

Implantação e avaliação de um sistema para tratamento de água cinza**Implementation and evaluation of a system for the treatment of gray water**

DOI:10.34117/bjdv6n1-254

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 23/01/2020

Bianca Anacleto Araújo de Sousa

Engenheira Civil - Instituto Federal da Paraíba

Pós-Graduanda em Gerenciamento da Construção Civil - Universidade Regional do Cariri

Av. Leão Sampaio, 107, Lagoa Seca, Juazeiro do Norte - CE. CEP: 63041-145

Email: biancasspb@gmail.com

Cícero de Souza Nogueira Neto

Professor - Instituto Federal da Paraíba

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - Universidade

Federal da Paraíba

Cidade Universitária, João Pessoa - PB. CEP: 58051-900

Email: cicero.nogueira@ifpb.edu.br

Alexandra Amador de Abreu

Graduanda em Engenharia Civil - Instituto Federal da Paraíba

Rua José Antônio da Silva, 300, Bairro Jardim Oásis, Cajazeiras - PB. CEP: 58.900-000

Email: alexandraamdor@gmail.com

Cinthya Santos da Silva

Professora - Instituto Federal da Paraíba

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental -

Universidade Federal da Paraíba

Cidade Universitária, João Pessoa - PB. CEP: 58051-900

Email: santosscinthya@gmail.com

RESUMO

A água é um recurso natural essencial para manutenção da vida e para o seu desenvolvimento. A ela estão atrelados inúmeros fatores de progresso, de modo que a sua falta, além de dificultar a vida da população, impossibilita que diversas atividades geradoras de renda sejam realizadas. É importante sempre garantir a sua disponibilidade, tanto em quantidade, quanto em qualidade. O Brasil, mesmo possuindo grandes bacias hidrográficas, sofre com escassez de água devido a má distribuição da densidade populacional, que se concentra em áreas de baixa disponibilidade hídrica, destacando-se também a grande degradação da qualidade dessas águas. Nesse sentido, nota-se a necessidade de propostas que promovam o saneamento básico e o aumento na oferta de água à população. A hipótese discutida nesse trabalho foi a eficiência de um sistema para tratar água cinza, que são aquelas oriundas de pia de cozinha, verificando

a eficácia na remoção de poluentes por uma camada vegetal, associada a um tratamento de filtração. A implantação do sistema piloto foi no Instituto Federal da Paraíba -IFPB, *Campus Cajazeiras*. A pesquisa evidenciou algumas das adversidades presentes na execução de pesquisas experimentais, ratificando a importância do desenvolvimento de estudos no âmbito do ecosaneamento, como uma possível solução para áreas desprovidas estruturas de esgotamento sanitário. Os resultados das variáveis físico-químicas da água mostraram que alguns parâmetros como, pH, cor e turbidez, se encontram dentro dos limites permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Entretanto, Salinidade, CE e SDT não obtiveram resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Água Cinza, Saneamento.

ABSTRACT

Water is an essential natural resource for life maintenance and development. It is linked to numerous factors of progress, so that its lack, in addition to hindering the life of the population, makes it impossible for several income-generating activities to be carried out. It is important to always ensure its availability, both in quantity and in quality. Brazil, even with large watersheds, suffers from water scarcity due to poor distribution of population density, which is concentrated in areas of low water availability, also highlighting the great degradation of the quality of these waters. In this sense, it is noted the need for proposals that promote basic sanitation and the increase in water supply to the population. The hypothesis discussed in this work was the efficiency of a system to treat gray water, which are those derived from kitchen sink, verifying the efficacy in removing pollutants by a plant layer, associated with a filtration treatment. The implementation of the pilot system was at the Federal Institute of Paraíba - IFPB, *Campus Cajazeiras*. The research showed some of the adversities present in the execution of experimental research, ratifying the importance of developing studies in the context of ecosanitation, as a possible solution for areas devoid of sanitary sewage structures. The results of the physicochemical variables of water showed that some parameters such as, pH, color and turbidity, are within the limits allowed by CONAMA Resolution 357/2005 (BRASIL, 2005). However, Salinity, EC and SDT did not obtain satisfactory results.

Keywords: Sustainability, Grey Water, Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica é considerada um fator de progresso, pois possibilita o desenvolvimento de diversas atividades geradoras de renda, como, agricultura, a produção industrial, pesca, além disso, a oferta de água influencia a qualidade da vida humana. Assim, é importante sempre garantir a sua disponibilidade. Entretanto, esse recurso natural já se encontra em escassez em várias partes do mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, Brasil, 2015), em seu relatório "Água para um mundo sustentável", até 2030 o planeta enfrentará um déficit de água de 40%, ou seja, a demanda por água deverá se tornar maior que

a oferta. Ainda segundo a ONU, a gestão de recursos hídricos através de ações severas voltadas a preservação, regulamentação e controle é a melhor ferramenta para reverter essa situação.

O Brasil, mesmo possuindo grandes bacias hidrográficas, sofre com a escassez de água devido a má distribuição da densidade populacional, que se concentra em áreas de baixa disponibilidade hídrica, destacando-se também a grande degradação da qualidade dessas águas (TELLES & COSTA, 2010). Essa situação fica ainda mais difícil na Região Nordeste do país em razão de algumas características regionais intrínsecas, como a irregularidade pluviométrica, as altas temperaturas e a sazonalidade de seus mananciais, assim como, a própria intervenção humana predatória neste espaço, que contribui para contaminação dos corpos hídricos.

O saneamento básico e ambiental são elementos primordiais para saúde da população, o que torna o seu estudo e o aprimoramento de suas técnicas uma temática de suma importância para a sociedade. Um grande desafio a ser enfrentado refere-se a disposição adequada dos efluentes líquidos produzidos, esses, quando despejados sem tratamento no meio ambiente poluem o solo, o ar e também os corpos d'água receptores. O crescimento acelerado das cidades nem sempre consegue ser acompanhado pelos coletores públicos de esgoto e estações de tratamento, já que a construção dessas infraestruturas exigem um alto valor de investimento por parte da administração pública.

Um método que vem sendo amplamente estudado nos últimos anos é a utilização de mecanismos que propiciem o reúso de águas servidas. Esse tipo de tratamento se utiliza de processos artificiais de depuração e remoção de poluentes para tornar o efluente próprio a reutilização para fins não potáveis ou para o lançamento e disposição final, mantendo a qualidade dos corpos d'água receptores. O tratamento de águas residuárias com vista na sua reutilização possibilita substituir o uso de água potável para fins menos nobres, aumentando assim a oferta de água e evitando que os efluentes sejam lançados sem tratamento no meio ambiente. Segundo Telles e Costa (2010), o reúso de águas servidas já acontece de forma não planejada, ao se lançar esgoto em um corpo hídrico e a água desse mesmo manancial ser consumida a jusante. Entretanto, quando esse efluente é lançado sem tratamento adequado há grandes chances de contaminação.

Uma técnica que tomou grande impulso nos últimos anos é a fitorremediação, é usada geralmente na descontaminação de solos poluídos por alguns herbicidas e metais pesados, mas que vem aos poucos situando-se com boa aplicação no tratamento de águas residuárias. A fitorremediação utiliza sistemas vegetais para recuperar águas e solos contaminados por

poluentes orgânicos ou inorgânicos. Esse processo é baseado na capacidade que a zona radicular das plantas tem de biotransformar moléculas orgânicas exógenas. A rizosfera, como é denominada esta zona, tem sido desde então estudada por sua importante função de utilizar moléculas poluentes como fonte de nutrientes para os diversos microrganismos que coabitam nesta região (VENDRUSCOLO, et al. 2018). A grande vantagem desta técnica reside no seu baixo custo de implantação e manutenção, que a torna uma solução com muita potencialidade para contaminantes que se estendem por grandes áreas ou onde haja limitados recursos financeiros (LUIZ, et. al. 2016).

A fitorremediação quando usada em tratamento de esgoto é comumente associada a outros processos de tratamento. Existem inúmeras combinações de sistemas ou materiais empregados antes ou depois da zona de raízes. O intuito é contribuir com a descontaminação, assim a escolha da combinação mais adequada está condicionada ao tipo de poluente trabalhado.

O tratamento de esgoto sanitário de forma descentralizada trata os esgotos domésticos próximo de sua fonte geradora, podendo ser implementado em áreas rurais ou em pequenas comunidades periféricas dos grandes assentamentos humanos, tendo como principal característica apresentar baixos custos de investimento, de operação e de manutenção (RODRÍGUEZ, 2009; CAMPOS et. al. 2019). Em geral, boa parte dos processos empregados nesse tipo de configuração são denominados genericamente de ecossaneamento, basicamente melhorias dos processos que ocorrem normalmente nos ecossistemas, com a vantagem de não necessitarem de investimentos tecnológicos e demandarem poucos insumos químicos (CAMPOS et. al. 2019).

O *Cymbopogon citratus*, também conhecido como capim cidró, capim cheiroso, capim santo e capim limão, entre outros nomes, trata-se de uma planta nativa da Índia, mas que facilmente se adaptou e desenvolveu-se em solo brasileiro. No Brasil, a produção desta espécie ocorre destacadamente nas Regiões Sul e Sudeste. No Estado do Paraná, maior produtor de plantas medicinais aromáticas do País, a produção de capim-limão ocupa posição de destaque. Nos segmentos industrial e supermercadista na região Sul, especialmente na cidade de Curitiba, o chá de capim-limão, tem sido apontado como um dos principais chás comercializados pelas empresas do ramo (GOMES, 2015).

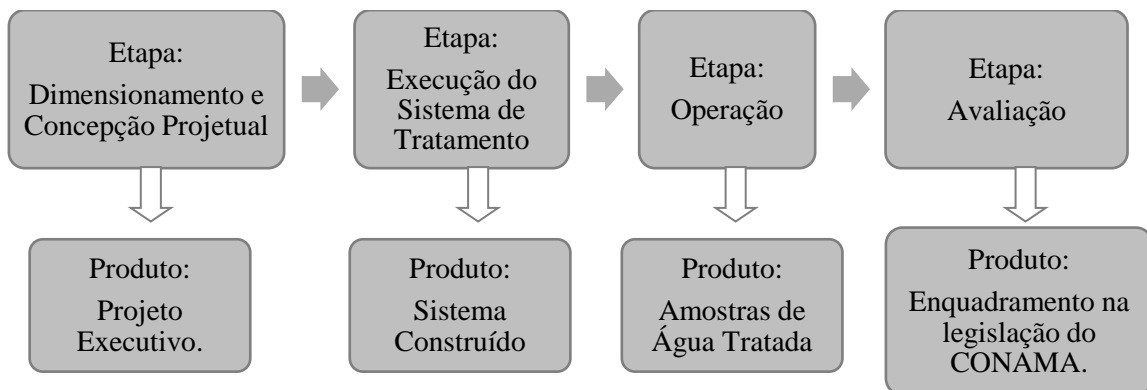
A hipótese testada neste trabalho é de que um sistema composto por uma zona de raízes associada ao tratamento de filtração por areia e brita é capaz de reduzir poluentes presentes

nas águas cinzas. Busca-se portanto, avaliar o desempenho de um sistema de tratamento alternativo, para água cinza proveniente do refeitório do IFPB *Campus* Cajazeiras.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa. A obtenção de dados aconteceu pela execução de um projeto piloto, instalado no IFPB *Campus* Cajazeiras, mais precisamente em uma área de jardim próxima ao refeitório desse *Campus*. A Figura 1 apresenta um fluxograma com as etapas realizadas para consolidação da metodologia dessa pesquisa, mostrando também o produto gerado em cada fase.

Figura 1: Fluxo da metodologia executada.



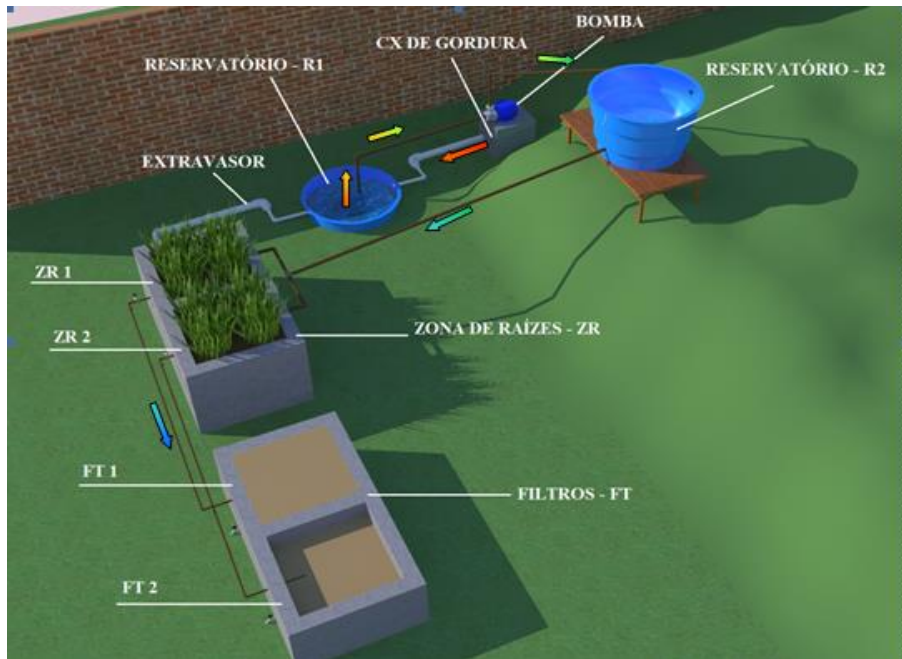
Fonte: O Autor, 2019.

2.1 SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

O sistema executado possui dois módulos, cada módulo é constituído por uma Zona de Raízes - ZR seguida por um Filtro - FT de areia e brita. Os dois conjuntos foram alimentados com água cinza, proveniente da pia do refeitório do *Campus* supracitado. Entretanto, antes de adentrar os módulos esse líquido era acumulado em um Reservatório - R1 enterrado e depois bombeado para um Reservatório - R2 elevado, de onde escoava por gravidade até os dois conjuntos formado pela ZR seguida do FT (Figura 2).

As amostras de água foram coletadas em cinco pontos, a primeira amostra era de água cinza retirada do R1 que servia para caracterizar o afluente do sistema, a segunda e a terceira foram coletadas após a passagem pelas ZR1 e ZR2 respectivamente, já a quarta e quinta amostra tratava-se do efluente final do sistema coletada após os FT1 e FT2.

Figura 2: Disposição dos componentes do sistema de tratamento de acordo com o *layout* executado.



Fonte: O Autor, 2019.

A água cinza bruta foi captada em um Reservatório - R1 de 300l, logo após sua passagem pela caixa de gordura já preexistente na instalação sanitária. Nesse reservatório estava inserida uma tubulação de sucção de Ø25mm, que bombeava o fluido para um outro reservatório R2 mais elevado. O segundo Reservatório - R2, de 1000l garantia o volume e a altura necessária para que a água fosse introduzida na ZR. O *Cymbopogon citratus* utilizado na zona de raízes foi irrigado com água potável, manualmente com ajuda de um regador, uma vez por dia por 22 dias após o plantio das mudas. Passado esse período iniciou-se o experimento, com irrigação mecanizada, feita apenas com a água cinza captada.

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar a água nessa experiência foram, a Cor Verdadeira - CV, a Turbidez, Condutividade Elétrica - CE, os níveis de Sólidos Dissolvidos Totais - SDT, Salinidade, também o pH e o Oxigênio Dissolvido - OD. Vale ressaltar que as amostras foram encaminhadas para análise no laboratório de saneamento da CAGEPA, já nas aferições *in loco* houve o acompanhamento por parte da equipe da técnica dessa companhia. Nesse estudo a determinação dos parâmetros foi realizadas de acordo com

os métodos descritos no *Standard methods for the examination of water and wastewater* " (APHA, 2012).

A condutividade elétrica é uma propriedade que depende expressivamente da temperatura. Devido a isso, os dados de condutividade elétrica devem ser acompanhados da temperatura na qual foi medida. Para propósitos comparativos de dados de condutividade elétrica, define-se uma das temperaturas de referência (20 °C ou 25 °C). Nesse estudo considerou-se o valor 20°C e para a transformação dos valores medidos em campo se fez uso da Equação 1:

$$CE \text{ a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{CE \text{ medida}}{1 - (0,0208(20 - T))} \quad (1)$$

Onde: CE medida = Condutividade elétrica medida em campo;

T = Temperatura que acompanha a medição em campo.

Para avaliar se houve redução do mau cheiro, característico de águas servidas, se utilizou uma metodologia descrita por Richter (2009), como Limiar de Percepção Odorífica - LPO. Nesse método, são feitas diluições sucessivas em uma amostra de água, da qual se deseja determinar o odor, em água destilada, de modo a completar 200ml, essas diluição são feitas sempre com a mesma quantidade de água destilada, até que a mistura apresente odor quase que imperceptível. O LPO então é determinado pela Equação 2:

$$LPO = \frac{A + B}{A} \quad (2)$$

Onde: A = Volume da amostra de água com odor;

B = Volume da amostra de água adicionada para completar 200ml.

O odor por se tratar de uma característica organoléptica, pode apresentar variações relacionadas a padrões e gostos particularmente individuais, por esse motivo todos os ensaios de percepção odorífica foram realizados pelo mesmo indivíduo, buscando minimizar essas variações. Além disso, o sentido olfativo está susceptível a sofrer adaptações ao meio, devido a exposição prolongada, ou frequente a um determinado estímulo, desse modo, buscou-se estabelecer intervalos entre as análises. De modo que se efetuaram três ensaios, um em cada semana. O valor de LPO é adimensional, objetiva apenas estabelecer uma escala de variação de odor, para mais ou para menos.

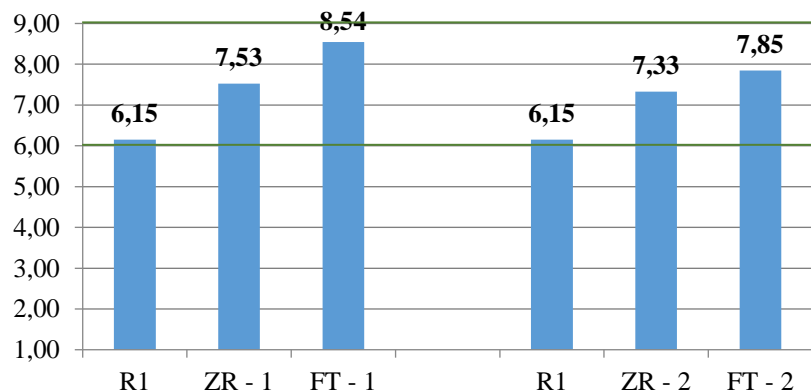
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na avaliação dos parâmetros de qualidade da água analisados, os gráficos apresentam a média de cada etapa do tratamento e a linha de tendência que cada ponto de coleta segue, através de uma curva polinomial de segundo grau.

3.1 PARÂMETROS QUÍMICOS

O pH, potencial hidrogeniônico é medido pela quantidade de prótons de H⁺, e representa a concentração ácida ou alcalina do ambiente aquático. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), é permitido que as águas doces classe 1 e 2 tenham um pH entre 6,0 a 9,0 e as águas salobras classe 1 pH entre 6,5 a 8. Já para o padrão de lançamento de efluentes o CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) estabelece que os valores permitidos estão fixados entre 5 e 9. Para valor médio mostrado no Gráfico 1, o efluente se encontra dentro dos padrões estabelecidos.

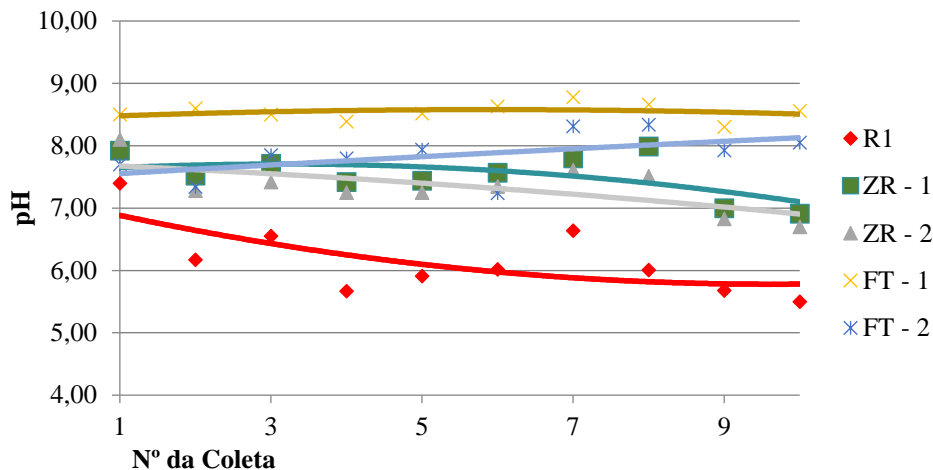
Gráfico 1: Comparativo entre o pH médio da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

O Gráfico 2, mostra as variações ao longo do tempo de estudo, assim a análise torna-se mais minuciosa, constatando-se que o R1 apresentou pH abaixo de 6,00 em alguns pontos.

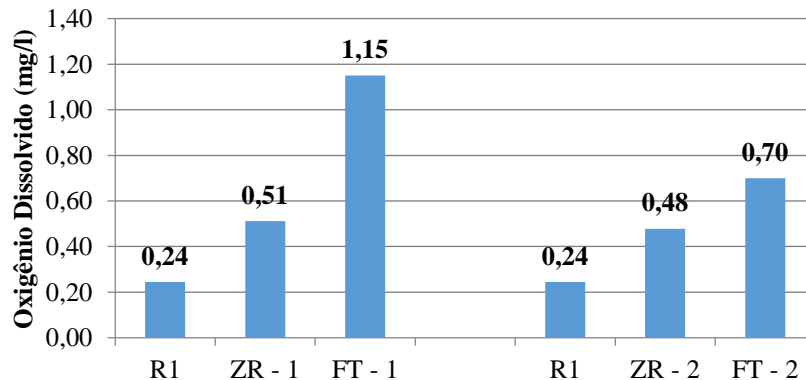
Gráfico 2: Comparativo entre o pH no decorrer da pesquisa.



Fonte: O Autor, 2019.

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece que o OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 3mg/L. O efluente do sistema não é capaz de atender essa condição, no entanto o Gráfico 3 mostra que o OD da água se elevou após sua passagem no sistema.

Gráfico 3: Comparativo entre o OD (mg/L) médio da água cinza e da água tratada pelo sistema.

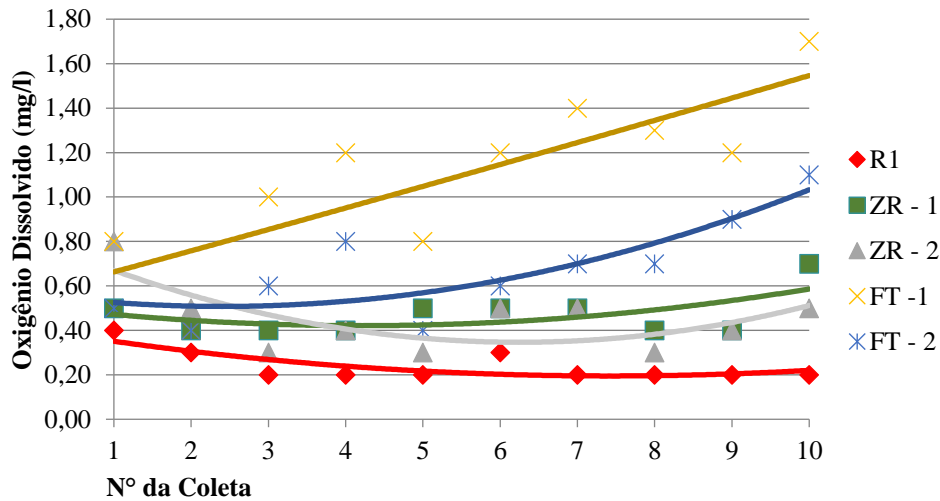


Fonte: O Autor, 2019.

Pelo Gráfico 4, podemos notar que o FT -1 demonstrou melhores resultados em todas as análises de OD, mesmo possuindo menor espessura das suas camadas. Porém durante as coletas era observado que no FT-1 o fluido demorava mais tempo filtrando, assim essa retenção pode ter melhorado o processo de depuração da água cinza. No FT -2, o processo de filtração era mais rápido, esse fato pode ser justificado por um possível dano na lona e na manta, que faria com que a água escoasse com maior velocidade. Outro quesito foi o incremento feito no R2, que acabou por influenciar o resultado desse parâmetro após a segunda

semana de coleta, fazendo com que o OD da água aumente mesmo estando em menor quantidade na água cinza coletada no R1.

Gráfico 4: Comparativo entre o OD (mg/L) medido no decorrer da pesquisa.

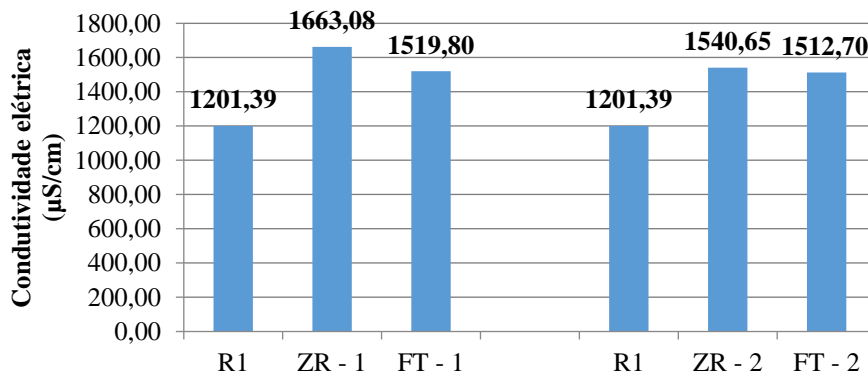


Fonte: O Autor, 2019.

3.2 PARÂMETROS FÍSICOS

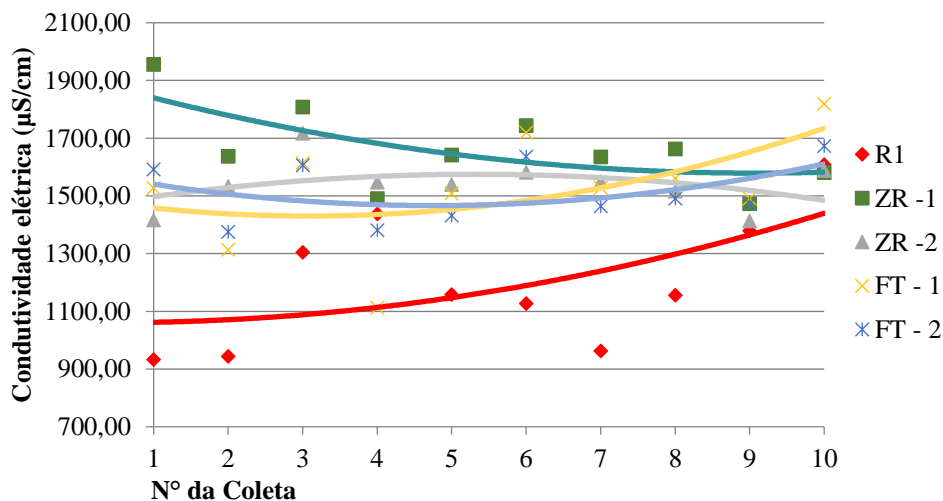
A Condutividade Elétrica -CE está associada às concentrações iônicas presentes na água. Sólidos Dissolvidos Totais -SDT, é um indicador dessas concentrações iônicas. Os componentes primários que contribuem para a concentração de SDT são os sais de cálcio, magnésio, sódio, cloro, bicarbonato e enxofre (SOUSA, et al. 2014). Assim, podemos associar que os resultados obtidos para o aumento da CE e dos SDT pode ser consequência do também aumento da salinidade da água. Esses resultados embora, não desejáveis, não necessariamente indicam falha no processo de tratamento ou ineficiência do sistema, isso pois, o aumento da salinidade neste caso foi atribuído ao solo utilizado, já que esses valores se elevam após a ZR e voltam a cair na passagem pelos filtros, como mostra o Gráfico 5.

O solo adquire características salino-sódico geralmente, devido a irrigação excessiva, excesso de fertilizantes, ou a má qualidade da água de irrigação (ALMEIDA, 2010). Como o sistema foi irrigado com água de poço antes de se iniciar a operação e aconteceu também a adição de esterco bovino para incrementar o crescimento vegetal, esses atributos podem ser consequência dessas antigas práticas.

Gráfico 5: Comparativo entre a CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) média da água cinza e da água tratada pelo sistema.

Fonte: O Autor, 2019.

O Gráfico 6 mostra que os valores de CE se elevaram principalmente nas primeiras análises, após a passagem pelo sistema, porém, no decorrer das medições a diferença na CE do R1 e do efluente do sistema passa a diminuir, isso pode indicar que absorção da água pela camada vegetal, implicaria na diminuição dos íons presentes no solo. Assim, se justificaria o comportamento decrescente nas linhas de tendência das ZR.

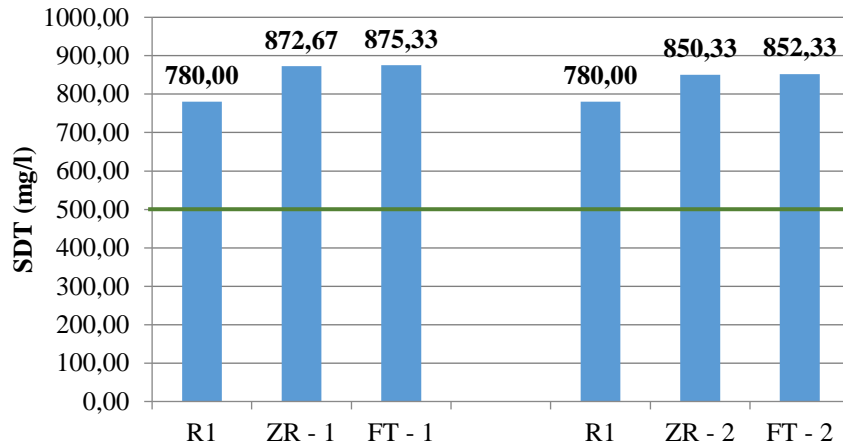
Gráfico 6: Comparativo entre a CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) medida no decorrer da pesquisa.

Fonte: O Autor, 2019.

No caso dos Sólidos Dissolvidos Totais -SDT na Resolução CONAMA Nº 20/1986 (BRASIL, 1986), o valor máximo é de 500 mg/L. Isto vale também para águas de irrigação, uma vez que excesso de sólidos dissolvidos pode levar a graves problemas de salinização do

solo. A presença de sólidos dissolvidos relaciona-se também com a condutividade elétrica da água.

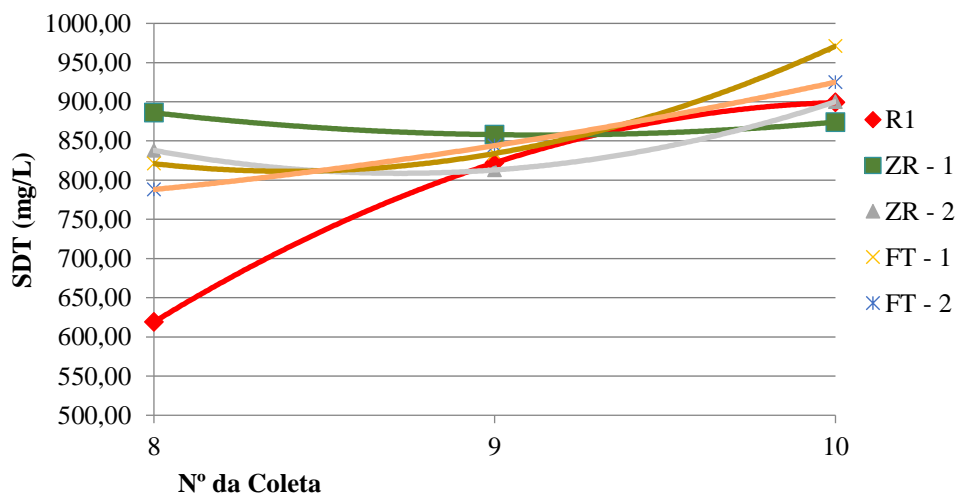
Gráfico 7: Comparativo entre os SDT (mg/L) médio da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

O sistema não atendeu as disposições da Resolução CONAMA N° 20/1986 (BRASIL, 1986), (Gráfico 7 e Gráfico 8) e ao contrário do esperado aumentou a quantidade SDT da água.

Gráfico 8: Comparativo entre os SDT (mg/L) medidos no decorrer da pesquisa.



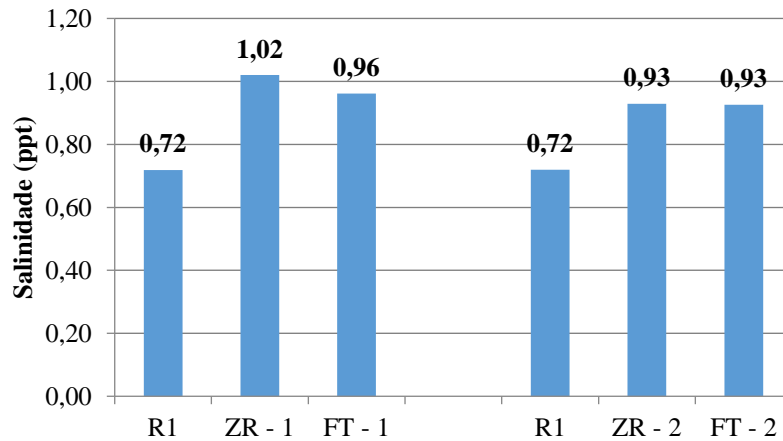
Fonte: O Autor, 2019.

A salinidade da água apresenta valores distintos para cada etapa do tratamento, sendo acentuado o aumento após a passagem do efluente pela ZR, com pico de maior valor é na ZR-1, que ao correlacionar com os dados referentes a CE nota-se a influência sobre os mesmo.

Como observado no R1 e na ZR1, que apresentaram valores mínimos e máximos respectivamente, para ambos os parâmetros.

O Gráfico 9 mostra o valor médio para salinidade em cada etapa do sistema. Comparando a água cinza com o efluente de cada módulo, percebemos que a salinidade aumenta após a passagem do líquido pela ZR.

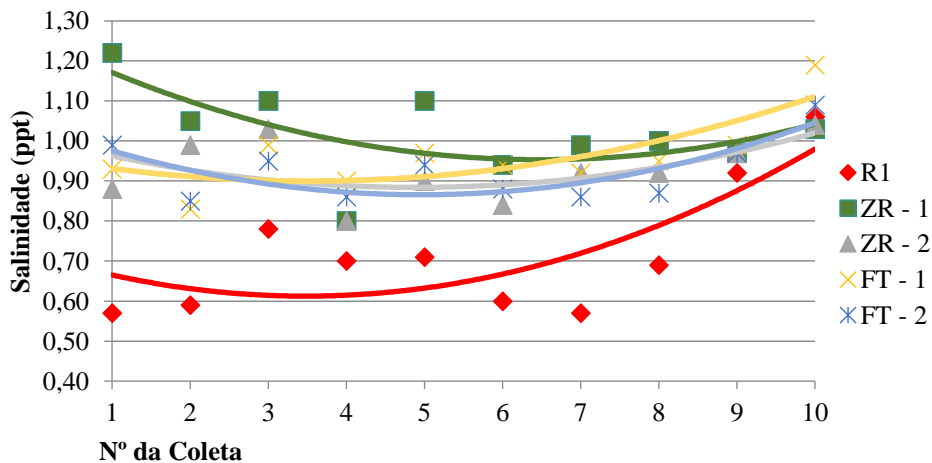
Gráfico 9: Comparativo entre a Salinidade (ppt) média da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

Pela análise do Gráfico 10, podemos observar que ele segue a mesma linha de tendência das medições de CE, o que corrobora para a associação entre esses parâmetros.

Gráfico 10: Comparativo entre a Salinidade (ppt) medida no decorrer da pesquisa.

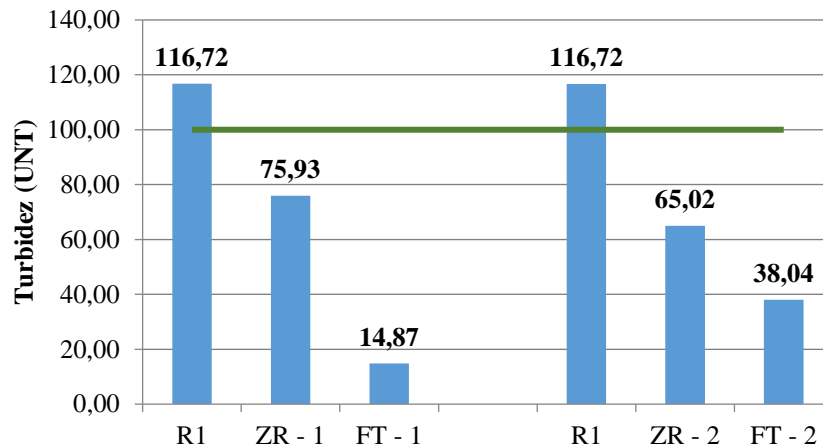


Fonte: O Autor, 2019.

Os valores permitidos segundo os padrões do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) para águas doces classe 2, deve estar abaixo de 100 UNT, para águas doces de classe 1 abaixo

de 40 UNT. Pela apreciação do Gráfico 11, podemos perceber que o sistema atuou com sucesso na remoção de turbidez da água.

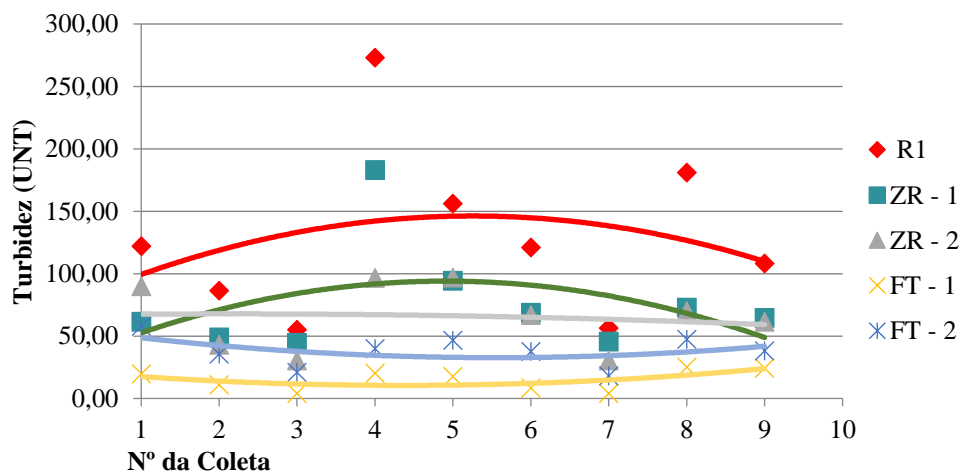
Gráfico 11: Comparativo entre a Turbidez (UNT) média da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

E como já visto em outros parâmetros o FT - 1 apresenta os melhores resultados. Neste parâmetro se enquadra no Padrão CONAMA para lançamento de efluentes (Gráfico 12).

Gráfico 12: Comparativo entre a Turbidez (UNT) medida no decorrer da pesquisa.

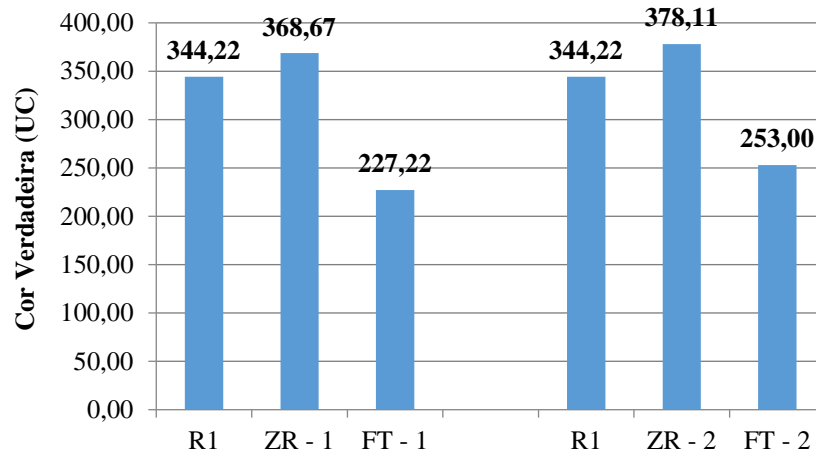


Fonte: O Autor, 2019.

O sistema de tratamento foi capaz de remover uma parte da Cor Verdadeira -CV no R1, entretanto, pelo Gráfico 13, podemos notar que a CV se elevava após a passagem pela ZR, e que a remoção da CV era realizada apenas pela etapa dos FT. Segundo Brasil (2014), a cor

da água é produzida pela reflexão de luz em partículas minúsculas, finamente dispersas de origem orgânica, como ácidos húmicos. Essa condição foi observada na ZR, pela presença de húmus proveniente da adubação com esterco bovino.

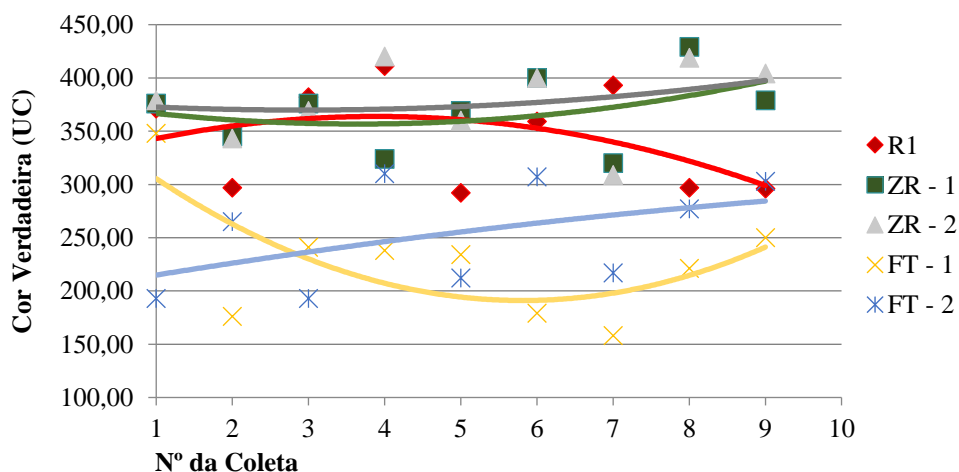
Gráfico 13: Comparativo entre a CV (UC) média da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

O Gráfico 14 mostra que mais uma vez o FT -1 apresentou melhores resultados, sendo o que melhor reduziu as unidades de CV. As ZR mostraram-se com valores de cor bem semelhantes no decorrer da pesquisa.

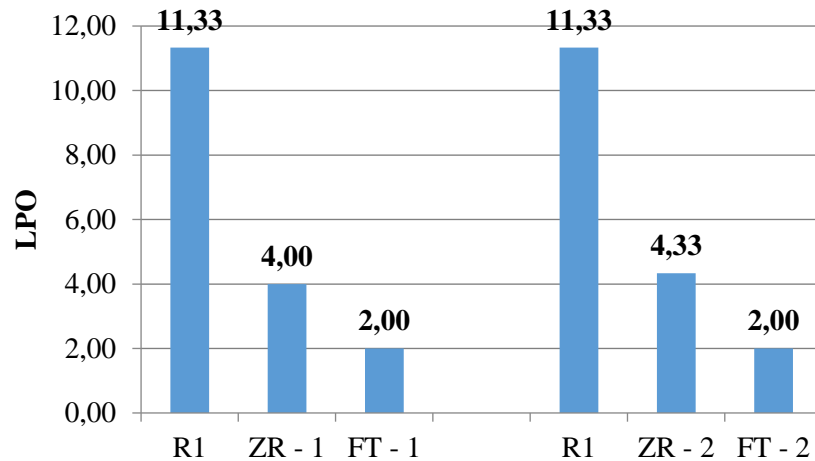
Gráfico 14: Comparativo entre a CV (UC) medida no decorrer da pesquisa.



Fonte: O Autor, 2019.

O Gráfico 25 mostra, que houve uma redução do odor da água em todas as etapas do sistema. Após os FT o efluente apresentava o mesmo LPO, assim como comparando as ZR, o valor é bem próximo, desse modo, entende-se que as espessura das camadas não teve tanta influência nesse parâmetro.

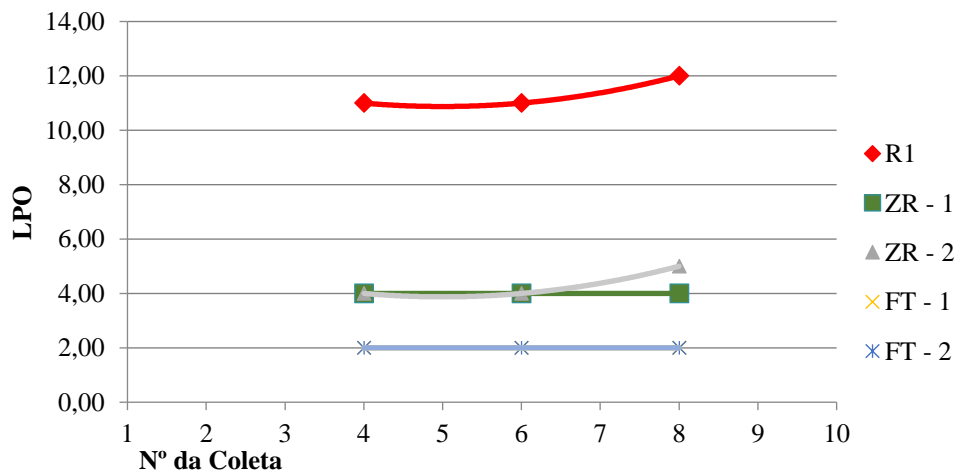
Gráfico 15: Comparativo entre o LPO médio da água cinza e da água tratada pelo sistema.



Fonte: O Autor, 2019.

Pelo Gráfico 16 observa-se um que a percepção ao estímulo olfativo nas águas não apresentou disparidade, o compreensível por se trata de efluentes advindo do mesmo local de mesmo uso (pia de cozinha).

Gráfico 16: Comparativo entre o LPO medido no decorrer da pesquisa.



Fonte: O Autor, 2019.

3.3 AVALIAÇÃO GERAL DO SISTEMA

Como já previsto o *Cymbopogon citratus*, resistiu bem a irrigação com água cinza, não houve mortalidade da camada vegetal. Todas as mudas se desenvolveram no tempo indicado pelo viveirista do IFPB. Durante a operação algumas infiltrações foram notadas na estrutura do sistema, o que dificultou a condição de detenção hidráulica, assim, optou-se por deixar o fluxo contínuo, entretanto a manta geotêxtil desacelerava o processo de circulação da água no sistema, que demorava cerca de 1 hora ou 1:30 para ser finalizado. A Tabela 1 mostra um resumo das condições avaliadas em detrimento das hipótese previstas no início da pesquisa.

Tabela 1 - Comparativo entre a hipótese prevista para cada etapa do sistema e o seu real desempenho.

| Etapa | Fenômeno | Objetivo | Resultado | Comentário |
|--|--|--|-----------------------|--|
| R1 -Sedimentação | Acumulo dos sólidos no fundo do reservatório. | Diminuição da matéria orgânica. | Atendido | A quantidade de sólidos retirada no fundo do reservatório ao final da pesquisa foi substancial, se os mesmos fossem lançados no sistema, poderia acontecer avarias aos equipamentos e ao processo. |
| R2 - Aeração | Aumento da superfície de contato do fluido com o ar. | Elevação do Oxigênio Dissolvido - OD na água. | Parcialmente Atendido | As análises mostram que o OD aumentou. Entretanto, ainda em valores inferiores aos permitidos pela legislação. |
| ZR - Descontaminação | Absorção de nutrientes (íons) | Reduzir fósforo e nitrogênio. | Indeterminado | As análises realizadas não são passíveis a esse tipo de avaliação. |
| FT - Filtração, Depuração por retenção e/ou oxidação | Formação de biofilme em torno dos grãos do material filtrante. | Diminuição da Turbidez e da matéria orgânica presente. | Atendido | As análises mostram que houve redução na turbidez da água. |

Fonte: O Autor, 2019.

3.4 REUSO DA ÁGUA TRATADA

Como forma de estimar o volume afluyente ao sistema calculou-se um valor teórico de água cinza, produzido diariamente. O cálculo foi baseado na NBR 7229/1993 que atribui para restaurantes e similares um consumo estimado de 25 l/dia. A previsão de volume útil foi fundamentada na NBR 13969/1997 em função dessa contribuição diária (Equação 3). O

número de contribuintes trata-se da quantidade de refeições servidas diariamente no refeitório e o tempo de detenção hidráulica foi obtido na própria NBR 13969/1997.

$$V_u = 1,6 * N * C * T \quad (3)$$

$$V_u = 1,6 * N * C * T$$

$$V_u = 1,6 * 900 * 25 * 0,5$$

$$V_u = 18000 \text{ litros/dia}$$

Onde: V_u = Volume útil;

N = Número de contribuintes;

C = Contribuição diária;

T = Tempo de detenção hidráulica (em dias).

O Instituto Trata Brasil (2019), com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento -SNIS, ano base 2017, divulgou dentre outros dados de saneamento, a tarifa média das 100 maiores cidades do país. Com base nesse estudo, a capital da Paraíba João Pessoa tem uma tarifa média (R\$/m³) de 4,09.

Fundamentado nessas informações esse estudo valorou que a economia diária gerada pela substituição de fontes, seria de R\$73,62, ou seja, se toda a água cinza produzida fosse reutilizada, para fins menos nobres, a exemplo da lavagem de pisos e descarga sanitária, reduziria o consumo da água potável para determinados usos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese esse trabalho, ratifica a importância do desenvolvimento de estudos no âmbito do ecossaneamento, como uma possível solução para áreas desprovidas de estruturas de esgotamento sanitário. Os resultados das variáveis físico-químicas da água mostraram que as amostras apresentaram alguns parâmetros como pH, cor e turbidez, aceitáveis dentro dos limites permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Entretanto, Salinidade e CE, não obtiveram resultados satisfatórios.

Perante os resultados apresentados, o sistema mostra-se como uma alternativa viável de execução e operação, entretanto, fica evidente a necessidade de melhorias em seus processos de tratamento do efluente, principalmente nos materiais empregados. Para a

infraestrutura do sistema recomenda-se que em trabalhos futuros a camada impermeabilizante seja colocada não apenas nas ZR, mas também nos filtros, já que foram constatadas infiltrações que além de gerar perda no volume, interferem no Tempo de Detenção Hidráulica - TDH da água.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Paraíba - IFPB, *Campus Cajazeiras* pelo fomento dessa pesquisa. Também ao, *Campus Sousa*, Unidade de São Gonçalo, que de forma tão solícita cedeu as mudas cultivadas no viveiro do setor de Agroecologia, para a aplicação no sistema.

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, pelo apoio na realização das análises de qualidade da água

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro 1997.

APHA, **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução - CONAMA n. 20**, 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento no território nacional. Diário Oficial da União, Brasília – DF, junho de 1986.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução - CONAMA n. 357**, 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução - CONAMA n. 430**, 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília – DF, maio de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014.
ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

CAMPOS, F.; GAMOA SÁ, M. T.; SPINOZA, Y. A.; BUENO, R. F. Otimização da remoção de nutrientes em sistema de zona de raízes por meio do uso de argila expandida e carvão ativado granular no leito filtrante. **Rev. DAE.**, São Paulo, v. 67, n. 218, p. 104-117, 2019.

GOMES, E. C.; NEGRELLE, R. R. B. Análise da cadeia produtiva do capim limão: estudo de caso **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.17, n.2, p.201-209, 2015.

INCERA, A. C.; AVELINO, A. F. T.; SOLÍS, A. F. Gray water and environmental externalities: International patterns of water pollution through a structural decomposition analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 1174-1187, 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking de saneamento 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>>. Acesso em: 18 de dez. de 2019.

LUIZ, M. B.; HIRATA, R.; TERADA, R. SARAIVA, F.; TASSE, N. Fitorremediação de Aquíferos Contaminados por Nitrato. *In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016, Anais...* Campinas, (São Paulo-Brasil), Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1315>> Acesso em: 01 ago. 2019. p. 1-16.

ONU Brasil. **Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos.** 2015. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/Loginarea/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>>. Acesso em: 20 de ago. de 2019. Curitiba, 2018. 78p.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento.** 1º Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

RODRÍGUEZ, L. B. El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba. **Rev. Ingeniería Hidráulica y Ambiental**, v. 30, n. 1, 2009.

SILVA, L. D. **Wetlands construídos de fluxo vertical aplicados no pós-tratamento de efluentes de abatedouros de ovinos e bovinos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)- Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 90 p. 2017.

SOUSA, T. M. I., FERREIRA, P. M. L., GARRIDO, J. W. A., QUEIROZ, M. M. F. & SILVA, F. M. **Qualidade ambiental da bacia do Rio Piancó Piranhas Açú.** 2014. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3013>. Acesso em: 20 de jul. de 2019.

TELLES, D. D. & COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 2º Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

VENDRUSCOLO, D.; SANTANA, N. A.; SOUTO, K. M. et al. Differential behavior of the summer cover crops in the absorption and translocation of copper. **Rev. Ciência Rural**, Santa Maria, v.48, n.12, e20180005, 2018.

