

Avaliação do desempenho de filtros no tratamento de águas cinza do Sertão Paraibano

Filters performance assessment on grey water treatment

Evaluación del rendimiento de los filtros en el tratamiento de aguas grises

Recebido: 09/09/2020 | Revisado: 10/09/2020 | Aceito: 17/09/2020 | Publicado: 20/09/2020

Wosley Sidney Nogueira de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7924-9575>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: wosley_ambiental@outlook.com

Caio Franklin Vieira de Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0364-164X>

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

E-mail: caiovieirafigueiredo@gmail.com

Aliane Cristiane de Sousa Formiga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0094-4266>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: alianeformiga@gmail.com

Francisco Fabrício Damião de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8950-4568>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: fabricao_kunnga@hotmail.com

Glaucio de Meneses Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5708-7010>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: glauciopsl@hotmail.com

Saul Ramos de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2804-6671>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: saul.oliveira.ramos@hotmail.com

Rodolpho Luiz Barros de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9497-2008>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: rodolpholuiz42@gmail.com

Romario Oliveira de Andrade

ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-8377-093X>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: romarioandradeufpb@gmail.com

Resumo

A escassez de água nos grandes centros urbanos, onde a demanda cada vez maior tende a suplantar a oferta, vem sendo motivo de alerta. Uma alternativa para economia do insumo é o seu reuso que vem sendo estimulado principalmente devido à lei de recursos hídricos. O objetivo com este trabalho é avaliar o desempenho de filtros no tratamento de águas cinza. Foi realizado estudo na Universidade Federal da Paraíba com o tratamento de água cinza que foi analisada através de filtros de brita e areia de diferentes granulometrias. Foram realizadas análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para as amostras de águas cinza in natura e dos efluentes dos três filtros. Pode-se observar uma eficiência na remoção de aproximadamente 30 a 98% de turbidez e 30 a 95% de cor. Os resultados obtidos nas análises foram comparados com os estabelecidos na resolução Conselho Nacional do Meio-Ambiente (CONAMA) 357/2005 complementada e alterada pela resolução 430/2011, para padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores. Constatou-se que os valores de pH, temperatura, materiais sedimentáveis e nutrientes apresentaram níveis aceitáveis para o descarte. A eliminação de coliformes pode ser obtida através da desinfecção. Conclui-se que o sistema de filtros pode ser aplicado tanto para o tratamento de águas cinza para disposição em corpos receptores como para o reuso na irrigação de certas culturas, sem agredir o meio ambiente e a saúde das pessoas, plantas e animais.

Palavras-chave: Impactos ambientais; Qualidade da água; Reuso.

Abstract

The scarcity of water in large urban centers, where increasing demand tends to supplant supply, has been a cause for alarm. An alternative for saving the input is its reuse, which has been stimulated mainly due to the water resources law. The objective of this work is to evaluate the performance of filters in the treatment of gray waters. A study was carried out at the Federal University of Paraíba with the treatment of gray water, which was analyzed using gravel and sand filters of different sizes. Analyzes of physical, chemical and microbiological parameters were performed for samples of fresh gray water and the effluents of the three

filters. An efficiency in the removal of approximately 30 to 98% of turbidity and 30 to 95% of color can be observed. The results obtained in the analyzes were compared with those established in the Resolution National Council of the Environment (CONAMA) 357/2005 complemented and altered by the resolution 430/2011, for patterns of discharge of effluents in receiving bodies. It was found that the values of pH, temperature, sedimentable materials and nutrients showed acceptable levels for disposal. Coliform elimination can be achieved through disinfection. It is concluded that the filter system can be applied both for the treatment of gray waters for disposal in receiving bodies and for the reuse in the irrigation of certain cultures, without harming the environment and the health of people, plants and animals.

Keywords: Environmental impacts; Reuse; Water quality.

Resumen

La escasez de agua en los grandes centros urbanos, donde la creciente demanda tiende a suplantar la oferta, ha sido motivo de alarma. Una alternativa para ahorrar el insumo es su reutilización, que se ha estimulado principalmente por la ley de recursos hídricos. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de filtros en el tratamiento de aguas grises. Se realizó un estudio en la Universidad Federal de Paraíba con el tratamiento de aguas grises, que se analizó mediante filtros de grava y arena de diferentes tamaños. Se realizaron análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para muestras de aguas grises frescas y los efluentes de los tres filtros. Se puede observar una eficiencia en la remoción de aproximadamente 30 a 98% de turbidez y 30 a 95% de color. Los resultados obtenidos en los análisis se compararon con los establecidos en la Resolución Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) 357/2005 complementada y alterada por la resolución 430/2011, para patrones de descarga de efluentes en cuerpos receptores. Se encontró que los valores de pH, temperatura, materiales sedimentables y nutrientes mostraron niveles aceptables para su disposición. La eliminación de coliformes se puede lograr mediante la desinfección. Se concluye que el sistema de filtrado puede ser aplicado tanto para el tratamiento de aguas grises para su disposición en cuerpos receptores como para la reutilización en el riego de determinados cultivos, sin dañar el medio ambiente y la salud de personas, plantas y animales.

Palabras clave: Calidad del agua; Impactos ambientales; Reutilización.

1. Introdução

As ações de saneamento básico compreendem, principalmente, o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário e o manejo adequado das águas pluviais e dos resíduos sólidos. Assim sendo, é mister a integralização destas ações para a garantia da saúde de uma comunidade pela ausência de doenças ocasionadas pela falta destes serviços (Batista, 2012).

O Brasil possui um quadro alarmante no atendimento de serviços de saneamento básico, sobretudo, no que tange o esgotamento sanitário (Machado, 2018). Várias cidades brasileiras não dispõem sequer de serviço de coleta de esgoto, outras possuem, mas não promovem uma destinação final adequada, resultando conseqüentemente no comprometimento da qualidade dos corpos receptores, a exemplo dos corpos hídricos (SNIS, 2018). De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, publicados em 2018, segundo informações apuradas em 2016, os dados referentes à coleta de esgoto nas áreas urbanas das regiões do Brasil são bastante alarmantes: Norte 13,4%, Nordeste 34,7%, Sudeste 83,2%, Sul 49% e Centro Oeste 56,7%. Esses números permitem concluir que apenas 59,7% dos esgotos das áreas urbanas são coletados. Médias inferiores a 18% do volume dos reservatórios são a realidade de alguns estados do Nordeste, com alguns reservatórios alcançando níveis inferiores a 5% em zonas mais críticas. O uso de águas cinzas, representa um caminho importante, tecnicamente eficiente, economicamente viável, sustentável e seguro do ponto de vista de saúde pública (Brazão e Silva, 2016)

A inexistência de sistemas adequados para a destinação dos dejetos pode resultar no contato do homem com os mesmos, ocasionando a transmissão de várias doenças. Isso ressalta a importância da adoção de medidas que visem à destinação final adequada dos resíduos líquidos gerados, em especial, a implantação de serviços de: coleta, tratamento e destinação final de esgotos domésticos (Giatti, 2007).

As águas cinza, definidas como águas residuárias que são originadas de chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas e pias de cozinha sem contato com resíduos originados de vaso sanitário, também apresentam prejuízo aos recursos naturais, uma vez que adiciona sabão e outros resíduos prejudiciais à qualidade da água e do solo, sendo esta uma prática comum em comunidades e distritos sem sistema de esgotamento sanitário (Magri et al., 2011). A água cinza proveniente da pia da cozinha é a mais contaminante, sendo constituído de óleos, gorduras, detergentes e elevado número de coliformes termotolerantes (Hernández Leal et al., 2007). A água de lavagem de roupas têm variação na concentração de coliformes termotolerantes, porém com alta concentração de produtos

químicos. E as águas provenientes de banheiros são aparentemente as menos contaminadas, pois os poluentes se encontram mais diluídos (Rapoport, 2004). O objetivo com este trabalho é avaliar o desempenho de filtros no tratamento de águas cinza.

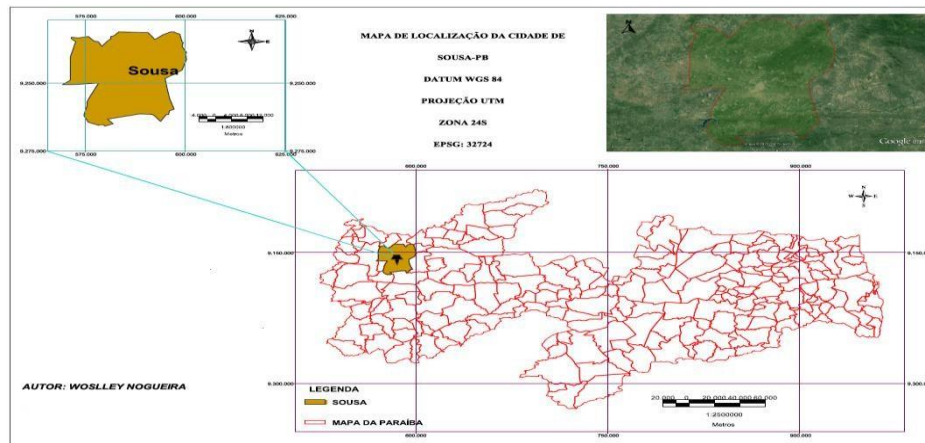
2. Metodologia

Área de estudo

Sousa é um município brasileiro localizado no interior do estado da Paraíba, pertencente à Mesorregião do Sertão Paraibano e à Microrregião de Sousa, localiza-se a oeste da capital do estado, distante desta cerca de 438 km (Figura 1).

O relevo do município está incluído na chamada Depressão Sertaneja - São Francisco, constituída de elevações alongadas e alinhadas residuais, com pediplanos arrasados. O tipo de solo predominante é o podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico. O município encontra-se com toda sua área territorial inserida na sub-bacia do Rio do Peixe, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Piranhas- Açú. O principal açude é o São Gonçalo, situado no distrito homônimo, com capacidade para 44,6 milhões de metros cúbicos de água. A cobertura vegetal de Sousa é constituída pela caatinga hiperxerófila, um tipo de vegetação com a abundância de cactáceas e plantas de pequeno porte adaptadas à seca. O clima de Sousa é tropical semiárido. A temperatura média anual é de 26,7 °C, sendo novembro o mês mais quente (28,4 °C) e junho o mais frio (25,1 °C). A precipitação média é de 872 milímetros (mm) anuais.

Figura 1. Mapa da localização do município de Sousa – PB.



Fonte: Google Maps (2020).

Métodos

Confecção e instalação de filtros para o tratamento de águas cinza escura

Os filtros usados neste trabalho, foram confeccionados com materiais recicláveis e com produtos de baixo custo econômico, à exemplo dos baldes utilizados que tiveram como uso primário, o armazenamento de polpa de frutas, originados de uma indústria localizada na cidade de Sousa-PB. Os quatro baldes utilizados foram comprados à um vendedor de rua ao preço de R\$ 5,00 cada, com capacidade de armazenar 20 litros. Destes, três foram usados na confecção dos filtros dispostos na vertical (um sobre o outro) e com sentido descendente de fluxo. O quarto balde serviu para o transporte da água coletada na pia da cozinha até o sistema.

O material de enchimento dos filtros consistiu de: brita de granulometria de nº 19 (diâmetro máximo de 19 mm), pedrisco (diâmetro máximo de 9,5 mm), areia, malha de nylon e "tubo rugado" ou "conduíte" (Figura 2). O filtro 1 (superior) foi preenchido com uma camada de 10 centímetros de brita nº 19 e areia, já o filtro 2 (intermediário) com uma camada de 10 centímetros de pedrisco e areia. A areia foi peneirada de acordo com as peneiras de malha 10 para o filtro 1 e malha 8 para o filtro 2. Para o filtro 3, fez-se a mistura das duas granulometrias de brita e de areia 2.

Para cada filtro foi utilizada uma malha de nylon de formato circular entre uma camada e outra de areia e brita para separá-las, assim como, no fundo do filtro 1 e 2, para conter a passagem de sólidos de um filtro para o outro.

Figura 2. Diferentes granulometrias de britas para os filtros 1, 2 e 3 (da esquerda para a direita).



Fonte: Autores (2020).

Na parte superior do primeiro filtro, um saco reutilizável de cebola, doado por um comerciante de frutas na cidade de Sousa-PB, tem a funcionalidade de conter os materiais mais grosseiros que constituem a água cinza, servindo como um tratamento preliminar para os resíduos líquidos.

Na camada superior do filtro 2 (intermediário), encontra-se um resíduo sólido denominado pela população de "rede de pesca", confeccionado artesanalmente com linha de nylon, esse material é resistente e de difícil degradação quando disposto à condições ambientais adversas. No filtro, servirá como detentor de materiais grosseiros que passarem pelo filtro 1, sustentando microrganismos decompositores de matéria orgânica, assim como acontece no filtro 3, mas o diferencial deste, é que em sua camada superior encontra-se resíduos de materiais da construção civil, como o "tubo rugado" ou "conduíte", material utilizado para instalar os fios de energia da rede elétrica das residências, onde foi recortado em pequenos pedaços, servindo como meio de suporte para aderência de microrganismos decompositores (Figura 3b). Cada filtro contém uma torneira conectada à um cano de 20 mm perfurado (tubo de drenagem), localizado no interior do fundo do balde, para recolhimento de amostras individuais para análises (Figura 3a).

Figura 3. Cano perfurado para captação de água dos filtros (a). Filtros com confecção concluídas (b).



Fonte: Autores (2020).

Finalização da confecção dos Filtros para o tratamento das águas cinzas

Após a confecção dos filtros, realizou-se um teste de infiltração em cada filtro para a sua devida coleta de amostras. Com as torneiras dos filtros abertas, foi introduzida água limpa no primeiro filtro, com o uso de um regador de jardim com capacidade de 5 litros, de maneira que, em forma de filtração descendente, a água percolou até o último balde.

Os filtros foram instalados ao lado do Laboratório de Análise da água (LAAg) da UFCG-CCTA e permaneceram na sombra durante todo o dia, evitando assim, a proliferação de algas devido a exposição à radiação solar e consequentemente, como desvantagem do sistema, o entupimento precoce dos filtros.

Após a montagem do sistema e limpeza, e teste de infiltração, iniciou-se o processo de alimentação dos filtros com águas cinza advinda da cantina da UFCG- CCTA, após a segunda análise laboratorial, a vazão nas torneiras do filtro 1 e filtro 2, tornou-se nula, sendo possível captar água apenas no filtro 3. Esse efeito pode ser atribuído à alta concentração de matéria orgânica e óleos, que provavelmente ocasionou a obstrução dos interstícios da camada de areia do primeiro filtro e com isso, diminuindo-se o tempo de percolação da água, ocasionando a não coleta da água pelos canos de captação localizados no fundo dos filtros. Nota-se que o sistema é eficiente para uma captação de água apenas no filtro 3 (último filtro), sem a necessidade de torneiras no filtro 1 e 2, porém um dos objetivos deste estudo foi avaliar os efluentes de todos os filtros, individualmente.

Após a confecção dos filtros 1 e 2 com a mesma configuração dos filtros anteriores, a areia e a brita reutilizadas passaram por um processo de lavagem, onde diluiu-se 1 copo (200 ml) de água sanitária (hipoclorito de sódio) em 20 litros de água potável. Fez-se a

distribuição e armazenamento dessa água entre os três filtros por aproximadamente três horas para fazer a desinfecção. Cabe ressaltar que o filtro 3 permaneceu o mesmo, apenas foi realizada a sua manutenção, onde trocou-se a camada de 5 centímetros de areia usada da parte superior, por uma areia nova e desinfetada.

Tendo em vista proporcionar a aeração dos filtros 2 e 3, foram realizadas aberturas na parte superior lateral destes, não sendo necessário a implantação no filtro 1, já que o mesmo, encontra-se diretamente em contato com o ar atmosférico, através de furos na tampa, processo de vital importância para os microrganismos aeróbios e facultativos. Essa entrada de ar localizada na parte superior dos filtros 2 e 3, também serve como um extravasador (ladrão), necessário para não haver o enchimento total dos filtros.

Com os devidos problemas solucionados e o correto funcionamento dos filtros, pode-se então prosseguir com o experimento e com as análises laboratoriais para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada para avaliar o desempenho e a eficiência dos filtros.

Análises laboratoriais para o acompanhamento da eficiência do tratamento das águas cinza escuras.

Tendo em vista avaliar a eficiência no tratamento da água cinza escura com esse tipo de sistema de filtração, foram realizadas cinco análises laboratoriais, onde os filtros foram alimentados apenas uma vez por semana para recolhimento das amostras em seguida a realização das análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água tratada.

As amostras de águas cinza para as análises foram coletadas na cantina da UFCG-CCTA, diretamente da pia da cozinha, denominada de águas cinza escura. Esses resíduos líquidos contêm óleos, graxas, surfactantes, nutrientes, matéria orgânica, dentre outros componentes de difícil remoção. Portanto, os parâmetros a seguir listados, foram escolhidos de acordo com a constituição da água cinza bruta, onde após o tratamento pelos filtros, pretende-se obter uma melhoria em sua qualidade, para assim podermos dar um destino final a essa água.

A análise das amostras para a verificação de nutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Sódio (Na) da água cinza escura, ocorreu no laboratório de solos, com o uso do fotômetro de chama e espectrofotômetro. As análises para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram realizados no Laboratório de Análise da Água (LAAg), todos localizados no campus UFCG-CCTA. A metodologia para as análises, realizaram-se de

acordo com os materiais, reagentes e equipamentos disponíveis nos laboratórios (APHA, 2011).

A água cinza foi captada manualmente em um balde colocado embaixo da pia da cozinha e sua disposição no filtro foi feita manualmente, até preencher toda a parte livre superior dos filtros, aguardando a sua filtração e coleta para análises.

Parâmetros físico-químicos da água

A leitura do pH foi realizada através do equipamento denominado de Phmetro de bancada, da marca DIGIMED, modelo DM-22, imediatamente após a coleta, onde as amostras foram colocadas beakers de 50 ml e inserido os eletrodos para leitura e retirada de valores.

A medição da temperatura foi feita nas amostras coletadas nos cones Imhoff, introduzindo-se o eletrodo do termômetro digital em cada cone, imediatamente após a coleta, no período da tarde, entre às 14:00 e 16:00 horas dos meses de maio e junho. Vale salientar que esse método de medição foi realizado no local onde estavam instalados os filtros, sendo aplicados somente nas análises 3, 4 e 5, onde também realizou-se as análises para o parâmetro sólidos sedimentáveis. A medição de temperatura das análises 1 e 2, se deu através do instrumento pHmetro de mesa, em laboratório, onde sofreu interferências de mudança de clima ambiente.

A condutividade elétrica (CE) foi obtida no condutivímetro, da marca TECNAL, modelo Tec- 4MP, emergindo o eletrodo em um becker de 50 ml contendo a amostra, para leitura à 25° C, ajustado pelo próprio equipamento.

Os sólidos sedimentáveis (SS) foi calculado através do método de simulação do cone Imhoff para quantificar o valor desse parâmetro. Após a coleta, as amostras foram deixadas em repouso durante 45 minutos em quatro cones, em seguida utilizou-se um bastão de vidro para desferir batidas na parte externa dos cones para haver o desprendimento de sólidos aderidos na parte interna do filtro, deixando-os em repouso por mais 15 minutos para completar-se 1 hora de teste, como propõe a metodologia.

A análise para o parâmetro oxigênio dissolvido (OD) foi realizada in loco, através do equipamento da marca Lutron, modelo DO-5519, inserindo o eletrodo nos cones Imhoff, logo após realização da coleta das amostras nos filtros sem ocasionar o borbulhamento/oxigenação da amostra.

Para a saturação da água destilada, insuflou-se ar em 1000 ml de água destilada, através

de um motor de aquário no período de 24 horas, com o recipiente recoberto por papel alumínio, protegido de radiação ultravioleta. Antes da realização do procedimento de preparação da água de diluição, o motor foi desligado e aguardou-se 30 minutos para transformar o ambiente da água destilada de super saturada para saturada, como requer a metodologia proposta.

Com as soluções de fosfato, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico, pipetou-se 1 mL de cada solução em um becker de 1000 ml, contendo a água destilada saturada. Foram utilizados quatro frascos de 300 ml de DBO para a análise das amostras, sendo um para a água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Em cada frasco foi pipetado 50 ml de amostra, completando o volume do frasco com água de diluição pelo processo de sinfonamento, tampando os frascos hermeticamente e aplicando o selo hídrico.

Após 5 dias incubados à 20° C, houve a determinação da concentração de oxigênio, através da introdução do eletrodo do medidor de oxigênio dissolvido da marca Lutron, modelo DO-5519 direto nos frascos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), registrando-se os valores para a realização dos devidos cálculos de DBO.

Para as análises de turbidez, a aferição foi realizada em laboratório, através do turbidímetro, modelo POLICONTROL AP 2000, com realização de 3 repetições para cada amostra, registrando o valor da média.

A cor foi analisada com o uso do equipamento de bancada da marca POLICONTROL AquaColor. Devido ao alto valor de cor, examinado pelo equipamento, ocasionou-se em erros nas análises, para isso, teve-se que implementar diluições nas amostras, aplicando-se 10 ml de amostra em 90 ml de água destilada em uma proveta graduada de 100 ml, coletando-se a nova amostra e realizando a análise com 3 repetições para cada amostra, registrando-se o valor da média entre os valores.

A análise de odor foi realizada através do método olfativo, aplicando os resultados entre ausente, leve, moderado, intenso e muito intenso.

As análises para os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K) foram realizadas no laboratório de solos do campus CCTA-UFCG, pelo técnico do mesmo, utilizando espectrofotômetro da marca FEMTO, modelo 600 plus para a análise de nitrogênio e fósforo e do fotômetro de chama Analyser, modelo 910 para a análise de sódio e potássio.

Análises microbiológicas

Para quantificação de coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a metodologia

do teste presuntivo, teste confirmativo e confirmação de coliformes fecais, empregando-se o caldo Lauryl triptose, pelo método de presença e ausência (P/A), para a verificação de presença dos mesmos nas amostras de água cinza escura tratada, sendo esse procedimento técnica de tubo múltiplo realizado por alunos do curso técnico em meio ambiente do programa governamental PRONATEC, orientado e acompanhado pelo técnico do Laag (Laboratório de análise da água do CCTA).

Excetuando-se as análises de nutrientes e coliformes totais e termotolerantes, todas as análises restantes foram executadas por mim, com base em experiências adquiridas no acompanhamento de outros projetos, bibliografias consultada e na disciplina Análise da água, incluída na grade curricular do curso de Engenharia Ambiental, como também, com a orientação e acompanhamento do técnico de laboratório da análise da água (APHA, 2001).

Os dados coletados foram tabulados e construídos gráfico no excel com as médias por tratamento.

3. Resultados e Discussão

Possíveis impactos ambientais e sociais negativos decorrentes da disposição de águas residuárias sem tratamento no meio ambiente

O sistema de esgotamento sanitário é um dos serviços básicos do saneamento ambiental mais importante, devido ao seu alto grau de eficiência de tratamento e proteção à saúde pública, afastando os esgotos domésticos das residências e atribuindo qualidade de vida a população.

Na lista simples (Check lists) (Tabela 1) estão listados alguns impactos ambientais e sociais negativos, causados por esta prática de afastamento dos resíduos gerados em residências ou indústrias, que ocorre principalmente em países subdesenvolvidos, prejudicando significativamente a população de baixa renda que reside em áreas às margens de córregos e áreas periféricas das cidades, distante dos olhos do serviço público.

Este método de listagem de impactos levanta informações dos impactos do meio físico, biótico e antrópico.

Tabela 1. Impactos ambientais negativos.

<i>Check list</i>	
1.	Infecção parasitária, provocada pelo contato direto com os dejetos fecais;
2	Hepatites, devido ao contato com a água poluída;
3	Doenças gastrointestinais, incluindo a cólera e febre tifóide, devido a contaminação da água e alimentos;
4	Riscos potenciais para a biota aquática e marinha, diminuindo o nível de oxigênio dissolvido;
5	Contaminação da cadeia alimentar, devido a bioacumulação de substâncias tóxicas em seus organismos;
6	Áreas de Balneabilidade e de pesca profissional são ameaçadas devido ao alto risco de contaminação;
7	Geração de um forte odor, ocasionado pela decomposição da matéria orgânica;
8	Em cidades turísticas, as atividades turísticas podem ser afetadas, devido à estética em que o esgoto sanitário causa, visto à céu aberto, principalmente em praias;
9	Contaminação das águas subterrâneas por lançamento do esgoto bruto;
10	Contaminação do solo por agentes patogênicos;
11	Risco à saúde da população que vive exposta diretamente ao esgoto lançado bruto;
12	Proliferação de vetores transmissores de doenças;
13	Baixo preço dos imóveis, localizados próximos às áreas com esgoto bruto lançados à céu aberto ou sem rede de coleta de esgotos eficientes.

Fonte: Autores (2020).

Possíveis casos de morbidade por doenças de veiculação hídrica causadas pela falta de um sistema de esgotamento sanitário

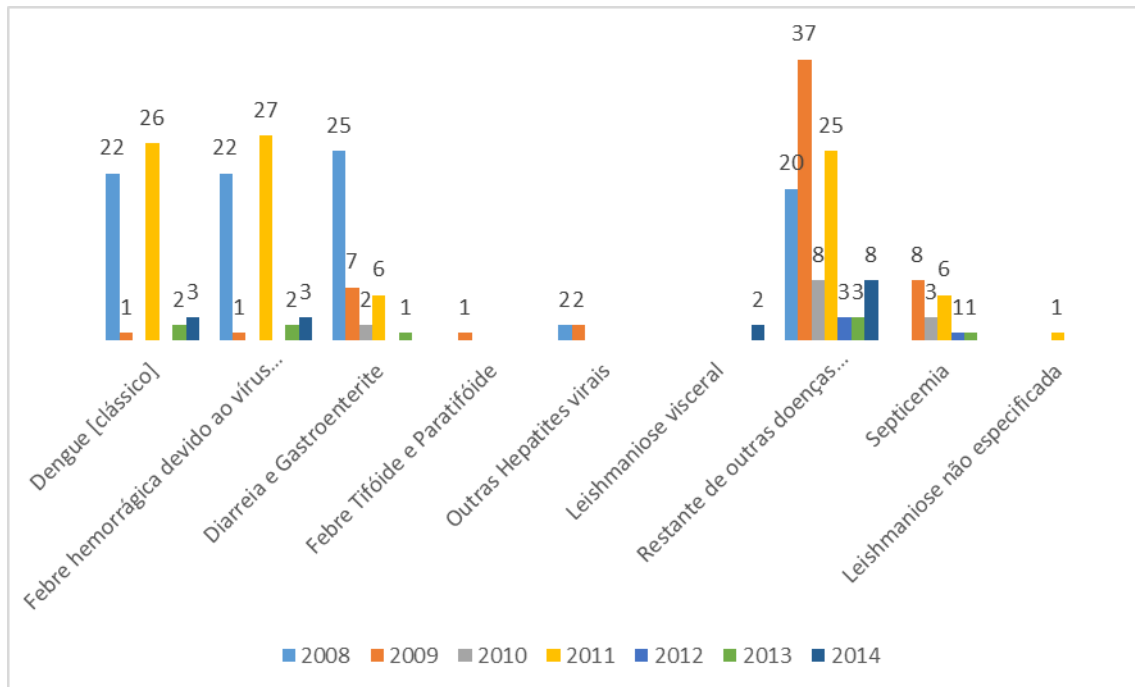
Para apresentar os dados de morbidades hospitalares por doenças de veiculação hídrica, dividimos em 2 (dois) gráficos, por causa das diferenças significativas nos valores de internações e para melhor visualização dos dados.

As doenças que apresentaram morbidades foram as seguintes:

1. Dengue (clássico);
2. Febre hemorrágica devido ao vírus da dengue;
3. Diarreia e gastroenterite;
4. Febre tifóide e paratifóide;
5. Outras hepatites virais;
6. Leishmaniose visceral;
7. Restante de outras doenças bacterianas;
8. Septicemia;

9. Leishmaniose não especificada;
10. Outras doenças infecciosas intestinais

Figura 4. Quantidades de internações hospitalares da cidade de Sousa – PB.



Fonte: Autores (2020).

Existe uma alta incidência de casos de dengue [clássico]; febre hemorrágica devido ao vírus da Dengue; Diarreia e Gastroenterite e restante de outras doenças bacterianas, que podem ter sido causadas pela falta de um sistema de esgotamento sanitário (Figura 4).

Devido a elevada incidência de outras doenças infecciosas intestinais, fez-se a separação dos outros dados, para melhor análise das proporções de doenças por ano. Muitos casos dessas doenças foram registradas nessa série anual, sendo de caráter preocupante e de atenção do poder público para esta informação, pois têm que se investigar às causas para se poder efetuar as medidas de controle e combate as causas desta doença. No ano de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 2013 e 2014 tivemos 311, 238, 193, 260, 10, 23 e 103, respectivamente de caos de outras doenças infecciosas intestinais.

Análise físico-química da água

As águas brutas apresentaram odores leves em todas as amostras (Tabela 2). Nos resultados da 2ª, 4ª e 5ª análises, com exceção da 1ª (filtros limpos) e 3ª (filtros limpos após

entupimento da amostra na 2ª análise), os efluentes dos filtros 1, 2 e 3, apresentaram odores intensos e muito intensos. Atribui-se esses resultados, devido ao fato dos filtros serem alimentados somente uma vez por semana, gerando conseqüentemente a oxidação da matéria orgânica no decorrer dos dias até a próxima análise. Alguns autores sugerem que esses tipos de sistemas sejam alimentados continuamente, para acelerar o surgimento do biofilme nas granulometrias constituintes dos filtros e para a não geração de odores.

Durante o processo de decomposição de substâncias orgânicas e inorgânicas nos esgotos, provocados unicamente por atividade biológica, são produzidos subprodutos que ocasionam odores desagradáveis como o sulfeto de hidrogênio (H₂S) e a amônia (NH₃). Odor também pode ocorrer em função de condições sépticas decorrentes da elevada permanência e do não desprendimento do biofilme aderido ao meio suporte (Chernicharo, 2001).

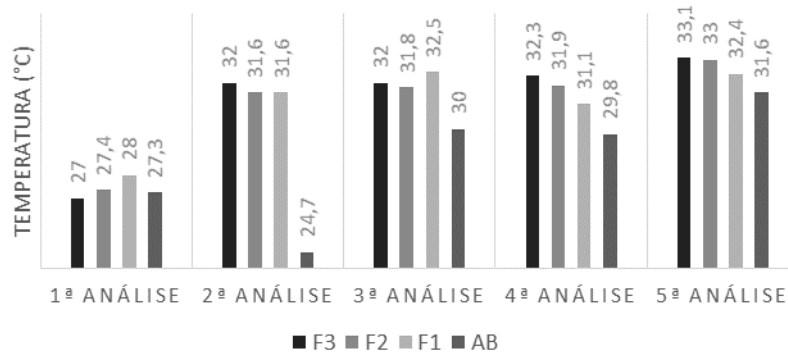
Tabela 2. Resultado da análise de odor nas amostras.

Amostras	Análises				
	1º	2º	3º	4º	5º
AB	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve
F1	Leve	Intenso	Leve	Intenso	Muito intenso
F2	Leve	Intenso	Leve	Intenso	Muito intenso
F3	Leve	Intenso	Leve	Intenso	Muito intenso

Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Com exceção da 1ª e 2ª análise, os valores de temperatura se mantiveram aproximados nas amostras, da 2ª, 3ª e 4ª análise, na faixa que compreende entre 29.8° e 33.1°, havendo um aumento de temperatura entre a amostra da água cinza escura bruta e da amostra da água cinza tratada do filtro 3 em todas as análises (Figura 5).

Figura 5. Temperatura das amostras.

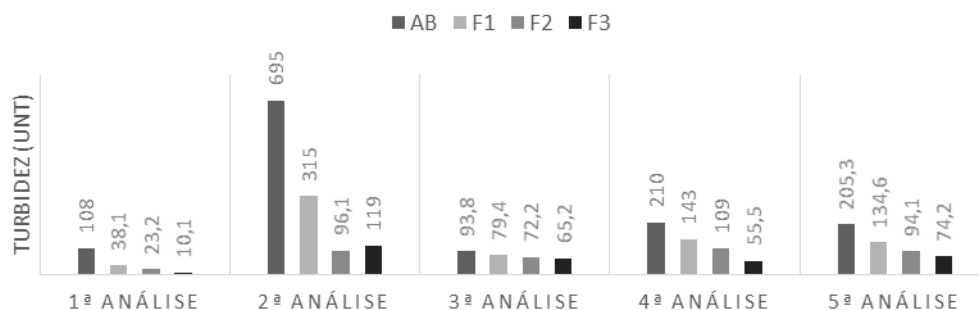


Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Esse efeito é atribuído a temperatura ambiente do local e as reações biológicas que ocorrem dentro do filtro, como o processo de respiração das bactérias aeróbias que liberam energia para o meio. Importante por influenciar outras propriedades, sua elevação aumenta a taxa de reações físicas, químicas e biológicas; reduz a solubilidade dos gases e aumenta a taxa de transferência de gases (liberação de gases com odores desagradáveis).

O sistema de filtros apresentou grande redução na remoção de partículas sólidas, diminuindo as unidades de turbidez gradualmente em todos os filtros e em todas as análises (Figura 6), enquadrando-as no padrão de lançamento disposto pela RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005, alterada e complementada pela RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011. A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água, devido a presença de partículas sólidas em suspensão como resíduos orgânicos, que podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, impedindo a ação de alguns agentes desinfetantes.

Figura 6. Turbidez das amostras.



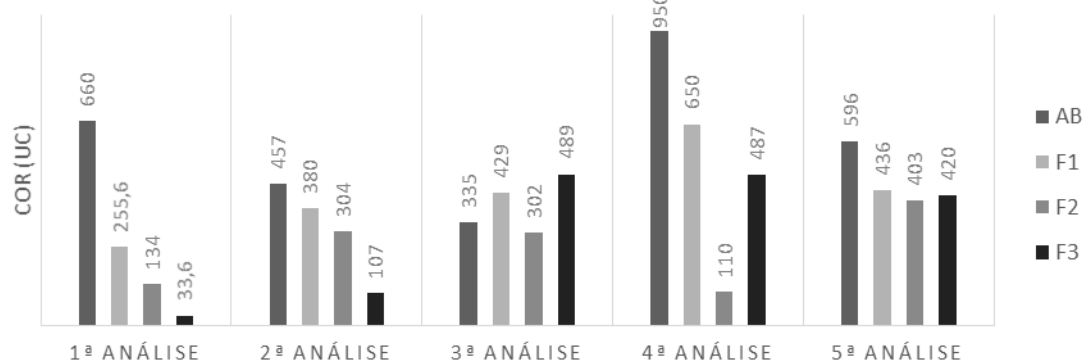
Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Com exceção da 3ª análise, houve uma elevada remoção de unidades de cor em todas

as análises do sistema estudado, comprovando que o sistema opera com capacidade de retenção de substâncias dissolvidas ou partículas coloidais em suspensão (Figura 7).

Knupp (2013), obteve turbidez média de 50,9 NTU. Segundo Morel e Diener (2006), nos efluentes provenientes de lavanderia, cabelos e fibras que se soltam das roupas podem ser os causadores da alta concentração de sólidos suspensos e também da turbidez.

Figura 7. Cor das amostras.

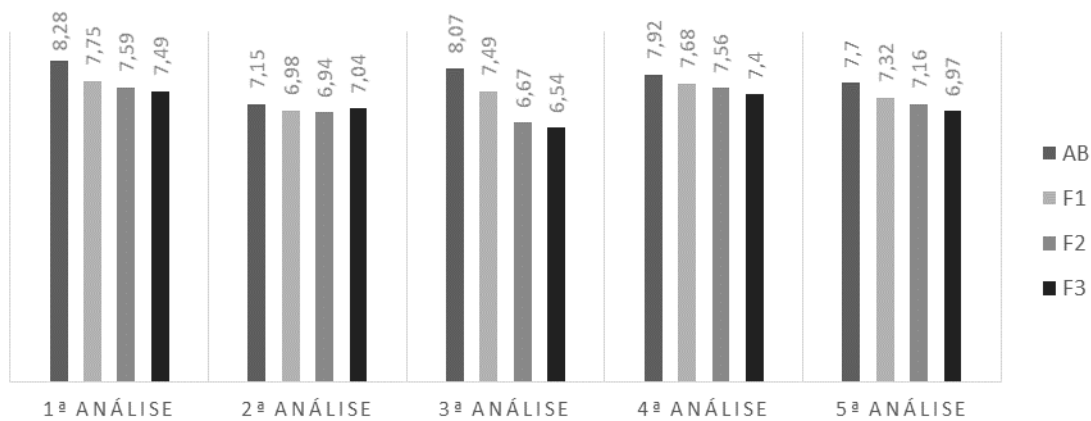


Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

A cor é uma característica de águas que contém substâncias dissolvidas e/ou presença de partículas coloidais em suspensão, provocada também, por corantes orgânicos e inorgânicos. Tem pouca significância sanitária, excetuando-se para a indicação da origem da água. Quando rica em ácidos húmicos, pode-se tornar amarelada.

O sistema apresentou-se satisfatório na redução do pH da água cinza escura, conforme apresentado no gráfico. Em todas as análises o valor do pH ficou na faixa de neutralidade entre 6.5 e 7.5, após a passagem pelos filtros, valores esses considerados ótimos para o cultivo irrigado de certas culturas como a alface, bem como para a destinação final nos recursos terrestres e hídricos, sem comprometer a qualidade desses recursos (Figura 8). Interfere nos processos de tratamento biológico de águas residuárias e a sua variação influencia o equilíbrio de compostos químicos.

Figura 8. Valor de pH das amostras.

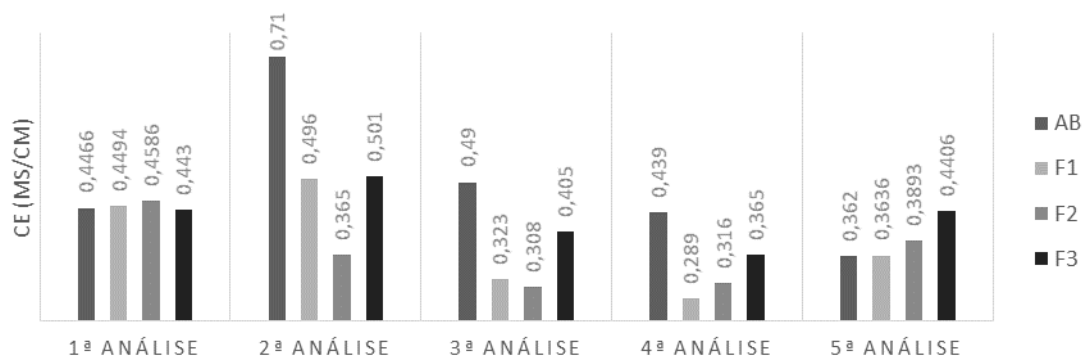


Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Eriksson et al. (2002), afirmam que a água cinza originada na lavanderia costuma ser alcalina, com pH variando de 8-10. Este pH básico também foi relatado por May (2009), que obteve média de 9,2 para o efluente proveniente da lavagem de roupas (1º ciclo da máquina), tal pH foi justificado pela maior quantidade de sabão utilizado nesta etapa.

Nas 4 análises iniciais, observou-se um decréscimo nos valores de condutividade, excetuando-se a análise 5, onde houve um aumento considerável nesse parâmetro. Destaca-se nessa mesma análise, o odor está classificado como "muito intenso", provavelmente ocasionado pelo efeito de decomposição da matéria orgânica, gerando o gás sulfídrico no ambiente interno dos filtros, mesmo após ter-se aberto uma entrada de ar na parte superior dos mesmos. A elevação da carga orgânica e a redução do tempo de detenção hidráulica elevam os valores de condutividade e de sólidos totais dissolvidos, o que pode ter acontecido na análise 5 (Figura 9).

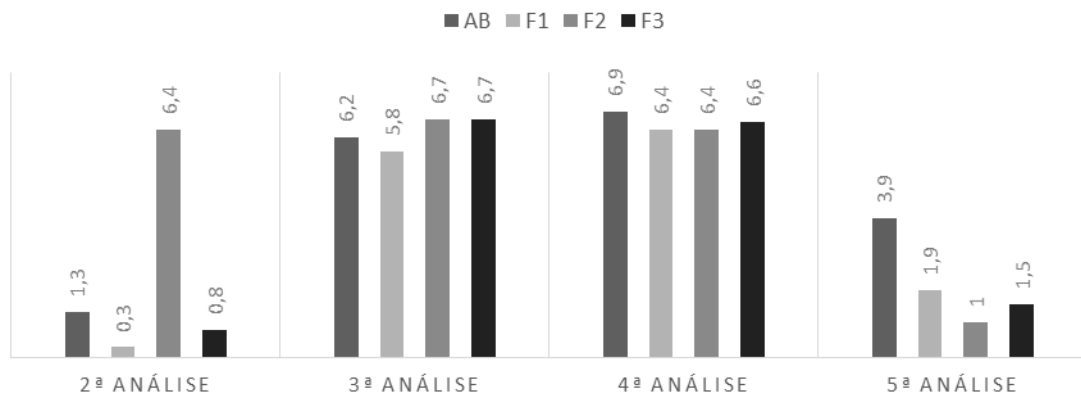
Figura 9. Condutividade elétrica das amostras.



Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

O oxigênio dissolvido começou a ser medido a partir da 2ª análise, onde a mesma apresentou valores anômalos, suposto efeito causado pela má calibração do equipamento. Na 3ª e 4ª análise, os dados foram satisfatórios, com valores de 6.4 +/- 0.3 mg/L, após a passagem pelo 3º filtro (Figura 10).

Figura 10. Oxigênio dissolvido pelas amostras.



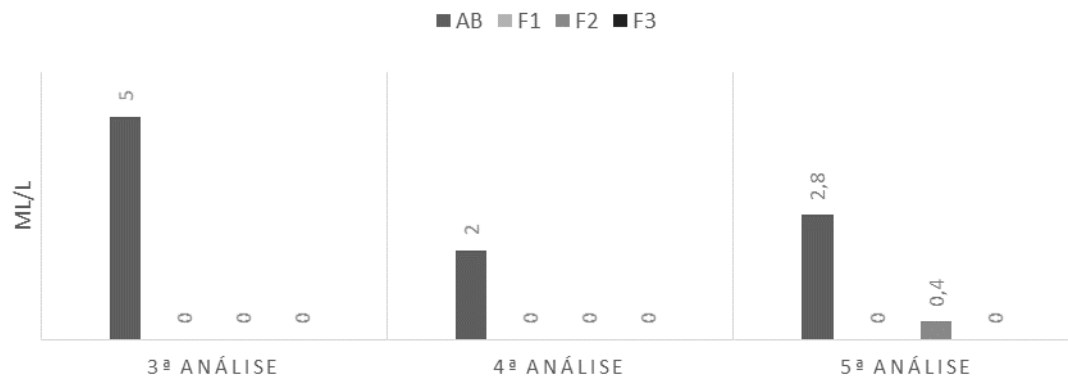
Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, alterada e complementada pela RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011, o valor desse parâmetro encontra-se em condições favoráveis para a disposição final nas classes de água doce 1, 2, 3 e 4. A 5ª análise representa o ambiente quase anaeróbico em que o filtro se encontrou, com valores de OD reduzindo-se à zero, extinguindo-se os microrganismos aeróbios, restando os facultativos.

O OD representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água ou no esgoto. Parâmetro da qualidade da água que define a capacidade da água em sustentar organismos aquáticos, caso o oxigênio seja totalmente consumido pelos seres aquáticos aeróbios e facultativos, surgem condições anaeróbicas que ocasionam odores desagradáveis. A alta temperatura aumenta a oxidação biológica e, conseqüentemente, a demanda de oxigênio.

Nas análises 3 e 4, observou-se que os filtros não geraram sólidos sedimentáveis após a passagem da água bruta pela decantação, sendo necessário o uso do mesmo para melhor eficiência e elasticidade na manutenção dos filtros. Na 5ª análise, surgiu uma pequena fração de matéria orgânica de cor amarelada, registrando-se o valor de 0,4 mL/L, gerados por resquícios de materiais orgânicos arrastados para fora do filtro (Figura 11).

Figura 11. Sólidos sedimentares das amostras.



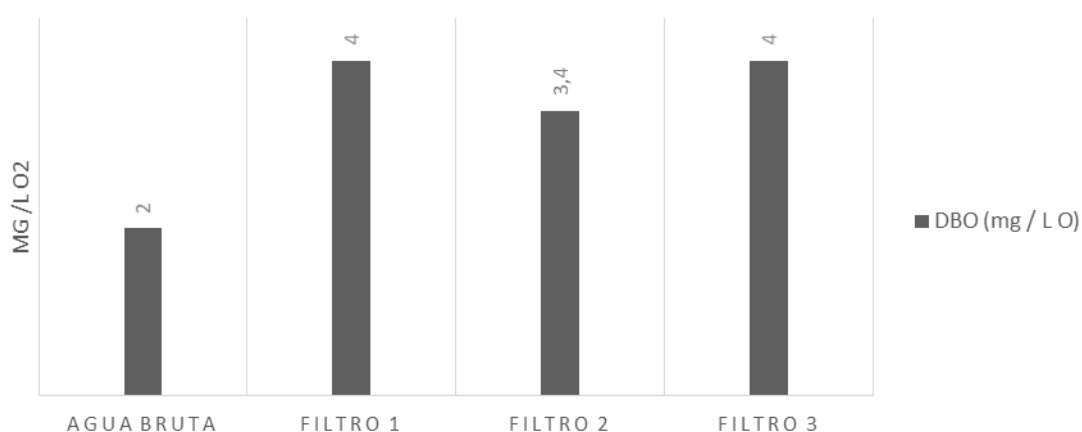
Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Constatou-se a eficiência dos filtros na remoção desse parâmetro e esta eficácia traduz-se na não poluição dos corpos hídricos através por esses sólidos, mitigando impactos ambientais adversos, causadores da morte da fauna e flora aquática. Percebeu-se através dos valores obtidos no experimento, a necessidade de tanques de decantação para se obter a melhor eficiência na remoção dos sólidos sedimentáveis, geradores de lodos em fundos de lagoas de estabilização e cursos d'água receptoras de efluentes sem tratamento adequado.

. Segundo Morel e Diener (2006), nos efluentes provenientes de lavanderia, cabelos e fibras que se soltam das roupas podem ser os causadores da alta concentração de sólidos suspensos e também da turbidez. Em geral, a concentração de sólidos suspensos nas águas cinzas pode variar de 50 a 300 mg/L.

Observou que os valores de DBO em águas residuárias domésticas, após 5 dias de incubação, apresentam-se em torno de 70 % e 80 % do valor total (Figura 12). Comparando-se o valor de DBO da água cinza bruta com os resultados da DBO dos filtros 1, 2 e 3, percebeu-se uma elevação no consumo de oxigênio dissolvido, identificando que os filtros estão munidos de microrganismos capazes de oxidar a matéria orgânica presente nos esgotos.

Figura 12. Demanda bioquímica de oxigênio das amostras.



Água bruta (AB), Filtro 1 (F1), Filtro 2 (F2) e Filtro 3 (F3). Fonte: Autores.

Os valores de DBO enquadram-se nos padrões exigidos pela RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011 para a destinação final dos corpos de água das classes 2 e 3, sem alterar suas condições de qualidade.

A partir do momento em que a água cinza escura vai passando pelo sistema de filtros, nota-se um decaimento na quantidade dos nutrientes, indicando o consumo dos mesmos pelos microrganismos para a realização das atividades biológicas, principalmente o nitrogênio e o fósforo, mas que para realização desse processo implica no consumo de oxigênio dissolvido da água tratada (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de nutrientes apresentados nas amostras.

Nutrientes	Água bruta	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	
Nitrogênio	92,8	94,3	96,2	95,8	T(%)
	0,032452	0,025488	0,016825	0,018634	A (UA)
	0,197899	0,160194	0,113291	0,1230086	PPM
Fósforo	91.1	93.2	96.2	96.6	T(%)
	0.040481	0.030584	0.016825	0.015023	A (UA)
	0.274666	0.226305	0.166145	0.178708	PPM
Potássio	38.3	33.7	27.7	28.6	A (UA)
	0.5	0.44	0.36	0.37	PPM
Sódio	75.9	75	71.7	72.3	A (UA)
	1.68	1.66	1.58	1.60	PPM

Fonte: Autores.

Os valores dos nutrientes verificados ficaram em níveis aceitáveis para o reúso na agricultura, podendo as plantas serem beneficiadas para sua nutrição. O nitrogênio orgânico e

a amônia são as formas predominantes nos esgotos domésticos brutos.

Análise microbiológica

Foram constatadas a presença de coliformes em todos os tubos de ensaios das amostras da 3ª análise, demonstrando contaminação da água em 100 % de confiança, cabe ressaltar que o material de suporte de preenchimento dos filtros foram todos desinfecionados para a sua operação, tanto para a 1ª (início da operação) como para 3ª (após manutenção) análise. Vale salientar que o processo de tratamento da água cinza não requereu nenhum cuidado em termos de não infecção do material, pois o recipiente de recolhimento da água foi o mesmo para todas as análises, além do mais, os filtros ficaram alocados em lugar exposto à ação do vento com excesso de poeiras. Para um melhor tratamento, será necessário um processo de desinfecção da água tratada pelos filtros.

Admite-se que para a melhor acurácia dos resultados deveriam ser realizadas mais análises em termos de coliformes e demais microrganismos presentes em esgotos domésticos, mas como explicitado nos métodos, a pesquisa foi realizada com materiais, equipamentos, reagentes e metodologia disponíveis nos laboratórios do campus.

4. Considerações Finais

Com a crise hídrica que atualmente assola não só o semiárido nordestino como também a principal cidade brasileira, a reutilização de água a cada dia ganha mais força para aplicações no dia-a-dia de várias famílias. O reúso para a agricultura através do plantio de certas culturas é de grande valia para a segurança alimentar das pessoas e dos animais.

O sistema operou de maneira satisfatória e eficiente para a remoção da turbidez, cor e sólidos sedimentáveis. O pH, o OD (na 3ª e 4ª análise), a DBO (na 4ª análise), a temperatura e a condutividade elétrica apresentaram níveis aceitáveis, tanto para descarte em corpos receptores, de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 complementada e alterada pela RESLUÇÃO CONAMA 430/2011 quanto para o seu uso em certos tipos de culturas na agricultura.

O projeto simulou o comportamento mais simples possível de como o sistema seria operado perante uma metodologia fácil e prática de tratamento de água de lavagem de pratos e preparo de alimentos para posterior uso para fins não potáveis, principalmente à pequenos agricultores rurais para irrigação de hortifrutis, promovendo a agricultura familiar.

Portanto, o intuito desse trabalho, é dispor de sistema de filtros de brita e areia à população, para promover o conhecimento de como tratar a água cinza e de como realizar a manutenção dos filtros, cuja divulgação poderia ser através de cartilhas e oficinas, especialmente para comunidades e assentamentos rurais.

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq) – Brasil pela de concessão de bolsa PIBIC.

Referências

Batista, M. (2012). *Manual do Saneamento Básico: Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância sócioeconômica*. Instituto Trata Brasil, 67p. Recuperado de [http://: www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br) > .

Chernicaró, C. A. L. (2001). *Pós- tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. FINEP/PROSAB, 544.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2005). *Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional*. Brasília, SEMA, nº357.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2011). *Dispõe sobre classificação de corpos d'água e estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes, e dá outras providências*. nº 430.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4(1), 85–104.

Giatti, L. L. (2007). Reflexões sobre água de abastecimento e saúde pública: um estudo de caso na Amazônia Brasileira. *Saúde e Sociedade*, 16(1), 134-144.

Hernández Leal, L., Zeeman, G., Temmink, H., & Buisman C. (2007). Characterisation and biological treatment of greywater. *Water science and technology: a journal of the*

International Association on Water Pollution Research, 56(5), 193–200.

Knupp, A. M., & Gonçalves, R. F. (2013). *Pós-Tratamento de Água Cinza com “Wetland” Horizontal Visando o Reúso Predial*. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais...Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental – ABES.

Machado, A. S. (2018). *A estrutura tarifária e a universalização dos serviços de saneamento básico: tensões e possíveis conciliações*. Dissertação (Mestrado) Escola de Direito do Rio de Janeiro da Fundação Getúlio Vargas. 119p.

Magri, M. E., Lemos, E., Klaus, G., Francisco, J. G. Z., & Philippi, L. S. (2011). *Desempenho de um Sistema Tipo Tanque Séptico Seguido de Filtro Plantado com Macrófitas no Tratamento de Águas Cinzas*. In: 26o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais...ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

May, S. (2009) *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Morel, A., & Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries*. SuíçaSandec: Department of Water and Sanitation in Developing Countries.

Rapoport, B. (2004). *Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial*. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública - Rio de Janeiro

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. (2018). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2016*. Brasília: Ministério das Cidades, p. 24.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Wosley Sidney Nogueira de Oliveira – 12,5%

Caio Franklin Vieira de Figueiredo – 12,5%

Aliane Cristiane de Sousa Formiga – 12,5%

Francisco Fabrício Damião de Oliveira – 12,5%

Glaucio de Meneses Sousa – 12,5%

Saul Ramos de Oliveira – 12,5%

Rodolpho Luiz Barros de Medeiros – 12,5%

Romario Oliveira de Andrade – 12,5%