

## ANÁLISE DE UM SISTEMA ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

Bianca Anacleto Araújo de Sousa<sup>1</sup>  
Alexandra Amador de Abreu<sup>2</sup>  
Cícero de Souza Nogueira Neto<sup>3</sup>

### 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.

### 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

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal da Paraíba - IFPB, [biancasspb@gmail.com](mailto:biancasspb@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal da Paraíba - IFPB, [alexandraamdor@gmail.com](mailto:alexandraamdor@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor orientador: Mestrando, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [cicero.nogueira@ifpb.edu.br](mailto:cicero.nogueira@ifpb.edu.br).

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.

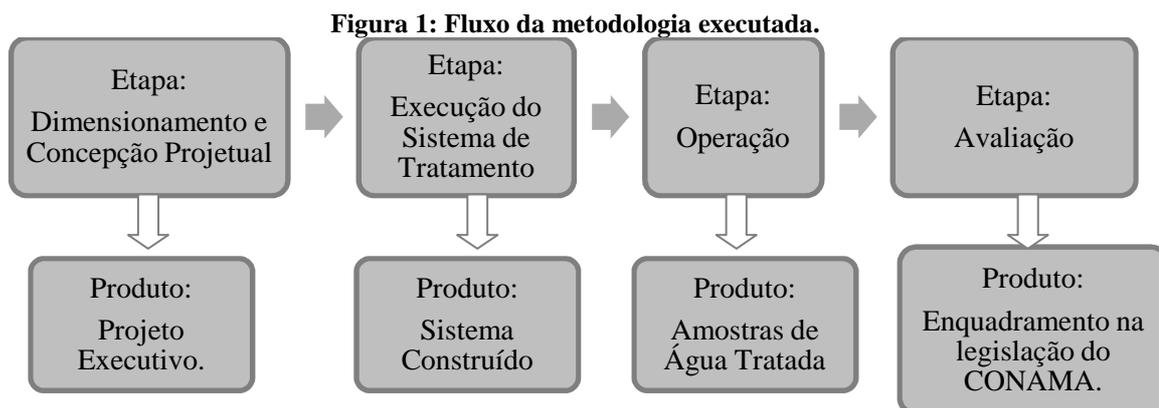
Um grande desafio a ser enfrentado refere-se a disposição adequada dos efluentes líquidos produzidos, esses, quando despejados sem tratamento no meio ambiente poluem o solo, o ar e também os corpos d'água receptores. O crescimento acelerado das cidades nem sempre consegue ser acompanhado pelos coletores 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. Nesse contexto, percebe-se a importância do desenvolvimento de tecnologias que ampliem a oferta de água a população e principalmente se estas, estiverem voltadas a ações que promovam o saneamento básico e ambiental, como é o caso do tratamento de águas servidas para reúso, vista como uma oportuna alternativa para ambientes desprovidos de rede coletora de esgoto.

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.

## **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.

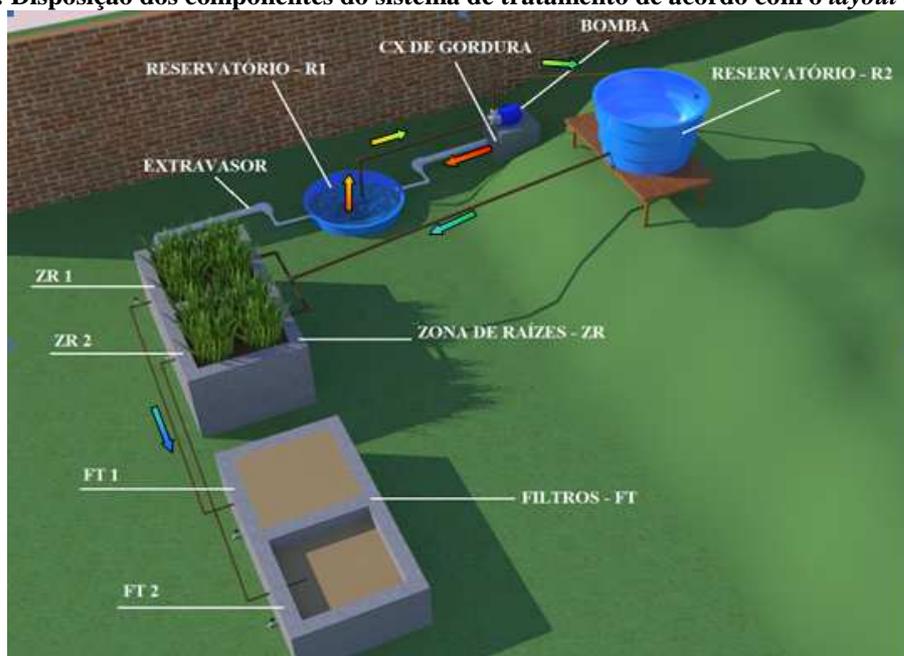


Fonte: O Autor, 2019.

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.

### 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, 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),

## DESENVOLVIMENTO

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).

Na década de 70 surgiu na Alemanha a concepção de tratar os esgotos por fluxo horizontal. A primeira *wetland* construída foi na cidade de Othfresen em 1974, e o procedimento foi nomeado como *Root Zone Method-RZM* que traduzido significa Método de

Zona de Raízes. *Wetlands* são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático. Podem existir na forma natural, brejos, várzeas, pântanos, manguezais ou lagos rasos, como também podem ser construídos, ecossistemas artificiais que reproduzem as características de *wetlands* naturais, utilizando plantas aquáticas e substratos como, brita, areia, bambu, casca de arroz, entre outros (SILVA, 2017).

As águas cinza representam 67% do volume total das águas residuárias domésticas e são definidas como aquelas não provenientes de vasos sanitários, mas sim de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou edificações que contenham lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque. Em geral as águas cinza são compostas por 30% de fração orgânica e de 9 a 20% de nutrientes, repercutindo, quando adequadamente manejadas, em boa fonte nutricional às plantas. (INCERA et al., 2017).

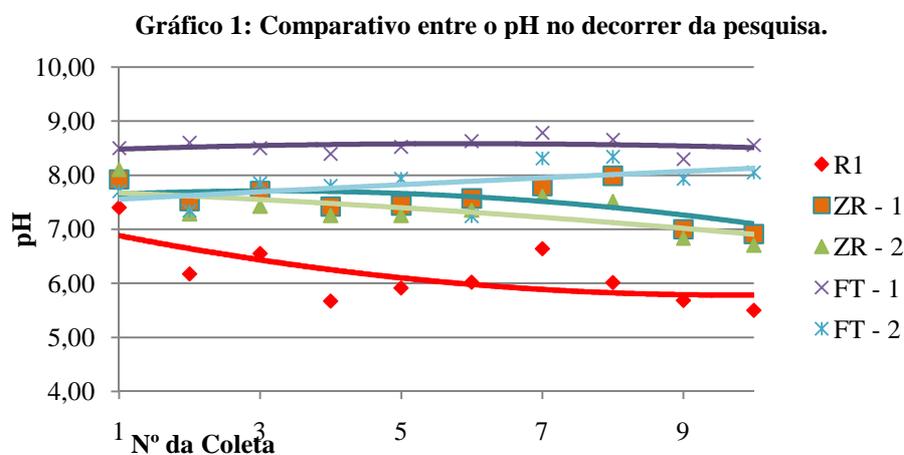
Uma técnica que tomou grande impulso nos últimos anos é a fitorremediação, é usada geralmente na descontaminação de solos poluídos por alguns herbicidas e metais pesados, mas que vem aos poucos situando-se com boa aplicação no tratamento de águas residuárias. A fitorremediação utiliza sistemas vegetais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

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).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

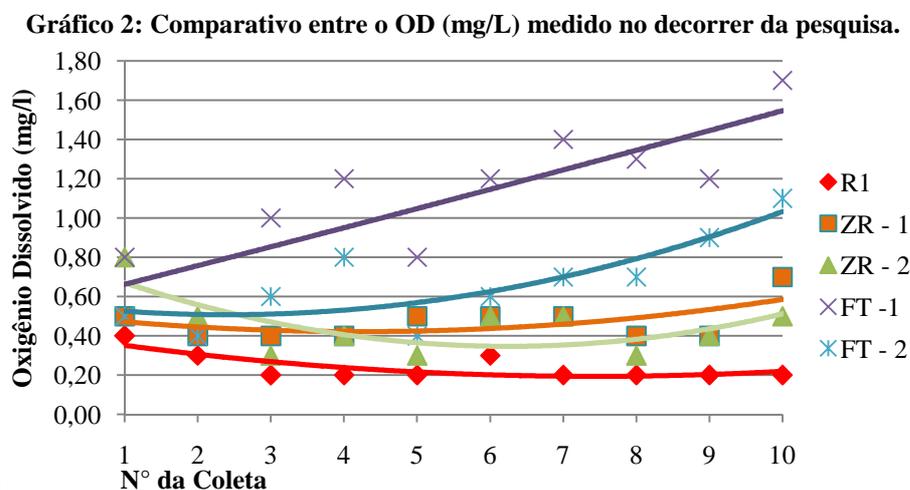
### Parâmetros Químicos

O pH, potencial hidrogeniônico é medido pela quantidade de prótons de H<sup>+</sup>, 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. O Gráfico 1, mostra as variações ao longo do tempo de estudo, constatando-se que no R1 a água cinza afluente do sistema, apresentou pH abaixo de 6,00 em alguns pontos.



Fonte: O Autor, 2019.

Para Oxigênio Dissolvido - OD a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece que, em qualquer amostra, o OD não deve ser inferior a 3mg/L. O efluente do sistema não é capaz de atender essa condição, no entanto o Gráfico 2 mostra que o OD da água se elevou após sua passagem no sistema.

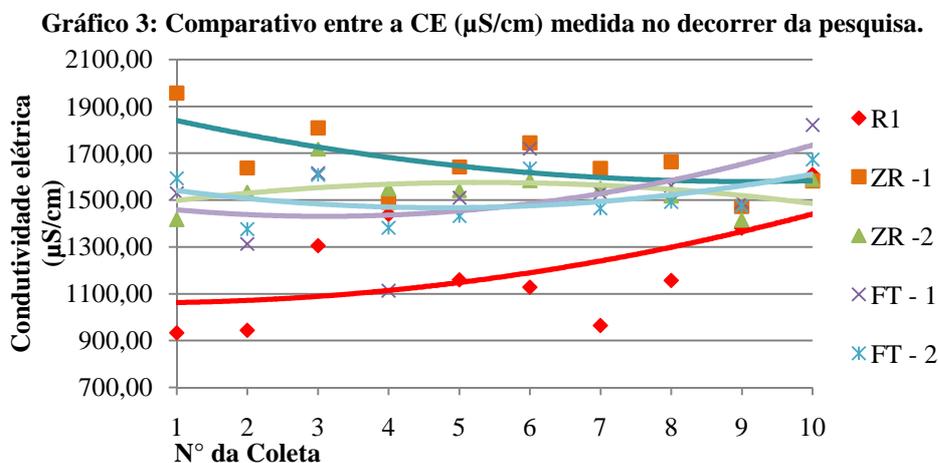


Fonte: O Autor, 2019.

## 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 3.

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.

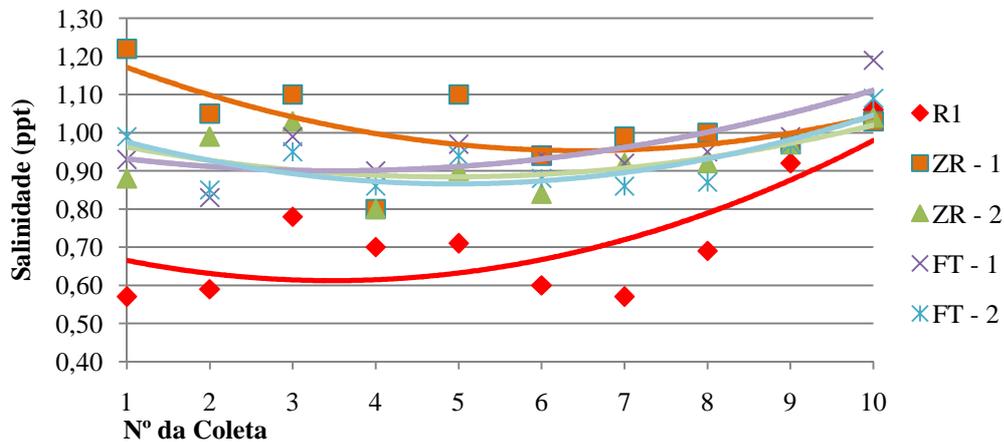


Fonte: O Autor, 2019.

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 na ACB e na ZR1, que apresentaram valores mínimos e máximos respectivamente, para ambos os parâmetros.

O Gráfico 4 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.

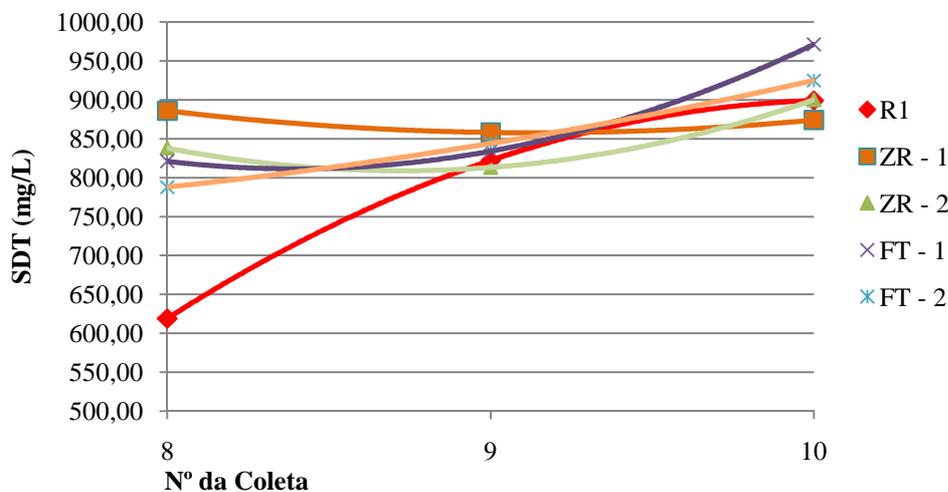
**Gráfico 4: Comparativo entre a Salinidade (ppt) medida no decorrer da pesquisa.**



Fonte: O Autor, 2019.

No caso dos Sólidos Dissolvidos Totais - SDT na Resolução CONAMA N° 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. 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.

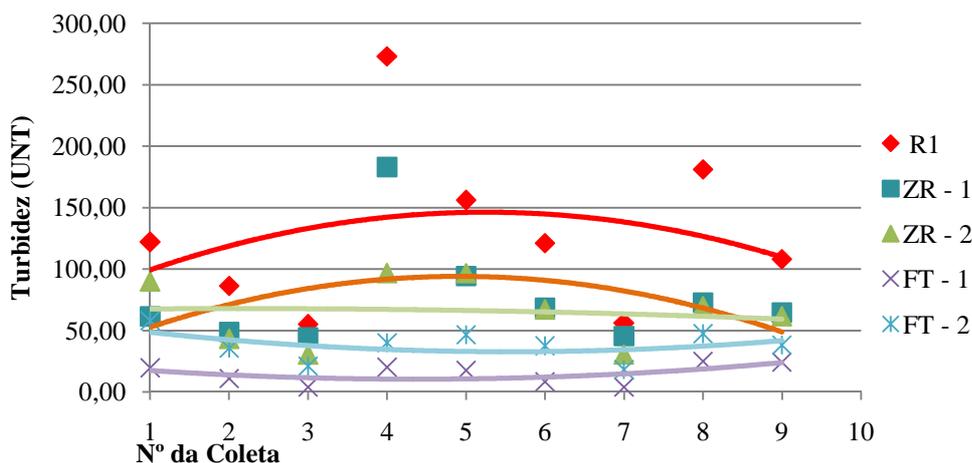
**Gráfico 5: Comparativo entre os SDT (mg/L) medidos no decorrer da pesquisa.**



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.

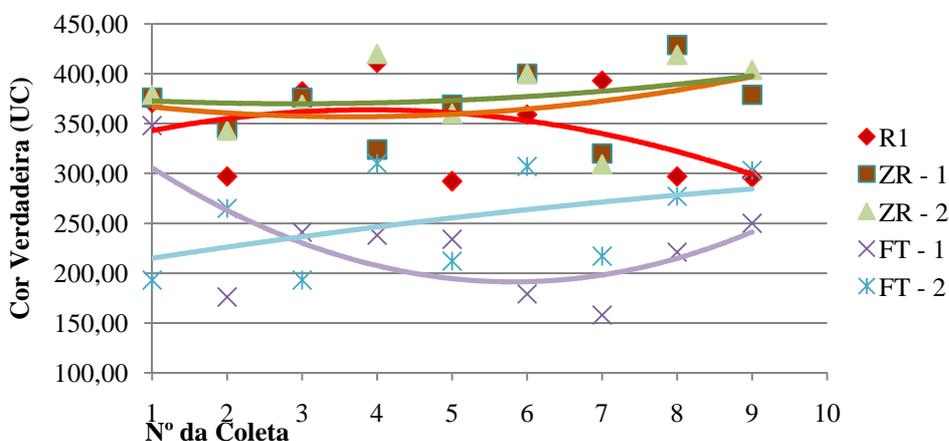
**Gráfico 6: Comparativo entre a Turbidez (UNT) medida no decorrer da pesquisa.**



Fonte: O Autor, 2019.

O sistema de tratamento foi capaz de remover uma parte da cor da ACB, 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 7: Comparativo entre a CV (UC) medida no decorrer da pesquisa.**



Fonte: O Autor, 2019.

## 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 hipóteses 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.

## 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.

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 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.

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.

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 Açu**. 2014. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3013>. Acesso em: 20 de jul. de 2019.

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.