



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

EWERTON BRYAN PINHEIRO CRUZ DE MACEDO

VIABILIDADE DO REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS JUNDIAÍ/GUARAPES

NATAL-RN

2022

EWERTON BRYAN PINHEIRO CRUZ DE MACEDO

VIABILIDADE DO REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS JUNDIAÍ/GUARAPES

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à coordenação do curso de Engenharia
Ambiental da Universidade Federal do Rio
Grande do Norte como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro
Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha

Natal/RN
2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Macêdo, Ewerton Bryan Pinheiro Cruz de.

Viabilidade do reúso urbano não potável dos efluentes da
estação de tratamento de esgotos Jundiá/Guarapes / Ewerton Bryan
Pinheiro Cruz de Macêdo. - 2022.

71 f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do
Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental.
Natal, RN, 2022.

Orientador: Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha.

1. Efluente tratado - Monografia. 2. Caminhão pipa -
Monografia. 3. Viabilidade econômica - Monografia. 4.
Sustentabilidade - Monografia. I. Cunha, Paulo Eduardo Vieira.
II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628

EWERTON BRYAN PINHEIRO CRUZ DE MACEDO

VIABILIDADE DO REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS JUNDIAÍ/GUARAPES

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação do curso de
Engenharia Ambiental da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental.

Trabalho apresentado e aprovado em 11 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha - Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Me. Danillo Luiz de Magalhães Ferraz- Membro Externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Me. André Câmara de Brito - Membro externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

RESUMO

A exemplo do que ocorre em outros Países, o reúso urbano não potável tem ganhado espaço a cada dia em algumas das principais cidades brasileiras, tendo em vista que essa prática pode ser encarada como uma alternativa e sustentável de combate a escassez de água em certas regiões devido a sua baixa disponibilidade hídrica natural, ou em razão da elevada demanda, sobretudo em municípios com altas densidades demográficas e consequentemente elevado consumo de água potável. A cidade de Natal-RN, passa, atualmente por uma reformulação e ampliação do seu sistema de esgotamento sanitário, com acréscimo do sistema de coleta e transportes de esgoto e implantação de duas novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE Jaguaribe e ETE Jundiá-Guarapes), o que resultará em significativo aumento da vazão de efluentes tratados, e consequente incremento do potencial de reaproveitamento destes efluentes para diversas finalidades. Isto posto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a viabilidade de implementação do sistema de reúso urbano não potável dos efluentes a serem gerados na Estação de Tratamento de Esgotos Jundiá/Guarapes nos bairros da zona oeste de Natal. Para tanto foram identificadas as possíveis aplicações para água de reúso nos bairros que compõe a zona oeste da capital Potiguar, bem como calculadas as demandas diárias para estas finalidades. Em seguida foram levantados os custos de implantação e operação do sistema de reúso e realizado cotejamento destes com o uso de água potável. Verificou-se que a ETE Jundiá/Guarapes possuía vazão suficiente para suprir a demanda levantada, bem como, que a implantação do sistema de reúso aqui proposto, embora implique em razoáveis custos iniciais para sua implantação, resultaria em uma economia de R\$ 38.409,69 anuais, resultantes da economia anual de 16.944 m³ de água potável que ficaria disponível para usos mais nobres. Desta forma, conclui-se que a implantação do sistema de reúso urbano não potável é viável e com retorno financeiro dos custos para implantação em menos de um ano de sua implementação.

Palavras chaves: Efluentes tratados, caminhão pipa, viabilidade econômica, sustentabilidade.

ABSTRACT

As in other countries, non-potable urban reuse has been gaining ground every day in some of the main Brazilian cities, considering that this practice can be seen as a sustainable alternative to combat water scarcity in certain cities. Regions due to their low natural water availability, or due to high demand, especially in municipalities with high demographic densities and consequently high consumption of drinking water. The city of Natal-RN is currently undergoing a reformulation and expansion of its sanitary sewage system, with the addition of the sewage collection and transport system and the implementation of two new Sewage Treatment Stations (ETE Jaguaribe and ETE Jundiá-Guarapes), which will result in a significant increase in the flow of treated effluents, and a consequent increase in the potential for reuse of these effluents for various purposes. That said, the main objective of the present work was to evaluate the feasibility of implementing the non-potable urban reuse system of effluents to be generated at the Jundiá/Guarapes Sewage Treatment Station in the neighborhoods of the west of Natal. For that, the possible applications for reuse water in the neighborhoods that make up the west of the capital Potiguar were identified, as well as the daily demands for these purposes were calculated. Then, the shorts for the implementation and operation of the reuse system were raised and they were compared with the use of potable water. It was found that the ETE Jundiá/Guarapes had sufficient flow to meet the demand raised, as well as that the implementation of the reuse system proposed here, although it implies reasonable initial costs for its implementation, would result in savings of R\$ 38.409,69 per year, resulting from the annual savings of 16,944 m³ of potable water that would be available for more noble uses. In this way, it is concluded that the implementation of the non-potable urban reuse system is viable and with financial return of the costs for implementation in less than a year of its implementation.

Key words: Treated effluents, water truck, economic viability, sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : disposição dos bairros na região administrativa oeste	25
Figura 2: Planta baixa da ETE Jundiaí/Guarapes	29
Figura 3: Transporte do caminhão pipa em via pública	35
Figura 4: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do Guarapes.....	39
Figura 5: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do planalto.....	42
Figura 6: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Felipe Camarão.....	45
Figura 7: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Cidade da Esperança .	48
Figura 8: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Dix Sept Rosado.....	50
Figura 9: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Nossa Senhora da Nazaré.....	53
Figura 10: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Bom Pastor	56
Figura 11: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do Nordeste	60
Figura 12: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro das Quintas	63

LISTA TE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para fins urbanos de reúso conforme Lei 4.603/2013	22
Tabela 2: Índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário da zona oeste de Natal.....	27
Tabela 3: Equipamentos urbanos compostos na zona oeste de Natal.....	30
Tabela 4: Representa quantitativamente as unidades de desportos em cada bairro da zona oeste	31
Tabela 5: Horários e dias das feiras livres	33
Tabela 6: custos dos EPI'S	36
Tabela 7: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Guarapes	38
Tabela 8: Custo diário relacionado ao combustível do caminhão pipa no bairro do Guarapes	40
Tabela 9: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro do Guarapes	40
Tabela 10: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro do planalto	41
Tabela 11: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro do Planalto	42
Tabela 12: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro do Planalto	43
Tabela 13: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro de Felipe Camarão.....	44
Tabela 14: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Felipe Camarão.....	46
Tabela 15: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Felipe Camarão.....	46
Tabela 16: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro de Cidade da Esperança.....	47
Tabela 17: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Cidade da Esperança	49
Tabela 18: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Cidade da Esperança..	49
Tabela 19: valor estimado do ponto de irrigação no bairro do Dix Sept Rosado.....	50
Tabela 20: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Dix Sept Rosado	51
Tabela 21: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Dix Sept Rosado	51
Tabela 22:valores estimados dos pontos de irrigação no bairro de Nossa Senhora da Nazaré.....	52
Tabela 23: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Nossa Senhora de Nazaré.....	53
Tabela 24: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro de Nossa Senhora de Nazaré.....	54
Tabela 25: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Bom Pastor	55
Tabela 26: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Bom Pastor	56
Tabela 27: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Bom Pastor	57
Tabela 28: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Nordeste	58
Tabela 29: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Nordeste.....	61
Tabela 30: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Nordeste.....	61
Tabela 31: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro das Quintas	62

Tabela 32: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro das Quintas	63
Tabela 33: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro das Quintas	64
Tabela 34: Projeção geral do sistema de reúso urbano não potável	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Legislações brasileiras que tratam do reúso	21
Quadro 2: Unidades componentes das ETE Jundiaí e ETE Guarapes	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. Importância do reúso	16
3.2. Modalidades e tipos de reúso	18
3.3. Legislação pertinente ao reúso	20
3.4 Reúso urbano não potável	22
4. METODOLOGIA	24
4.1. Caracterização da área de estudo	24
4.2 Procedimentos metodológicos	29
4.2.1 Escolhas das modalidades de reúso	29
4.2.2 Cálculo do volume total de água necessário	31
4.2.3. Sistema de irrigação	32
4.2.4 Estimativa de área e percurso	33
4.3. Balanço econômico dos sistemas	34
4.3.1. Irrigação com água de reúso através de caminhão pipa	34
4.3.2. Custo dos equipamentos de proteção individual (EPI)	36
4.3.3. Custo da mão de obra	37
4.3.4 Cotejamento de custo com fornecimento de água pelo Prestador	37
5. RESULTADOS	38

5.1. Sistema Guarapes.....	38
5.2. Sistema Planalto	41
5.3. Sistema Felipe Camarão.....	44
5.4. Sistema Cidade da Esperança.....	47
5.5. Sistema Dix Sept Rosado	50
5.6. Sistema Nossa Senhora de Nazaré.....	52
5.7. Sistema Bom Pastor	55
5.8. Sistema Nordeste	58
5.9. Sistema Quintas.....	62
5.10 Projeção geral.....	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, há uma enorme disponibilidade de recursos naturais e em especial água, porém esse bem não está distribuído de forma igualitária em todas as partes do país. A região Norte, que concentra aproximadamente 68,5% dos recursos hídricos nacionais, abriga apenas 8,3% da população. Em contrapartida, a região Sudeste, que detém 6,0% do total de água do país, abriga 42,1% da população. E a situação mais crítica é a da região Nordeste com 27,8% da população brasileira, mas apenas 3,3% do volume de água do País (TRATA BRASIL, 2018).

Nos estados com menor disponibilidade hídrica há necessidade de se adotar cuidados ainda maiores com a gestão dos recursos hídricos, para que se garanta ter em boa disponibilidade e qualidade para as presentes e futuras gerações.

Em algumas regiões, o crescimento rápido e por muitas vezes desordenado da população nos grandes centros urbanos, tem contribuído para o aumento da demanda dos recursos hídricos e para a geração de efluentes, que por sua vez, vem proporcionando aos mananciais superficiais e as águas subterrâneas uma perda em sua qualidade.

Por isso, é preciso se ter uma maior atenção para o tratamento de esgotos sanitários, para que posteriormente, essa água venha a ser reutilizada para fins menos nobres, que ainda hoje, são utilizadas em seu processo, águas de boa procedência.

Infelizmente ainda é comum no Brasil que, somente parte dos esgotos gerados sejam tratados e, por conseguinte, lançados no corpo hídrico receptor atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos na legislação ambiental vigente. Esse déficit no tratamento contribui para a depreciação da qualidade da água no corpo receptor.

Para contribuir com a manutenção da qualidade dos mananciais deve-se racionalizar o uso desse bem, assim como se ter um controle de perdas, educar ambientalmente a população sobre a redução do consumo de água, minimizar a geração de efluentes e fazer o reúso planejado do efluente tratado. Sendo a prática do reúso uma boa alternativa para suprir uma série de demandas de água com fins não potáveis, permitindo assim, um consumo menor da água de boa qualidade e gerando um maior acúmulo em seus reservatórios superficiais e subterrâneos (MORELLI, 2005).

No Brasil os primeiros passos nesta direção foram dados, na Região Metropolitana de São Paulo, na qual a carência de água de boa qualidade abastecimento público é bastante acentuada (SABESP, 2004).

O reúso é de grande importância para a conservação e o planejamento dos recursos hídricos, todavia, o crescente consumo de água tem feito do reúso planejado uma necessidade primordial. Trata-se de uma substituição de fontes, na qual alguns usos específicos requerem uma qualidade inferior à água potável, sendo possível sua substituição por uma água já utilizada anteriormente.

Rodrigues (2005) relata que a água de reúso pode ser considerada como um recurso hídrico complementar, a ser utilizado em algumas aplicações.

Dentre as classes de reúso, o não potável envolve uma variedade enorme de aplicações, tais como: agrícola, industrial, manutenção de vazões, recarga de aquíferos, recreativo, aquicultura e no meio urbano. Já o reúso potável direto (quando as águas residuárias são tratadas por meio de tratamento avançado e diretamente reutilizadas no sistema de água potável) não tem sido recomendado devido à dificuldade de caracterização detalhada dessas águas, constituindo um risco à saúde humana (FERNANDES, 2018).

O reúso torna-se uma boa opção para a estabilidade entre a oferta e demanda de água, em casos nos quais se tem uma alta densidade demográfica com alta procura por água e pouca disponibilidade de recurso hídrico, garantindo a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social. Neste meio a aplicabilidade da água residuária tratada é diversa podendo ser reutilizada para: irrigação de campos esportivos, parques jardins, cemitérios, canteiros de rodovias; usos ornamentais e paisagísticos; descargas de toaletes; combate a incêndios; lavagem de veículos; limpeza de ruas; usos na construção, como a compactação do solo e o abatimento de poeira; e desobstrução de redes de esgoto e de drenagem pluvial (REZENDE, 2016).

Nesse sentido, a reutilização de efluentes tratados em atividades menos restritivas é imperativa e pode agir como barreira contra a contaminação dos corpos receptores e como forma de mitigar a poluição hídrica e elevar a disponibilidade de água tratada para fins potáveis (CAIXETA, 2010; PAES *et al.*, 2010).

O reúso potável direto é praticado em escala reduzida, devido aos riscos sanitários associados, necessidade de tecnologias de alto custo e à baixa aceitação pública, já o reúso potável indireto é amplamente utilizado, a exemplo dos Estados Unidos e Israel que praticam a recarga de aquíferos com esgoto tratado para o fornecimento de água potável (TELLES; COSTA, 2010; HESPANHOL, 2002). Em Israel, segundo dados de seu Ministério do Meio Ambiente, 80% do efluente gerado é reciclado, sendo este dividido em 90% para agricultura e 10% para irrigação de parques municipais (SILVA, 2016).

Além dos Países citados acima, África do Sul, Espanha e Alemanha utilizam amplamente o reúso de água para complementar a disponibilidade hídrica, obedecendo aos critérios de regulação estabelecidos (ALCALDE-SANZ; GAWLIK, 2017).

Outro bom exemplo da prática do reúso é o Japão, no qual em algumas cidades, como Fukuoka, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água. Uma das redes distribui água tratada para fins potáveis enquanto a outra distribui efluentes domésticos tratados para reutilização em descargas de bacias sanitárias em edifícios residenciais, bem como irrigação de árvores em áreas urbanas, lavagem de gases e alguns usos industriais (HESPANHOL, 2003).

No Brasil também existem exemplos práticos de reúso, como na cidade de São Paulo, na qual a ETE Jesus Neto localizada no bairro de Ipiranga, que opera no fornecimento de água de reúso, sendo a primeira estação a formalizar contrato de fornecimento para indústrias. A prefeitura da cidade também utiliza águas servidas para lavagem de pátios e rega de jardins. Tudo isso com intuito de minimizar a poluição dos rios e córregos e a escassez hídrica (TELLES; COSTA, 2007).

Parte das indústrias de São Paulo já utilizam água de reúso em seu processo, desenvolvido como uma solução para gestão hídrica das mudanças climáticas, o AQUAPOLO fornece água de reúso para o Polo Petroquímico de Capuava e indústrias da Região do ABC Paulista. Com capacidade de produzir até 1.000 litros de água de reúso por segundo, utilizando os mais avançados processos tecnológicos existentes no tratamento de água e efluentes. Os parâmetros e qualidade da água que devem ser alcançados ao final de todo o processo foram determinados em conjunto com o cliente, que a utiliza em diversos processos industriais como torres de resfriamento e caldeiras.

Em Natal, capital do Rio Grande do Norte (RN), situado na região nordeste do Brasil, atualmente existe em funcionamento uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na zona leste da cidade (ETE do Baldo), que até o momento apresenta o sistema de tratamento mais completo e avançado comparado aos demais tratamentos feitos no município, com uma vazão média de projeto de 450L/s e outras duas estações em processo de implantação que irão complementar o sistema de esgotamento sanitário da capital, são elas a ETE Jaguaribe, em construção na zona norte da cidade com uma vazão média de projeto de 840 L/s e a ETE Jundiaí/Guarapes na zona oeste de natal, com uma vazão média de projeto de 1.050 L/s ao final de sua conclusão (MOREIRA, 2021).

Os resultados mostrados por Tavares; Araújo; Fontes (2014) informam que os níveis de eutrofização do estuário do Rio Potengi – corpo receptor da ETE do Baldo –

variam de mesotrófico a eutrófico de acordo com o índice trófico (TRIX), ocorrendo o agravamento da situação no período chuvoso, no qual, a capacidade de receber cargas de nutrientes do corpo hídrico receptor é reduzida.

Tal situação tende a se agravar no futuro breve, tendo em vista que este estuário irá receber também as cargas de nutrientes advindas das ETE Guarapes e Jaguaribe, que, atualmente, estão em processo de implantação.

Diante deste cenário uma solução viável é a utilização do reúso urbano não potável, como forma também de diminuir do *input* da carga de nutrientes no rio.

Dessa forma, o presente trabalho visa analisar a viabilidade e avaliar o potencial de reúso urbano não potável do efluente da ETE Jundiaí/Guarapes, para benefício da população, no qual essa água residuária tratada poderá servir para diversos usos menos nobres, tais como a limpeza de feiras livres, irrigação de canteiros vivos, praças, campos e quadras da zona oeste de natal, serviços esses que hoje são realizados com água potável distribuída pela Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade de reúso urbano não potável dos efluentes da estação de tratamento de esgoto Jundiaí/Guarapes, situada na zona oeste de Natal / RN.

2.2. Objetivos específicos

- Selecionar os possíveis usos do efluente tratado na referida ETE;
- Calcular o volume de água de reúso necessário para atender a essas atividades;
- Definir o sistema de irrigação e estimar os custos operacionais como transporte e distribuição do efluente tratado para as finalidades escolhidas;
- Comparar estes custos com fornecimento de água potável pelo Prestador do Serviço.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância do reúso

Em 2017 o tema do Dia Mundial da Água da Organização das Nações Unidas (ONU) foi as águas residuais, o que trouxe grande contribuição para aumentar a conscientização e encorajar discussões sobre o tema, além de impulsionar mudanças entre as organizações que têm pensamentos em comum. Mudança essa que está contemplada no item 6.3 das Metas de Desenvolvimento Sustentável, que objetiva “até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente” (ONU, 2015).

No Brasil, os grandes centros urbanos estão ocupados pela maior parcela da população, com uma alta concentração de indústrias instaladas em suas proximidades e com uma pequena disponibilidade de recursos hídricos, este fato, contribui para o estresse hídrico das regiões e gerações de conflitos, onde a demanda supera a disponibilidade e é agravado ainda mais pela poluição de seus corpos hídricos.

Com isso, exige-se alternativas viáveis para a gestão da água. Apesar do país ter grande disponibilidade hídrica, essa água se encontra em regiões de baixa densidade populacional, e não contribuem diretamente nas regiões metropolitanas.

Pretendendo ter-se uma água de boa qualidade e com uma quantidade expressiva para os usos prioritários, deve-se planejar e colocar em prática a gestão dos recursos hídricos, e com isso, teremos que ter alguns cuidados com esse bem tão precioso para nossa subsistência. O uso racional da água, com equipamentos economizadores, melhorias dos processos produtivos em indústrias, a redução de perdas de água potável em seu sistema de abastecimento, e o aprimoramento dos processos de tratamento de água e efluentes, são algumas das medidas de mitigação do problema da falta de água, que aliado ao reúso da água residuária tratada, prometem um aumento da disponibilidade dos mananciais superficiais. O reúso controlado de água é aplicado em função da qualidade do efluente e da finalidade do uso, da vazão da Estação de Tratamento de Esgoto e do entendimento e esforço conjunto das secretarias municipais e estaduais com as companhias de saneamento (CAIXETA, 2010).

Uma das formas de reaproveitamento dessa água residuária tratada é o reúso urbano para fins não potáveis, no qual é utilizado após o devido tratamento uma água de

qualidade inferior ao de uso potável, para fins de irrigação de parques, praças, jardins, áreas verdes públicas, parques esportivos, lavagem de veículos, ruas e pisos, produção de concreto, descarga de aparelhos sanitários, ornamentação de fontes, cachoeiras, lagoas, assim como para o sistema de combate a incêndio.

Segundo Rodrigues (2005) o reúso de água surge atuando em dois aspectos: instrumento para redução do consumo de água (controle de demanda) e recurso hídrico complementar.

As motivações do reúso e reciclagem da água podem incluir tanto a baixa capacidade de oferta quanto a elevada demanda, sejam elas decorrentes da grande concentração urbana nos grandes centros e/ou das crescentes atividades industriais – a agricultura irrigada corresponde a cerca de 60-70% do consumo de água doce no planeta e no Brasil (FLORÊNCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Dependendo da cultura e do método de irrigação, a agricultura pode tolerar águas de qualidade menos exigente do que a indústria e o uso doméstico (ANDRADE NETO, 2011). Assim, o efluente tratado se apresenta como uma alternativa excelente para esse uso, uma vez que o sistema solo-microrganismos-plantas pode estabilizar o esgoto e fornecer nutrientes para as plantas que os utilizam no seu processo de crescimento (ANDRADE NETO, 1997).

Por esses motivos, o reúso da água tem como principal finalidade evitar o consumo de água potável em atividades que não necessitam de uma qualidade excelente, podendo então ser substituída, oferecendo não apenas a preservação da água potável como vantagem, mas também diminuir a demanda sob os mananciais (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

As águas de reúso são geralmente águas de qualidade inferior, como é o caso dos esgotos e águas de drenagem urbana, que podem ser utilizadas como fontes alternativas de água para usos menos restritivos, passando por tratamento de depuração ou não (ANDRADE NETO, 2004).

Na Austrália, na Espanha e nos Estados Unidos têm-se aproveitado águas residuárias para irrigação de áreas verdes do setor urbano. Na Flórida, EUA, 55% dos efluentes tratados são reutilizados em fins urbanos, como irrigação de áreas verdes (ESTADOS UNIDOS, 2012). Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Em Fukuoka, uma cidade com

aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segundo estágio), para uso em descarga de toaletes em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização (SANO; MIURA, 1990).

Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Ooita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis (NARUMI, 1987; GONOHE, 1987, MATZUSAKI, 1987).

3.2. Modalidades e tipos de reúso

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), no qual definiu, em 1973, que a água de reúso poderia ser enquadrada em 3 modalidades (WHO, 1973):

- Reúso direto: O uso planejado e deliberado de água residuária tratada para propósitos benéficos, como irrigação, recreação, indústria, recarga de aquíferos subterrâneos e para consumo.
- Reúso indireto: Ocorre quando a água que já foi usada uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial é disposta em águas superficiais ou subterrâneas e usada novamente de forma diluída.
- Reciclagem Interna: Reúso da água em instalações industriais, buscando economia de água e controle da poluição.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), em 1992, no qual propôs a divisão em duas categorias: potável e não potável, podendo estes serem direto ou indireto (REZENDE, 2016).

- Reúso Potável Direto: O reúso potável direto ocorre quando o esgoto, após tratamento avançado, é utilizado diretamente no sistema de água potável.
- Reúso Potável Indireto: O esgoto após tratamento é utilizado para diluição, em corpos subterrâneos ou superficiais, purificação natural, para então ser captado, passar novamente por tratamento e então ser utilizado como água potável.

- Reúso não potável: De acordo com Santos (2011), o reúso não potável é aquele em que a água residuária tratada é utilizada em processos industriais, agrícolas, rega de jardins, ou seja, não haverá um contato tão direto entre a água e o ser humano. Pode também ser utilizado para manutenção de vazões, aquicultura e até mesmo recarga de aquíferos subterrâneos (REZENDE, 2016).

A Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 2012) subdivide em irrestrito e restrito a prática do reúso. No qual ficou definido:

- Uso restrito: Ocorre quando o reúso é em locais onde o acesso ao público é controlado, sejam elas cercadas ou sinalizações, como ocorre em cemitérios, autoestradas e até mesmo em campos de golfe.
- Uso irrestrito: Ocorre quando o reúso é em locais com acesso ao público, como parques públicos, descargas sanitárias, ar-condicionado, fontes, irrigação de jardins.

Conforme o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2005) estabeleceu através da resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, “modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional”. O reúso direto não potável, tem como suas modalidades, dispostas no artigo 3º:

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

- I – Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II – Reúso para fins agrícolas florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III – Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV – Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V – Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (CNRH, 2005, p. 2).

3.3. Legislação pertinente ao reúso

Percebendo a crescente demanda por água de boa qualidade e cada vez mais a exploração dos recursos hídricos, associada com a poluição que caminha junto com o desenvolvimento da sociedade, a Organização Mundial de Saúde (OMS) criou um documento técnico em 1973 que estabelecia métodos de tratamento e segurança à saúde de águas residuárias, além de delegar responsabilidades aos governos e agências operacionais quanto a água de reúso, sendo então um dos primeiros documentos que estabelecia regras relacionadas ao reúso (WHO, 1973).

Uma das grandes dificuldades para a instituição do reúso refere-se à falta de uma legislação específica a nível federal que regulamente os padrões de acordo com o uso. A Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (USEPA) estabelece critérios para o reúso de água não potável com base nas diretrizes adotadas nos EUA e recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), pois reconhecidamente elas têm servido de referência e sido adotadas como normas em diversos países (SANTOS *et al.*, 2006).

Apesar da importância presente no tema do reúso de água, a falta de uma legislação específica a nível federal dificulta a prática. O fato de não haver uma regulamentação, por se tratar de reúso de água, expõe as pessoas ao risco se não houver normas a serem seguidas. Nesse sentido, o papel do Governo é fundamental para que as ações de reutilização da água sejam implementadas de maneira integrada no território nacional, e isso deve ser feito com uma regulamentação que possibilite a implementação das ações necessárias ao combate da crise hídrica de forma segura e sustentável, do ponto de vista ambiental, sanitário e jurídico (MINEGATTI, 2018)

As diretrizes legais e normatizações técnicas pertinentes específicas referentes ao reúso ainda estão em fase de desenvolvimento em todo o Brasil, em geral são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas produzidas por instituições privadas. As principais diretrizes e orientações utilizadas no Brasil referentes ao reúso de águas são: A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) 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, e dá outras providências; a NBR 13.969/1997 que sugere critérios para reúso de águas residuárias de origem doméstica ou com características similares reutilizadas para fins não potáveis; e a de Resolução conjunta SAS/SMA/SSRH n°1 de 2017, criada pela Secretaria de Estado de Saúde (SES) em conjunto com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SMA) e a Secretaria Estadual

de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento (SERHS) do Estado de São Paulo, para disciplinar o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas (REZENDE, 2016).

No Brasil, diversos estados e municípios criaram leis, emendas e decretos relacionados ao reúso de águas residuárias, como mostra o quadro 1.

Quadro 1: Legislações brasileiras que tratam do reúso

Cidade de São Paulo	Lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002	Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.
Cidade de São Paulo	Decreto nº 44.128, de 19 de Novembro de 2003	Regulamenta a utilização, pela prefeitura do município de São Paulo, de água de reúso, não potável, a que se refere a lei nº 13.309, de 31 de Janeiro de 2002.
Cidade de São Paulo	Lei nº 12.526, de 02 de Janeiro de 2007	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.
Estado de São Paulo	Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003	Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.
Curitiba	Lei nº 10.785, de 18 de Setembro de 2003	Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações-PURAE.
Cidade do Rio de Janeiro	Decreto nº 23.940, de 30 de Janeiro de 2004	Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
Espírito Santo	Lei nº 9.439, de 04 de Maio de 2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.
Espírito Santo	Emenda Constitucional nº 107, de 13 de Março de 2017	Altera os arts. 192, 258 e 262 da Constituição Estadual, incluindo planos de reúso e reúso de águas dos recursos hídricos respectivamente.
Pernambuco	Lei nº 14.572, de 27 de Dezembro de 2011	Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências.
Pernambuco	Lei nº 15.630, de 29 de Outubro de 2015	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
Cidade de Caicó/RN	Lei nº 4.603, de 23 de Agosto de 2013	Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes modalidades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências.
Ceará	Lei nº 16.033, de 20 de Junho de 2016	Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará.

Fonte: Alípio (2019)

A cidade de São Paulo foi uma das pioneiras na criação de uma legislação que determinasse diretrizes para o reúso, através da lei municipal nº 13.309, determinando a

utilização, por parte do município, de água de reúso proveniente de estações de tratamento de esgoto para fins urbanos não potáveis, levando em consideração o custo-benefício da prática (SÃO PAULO, 2002). No Nordeste, podemos citar os Estados de Pernambuco e Ceará, que criaram leis que tratam de reúso. O Estado do Ceará, através da lei nº 16.033, estabeleceu critérios de reúso de água não potável no Estado, abrangendo as modalidades para fins urbanos, agrícolas e florestais, fins ambientais, industriais e na aquicultura (CEARÁ, 2016).

Apesar de nacionalmente haver essa demanda, em 2013, o município de Caicó, com a lei nº 4.603, de 26 de agosto de 2013, estabeleceu e recomendou critérios e padrões de qualidade para o reúso de água para as atividades de produção agrícola, fins urbanos e piscicultura (Tabela 1). Já no âmbito prático do reúso, os municípios de Caiçara do Rio do Vento, Parelhas, Santana do Seridó – inseridas na região semiárida – e Pedro Velho – situada na área de transição entre a região tropical e a semiárida – reutilizam os efluentes das suas ETE's, demonstrando familiaridade do RN com a prática (SOUZA, 2018)

Tabela 1: Parâmetros para fins urbanos de reúso conforme Lei 4.603/2013

PARÂMETROS	VALORES PADRÕES
pH	6-9
DBO5,20 (mg/L)	≤30
SST (mg/L)	≤30
Cte (UFC/100mL)	≤200
Odor	Não perceptível
Ovos de Helmintos (Ovos/L)	≤1

Fonte: Caicó, 2013

3.4 Reúso urbano não potável

O reúso urbano não potável vem como solução aos diversos problemas de escassez de água em algumas regiões brasileiras, nestas os efluentes de estações de tratamento de esgoto podem ser considerados importante aliado na economia de água potável, preservando-a para usos mais nobres.

Na modalidade de reúso urbano a aplicabilidade da água residuária tratada é diversa podendo ser reutilizada para: irrigação de campos esportivos, parques jardins, cemitérios, canteiros de rodovias; usos ornamentais e paisagísticos; descargas de toaletes; combate a incêndios; lavagem de veículos; limpeza de ruas; usos na construção, como a compactação do 7 solo e o abatimento de poeira; e desobstrução de redes de esgoto e de drenagem pluvial (REZENDE, 2016).

Vários trabalhos estão sendo desenvolvidos com essa temática de reúso urbano não potável no município de Natal, explorando a estação de tratamento do baldo e as estações que estão em construção, como a ETE de Jaguaribe e Jundiaí/Guarapes. Segundo, Barbosa (2020), a água não potável da ETE Jundiaí/Guarapes, traz excelentes benefícios econômicos, ambientais e sociais na utilização dessa água para o reúso na região semiárida do estado.

Por sua vez, Azevedo (2020), realizou o trabalho com objetivo de analisar a viabilidade da aplicação dos efluentes tratados na ETE do Baldo, quanto à qualidade e demanda, como forma de reúso urbano não potável na desobstrução das redes coletoras de esgoto da cidade.

Santos (2020), evidenciou-se em seu trabalho a utilização do grande potencial que o reúso urbano não potável dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos do Jaguaribe em implantação em Natal (RN) para o desenvolvimento ambiental e sustentável a partir do aproveitamento de seus efluentes para lavagem de ruas após a feira livre e rega dos canteiros centrais da zona norte de Natal.

Em São Paulo, o estudo de Morelli (2005) mostra que a utilização de água de reúso no meio urbano, na lavagem de carros já era uma prática constante naquela época, e conclui que é possível reduzir de 70 a 80 % dos custos com a água de lavagem de veículos contribuindo com a preservação do meio ambiente e com a economia nas empresas desse ramo.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

O presente trabalho teve como área de estudo a cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, que possui área territorial de 167,401 km², população estimada de 803.739 pessoas e densidade demográfica de 4.805,24 hab/km² (IBGE, 2010).

Segundo a Lei Ordinária nº 3.878/89, a cidade é dividida em quatro zonas ou regiões administrativas: Sul, Norte, Leste e Oeste. A Região Administrativa Oeste – objeto deste estudo – possui 10 bairros: Cidade da Esperança, Quintas, Nordeste, Dix-Sept Rosado, Bom Pastor, Nossa Senhora de Nazaré, Felipe Camarão, Cidade Nova, Guarapes e Planalto. Limita-se ao Norte com o Rio Potengi, ao Sul com o município de Macaíba, ao Leste com os bairros Candelária e Lagoa Nova, e a Oeste com o Rio Potengi. A Figura 1 a seguir, mostra a distribuição dos bairros da zona oeste de Natal.

De acordo com o censo 2010 do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – a região possui 218.405 habitantes, correspondendo a 27,17% da população de Natal, que ocupa 62.897 domicílios e cujo valor do rendimento médio mensal é de 0,99 salários-mínimos.

Figura 1 : disposição dos bairros na região administrativa oeste



Fonte: Blogspot (2008)

O sistema de abastecimento de água potável de Natal é operado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), sendo dividido em dois subsistemas distintos, separados fisicamente pelo rio Potengi, no qual se tem o Subsistema de Abastecimento Norte, que capta 75% de sua água da lagoa de Extremoz e cerca de 25% de poços que captam água do Aquífero Dunas/ Barreiras, e o Subsistema de Abastecimento Sul, que capta 25% de sua água da Lagoa do Jiqui e em cerca de 75% de poços que captam água do Aquífero Dunas/Barreiras. (CAERN, 2018).

Ainda segundo CAERN (2018) o subsistema norte contempla a região administrativa norte enquanto o subsistema sul engloba as zonas sul, leste e oeste, sendo esta última a região contemplada neste estudo.

Devido ao crescimento populacional experimentado no município, com a taxa anual de 1,24% entre 2000 e 2010, houve a natural crescente demanda pelo esgotamento sanitário, o que acarreta a necessidade de implantação de novas ETE 's (ATLAS, 2010). Diante disto, atualmente a cidade passa por um processo de universalização dos serviços de esgotamento sanitário, havendo uma substituição do modelo antigo do sistema de tratamento e disposição final de esgoto (fossa com sumidouro) pela coleta dos mesmos e tratamento em duas novas Estações de Tratamento de Esgotos atualmente em construção. Isto implicará, segundo Righetto; Rocha (2005), em uma diminuição da recarga dos aquíferos, uma vez que parte dessa recarga se dava por meio da infiltração de fossas e dos sumidouros.

Estes autores concluíram que para suprir a crescente demanda por água, haveria a necessidade futura de importação água de um manancial superficial próximo através de sistemas adutoras para o abastecimento de água da cidade, pois o aquífero estaria com seu nível comprometido, e o abastecimento por meio de poços teria que ter sua demanda diminuída. Contudo, uma das soluções viáveis seria a recarga do aquífero com água de reúso, assim como sua utilização para fins menos nobres, deixando de usar água de boa qualidade nessas atividades.

Com a nova estação de tratamento de esgotos do Jundiáí/Guarapes que está sendo implantada, os bairros: Quintas, Bairro Nordeste, Bom Pastor, Felipe Camarão, Dix-Sept Rosado, Nossa Senhora de Nazaré, Cidade Nova, Cidade da Esperança, Guarapes e Planalto. Que hoje apresentam 53,00% de índice de cobertura de esgotamento sanitário, conforme mostra a tabela 2 a seguir, serão interligados ao sistema de esgotamento sanitário atualmente em construção no bairro do Guarapes, no qual será responsável por tratar e dar destino final a uma vazão média de aproximadamente 1.260 L/s de esgoto tratado, e desta forma, será atingida a meta de 100% de índice de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário (CAERN, 2019).

Tabela 2: Índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário da zona oeste de Natal

ZONA ADMINISTRATIVA	BAIRRO	ÍNDICE DE COBERTURA (%)
OESTE	BAIRRO NORDESTE	92,60%
	BOM PASTOR	54,31%
	CIDADE DA ESPERANÇA	100,00%
	CIDADE NOVA	12,29%
	DIX-SEPT ROSADO	100,00%
	FELIPE CAMARÃO	8,31%
	GUARAPES	0,00%
	N.Sra.DE NAZARÉ	97,90%
	PLANALTO	0,33%
	QUINTAS	100,00
	TOTAL	53,00%

Fonte: Adaptado de START Pesquisa e Consultoria Técnica LTDA, 2015 com base em dados da CAERN (2015) e do IBGE (2010).

A ETE Jundiaí/Guarapes fica localizada na Rua Novo Guarapes, no bairro Guarapes, município de Natal – RN. O terreno era utilizado anteriormente como jazida para extração de material para construção de leito de estradas. A estação de tratamento de esgoto Guarapes (ETE Jundiaí/Guarapes) integra o Sistema de Transporte, Tratamento e Destinação Final de Esgotos Sanitários das Zonas Sul e Oeste de Natal. (CAERN, 2019).

O sistema de tratamento proposto é o mesmo utilizado na ETE do Sistema Central, já implantado e operado pela CAERN no bairro do Alecrim. Constitui-se de um tratamento em nível terciário, composto por reatores UASBs, câmaras anóxicas, tanques de aeração com biodiscos, decantadores secundários e desinfecção UV, além das unidades de desidratação mecanizada de lodo e queima de biogás. Em função da localização da ETE Jundiaí/Guarapes foi necessária a complementação do tratamento com a remoção do fósforo, utilizando a tecnologia de flotação por ar difuso (Quadro 2). O efluente tratado será lançado no estuário do Jundiaí/Potengi (CAERN, 2019).

A sua implantação foi dividida em duas etapas com base na evolução das vazões de projeto ao longo dos anos. Na primeira etapa, denominada ETE Jundiaí, há a previsão

de uma vazão de 630 L/s e da implantação de 03 (três) módulos, além das obras de urbanização e infraestrutura auxiliar (edificações, vias de acesso etc.) e irá contemplar a Zona Oeste e parte da Zona Sul. Já na segunda etapa, denominada ETE Guarapes, contará com uma vazão de 630 L/s e é prevista também a implantação de mais três módulos, totalizando, assim, em uma vazão de 1.260 L/s e 06 (seis) módulos (CAERN, 2019).

Quadro 2: Unidades componentes das ETE Jundiaí e ETE Guarapes

Fase de Tratamento	Unidade Componente
Unidade de chegada	<ul style="list-style-type: none"> · Sistema de medição de esgoto afluente · Sistema de recalque da ETE Guarapes para ETE Jundiaí
Tratamento preliminar	<ul style="list-style-type: none"> · Gradeamento grosseiro · Gradeamento fino e respectivas bombas de água de lavagem · Caixa de areia · Sistema de aeração de bolhas grossas · Caixa de distribuição de vazão – CD1 · Sistema de controle de odores (biofiltros) para os gases · Estocagem e dosagem de alcalinizante
Tratamento primário	<ul style="list-style-type: none"> · Reatores UASBs · Caixa de distribuição de vazão – CD2 · Elevatórias de lodo digerido · Elevatórias de espuma primária · Sistema de controle de odores (biofiltros) para os gases · Sistema de queima de gases
Tratamento terciário	<ul style="list-style-type: none"> · Câmaras anóxicas · Tanques de aeração com biodiscos e ar difuso de bolhas finas · Sistema de aeração - sopradores · Elevatórias de recirculação interna · Caixa de distribuição de vazão – CD3 · Decantadores secundários · Elevatórias de retorno de lodo · Elevatórias de excesso de lodo · Elevatórias de espuma secundária
Tratamento complementar	<ul style="list-style-type: none"> · Caixa de mistura (coagulação) e distribuição de vazão CD4 · Tanque de Floculação - Floculadores · Flotadores por ar dissolvido · Elevatórias de lodo químico · Estocagem e dosagem de alcalinizante · Estocagem e dosagem de coagulante · Sistema de preparação e dosagem de polímeros
Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> · Radiação ultravioleta · Medição final de vazão – Calha Parshall
Tratamento do lodo	<ul style="list-style-type: none"> · Tanque de estocagem de lodo biológico · Tanque de estocagem de lodo químico · Desidratação em centrífugas do lodo biológico · Desidratação em centrífugas do lodo químico · Sistema de preparação e dosagem de polímeros · Sistema de controle de odores (biofiltros) para os gases · Elevatória de centrados e percolados
Unidades Auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> · Prédio administrativo

	<ul style="list-style-type: none"> · Elevatória do esgoto do prédio administrativo · Sistema de água de utilidades/Reúso · Elevatória de água de reúso e reservatório elevado · Sistema de água potável · Reservatório apoiado e reservatório elevado
--	--

Fonte: CAERN (2019)

A figura 2 a seguir é representada a planta baixa da ETE Jundiaí/Guarapes, na qual percebe-se todo o detalhamento da localização de cada unidade de tratamento que a compõe.

Figura 2: Planta baixa da ETE Jundiaí/Guarapes



Fonte: CAERN 2019

4.2 Procedimentos metodológicos

4.2.1 Escolhas das modalidades de reúso

A escolha das modalidades foi realizada em razão da qualidade requerida, bem como da distância que essa água de reúso vai percorrer, desde sua produção (ETE Jundiaí/Guarapes) até os pontos de utilização na zona oeste de Natal, por ser esse um fator preponderante no momento de reduzir o máximo possível de gastos relacionados ao transporte, foram escolhidas as seguintes modalidades de reúso não potável:

- Lavagem de praças;
- Lavagem das vias nas quais são realizadas as feiras livres;

- Irrigação em torno das quadras e dos campos de futebol;
- Irrigação dos principais canteiros vivos dentro dos bairros da zona oeste de Natal.

Desse modo, nos bairros em questão, foi efetuado um levantamento das áreas através dos dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB) e da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SEMSUR), obtendo-se os quantitativos de praças, feiras, campos e quadras poliesportivas descritos nas tabelas 3 e 4 a seguir.

Tabela 3: Equipamentos urbanos compostos na zona oeste de Natal

BAIRROS	EQUIPAMENTOS URBANOS	
	FEIRAS	PRAÇAS
QUINTAS	1	6
BOM PASTOR	0	6
NORDESTE	0	8
DIX-SEPT ROSADO	0	0
NSA. NAZARE	0	2
CIDADE DA ESPERANÇA	1	3
CIDADE NOVA	0	0
FELIPE CAMARÃO	3	1
GUARAPES	0	1
PLANALTO	1	0
TOTAL	6	27

Fonte: SEMURB 2015

Tabela 4: Representa quantitativamente as unidades de desportos em cada bairro da zona oeste

BAIRROS	UNIDADES DE DESPORTO	
	CAMPOS	QUADRAS
QUINTAS	0	2
BOM PASTOR	2	2
NORDESTE	2	1
DIX-SEPT ROSADO	0	1
NS NAZARE	0	1
CIDADE DA ESPERANÇA	0	2
CIDADE NOVA	0	0
FELIPE CAMARÃO	0	2
GUARAPES	1	1
PLANALTO	0	1
TOTAL	4	14

Fonte: SEMURB 2016

4.2.2 Cálculo do volume total de água necessário

A determinação do volume total da água a ser utilizada para a realização da irrigação das áreas escolhidas, foi realizado através da equação 1. Para realização dos cálculos foram utilizados coeficientes que dependem da existência ou não da vegetação no local. Segundo Macintyre (1990), no entorno de quadras, praças e canteiros, utiliza-se coeficiente para irrigação de jardins, de 1,5 L/m². já para áreas nas quais a vegetação não está presente o número do coeficiente utilizado para o cálculo do volume total cai para 1 L/m² segundo SEMSUR (2020).

$$\text{Volume Total} = A1 \text{ (m}^2\text{)} * tg \text{ (l /m}^2\text{)} + A2 \text{ (m}^2\text{)} * n * tf \text{ (l /m}^2\text{)} + A3\text{(m}^2\text{)} * tf\text{(l/m}^2\text{)} \text{ (1)}$$

Em que:

A1 = Área em m² das praças, campos, quadras e canteiros;

A2 = Área em m² das feiras livres;

A3 = Área em m² das avenidas;

tg = Coeficiente de referência de irrigação urbana;

n = Número de feiras existentes por bairro;

tf = Coeficiente de referência para feira livre.

A fórmula foi utilizada para cada bairro da área de estudo separadamente, a fim de obter os resultados mais detalhados e precisos.

4.2.3. Sistema de irrigação

A utilização da água de reúso na área de estudo, pode ser realizado por diferentes modalidades de irrigação, tais como sistema autônomo e fornecimento através de caminhões pipa.

Para tanto, considerou-se aspectos referentes aos custos de implantação e operação, bem como necessidade de mão de obra especializada. Isto posto, optou-se para o sistema em apreço pelo fornecimento através de veículos Pipa por demandarem menor número de funcionários (dois funcionários por caminhão) e minimizar o desperdício de água.

A irrigação pelo método de caminhão pipa, se dará como ponto de partida o abastecimento dos caminhões na própria Estação de Tratamento Jundiáí/Guarapes, mais precisamente na saída da unidade de desinfecção, ou seja, a montante do emissário de efluente tratado. Seguindo o procedimento proposto, o caminhão faria todo o trajeto sugerido, regando as praças, campos esportivos, quadras e lavando as feiras livres.

Em primeiro caso será usado o sistema de abastecimento pelo caminhão pipa, que fará a sua distribuição conforme as necessidades de cada uso, no caso das lavagens de feiras, às lavagens serão ocorridas no dia posterior à feira e no bairro específico no qual ocorreu, assim como já é de costume acontecer.

Na tabela a seguir são apresentados os dias e locais nos quais são realizadas as feiras na zona oeste de Natal.

Tabela 5: Horários e dias das feiras livres

DIA	FEIRA	ZONA	BAIRRO	HORÁRIOS	FEIRANTES	BANCAS
TERÇA	FELIPE CAMARÃO	OESTE	FELIPE CAMARÃO	5h às 13h	-----	-----
QUARTA - FEIRA	CARRASCO	OESTE	QUINTAS	5h às 13h	365	734
QUINTA - FEIRA	PLANALTO	OESTE	PLANALTO	5h às 13h	124	277
DOMINGO	CIDADE DA ESPERANÇA	OESTE	CIDADE DA ESPERANÇA	5h às 13h	501	932
	FELIPE CAMARÃO	OESTE	FELIPE CAMARÃO	5h às 13h	53	85

Fonte: Adaptado da SEMSUR (2022)

As atividades de irrigação de campos esportivos e no entorno das quadras, assim como a irrigação dos canteiros vivos, serão realizadas a cada 3 dias, totalizando 10 dias no mês. E dependendo da quantidade de área irrigada será necessário mais de um caminhão pipa na rua para a conclusão de todo o sistema dentro do cronograma.

4.2.4 Estimativa de área e percurso

Objetivando obter os dados das áreas de cada equipamento urbano, bem como das unidades de desporto de cada bairro representante da região administrativa oeste. Foi utilizado o software *Google Earth*, para realizar todas as medidas de coordenadas, valores quantitativos das áreas e análise dos principais pontos de utilização, para o fornecimento de água através do caminhão pipa.

A partir dos resultados obtidos pela área das quadras, campos e praças, foi possível fazer uma estimativa da quantidade de água necessária, quantas viagens o caminhão pipa precisará realizar para a conclusão da demanda de cada bairro, e ou se será necessário acrescentar mais caminhões na rota. Para a área das feiras livres foi padronizado uma área de 500 m² levando em consideração a metragem média das feiras de São Paulo (Feira Maps 2020).

4.3. Balanço econômico dos sistemas

Para realização da análise econômica dos sistemas, foi escolhido as principais variáveis que contribuem em um valor expressivo quando da implantação do projeto. Para tanto foram considerados os seguintes fatores:

- Gastos com combustíveis para os caminhões pipa em seus trajetos de abastecimento;
- Equipamentos de proteção individual (EPI) para os operadores;
- Valores de mão-de-obra.

Conforme Santos (2020), como já existem caminhões pipas que são utilizados pela prefeitura para aplicação da atividade de acordo com informações da SEMSUR, não se fez necessário considerar o custo de aquisição dos mesmos no orçamento. O balanço financeiro servirá de comparativo quantitativo com o sistema atual implantado, no qual se utiliza água potável no fornecimento de algumas atividades expostas no trabalho, e que de fato sabemos se será realmente viável o uso da substituição da água potável da CAERN, pela água de reuso não potável.

4.3.1. Irrigação com água de reúso através de caminhão pipa

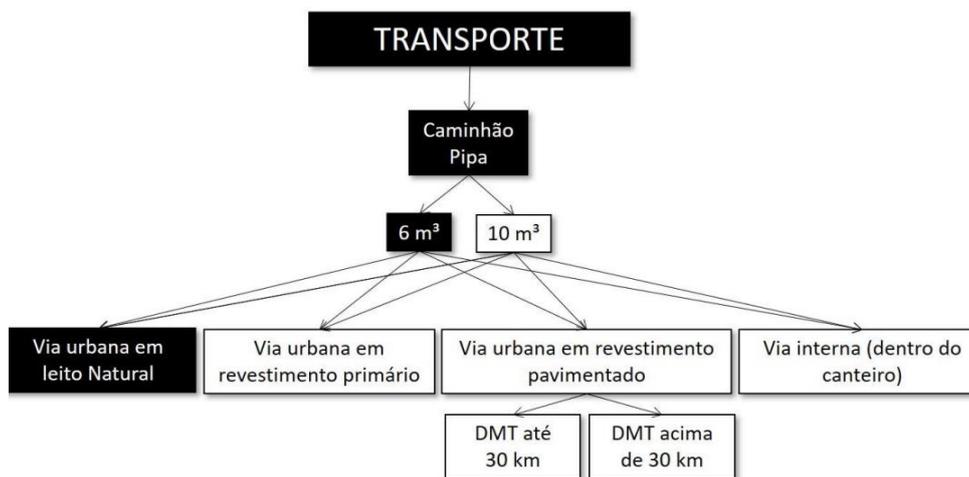
O caminhão pipa é um dos principais integrantes do projeto, pois é um equipamento com reservatório utilizado para transporte e abastecimento de água, com sistema de bomba para recalque e sucção. Neste equipamento será feito o abastecimento da água de reúso na própria estação de tratamento de esgoto, logo após o processo de desinfecção da água, e transportará para o fornecimento direto para utilização nas lavagens das feiras e praças, irrigação dos campos e no entorno da quadra.

O caminhão pipa deverá ser identificado, indicando que seu uso se deve, exclusivamente, para água de reuso, e vale salientar que o sistema será utilizado somente nos períodos de estiagem.

De acordo com o caderno técnico de composições para transportes, carga e descarga de materiais que é disposto pelo macro tema SIU (Saneamento e Infraestrutura Urbana), há duas configurações que se enquadram para a precificação da utilização do caminhão pipa na zona oeste de Natal. Como ilustrado na Figura 3.

- Utilização 01 - transporte com caminhão pipa de 6m³, em via urbana pavimentada, DMT acima de 30 km.
- Utilização 02 - transporte com caminhão pipa de 10m³, em via urbana pavimentada, DMT acima de 30 km.

Figura 3: Transporte do caminhão pipa em via pública



Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Através da fórmula a seguir é determinada a produtividade horária:

$$PH = (C * FTT) / 2 * (X/V) \quad (2)$$

Em que:

PH = Produtividade horária em m³/h;

C = Capacidade do tanque, considerado 10 m³;

FTT = Fator tempo de trabalho, considerado 0,70;

X = distância percorrida em km;

V = velocidade de transporte, considerado 50 km/h.

Outro fator importante na base de cálculo dos gastos com o caminhão pipa, é o preço dos combustíveis para o funcionamento do veículo, o caminhão tem como combustível o diesel, que está com o seu valor médio de 6,05 reais por litro, nos postos

do planalto, segundo pesquisa de campo feita pelo próprio autor em janeiro de 2022. Vale salientar que o consumo médio dos caminhões pipa sugeridos no mercado é de 4 km/L.

4.3.2. Custo dos equipamentos de proteção individual (EPI)

Serão necessários pelo menos 2 funcionários, que, segundo o manual de conservação e reuso de águas (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005), devem estar utilizando equipamentos de proteção individuais (EPIs) no manuseio da água, como:

- Botas de PVC impermeáveis, para proteção dos pés e pernas;
- Luvas de PVC longas, ásperas, para proteção das mãos e antebraço;
- Avental em PVC para proteção frontal;
- Capacete em polietileno expandido, sem porosidade, com aba frontal para proteção da cabeça; e
- Protetor facial em acrílico indeformável, em formato côncavo, para proteção do rosto. (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005)

Em relação ao levantamento dos orçamentos realizados por base de pesquisa em sites, a Magazine obteve o melhor custo-benefício para a realização das compras dos equipamentos de proteção individual, e os valores conforme cada EPI, encontrasse na tabela 6.

Tabela 6: custos dos EPI'S

EQUIPAMENTOS	VALORES (R\$)
BOTAS DE PVC IMPERMEÁVEIS	29,45
LUVAS DE PVC LONGAS	13,30
AVENTAL EM PVC	11,40
CAPACETE	11,50
PROTETOR FACIAL	10,45
TOTAL DOS CUSTOS COM EPI	76,10

Fonte: Site do Magazine do EPI

Contudo, o valor de R\$ 76,10 é individual, e é considerado apenas o valor inicial gasto por operador, o que não conta com o tempo de duração do produto durante o ano. No entanto, para fazer um valor mais real do quanto seria gasto no ano, teríamos que levar em consideração o tempo de uso médio. Os equipamentos têm uma duração média de 3 meses, com exceção dos protetores faciais que duram em torno de 15 dias. Logo fazendo o cálculo temos que para um ano com esses equipamentos teremos um valor por operador de 513,40 reais.

4.3.3. Custo da mão de obra

Conforme Santos (2020), mediante a necessidade de mão de obra especializada, e por se tratar de uma atividade que traz riscos à saúde humana, faz-se necessário um adicional de insalubridade ao trabalho prestado. Esse serviço se enquadraria na NR 15 (BRASIL, 1978) a qual dispõe-se sobre “Atividades e operações insalubres”, mais precisamente no anexo N°. 14 que trata sobre agentes biológicos e insalubridade no qual é caracterizada pela avaliação qualitativa em que estaria classificada como insalubridade de grau máximo por ser resultante de esgotos (galerias e tanques), resultando em um percentual obrigatório de 40% de extensão ao salário base.

Levando em consideração os novos valores de salários mínimos praticado em 2022, no qual foi publicada a Medida Provisória (MP) nº 1.091, de 30 de dezembro de 2021 (DOU 31/12/2021, seção 1, pág.1), que fixa o novo valor do salário-mínimo em R\$ 1.212,00 (mil duzentos e doze reais). podemos fixar um acréscimo a esse salário de 40% de insalubridade, no valor de 484,80 reais (quatrocentos e oitenta e quatro reais e oitenta centavos), o que torna o custo unitário por operário o valor de 1696,80 reais (mil seiscentos e noventa seis reais e oitenta centavos).

4.3.4 Cotejamento de custo com fornecimento de água pelo Prestador

Para a realização da comparação de custos do sistema proposto de reúso urbano em relação ao fornecimento de água potável pelo Prestador, levou-se em consideração o volume anual demandado por cada bairro da zona oeste de Natal em suas referidas praças, quadras, campos e feiras livres.

De posse deste volume aplicou-se a tarifa pública de água praticada pela CAERN, obtendo-se assim, um valor gasto mínimo por ano, pela realização dessa atividade. Esse valor mínimo não inclui alguns valores operacionais que surgem no processo, o que

elevaria ainda mais o custo. Mas é utilizado para uma comparação com o valor em reais dos custos obtidos com o sistema de reúso em questão, percebendo-se a viabilidade ou não do projeto.

5. RESULTADOS

Segundo os dados levantados sobre os bairros da região administrativa da zona Oeste de Natal-RN, foi possível constatar que no bairro de Cidade Nova não existem áreas com unidades desportivas, e também ocorre a inexistência de equipamentos urbanos, não sendo, pois, necessário o fornecimento de água de reúso urbano não potável nesta localidade.

5.1. Sistema Guarapes

Para o bairro do Guarapes, no qual está localizada a própria Estação de Tratamento de Esgoto Jundiáí/Guarapes, o fornecimento de água de reúso de dará a partir de caminhão pipa. O referido bairro possui área a ser irrigada de 9.442,31 m² (obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao número de campos, praças e quadras construídos no local). A Tabela 7, informa os valores das áreas destinadas a cada um deles.

Tabela 7: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Guarapes

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA (M ²)
PRAÇA	1.674,43
CAMPO	5.113,34
QUADRA	2.654,54
TOTAL	9.442,31

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir das áreas constantes no quadro anterior e considerando a equação 1, anteriormente apresentada neste estudo, foi possível determinar a demanda de água de reúso diária para este bairro, qual seja, 14,2 m³ de água. Desta forma, levando em consideração que o caminhão pipa que fará o abastecimento dos pontos tem sua

capacidade máxima de transporte de água de 10 m^3 , seriam necessárias duas viagens para suprir toda a necessidade do bairro.

Isto posto, foi realizado um trajeto alternativo que abrange a disposição de todos os pontos que receberão água de reúso, sendo percorridos para tanto uma distância de cerca de 1,27km como é possível observar na figura 4.

Figura 4: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do Guarapés



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da equação 2 que dispõe sobre a produtividade horária, para estimar o tempo necessário que o caminhão levará para irrigar todos os pontos do trajeto, obteve-se o valor de $137,79 \text{ m}^3/\text{h}$. O tempo necessário para a realização da atividade, segundo os valores obtidos para o volume total com $14,2 \text{ m}^3$ e a produtividade horária de $137,79 \text{ m}^3/\text{h}$, é estimado em 6,18 minutos. Isso se dá pelo fato da praça e da quadra estarem localizadas em frente a ETE Jundiaí/Guarapés, tornando bem mais acessíveis os pontos de irrigação e lavagem em questão.

Na tabela 8 são apresentados os custos diários com combustíveis para o bairro de Guarapés.

Tabela 8: Custo diário relacionado ao combustível do caminhão pipa no bairro do Guarapes

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	1,27 Km	2	R\$ 3,04

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro do Guarapes se dariam de acordo com o disposto na tabela 9. É importante destacar que os equipamentos de proteção individual não são um custo mensal e sim anual, sendo assim contabilizados somente na última coluna.

Tabela 9: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro do Guarapes

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$ 969,60	R\$ 11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$ 1,52	2,54 Km	R\$ 38,61	R\$ 463,30
EPI'S	R\$ 513,40	2 KITS	—	R\$ 1026,80
VALOR TOTAL				R\$ 13.125,30

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tendo em vista que a ETE fica localizada no bairro Guarapes e, por conseguinte a pequena distância entre os três pontos de irrigação e à da estação de tratamento, além de que existem apenas 3 pontos de irrigação, bem como a baixa demanda de água de reúso

(14,2 m³), chegou-se a um custo anual de apenas R\$ 13.125,30 para irrigar as áreas indicadas neste bairro.

5.2. Sistema Planalto

No bairro do planalto, obtivemos os seguintes dados relacionados à área de estudo, no qual será utilizado caminhão pipa para o fornecimento da água de reúso nesta localidade, em uma área com 11.957,49 m², obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao campo poliesportivo e a feira livre disponíveis no local (tabela 10).

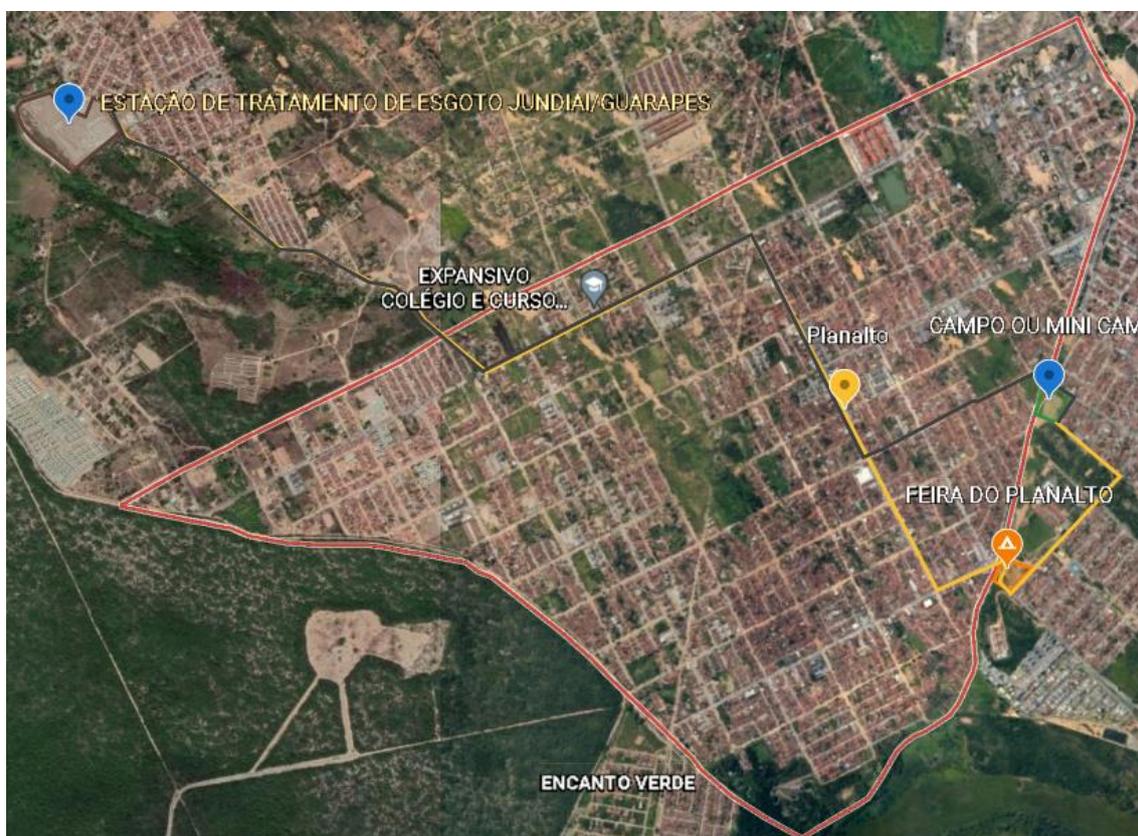
Tabela 10: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro do planalto

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA (m ²)
CAMPO	11.457,49
FEIRA	500,00
TOTAL	11.957,49

Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com a equação 1, o volume diário de água necessário para suprir as áreas a serem irrigadas, bem como a lavagem das vias após a feira livre, requer um volume diário de 17,69 m³ de água. Portanto, serão necessárias duas viagens com o caminhão pipa para realizar o referido abastecimento, uma vez que o veículo tem capacidade de transportar 10 m³. Com isto, foi realizado um trajeto alternativo que abrange a disposição de todos pontos necessitados de reúso urbano não potável, sendo estimada uma distância percorrida em torno de 10,23km, por volta realizada (Figura 5).

Figura 5: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do planalto



Fonte: Elaborado pelo autor

A produtividade horária, calcula pela equação 2, foi de 1,03 m³/h para o caminhão. O tempo necessário para a realização da atividade, segundo os valores obtidos para o volume total com 17,69 m³ e a produtividade horária de 1,03 m³/h, é estimado em 1 hora e 2 minutos. Na tabela 11, é informado o valor diário de combustível para fornecer água de reúso para o bairro do Planalto.

Tabela 11: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro do Planalto

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	10,23 Km	2	R\$ 31,09

Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro do Planalto se dariam de acordo com a tabela 12. O custo dos equipamentos de proteção individual não são um custo mensal e sim anual, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 12: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro do Planalto

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 Funcionários	R\$ 969,60	R\$ 11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$ 1,52	20,46Km	R\$ 311	R\$3.731,90
EPI'S	R\$ 513,40	2 kits		R\$ 1026,80
VALOR TOTAL				R\$16.393,90

Fonte: Elaborado pelo autor

Visto que o bairro Planalto, fica localizado em bairro vizinho à ETE analisada, e conseqüentemente os dois pontos de irrigação estarem localizados a uma distância muito pequena da estação de tratamento, bem como o baixo volume demandado de reúso (17,69 m³) resultou em custo anual de apenas R\$ 16.393,90 para irrigar durante 10 dias por mês as áreas escolhidas para o referido bairro.

5.3. Sistema Felipe Camarão

No bairro de Felipe Camarão a área a ser irrigada é de 7.719,56 m², conforme estimado a partir dos dados da tabela seguir, referente às áreas de três feiras livres, duas quadras e uma praça, que compõem o sistema de unidades de desportos e equipamentos urbanos do bairro.

Tabela 13: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro de Felipe Camarão

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA M2
PRAÇA	1.469,89
QUADRA	1.803,23
QUADRA	2.946,44
FEIRA	500,00
FEIRA	500,00
FEIRA	500,00
TOTAL	7.719,56

Fonte: Elaborado pelo autor

O volume diário de água a ser utilizado para suprir as áreas de quadras e praças que irão ser irrigadas em seu contorno e as áreas de feira livre do qual será realizado a lavagem do chão, calculado conforme equação 1 é de 10,83 m³ de água de reúso. Como esse valor é bem próximo à capacidade do caminhão Pipa, propõe-se a realização de uma única viagem entre a ETE e os pontos de consumo.

Com isto, foi proposto um trajeto alternativo que abrange a disposição de todos os pontos que receberão água de reúso, sendo estimado uma distância percorrida em torno de 14,34 km, por volta realizada. A figura 6, é representado o trajeto escolhido para o fornecimento, além de apresentar detalhados a localização de cada ponto utilizado.

Figura 6: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Felipe Camarão



Fonte: Google Earth, 2022. Elaborado pelo autor

Com base na equação 2, foi determinada a produtividade horária de $12,20 \text{ m}^3/\text{h}$ para o caminhão. O tempo necessário para a realização do percurso pré-estabelecido foi estimado em 53,4 minutos. A tabela 14, informa o valor diário de combustível para fornecer água de reúso para o bairro do Felipe Camarão em seus devidos pontos de utilização.

Tabela 14: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Felipe Camarão

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	14,34 Km	1	R\$ 21,80

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais realizados para o bairro de Felipe Camarão se dariam de acordo com a tabela 15. Os custos dos equipamentos de proteção individual são anuais, por não ser um custo fixo, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 15: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Felipe Camarão

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$ 969,60	R\$ 11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	14,34 KM	R\$ 218,00	R\$2.616,00
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$ 1026,80
VALOR TOTAL				R\$15.278,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

A exemplo dos bairros anteriores, Felipe Camarão, fica localizado próximo à ETE Jundiaí/Guarapes, o que resulta em trajeto mais curto entre a estação e os pontos de consumo de água de reúso. Desta forma, o custo anual para o sistema de reúso urbano não potável deste bairro é de R \$15.278,00.

5.4. Sistema Cidade da Esperança

No bairro de Cidade da Esperança a área a ser irrigada é de 14.201,80 m², obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao número de praças, quadras e feiras livres construídos no local. Na tabela 16 são apresentados os valores das áreas destinadas a cada um dos pontos de interesse.

Tabela 16: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro de Cidade da Esperança

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA M2
PRAÇA	3.087,39
PRAÇA	2.801,44
PRAÇA	3.143,45
QUADRA	3.354,57
QUADRA	1.314,95
FEIRA	500,00
TOTAL	14.201,80

Fonte: Elaborado pelo autor

O volume diário necessário para irrigação dos pontos determinados para este bairro foi de 21,05 m³. Desta forma, levando em consideração que o caminhão pipa que fará o abastecimento dos pontos tem sua capacidade máxima de transporte de água de 10 m³, seriam necessárias três viagens com o transporte para suprir toda necessidade imposta. Com isto, foi realizado um trajeto sugestivo que abrange a disposição de todos os pontos a serem atendimento pelo sistema de reúso urbano não potável, sendo percorridos para tanto uma distância com cerca de 15,76km como é possível observar na figura 7.

Figura 7: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Cidade da Esperança



Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando a equação 2, que dispõe sobre a produtividade horária, obteve-se o valor de $11,1 \text{ m}^3/\text{h}$ para o caminhão. O tempo necessário para a realização da atividade, segundo os valores obtidos para o volume total com $21,05 \text{ m}^3$ e a produtividade horária de $11,1 \text{ m}^3/\text{h}$, é estimado em 1 hora e 54 minutos. A tabela 17, informa o valor dos diários de combustíveis para uma diária para fornecer água de reuso para o bairro de Cidade da Esperança.

Tabela 17: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Cidade da Esperança

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	15,76Km	3	R\$23,95

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais realizados para o bairro de Cidade da Esperança se dariam de acordo com a tabela 18. O custo dos equipamentos de proteção individual não são um custo mensal e sim anual, por não ser um custo fixo, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 18: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Cidade da Esperança

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	47,28 KM	R\$718,66	R\$8.623,87
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$21.285,87

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro de Cidade da Esperança, no qual o volume demandado de reúso foi de 21,05 m³ para suprir as demandas dos equipamentos urbanos e dos espaços poliesportivos, obtiveram segundo uma análise do aspecto econômico um custo anual de R\$ 21.285,87.

5.5. Sistema Dix Sept Rosado

O bairro do Dix Sept Rosado é composto por apenas um elemento poliesportivo, totalizando uma área a ser irrigada de com 8.170,78 m² (Tabela 19).

Tabela 19: valor estimado do ponto de irrigação no bairro do Dix Sept Rosado

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA M2
CAMPO	8.170,78
TOTAL	8.170,78

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo cálculos utilizando a equação 1 presente neste trabalho, seria necessário um volume diário de 12,25 m³ de água de reúso urbano não potável para suprir a demanda do campo. Desta forma, levando em consideração que o caminhão pipa que fará o abastecimento dos pontos tem sua capacidade máxima de transporte de água de 10 m³, seriam realizadas duas viagens com o transporte.

Isto posto, foi realizado um trajeto alternativo que abrange a disposição de todos os pontos necessitados de reúso urbano não potável, sendo percorrido para tanto uma distância com cerca de 18.19 km como é possível observar na figura 8.

Figura 8: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Dix Sept Rosado



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo os cálculos utilizando a equação 2, pelo qual fornece os dados da produtividade horária, obteve-se o valor de 9,62 m³/h para o caminhão. O tempo necessário para a realização da atividade, é estimado em 1 horas e 16 minutos, conforme os valores obtidos para o volume diário com 12,25 m³ anteriormente calculado. A tabela 20, informa o valor dos combustíveis para uma diária, no qual fornece água de reuso para o bairro de Dix Sept Rosado em seu devido local de utilização.

Tabela 20: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Dix Sept Rosado

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	18,19Km	2	R\$55,29

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir dos dados da tabela anterior foi possível realizar as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Dix Sept Rosado, conforme exposto na tabela 21. O custo dos equipamentos de proteção individual é anual, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 21: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Dix Sept Rosado

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	36,38 KM	R\$552,976	R\$6.635,71
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$19.297,71

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro de Dix Sept Rosado, demanda um volume diário de água de reúso urbano não potável de 12,25 m³ devido a possuir apenas uma unidade poliesportiva como área

de contribuição, o que favoreceu para uma análise do aspecto econômico com custo anual de apenas R\$19.297,71.

5.6. Sistema Nossa Senhora de Nazaré

O bairro de Nossa Senhora de Nazaré possui área a ser irrigada de 7.318,39 m², obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao número de praças e quadras construídos no local (tabela 22).

Tabela 22: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro de Nossa Senhora da Nazaré

Tabela 22:valores estimados dos pontos de irrigação no bairro de Nossa Senhora da Nazaré

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA M2
PRAÇA	287,25
PRAÇA	2.283,76
QUADRA	4.747,38
TOTAL	7.318,39

Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando a Equação 1 e os dados da tabela anterior chegou-se a um volume diário de 10,98 m³ de água. Desta forma, levando em consideração que o caminhão pipa que fará o abastecimento dos pontos tem sua capacidade máxima de transporte de água de 10 m³, seria necessário apenas uma viagem com o transporte para suprir toda necessidade local.

Com isto, foi proposto um trajeto alternativo que abrange a disposição de todos os pontos necessitados de reúso urbano não potável, sendo estimada uma distância percorrida de cerca de 18,60 km. Na figura 9 é apresentado o trajeto pensado para o fornecimento dessa água, além de apresentar detalhados a localização de cada ponto utilizado.

Figura 9: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Nossa Senhora da Nazaré



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na equação 2, foi determinada a produtividade horária de $9,41 \text{ m}^3/\text{h}$ para o caminhão. O tempo necessário para a realização do percurso pré-estabelecido foi estimado em 1 hora e 10 minutos. Na tabela 23, informa o valor dos combustíveis para uma diária do caminhão pipa para percurso da rota no referido bairro.

Tabela 23: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Nossa Senhora de Nazaré

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	18,60 Km	1	R\$28,27

Fonte: Elaborado pelo Autor

Por tanto, as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Nossa Senhora de Nazaré se dariam de acordo com a tabela 24. Os custos dos equipamentos de proteção individual são anuais, por não se tratar de um custo fixo, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 24: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro de Nossa Senhora de Nazaré

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	18,60 KM	R\$282,72	R\$3.392,64
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$16.054,64

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro de Nossa Senhora de Nazaré, demanda um volume de água de reúso urbano não potável de apenas 10,98 m³, uma vez que apresenta apenas 3 pontos de utilização com áreas quadradas bem pequenas, no qual obtiveram segundo uma análise do aspecto econômico um custo anual de apenas R\$16.054,64.

5.7. Sistema Bom Pastor

O bairro Bom Pastor possui área a ser irrigada de 14.201,80 m², obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao número de praças, campos e quadras disponíveis no local (tabela 25).

Tabela 25: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Bom Pastor

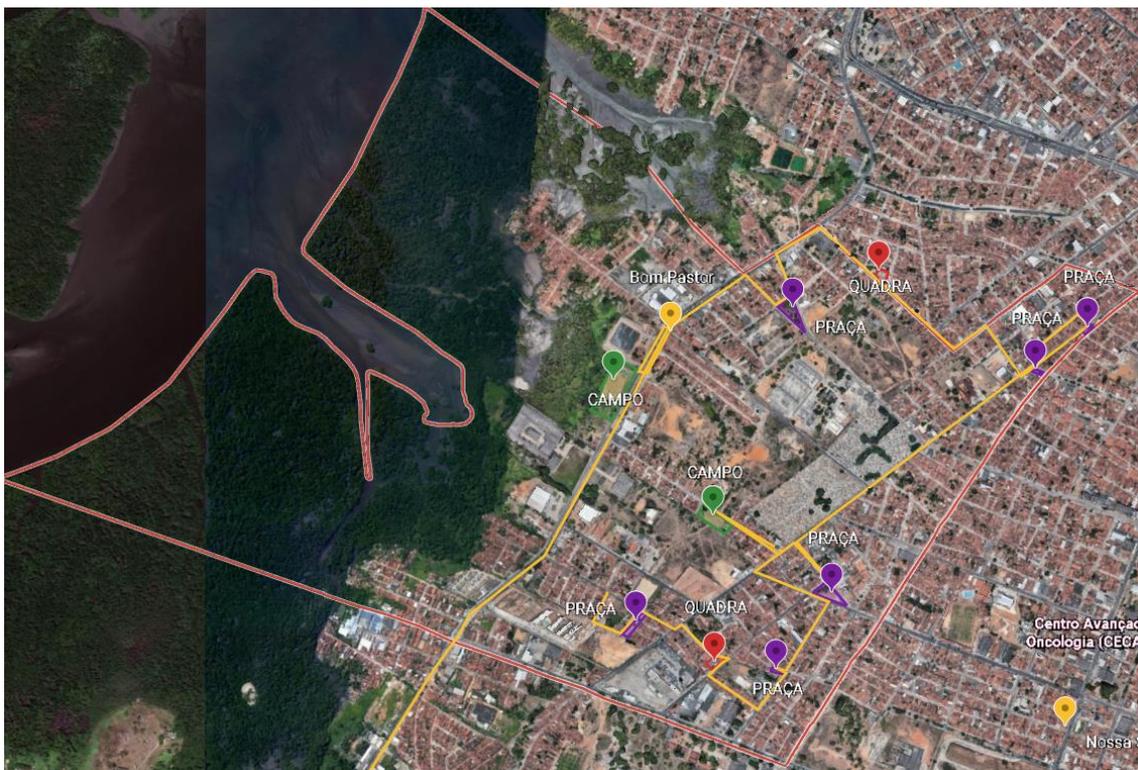
ÁREA DE ESTUDO	ÁREA M2
PRAÇA	2533,24
PRAÇA	291,00
PRAÇA	371,00
PRAÇA	2628,82
PRAÇA	324,00
PRAÇA	1290,00
CAMPO	1200,00
CAMPO	3580,10
QUADRA	1091,00
QUADRA	1040,00
TOTAL	14.349,16

Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando os dados da tabela 25 calculou-se através da equação 1 o volume diário necessário para o bairro de 21,52 m³. Desta forma, seriam necessárias três viagens com o caminhão pipa para suprir todas as áreas disponíveis para o reúso urbano não potável do Bom Pastor.

Diante do exposto, foi realizado o trajeto que abrange a disposição de todos os pontos necessitados, sendo estimado uma distância percorrida em torno de 20,67 km, por volta realizada (figura 10).

Figura 10: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Bom Pastor



Fonte: Elaborado pelo autor

A produtividade horária do caminhão pipa – calculada pela equação 2 – foi de 8,46 m³/h. O tempo necessário para a realização da atividade é estimado em 2 horas e 33 minutos, considerando-se o valor de volume diário total 21,52 m³. A tabela 26, informa o valor dos combustíveis para uma diária, para fornecer água de reúso para o bairro do Bom Pastor em seus devidos pontos de utilização.

Tabela 26: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Bom Pastor

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	20,67 Km	3	R\$94,26

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Bom Pastor se dariam de acordo com o exposto na tabela 27. Os custos dos equipamentos de proteção individual não são mensais e sim anual, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 27: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Bom Pastor

PARÂMETROS	CUSTO	QUALIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	62,01 KM	R\$ 942,55	R\$ 11.310,62
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$23.972,62

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro de Bom Pastor, é composto por diversas praças distantes entre si, aumentando assim a distância percorrida pelo caminhão, o que resultou no maior custo anual dentre todos os bairros estudados (R\$ 23.972,62).

5.8. Sistema Nordeste

Este possui área a ser irrigada de 18.712,64 m², obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados referentes ao número de praças, quadras e campos construídos no local (tabela 28).

Tabela 28: valores estimados dos pontos de irrigação no bairro do Nordeste

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA (M ²)
PRAÇA	2731,12
PRAÇA	700,21
PRAÇA	739,00
PRAÇA	689,00
PRAÇA	3746,28
PRAÇA	1013,45
PRAÇA	786,42
PRAÇA	780,00
CAMPO	4219,60
CAMPO	2459,82
QUADRA	847,70
TOTAL	18.712,64

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir das áreas constantes no quadro anterior e considerando a equação 1 chegou-se a um volume diário de 28,07 m³. Desta forma, levando em consideração que o caminhão pipa que fará o abastecimento dos pontos tem sua capacidade máxima de transporte de água de 10 m³, seriam necessárias três viagens com o transporte para suprir

toda necessidade imposta. Com isto, foi realizado um trajeto sugestivo que abrange a disposição de todos os pontos necessitados de reúso urbano não potável, sendo percorridos para tanto uma distância com cerca de 22,04km como é possível observar na figura 11.

Figura 11: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro do Nordeste



Fonte: Google Earth, 2022. Elaborado pelo autor

Através da equação 2, foi determinada a produtividade horária de 7,94 m³/h para o caminhão. O tempo necessário para a realização do trajeto definido anteriormente, foi estimado em 3 horas e 32 minutos. A tabela 29, informa o valor diário de combustível para fornecer água de reúso para o bairro Nordeste em seus devidos pontos de utilização.

Tabela 29: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro Nordeste

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	22,04Km	3	R\$100,50

Fonte: Elaborado pelo Autor

As estimativas dos custos operacionais para o bairro Nordeste estão tabela 30. O custo dos equipamentos de proteção individual não são um custo mensal, sendo assim contabilizado somente na coluna de custo anual.

Tabela 30: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro Nordeste

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	66,12 KM	R\$1.005,00	R\$12.060,28
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$24.722,28

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro Nordeste, é o bairro com maior número de praças da zona oeste de Natao, as quais se localizam bem próxima, uma das outras, enquanto que é o bairro que mais demanda um volume diário de água de reúso urbano não potável com 28,07 m³ e obtiveram segundo uma análise do aspecto econômico um custo anual de cerca R\$ 24.722,28.

5.9. Sistema Quintas

O bairro das Quintas possui área a ser irrigada de 3.237,87 m² referente às áreas de seis praças, uma quadra e uma feira, que compõem o sistema de unidades de desportos e equipamentos urbanos do bairro (tabela 31).

Tabela 31: valores estimados dos pontos de irrigação e lavagem no bairro das Quintas

ÁREA DE ESTUDO	ÁREA (M ²)
PRAÇA	562,00
PRAÇA	358,00
PRAÇA	318,63
PRAÇA	121,24
PRAÇA	60,00
PRAÇA	450,00
QUADRA	868,00
FEIRA	500,00
TOTAL	3.237,87

Fonte: Elaborado pelo autor

O volume de água utilizado para suprir as áreas de quadras e praças que irão ser irrigadas em seu contorno e as áreas de feira livre é de 4,61 m³, logo faz-se necessário apenas uma viagem do caminhão pipa para realizar o fornecimento de água de reúso.

Com apoio de imagens de satélite foi traçado trajeto que abrange a disposição de todos pontos escolhidos para receber água de reúso, sendo estimado uma distância percorrida em torno de 21,87 km, por volta realizada (figura 12).

Figura 12: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro das Quintas



Fonte: Elaborado pelo autor

Através da equação 2 estimou-se uma produtividade horária de 8 m³/h para o caminhão. O tempo necessário para a realização da atividade, é estimado em 35 minutos, segundo os valores calculados para o volume total com 4,61 m³ e a produtividade horária de 8 m³/h. Na tabela 32, são informados os valores diários de combustíveis para fornecer água de reúso para o bairro das Quintas.

Tabela 32: Custo diário relacionado ao caminhão pipa no bairro das Quintas

VALORES DOS CUSTOS POR TRAJETO			
VALOR UNITÁRIO	QUILOMETRAGEM	VOLTAS	CUSTO TOTAL
R\$ 1,52	21,87KM	1	R\$ 33,24

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro das Quintas se dariam de acordo com a tabela 33. O custo dos equipamentos de proteção individual são um custo anual, sendo assim, não contabiliza o custo mensal na tabela.

Tabela 33: Quantitativo mensal/ anual dos custos para o bairro das Quintas

PARÂMETROS	CUSTO	QUANTIDADE	CUSTO MENSAL	CUSTO ANUAL
ADICIONAL DE INSALUBRIDADE	R\$ 484,80	2 FUNCIONÁRIOS	R\$969,60	R\$11.635,20
CUSTO POR KM RODADO	R\$1,52	21,87 KM	R\$332,42	R\$3.989,08
EPI'S	R\$513,40	2 KITS		R\$1026,80
VALOR TOTAL				R\$16,651,08

Fonte: Elaborado pelo Autor

O bairro das Quintas, é o mais distante da estação de tratamento de esgoto, composto por um número expressivo de praças, porém que demandam pouca necessidade de água de reúso urbano não potável, no qual o volume demandado foi de apenas 4,61 m³ e gerou um custo anual de R\$16,651,08.

5.10 Projeção geral

De posse dos dados de todos os bairros da zona oeste foi possível realizar o panorama geral dos valores investidos e da quantidade de volume de água de reúso urbano não potável a ser utilizada anualmente, e desta forma comparar com os valores que seriam aplicados caso se opte pelo fornecimento de água potável pelo Prestador do Serviço (tabela 34).

Tabela 34: Projeção geral do sistema de reúso urbano não potável

BAIRROS	CUSTOS					
	OPERAÇÃO (ANUAL)	VOLUME DE ÁGUA ECONOMIZADA (M³/ANO)	TARIFA PÚBLICA/ M³ (FONTE: CAERN)	CUSTO SEM REÚSO (R\$/ANO)	BALANÇO ANUAL (R\$/ANO)	RETORNO DO VALOR (ANO)
GUARAPES	R\$13.125,30	1.704	R\$ 12,11	R\$ 20.635,44	7.510,14	< 1 ANO
PLANALTO	R\$ 16.393,90	2.122,80	R\$ 12,11	\$ 25.707,10	9.313,20	< 1 ANO
FELIPE CAMARÃO	R\$ 15.278,00	1.299,60	R\$ 12,11	R\$ 15.738,15	460,15	< 1 ANO
CIDADE DA ESPERANÇA	R\$ 21.285,87	2.526	R\$ 12,11	R\$ 30.589,86	9.303,99	< 1 ANO
DIX SEPT ROSADO	R\$19.297,71	1.470	R\$ 12,11	R\$ 17.801,70	-1.496,01	> 1 ANO
NOSSA Sra. DE NAZARÉ	R\$ 16.054,64	1.317,60	R\$ 12,11	R\$ 15.956,13	-98,51	> 1 ANO
BOM PASTOR	R\$23.972,62	2.582,40	R\$ 12,11	R\$ 31.272,86	7.300,24	< 1 ANO
NORDESTE	R\$24.722,28	3.368,40	R\$ 12,11	R\$40.791,32	16.069,04	< 1 ANO
QUINTAS	R\$16.651,80	553,2	R\$ 12,11	R\$6.699,25	-9.952,55	> 1 ANO
TOTAL	R\$166.782,12	16.944	R\$ 12,11	R\$205.191,81	R\$38.409,69	< 1 ANO

Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com os dados da tabela anterior verifica-se que são necessários anualmente 16.944 m³ de água de reúso para as finalidades propostas. Percebe-se ainda que o valor total gasto para a implantação e manutenção do sistema no primeiro ano é de R\$166.782,12.

Contudo, se o atendimento dessa demanda fosse realizado com água potável (fornecido pela CAERN), ter-se-iam custos, bem mais elevado, chegando a um valor anual de R\$205.191,81 sem adicionar os custos de operação. Com isso, podemos dizer que a diferença economizada na proposta de reúso, chega a um valor de no mínimo R\$38.409,69 por ano, atingindo dessa forma o retorno financeiro no mesmo ano de sua implantação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados apresentados neste trabalho torna-se claro a importância do reúso urbano não potável em atividades de usos menos nobres, na zona oeste de Natal, na qual os efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos Jundiáí/Guarapes apresentam um potencial elevado com relação ao desenvolvimento ambiental, social e econômico, tornando-se um aliado de linha de frente na sustentabilidade da cidade. Promovendo a irrigação de praças, campos, quadras, assim como a limpeza de feiras livres.

Em relação aos aspectos ambientais, a implantação do sistema de reúso proposto neste trabalho tem ganhos positivos, uma vez é proporcionada uma economia anual de água potável 16.944 m³ que pode ser utilizada para usos mais nobres. Ademais, igual como o abastecimento são utilizados para suprir as demandas dos bairros em questão, volume de efluente deixa de ser aportando ao corpo receptor, reduzindo impactos ambientais.

Após a análise dos sistemas propostos no trabalho, nota-se que a irrigação por caminhão pipa com água de reúso, mesmo com os custos relacionados à operação, é uma alternativa viável, sendo economicamente mais competitiva que utilização de água potável Prestadora de Serviço de Água (CAERN).

O custo anual de fornecimento de água de reúso através do caminhão pipa resultou em R\$166.782,12. E com isso, uma economia em relação ao sistema de fornecimento com água potável de R\$38.409,69 por ano.

A ETE estudada tem uma vazão elevada em relação volume demandado para suprir a necessidades de reúso urbano não potável da região administrativa da zona oeste de Natal, uma vez que esses bairros não possuem muitos equipamentos urbanos e unidades desportivas. Chegando a existir bairros sem a presença de campos, quadras e praças como é o caso de Cidade Nova.

Por fim, destaca-se que um dos entraves para implementação de sistemas de reúso é a inexistência de uma legislação federal que verse sobre esse tema, estabelecendo os padrões de qualidade de acordo com o uso, para que essa prática seja realizada com segurança e de maneira abrangente em todo o território nacional. Por tanto, o papel dos Governos é fundamental para que as ações de reutilização da água sejam implementadas de maneira integrada, facilitando o acesso a essa alternativa através do estabelecimento de normas, o que representa um inevitável caminho para contribuir com o melhor aproveitamento da água.

REFERÊNCIAS

ALCALDE-SANZ, L.; GAWLIK, B. M. **Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a water reuse regulatory instrument at EU level, EUR 28962 EN**. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.

ALIPIO, J. A. G. N. **Análise da viabilidade de implantação de sistema de reúso de água de lagoas de captação para irrigação de canteiros em Natal-RN**. Trabalho de conclusão de curso. UFRN. 2019. 97 f.: il.

ANA, Agência Nacional de Águas; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. 1. ed. São Paulo: ABES, 1997, 302 p.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Reuso de Água e Uso de Esgoto Tratado**. In: JORNADA TÉCNICA DA DIRETORIA DE OPERAÇÃO DA EMBASA, 1., 2004, Salvador. **Resumo da Palestra**. Salvador: 2004.

ASANO, T.; BURTON, F.; LEVERENZ, H. **Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications**. 1. ed. New York: Metcalf & Eddy, Inc. an AECOM Company, 2007, 1461 p.

ATLAS. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: Natal/RN**. [S. l.], 2010. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/natal_rn. Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 054**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA no 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm;codlegi=646>>.

BREGA FILHO, D., MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C.S, SANTOS, H. F (Editores) **Reúso de água**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2003, cap. 2. p. 21-36.

BARBOSA, G. F. **Avaliação preliminar do reúso agrícola dos Efluentes da ETE Jundiáí/Guarapes**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Civil, UFRN. Natal, 2020.

CEARÁ (Estado). Constituição (2016). Lei nº 16033, de 20 de junho de 2016. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. Ceará: Diário Oficial Estadual, 22 jun. 2018. Disponível em: http://www.normasbrasil.com.br/normas/lei-16033-2016-ce_325190.html.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Plano de Contingência e Emergência – Natal. 2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Projeto executivo e Memorial Descritivo, da estação de tratamento de esgoto do Jundiá/Guarapes, CAERN 2019.

CAICÓ. **Lei Municipal 4.603/2013 de Caicó/RN**. 2013.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. EPA/600-R-12-618. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2012, 643 p.

FERNANDES, A. C. A. **Avaliação do potencial de reúso de água residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para fins não potáveis**. IFRN. Natal, 2018.

FILHO, J. L. **Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado das Águas e Algumas Considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FIORI, Simoni; FERNANDES, Vera Maria Cartana; PIZZO, Henrique. **Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Reúso de Águas cinzas em Edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, p.19-30, 16 abr. 2006.

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). **Tratamento e utilização de esgotos Sanitários**. PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.

GONOHE, K. (1987). Reuse of Treated Effluents in Aomori City: The Snow Drain System, Sewage Works in Japan, pp.17-24.

HESPAHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 7 n. 4. out./dez. 2002, p. 75-95.

HESPAHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S, SANTOS, H. F, (Editores) **Reúso de água**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2003, cap. 3, p. 37-95.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Acesso à água nas regiões Norte e Nordeste do Brasil: Desafios e perspectivas. São Paulo, 2018. Disponível em: http://tratabrasil.org.br/imagens/estudos/acessoagua/tratabrasil_relatorio_v3_A.pdf.

LAVRADOR FILHO, José; NUCCI, N. L. Rodrigues. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LUCENA, C. Y. S.. **O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, p. 1-17, 2018.

MACINTYRE Archibald Joseph. Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias, Vol 1, 1990.

MATZUSAKI, S. (1987). Reuse of Effluent from Sewage Treatment Plants in Tokyo, Sewage Works in Japan, pp.54-66.

MINEGATTI, D. V. O. **Elaboração de subsídios técnicos para norma legal do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) sobre uso racional e reúso de água, utilizando-se como base as categorias de uso Industrial, Agrícola e Doméstico**. Produto II – Súmula dos conhecimentos sobre uso racional e reúso de água. Brasília: Programa de Desenvolvimento do Setor Água (Interáguas), Ministério Meio Ambiente (MMA), Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, 2018.

MORELLI, E. B. t Escola Politécnica do estado de São Paulo, 2005.

MOREIRA, A. C. **Avaliação preliminar do reúso agrícola dos efluentes de uma Estação de Tratamento de Esgoto a nível terciário em Natal/RN**. UFRN. Natal, 2021.

NARUMI, S. (1987). Reuse of Treated Effluents for Moat Restoration in Ooita City, Sewage Works in Japan, pp. 36-43.

ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>

REZENDE A. T. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil**. UFJF. Juiz de Fora, 2016.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. São Paulo, p. 16, 2005.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, disponível <http://www.sabesp.com.br>.

SANO, K., MIURA, T. (1990). Dual Water Supply System Using Reclaimed Wastewater in Fukuoka City. Sewage Works in Japan, pp. 96-100.

SANTOS, M. L. F. dos; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coordenadores). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006, 427 p.

SÃO PAULO (Município). Constituição (2002). Lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. São Paulo, SP, Disponível em:< <https://cm-sao-paulo.jusbrasil.com.br/legislacao/813762/lei-13309-02>>.

SEMSUR - Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Natal – Feiras Livres, natal.rn.gov.br/feiraslivres, Natal (RN) 2020.

SILVA, K.C.; SANTOS, R. A.; SANTOS, A. S. P. **Estudo sobre a Atual Situação do Reuso de Águas Servidas Tratadas no Brasil e no Mundo**. XVII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis/SC (2016).

SOUZA, Marcel Chacon de. **Avaliação Da Prática Do Reúso Com Esgoto Tratado Em Lagoas De Estabilização No Semiárido Do Rio Grande Do Norte**. 2018. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

TAVARES, J. L.; ARAÚJO, A. L. C.; FONTES, R. F.C. Estudos iniciais para uso do índice TRIX para análise do nível de eutrofização no estuário do rio Potengi – Natal – RN – Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, México, v. 7, n. 3, p. 297-308.

TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas**. Editora Blucher, 1º ed., Cap. 12. São Paulo, 2007.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. (Coord.). **Reúso de água: conceitos, teoria e práticas**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

WHO – World Health Organization. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41032>. Acesso em: 03 abr. 2020