja, comparados a residências urbanas.

A geração média na comunidade, por família, de acordo com os resultados obtidos, fica em torno de 316,51 L/dia, Lima *et al*, 2013 explica que a geração de esgoto doméstico total no Brasil é em torno de 190,00 L/hab*dia, se considerarmos que 80% desse valor é apenas águas cinzas obtemos 152,00 L/hab*dia, da mesma forma temos na comunidade de Salgado em média 3 pessoas por residência, dividindo a vazão média diária de 316,51 L/dia por 3, resultamos em uma vazão de 105,33L/hab*dia. Então, mesmo sendo necessário ressaltar a margem de erro da pesquisa e o desvio padrão, percebe-se que a geração de águas cinzas da comunidade equipara-se a geração em residências urbanas, consideradas de maior consumo.

É possível afirmar quantitativamente, que se a técnica de reúso for aplicada na localidade de Salgado, podem ocorrer ganhos ambientais, a mitigação danos ecológicos, geração de economia e aumento da disponibilidade hídrica do local e ainda entre outras coisas, o reúso pode aumentar a questão sanitária e de saúde, ou seja, realizar destinação correta de esgoto e mitigar doenças de veiculação hídrica, haja vista que uma vazão alta de esgoto vai ter destinação adequada e será mitigado o lançamento *in natura* nos corpos hídricos, bem como pode haver uma economia no consumo de água da localidade.

Ressalta-se ainda que, para viabilizar a prática do reúso da água cinzas, é necessária uma análise em termos qualitativos e garantir o tratamento adequado, pois como May, 2009 explica, é necessário que as águas cinzas sejam previamente tratadas, de forma a adequar suas características e garantir a segurança sanitária dos seus usuários. E ainda é importante ressaltar também o monitoramento periódico da qualidade da água, de acordo com o exigido pela norma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática do reúso no geral, ainda é pouco difundida no Brasil, apesar de ser um tema bastante relevante, principalmente num país onde a disponibilidade de hídrica é geograficamente desigual e em região com índice pluviométrico muito aquém das demais regiões, como no caso do semiárido brasileiro. Contudo, contribuir com a construção e disseminação de conhecimento na área torna-se interessante.

O estudo buscou evidenciar que a quantificação da geração de águas cinzas em comunidades rurais é necessária, devido ao grande potencial de reúso que essas águas possuem, pelo percentual que elas representam no esgoto bruto gerado, e ainda pelos benefícios que o reúso delas promove como; a mitigação de lançamentos inadequado de esgoto no meio ambiente; economia de recursos hídricos potáveis; aumento das condições sanitárias de saúde pública da comunidade e a disponibilidade hídrica.

A partir do levantamento de dados realizado, do uso do aplicativo TGWF Calculator e da realização de comparações com pesquisas pré-existentes, este estudo demonstra que comunidade de Salgado-CE, produz grande quantidade de águas cinzas passíveis de reúso e, portanto, possui um alto potencial de aplicação das técnicas de reúso, sendo necessário ainda a realização de análises qualitativas para assegurar o tratamento adequado e os usos futuros.

6. RECOMENDAÇÕES

- Análise da composição físico-química e microbiológica das águas cinzas em comunidades rurais.
- Estudo da viabilidade financeira para a montagem de sistemas de aproveitamento de águas cinzas em projetos de residências rurais que atendam a demanda da população e que seja de baixo custo financeiro.
- Aplicação de técnicas, viáveis, de tratamento de águas cinzas em comunidades rurais, para aumentar as condições de reúso.
- Ampliação do uso de um aplicativo que calcula a vazão de águas cinzas pela incrementação de funções e especificações na ferramenta, como na interfase de entrada podem ser acrescidos os usos da água na residência de forma mais detalhada, botões pré-estabelecidos, da qual se possa fazer um direcionamento dos resultados a um tratamento específico, e dada uma sugestão de uso como saída do resultado.
- Ampliação do uso de um aplicativo que calcula a vazão de águas cinzas pela

incrementação de funções e especificações na ferramenta, como a inclusão de abas onde os tratamentos e usos podem ser explicados e detalhados de forma educativa e ilustrativas. E a quantificação pode ser específica para soluções individuais ou coletivas, fazendo essa distinção de acordo com respostas dos usuários, apontando soluções tecnológicas de acordo com o perfil da família.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Projeto, Construção e Operação de Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes de Tanques Sépticos: procedimentos**. Rio de Janeiro, 1997. 57p

ARSKY, I.; Barbosa, A. **Demanda Hídrica**. Biblioteca virtual do projeto Redesan. 2011. <http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf_bib.php?COD_ARQUIVO=13989>. Acesso em: 02/02/2022

BRASIL. **Instituto Nacional do Semiárido – INSA**. 2021

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde Funasa**. 2020

BAZZARELLA, 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 -ES, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003, 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Curso de pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CAL, R. F. da. **Desinfecção de águas cinzas por aplicação de hipoclorito de cálcio para fins de reuso não potável**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2011.

CARDOSO, L. S.. **Reutilização de águas residenciais e de espaços coletivos em assentamentos da reforma agrária**. Universidade federal da paraíba centro de ciências agrárias departamento de ciências fundamentais sociais. 2018.

CARVALHO, N. L.; Hentz, Paulo; Silva, Josemar Marques; Barcellos, Afonso Lopes. **Reutilização de águas residuárias**. Revista Monografias Ambientais. 2014.

CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **COEMA Nº 02 DE 02**. 2017

CLARO, D. B. ; SOBRAL, J. B. M. **Linguagem Java**. Departamento de Informática e Estatística, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

D’AGOSTIN, A., BECEGATO, V. A., & BAUM, C. A. (2017). **Revisão sobre técnicas e tratamentos de águas para reuso doméstico**. 2017. Disponível em: *Geoambiente On-Line*, (28). <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i28.47277>

FERNANDES, V. M. C.. **Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos**. Universidade de Passo Fundo, RS. 2006.

FEITOSA, A. P. **Avaliação de sistema de tratamento da água cinza e reúso da água no semiárido brasileiro**. Universidade Federal rural do semiárido. Pró-reitoria de pesquisa e

pós-graduação. Programa de pós-graduação em manejo de solo e água - doutorado em manejo de solo e água. 2016.

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

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONDIM, R. B. **Avaliação do impacto do reúso de águas na alocação hídrica dos reservatórios estratégicos da bacia do rio Acaraú.** Universidade Federal Do Ceará Centro De Ciências Agrárias Departamento De Engenharia Agrícola Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola Ceará. Fortaleza. 2018

GIL, C. A. **Como elaborar projetos de pesquisa, 4ª edição.** São Paulo Editora Atlas S.A. 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 7, n. 4, p.75-95, out. 2002. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/101/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2021.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** Dossiê Água. Estud. av. 22 (63) • 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S010340142008000200009>>. Acesso em: 09 set. 2021.

IMPAGLIAZZO, M. **Sanitário Seco Compostável: Indicador de Sustentabilidade?** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2021.** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/55-milhoes-de-brasileiros-sem-agua-tratada-e-quase-22-milhoes-sem-esgotos-nas-100-maiores-cidades-segundo-novo-ranking-do-saneamento>>. Acesso em: 09 set. 2021.

LIMA, P. M.; SILVA, J. B.; FILHO, M. F. J. C. **Aspectos quantitativos nos hábitos de consumo para conservação de água em habitações de interesse social.** Simpósio brasileiro de recursos hídricos. 2013

MANCUSO, P. C. S. **Reuso de águas.** Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. 1988. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-08062018-115902/publico/MTR_449_Mancuso_1988.pdf>. Acesso em 25 jun. 2021.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento E Reuso De Águas Cinza E Aproveitamento De Águas Pluviais Em Edificações.** Tese (Doutorado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

MENESES, C. D. S.; FILHO, M. F. J.; PAULO, P. L. **Quantificação De Águas Residuárias Para Reúso Na Perspectiva Do Saneamento Ecológico.** XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS- MACEIÓ- 2011

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. dos. **Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil.** 2019.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. M. **Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil.** Geoprocessamento, cap8. 2010.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. S.-. **Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil.** 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>>. Acesso em 20 jun. 2021.

MOURÃO, P. C. V.. **Estudo sobre o aproveitamento de águas cinzas em residências Populares.** Universidade federal do Ceará centro de tecnologia departamento de engenharia hidráulica e ambiental. 2013.

OLIVEIRA, R. G. de. **Análise de viabilidade econômica do sistema de reúso de águas cinzas em condomínios residenciais horizontais.** Universidade federal do Ceará. Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental Curso de Engenharia Civil. Fortaleza, CE. 2016.

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey – the new colors of sanitation.** Water 21, p. 31-41, out. 2001.

POSTAL, C. A. **ÁGUA UM DIREITO HUMANO FUNDAMENTAL: gestão ambiental e sustentabilidade.** Universidade Federal do Rio Grande do sul, Faculdade de Direito, Curso de especialização em direito ambiental nacional e internacional. Porto Alegre. 2017

PHILIPPI, L. S., SEZERINO, P. H., PETERS, M. R., LAPOLLI, F. R. **Reuso combinado de águas cinzas e água de chuva em uma unidade residencial.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, 2005.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial.** Ministério da saúde - Escola Nacional de saúde pública – 2004.

REZENDE, S. C. (Org.). **Panorama do saneamento básico no Brasil:** Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. 7. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 647 p.

ROCHA, A. L. M. **Desempenho de estações de tratamento de águas cinzas e negras para residências rurais, envolvendo filtros orgânicos e reatores solares.** UFV, Viçosa- CE, 2013.

RODRIGUES, R.dos S.. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil, proposta de regulamentação do reuso no Brasil.** São Paulo. 2005.

SILVA NETO, H. de A.. **Avaliação da potencialidade no reúso doméstico da água cinza tratada para fins não potáveis.** 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana - Ba, 2018. Disponível em:

<<http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/666/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20SILVA%20C%202018.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SILVEIRA, M.L. G.; COELHO, T. T.; KLAES, L. S.; SOUZA, R.; LIZ, L. G. A. H.. **Gestão universitária sustentável: estudo de caso de reúso de águas cinzas**. XIV COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA – CIGU. Florianópolis – Santa Catarina – Brasil. 2014.

SOUZA, H. R. de. **Saneamento rural sustentável: sistemas alternativos para a região dos sertões de Crateús**. 2019. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceara, Crateús, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; PEÑA, F. J. y MADRID, L; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O. C.; DUARTE, C. D.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, M. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. São Paulo: Unicamp, 2018.

VERGÍLIO, A.; MENDONCA, J. E. **Estudo para reúso de águas cinzas – viabilidade na implantação e manutenção de um sistema**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000132, 18/09/2018. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/estudo-para-reuso-de-aguas-cinzas-viabilidade-na-implantacao-e-manutencao-de-um-sistema>>. Acessado em: 15/02/2022.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos de tratamento de esgotos**. Série: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG., 1996.

