



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Wosley Sidney Nogueira de Oliveira

**REÚSO DE ÁGUA CINZA ESCURA NO CULTIVO
HIDROPÔNICO**

POMBAL - PB
AGOSTO - 2015

Wosley Sidney Nogueira de Oliveira

REÚSO DE ÁGUA CINZA ESCURA NO CULTIVO HIDROPÔNICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

**POMBAL - PB
AGOSTO - 2015**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- O48r Oliveira, Wosley Nogueira de.
Reúso de água cinza escura no cultivo hidropônico / Wosley Nogueira de Oliveira. – Pombal, 2015.
64 f. : il. color.
- Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2015.
- "Orientação: Prof. Dr. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro".
Referências.
1. Tratamento. 2. Filtros. 3. Qualidade de Água. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.
- CDU 628.381(043)

Wosley Sidney Nogueira de Oliveira

REÚSO DE ÁGUA CINZA ESCURA NO CULTIVO HIDROPÔNICO

Aprovado em ____/____/____

COMISSÃO EXAMINADORA:

Orientadora - Prof.^a. Dr.^a. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
(Universidade Federal de Campina Grande - CCTA - UACTA)

Examinador Interno - Prof.^a. Dr.^a. Érica Cristine Medeiros Machado
(Universidade Federal de Campina Grande - CCTA - UACTA)

Examinador Externo - MSc. Félix Queiroga de Sousa
Empresa Agrícola

Agradecimentos

Em primeiro lugar a toda minha família, em especial a minha avó paterna Maria dos Anjos e minha mãe Maria do Socorro, pela motivação.

A Bianca Anacleto, pelo carinho, companheirismo e incentivo.

A minha orientadora Rosinete Batista dos Santos Ribeiro, por acreditar em meu trabalho e minha capacidade de realizar a pesquisa.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental - UACTA, CCTA, UFCG - Campus de Pombal, em especial Érica Cristine Medeiros Machado, por transmitir conhecimentos em geoprocessamento e ter contribuído para minha escolha nessa área de atuação.

Aos técnicos Luiz Fernando Oliveira e Sr. Francisco dos Laboratórios de Análises de Água (LAAg) e Solos, respectivamente; do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar do (CCTA), pelo apoio durante a realização das análises e pelas valiosas sugestões.

A Prof.^a. Alfredina pela realização da análise da hortaliça no Centro Vocacional Tecnológico-CVT da cidade de Pombal.

Aos meus amigos e colegas, que me incentivaram e acreditaram no meu potencial.

Sumário

Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
1. Introdução	9
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. Revisão Bibliográfica.....	13
3.1. Águas Cinza.....	13
3.1.1 Tratamentos de Águas Cinza	13
3.1.2 Utilidades das Águas Cinza	14
3.2. O Cultivo Hidropônico	14
3.3. Reúso na Agricultura.....	16
4. Metodologia.....	17
4.1. Confecção e Instalação de Filtros para o Tratamento de Águas Cinza Escura	17
4.1.1. Primeiro Modelo de Filtros (1º TESTE)	19
4.1.2. Segundo Modelo de Filtros (2º TESTE).....	21
4.2. Confecção e Instalação dos Canais para o Sistema Hidropônico.....	23
4.3. Implantação das Mudas da Alface do Tipo <i>Crespano</i> Sistema Hidropônico...24	
4.4. Confecção do Reservatório da Solução Nutritiva.....	24
4.5. Preparo da Solução Nutritiva	27
4.6. Caracterização da Área de Instalação do Sistema Hidropônico	27
4.7. Análises Laboratoriais para o Acompanhamento da Eficiência do Tratamento das Águas Cinza Escura.....	28
4.7.1. pH (Potencial Hidrogeniônico)	29
4.7.2. Temperatura (°C).....	30
4.7.3. Condutividade Elétrica (mS/cm).....	30
4.7.4. Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	31
4.7.5. Oxigênio Dissolvido (OD em mg O ₂ /L).....	32
4.7.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO em mgO ₂ /L).....	32
4.7.7. Turbidez (UNT)	33

4.7.8. Cor (UC)	33
4.7.9. Odor.....	34
4.7.10. Nutrientes	34
4.7.11. Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes.....	35
4.8. Implantação do Sistema de Filtros em uma Residência na Cidade de Sousa-PB para a Irrigação de Culturas.....	36
5. Resultados e Discussão.....	38
5.1 Análises Laboratoriais das Águas Cinza Escuras.....	38
5.1.1. Parâmetros físicos da água	38
5.1.1.1. Odor.....	38
5.1.1.2. Temperatura	39
5.1.1.3. Turbidez.....	39
5.1.1.4. Cor	40
5.1.2. Parâmetros Químicos da Água.....	41
5.1.2.1. PH.....	41
5.1.2.2. Condutividade Elétrica	42
5.1.2.3. Oxigênio Dissolvido	43
5.1.2.4. Sólidos Sedimentáveis.....	44
5.1.2.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅ ²⁰)	45
5.1.2.6. Nutrientes	46
5.1.3. Parâmetros Microbiológicos da Água	48
5.1.3.1. Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes.....	48
5.2. Avaliação do Sistema Hidropônico e do Desenvolvimento da Alface no Sistema Hidropônico.....	49
5.2.1. Qualidade da Água da Solução Nutritiva	49
5.2.2. Operação do Sistema Hidropônico e o Desenvolvimento da Alface.....	51
5.2.3. Procedimento da Colheita, Acondicionamento e Análise Microbiológica..	55
5.3. Orçamento dos Filtros e do Sistema Hidropônico	57
6. Conclusão e Recomendações.....	59
Referências Bibliográficas	61

Resumo

Reúso de Águas Cinza Escura no Cultivo Hidropônico

O reúso de águas cinza escura no cultivo hidropônico após o tratamento em filtros de brita e areia de diferentes granulometrias foi estudado no campus do CCTA/UFCG, visto que o lançamento de efluentes sem tratamento em corpos receptores pode causar sérios danos ambientais e o seu reúso pode minimizar os efeitos adversos do déficit hídrico na região. 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 aparente. Os resultados obtidos nas análises foram propícios para hidroponia e também mostraram-se favoráveis comparados com os estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005 complementada e alterada pela resolução CONAMA 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. 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 reúso na hidroponia, desde que o sistema seja operado por pessoal treinado e qualificado, principalmente no que tange a higienização da água reutilizada e das hortaliças sub-irrigadas, para se evitar casos de contaminação, como o que aconteceu na amostra de alface desse experimento.

Palavras-chave: Tratamento, Filtros, Qualidade da água.

Abstract

Dark Grey Water Reuse In Hydroponic

The dark grey water reuse in hydroponic cultivation after treatment in gravel and sand filters of different granulometrics was studied on the campus of CCTA/UFCG, since the release of untreated effluents in receptors can cause serious environmental damage and its reuse can minimize the adverse effects of water deficit in the region. Analyses were undertaken of the physical, chemical and microbiological parameters for gray water samples *in natura* and the three effluent filters. One can observe a removal efficiency of approximately 30 to 98% of turbidity and 30 to 95% apparentcolor. The results obtained in the analysis were conducive to hidropônia and also proved favourable compared with those set out in the resolution CONAMA 357/2005 supplemented and amended by CONAMA resolution 430/2011, for release in effluent standards bodies. It was noted that the values of pH, temperature, materials liable to sedimentation and nutrients showed acceptable levels for disposal. It is concluded that the system of filters can be applied both to the grey water treatment for disposal in bodies as receivers for reuse in hydroponics, since the system is operated by trained and qualified personnel, especially as it pertains to sanitize the water reused and under-irrigated greenery, to avoid cases of contamination, like what happened in the sample of lettuce this experiment.

Keywords: Treatment, Filters, Water quality.

1. Introdução

A degradação dos recursos hídricos é decorrente principalmente das atividades antrópicas e do uso exploratório das atividades industriais, que acontece pela eliminação de águas residuárias, na maioria das vezes, lançadas sem nenhum tratamento e em quantidades incompatíveis à autodepuração dos corpos receptores. Esse lançamento gera excessiva carga de matéria orgânica e inorgânica, tornando esses recursos inadequados para seus usos múltiplos, e conseqüentemente, afetando a qualidade de vida e o meio ambiente (COSTANZI; DANIEL, 2005; NASCIMENTO; HELLER, 2005; TUNDISI, 2006).

O Brasil ainda apresenta um quadro alarmante no atendimento de serviços de saneamento básico, sobretudo, no que tange o esgotamento sanitário. 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 superficiais e subterrâneos, como também o solo. Essa prática ainda favorece transmissão de várias doenças, que além de causar danos à saúde e levar a óbitos, se convertem em problemas de ordem econômica, traduzidos pelo aumento do número de faltas ao trabalho, gastos com internações, além do comprometimento da frequência escolar pelas crianças, isto é, os investimentos feitos no setor de saúde para atendimento das doenças causadas pela falta deste serviço são superiores àqueles relativos à adoção de medidas que visam à destinação final adequada das águas residuárias, como a implantação de serviços de coleta, tratamento e disposição de esgotos domésticos.

Nesse contexto ressalta-se a importância do tratamento de águas residuárias principalmente as formas de tratamento simples e de fácil acesso como é o caso dos filtros de areia e brita. O processo de tratamento de esgotos por filtros de areia é caracterizado por elevada remoção de poluentes, com operação intermitente.

O filtro de areia é descrito na NBR 13.969 que caracteriza esse instrumento como sendo a “[...] filtração do esgoto através da camada de areia, onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação), devido aos microorganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia,

sem necessidade de operação e manutenção complexas” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 11).

É avaliado que se o reaproveitamento do efluente tratado for atrativo, o filtro de areia pode ser usado como unidade de polimento dos efluentes. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 11). Uma qualidade bastante atrativa do filtro de areia é que seu efluente não apresenta cor e nem odor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 6).

Segundo Van Der Hoek *et al.* (2002), as maiores vantagens do reúso no setor primário, consiste na possibilidade de aproveitamento dos nutrientes que ela concentra, além da redução de gastos com compra de fertilizantes químicos e por outro lado, contribuir para a mitigação dos impactos ambientais.

Vale salientar que 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. Estas localidades, geralmente, contam com fossa séptica, que recebe apenas os dejetos (fezes e urina) provenientes dos vasos sanitários, contudo os resíduos líquidos provenientes das demais instalações hidráulicas são lançados à céu aberto nas ruas, favorecendo o contato dos animais com os esgotos, que se servem dos restos de alimentos, provenientes da lavagem dos utensílios domésticos.

A água proveniente de pias de cozinha denominada de água cinza escura, além de conter restos de alimentos, apresenta altas concentrações de óleo, gordura e detergentes, sendo mais poluente do que as águas negras, que são aquelas oriundas de vaso sanitário.

As águas cinzas podem causar bloqueio nos sistemas de aplicação no solo e apresentam altas concentrações de coliformes termotolerantes (2×10^9 UFC/100 ml) e alta concentração de detergentes que podem torná-la alcalina. No caso de infiltração das águas cinza no solo pode haver contaminação do lençol freático, devido à presença de compostos xenobióticos originados nos produtos químicos utilizados nas residências (ERIKSSON *et al.*, 2001).

Este trabalho visou promover o tratamento da água cinza escura proveniente da pia da cozinha de uma das cantinas do CCTA-UFCG (Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar- Universidade Federal de Campina Grande), através de um filtro caseiro de areia e brita, para o reúso da água tratada no cultivo de alface em um sistema hidropônico, avaliando o desempenho do sistema, como também, servir para minimizar os processos de degradação ambiental e promover a melhoria da segurança alimentar familiar.

Em um olhar mais amplo, este trabalho teve como propósitos:

- desenvolver uma tecnologia que auxilie na redução dos impactos ambientais negativos gerados pelo despejo de águas residuárias nos corpos hídricos e no solo;
- ajudar na mitigação de possíveis casos de doenças relacionadas com a falta de esgotamento sanitário em áreas desprovidas deste sistema;
- contribuir com a diminuição do uso da água potável para a agricultura;
- colaborar na educação ambiental com a idéia de reutilizar materiais/objetos para o tratamento de água de uso não- potável;
- reforçar a sustentação de ideias para o reuso de água cinza no cultivo de hortaliças em comunidades rurais para subsidiar a segurança alimentar das famílias.

A aplicação de águas servidas tratadas para irrigação de culturas e plantas está se tornando uma prática comum em todo o mundo, uma vez que possibilita a diminuição de problemas como escassez de água (LUBELLO, 2004).

Pretendeu-se mostrar os resultados alcançados através da análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água, observando-se o desempenho do filtro de areia e brita, para o tratamento de água cinza escura, assim como, avaliar o reúso dessa água para o cultivo hidropônico da hortaliça alface.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo principal, construir um sistema para reutilizar a água cinza escura, oriunda de pia de cozinha, tratada através de um filtro caseiro de areia e brita, para destiná-la ao cultivo hidropônico da hortaliça alface, bem como, avaliar o desempenho de todo o sistema.

2.2. Objetivos Específicos

- Instalar um filtro de fácil confecção e baixo custo no Campus CCTA-UFCG;
- Instalar um sistema hidropônico no Campus da UFCG;
- Monitorar o efluente do filtro para avaliar a sua eficiência no tratamento de água cinza escura;
- Avaliar o crescimento e desenvolvimento da hortaliça alface no sistema hidropônico, sub- irrigadas com água cinza escura tratada.

3. Revisão Bibliográfica

Saneamento básico é um serviço público que compreende os seguintes sistemas: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, coleta e destino final adequado do lixo e controle de vetores (ratos, mosquitos, etc). Sendo destes, o sistema de esgotamento sanitário objeto do presente estudo.

3.1. Águas Cinza

As águas cinza são aquelas provenientes exclusivamente do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque, não recebendo portanto, contribuição de efluentes de vasos sanitários (OTTOSON; STENSTRÖM, 2003).

Henze e Ledin (2001) dividem as águas cinza em duas categorias: águas cinza clara e águas cinza escura. As águas cinza clara são águas residuárias provenientes do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas. Já as águas cinza escura apresentam em sua mistura as águas provenientes da pia da cozinha e da máquina de lavar pratos.

3.1.1 Tratamentos de Águas Cinza

Segundo Ramon *et al.*(2007), o uso de filtros e reatores solares em série se destaca para o tratamento de águas cinza. A adoção de filtros no tratamento dessas águas objetiva reduzir a carga orgânica do efluente, sendo constituídos geralmente de areia grossa, brita e cascalho; enquanto, os reatores solares são estruturas construídas em alvenaria ou de fibra de vidro que possibilitam a inativação de microrganismos patogênicos pela exposição direta à radiação solar.

Existem vários tipos de filtros geralmente compostos de material super poroso, como por exemplo, brita, areia e terra, que com seus poros absorvem bastantes partículas. O carvão ativado é um elemento filtrante mais eficaz (AMEZOO, 2008).

O reúso de águas cinza enquadra-se no reúso não-potável, na qual pode ser utilizada para vários fins, destacando-se principalmente, o reúso doméstico (rega de

jardins residenciais, lavagem de veículos e de áreas impermeáveis, descarga de vasos sanitários) e agrícola. Segundo Eriksson *et al.* (2002), diferentes tipos de águas cinza podem ser adequados para diferentes tipos de reúso e irá requerer diferentes tipos de tratamento, dependendo do reúso que se pretende dar a ela (BAZZARELLA, 2005).

O aproveitamento de águas cinza pode resultar em economia de água potável e de energia elétrica e na menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações, e ainda, na preservação dos mananciais de água, por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas (ERIKSSON *et al.*, 2002).

3.1.2 Utilidades das Águas Cinza

Para Cerqueira *et al.* (2008), as águas de qualidade inferior, como as águas residuárias, particularmente as domésticas, devem sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura, assim uma nova tática de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo, visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “o reúso de água”. Aproximadamente 500.000 hectares de terras agrícolas, em cerca de 15 países, estão sendo irrigados com águas residuárias domésticas, entre eles Israel, que detêm um dos mais ambiciosos programas de reutilização de águas, sendo que 70% das águas residuárias do país são reutilizadas para a irrigação de 19.000 hectares.

O reúso de água já vem sendo amplamente empregado na indústria, sobretudo em torres de resfriamento, caldeiras, construção civil, irrigação de áreas verdes e em alguns processos industriais, onde a utilização de água com menor padrão de qualidade não ocasione maiores problemas. Desta forma, o reúso de água para fins não potáveis deve ser considerado como primeira opção para reúso (HESPANHOL E MIERZWA, 2000).

3.2. O Cultivo Hidropônico

A hidroponia constitui-se em uma técnica de produção de plantas na qual o solo é substituído por uma solução nutritiva composta de água e elementos minerais

(FURLANI, 1998). O cultivo hidropônico da alface utiliza a Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT). Nela a solução nutritiva flui sobre os canais de cultivo, onde se alojam as raízes, irrigando-as e fornecendo oxigênio e nutrientes para as plantas. A estrutura básica para este sistema de cultivo é o tanque de solução nutritiva, conjunto motor-bomba, tubulação de distribuição de solução nutritiva, canais de cultivo, tubulação coletora e temporizador (STAFF, 1998).

Segundo Faquin *et al.* (1996), a hidroponia apresenta uma série de vantagens, tais como, produção em pequenas áreas, utilização de baixa quantidade de água e fertilizantes, redução do número de operações durante o ciclo da cultura, antecipação da colheita e redução drástica de defensivos agrícolas.

Para Resh (1997), a hidroponia era considerada uma ciência jovem, sendo utilizada como atividade comercial há apenas 40 anos até então. Nesse curto período de tempo a técnica foi adaptada a diversas situações: nutrient film technique (NFT), denominada técnica do fluxo laminar de nutrientes; deep film technique (DFT), denominada floating em substrato e aeroponia, sistema em que as raízes das plantas ficam suspensas recebendo água e nutrientes por atomizadores.

Carrasco e Izquierdo (1996), afirmavam que o principal sistema de cultivo hidropônico utilizado no Brasil era o denominado NFT - "Nutrient Film Technique", o mesmo que prevalece nos dias atuais, ou seja, a técnica do fluxo laminar de nutrientes. Nas condições brasileiras, as culturas de alface e rúcula são as que mais têm sido cultivadas com esse sistema.

A alface é uma planta herbácea, com caule pequeno e não ramificado, seu sistema radicular compõe-se de raízes curtas, alcançando cerca de 20 cm de profundidade. Pode-se indicar temperaturas ao redor de 30°C como máximas, e de 6°C como mínimas. Quanto à umidade relativa do ar a faixa compreendida entre 60 e 80% é a ideal. Em relação ao ciclo da cultura, em hidroponia varia de 50 a 60 dias, dependendo das condições climáticas e da variedade. Os espaçamentos usuais em hidroponia são 0,25 a 0,30 e 0,25 a 0,30 cm, correspondendo à densidade de 11 a 16 plantas por m² (MARTINEZ, 2005).

3.3. Reúso na Agricultura

O uso consuntivo de água para a agricultura no Brasil em grandes números era de 70% do total consumido, com forte tendência para chegar a 80% até o final do ano transcorrido de 2010, com isto, percebe-se que a agricultura dependia e ainda depende até os dias de hoje do suprimento de água a um nível tal, que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo (HESPANHOL, 2003a).

Conforme os autores Araújo, León e Cavallini (1999), o reúso de água tratada tem sido praticado mundialmente, em particular em regiões áridas ou semiáridas, como se pode confirmar em países como o México (Vale de Mezquital), Tunísia (Tunis), Arábia Saudita (Riyadh e Dirab), Estados Unidos (Califórnia), Chile (Santiago) e Israel. Ainda segundo eles, os principais cultivos irrigados com águas residuárias nesses países são milho, alfafa, aveia, cevada, feijão, trigo, cabaceira, pimenta, tomate, cítricos, algodão, eucalipto, árvores e sementes de vegetais, grama e árvores natalinas e forrageiras.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), no Brasil, a prática do uso de águas residuárias, principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras, é de certa maneira difundida, entretanto, constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle.

4. Metodologia

4.1. Confeção 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, a exemplo dos baldes utilizados mostrados na FIG. 1, 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 vinte litros cada, destes, três foram usados na confecção dos filtros, que foram alocados 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.

Figura 1. Baldes utilizados para confecção dos filtros.



Fonte: Acervo pessoal.

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". O filtro 1 (superior) foi preenchido com uma camada de brita nº 19 e uma camada de areia, com 10 centímetros cada. O filtro 2 (intermediário) foi preenchido com uma camada de pedrisco e um camada de areia, tendo 10 centímetros cada. A areia foi peneirada de acordo com as peneiras

de malha 10 para o filtro 1 e malha 8 para o filtro 2. No filtro 3, fez-se a mistura das duas granulometrias de brita e de areia, como mostra a FIG. 2.

A espessura de cada camada foi definida de acordo com a sua proporcionalidade em relação ao tamanho dos baldes e a quantidade de material de enchimento disponível.

Para cada filtro foi utilizada uma malha de nylon de formato circular entre uma camada e outra de brita e areia 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: Acervo pessoal.

Na parte superior do filtro 1, um saco reutilizável de cebola, doado por um comerciante de frutas da cidade de Sousa-PB, tem a funcionalidade de conter os materiais mais grosseiros que constituem os esgotos domésticos, 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 no meio ambiente. 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 encontram-se resíduos de materiais da construção civil, como o "tubo rugado" ou "conduíte", material utilizado para instalar os fios de energia da rede elétrica de residências, o mesmo foi recortado em pequenos pedaços, servindo como meio de suporte para aderência de microrganismos decompositores. Cada filtro contém uma torneira conectada a um cano de 20 mm perfurado (tubo de

drenagem), localizado no interior do fundo do balde, para recolhimento de amostras individuais para análises (FIG.3).

Figura 3. Cano perfurado para drenagem de água dos filtros (esquerda). Filtros com confecção concluída (direita).



Fonte: Acervo pessoal.

4.1.1. Primeiro Modelo de Filtros (1° TESTE)

Após a confecção dos filtros, realizou-se um teste de infiltração que consistiu em introduzir água potável no primeiro filtro, com uso de um regador de jardim com capacidade de cinco litros, de maneira que, em forma de filtração descendente, a água percolasse até o último balde e com as torneiras dos filtros abertas, observou-se que a água poderia ser coletada nas torneiras, possibilitando as análises de cada filtro.

Os resultados para a eficiência de filtração descendente da água foram bem satisfatórios, como pode-se observar na FIG. 4, demonstrando que a análise individual de cada filtro é possível, para então, verificar se realmente os filtros em diferentes granulometrias, desempenham um papel significativo no tratamento da água cinza para reutilização em fins não potáveis.

Os filtros foram instalados ao lado do Laboratório de Análise da água (LAAg) da CCTA-UFCG 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.

Figura 4. Teste de percolação dos filtros com água limpa.



Fonte: Acervo pessoal.

Após a montagem do sistema e o teste de infiltração, iniciou-se o processo de alimentação dos filtros com águas cinza advinda da cantina do CCTA-UFCG, 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.

Devido a esse problema, foi necessário montar um novo sistema de filtros, sem furos localizados no fundo, mas sim, com o efluente saindo através de uma torneira conectada a uma mangueira que interliga um filtro ao outro, sendo eficientemente necessário para a captação das amostras para as análises laboratoriais individuais de cada filtro.

4.1.2. Segundo Modelo de Filtros (2° TESTE)

Para a confecção dos novos filtros, foram adquiridas areia e brita no próprio campus, onde dispunham-se de resíduos da construção civil de edificações finalizadas, objetivando o fortalecimento da idéia de reutilização de materiais.

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 na 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. A 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 (FIG. 5).

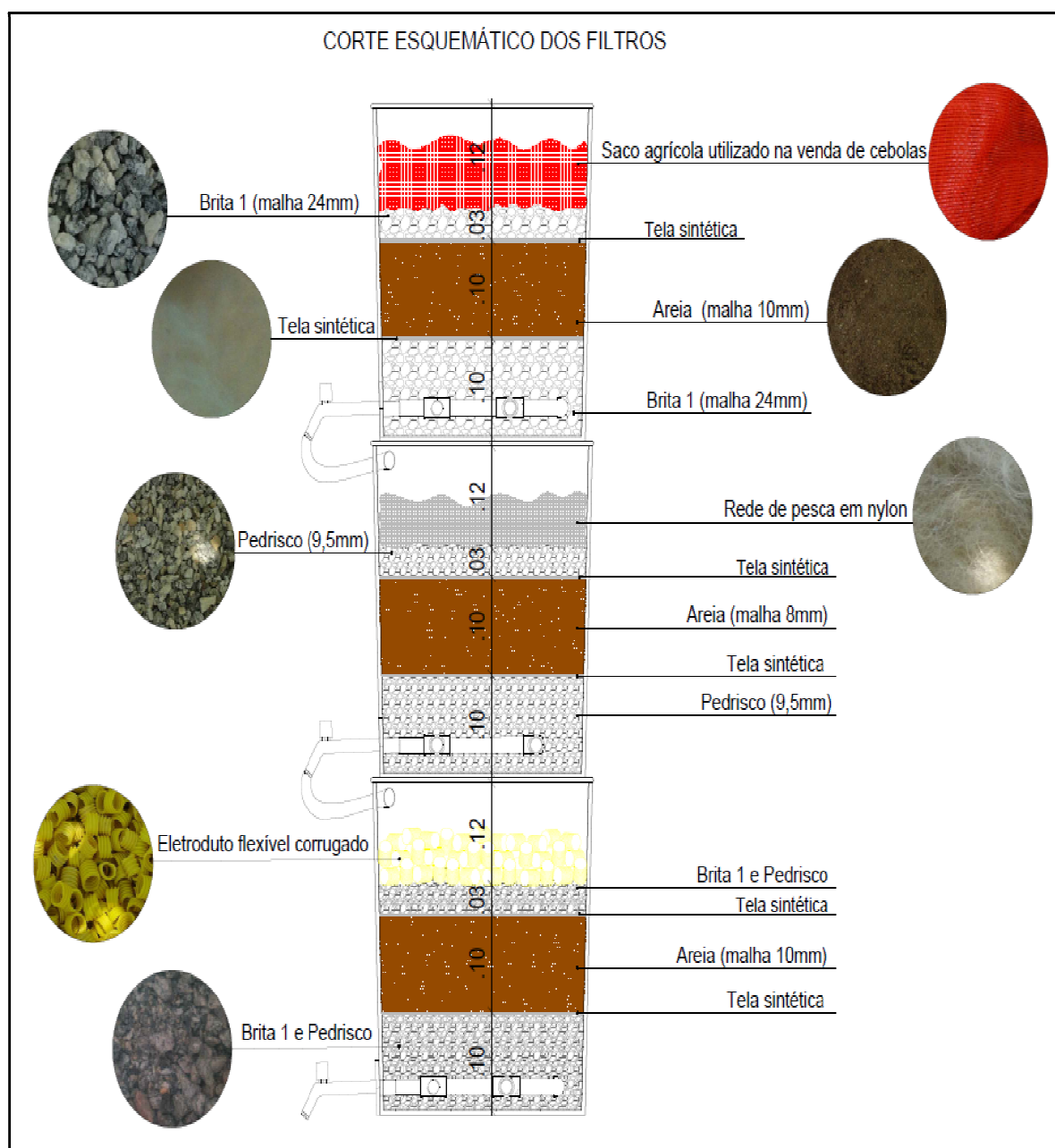
Figura 5- Novo sistema de filtros desenvolvido para a captação de amostras de água tratada.



Fonte: Acervo pessoal.

Com o devido modelo de filtros definidos, como mostra o corte esquemático abaixo (FIG. 6) e os problemas solucionados para o correto funcionamento dos mesmos, prosseguiu-se com o experimento e com as análises laboratoriais para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água tratada, tais como: pH, temperatura, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos sedimentáveis, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), dentre outras, para se avaliar o desempenho e a eficiência dos filtros.

Figura 6- Corte esquemático dos filtros para o tratamento da água cinzas escura.



Fonte: Autoria própria.

4.2. Confeção e Instalação dos Canais para o Sistema Hidropônico

Para o projeto piloto de hidroponia, foram utilizados 2 canos de PVC de 75 mm, medindo 2 metros de comprimento cada um, com a sua superfície externa revestida com tinta da cor prata, para haver maior reflexão da luz e reduzir o aquecimento na solução nutritiva. Com uma broca de serra copo em uma furadeira, foram abertos 14 orifícios ao longo dos canais, com espaçamento de 20 cm entre um orifício e outro. Também foram utilizados 2 joelhos de 90°, 2 juntas de PVC e 2 CAP de 75 mm para se fazer as conexões.

O sistema foi implantado na forma horizontal de cultivo (bancada), apoiado sobre dois cavaletes de madeira, com a sua declividade ajustada para ocasionar o escoamento por gravidade logo após o bombeamento da solução nutritiva do reservatório para os canais (FIG. 7).

Figura 7- Canais para sustentação da alface e escoamento da solução nutritiva.



Fonte: Acervo pessoal.

4.3. Implantação das Mudas da Alface do Tipo *Crespa* no Sistema Hidropônico

As mudas de alface, mostradas na FIG. 8, foram adquiridas já germinadas de uma estufa de plantio em sistema hidropônico, localizado no município de Parelhas no Rio Grande do Norte, totalizando 12 mudas. As mesmas já eram cultivadas em espuma fenólica que é um substrato derivado de resina fenólica, leve, estéril e de fácil manuseio, o que facilita seu uso em processos automatizados. É um material sem atividade química, comercializado em placas com cubos de diversas dimensões. Para alface emprega-se cubos de 2x2x2 cm de lado (MARTINEZ, 2005).

O transplântio das mudas ocorreu logo após as mesmas apresentarem a 4ª folha. Um orifício com as dimensões da espuma fenólica foram abertos no fundo dos copos de plástico de 300 ml para o encaixe e sustentação das mudas, deixando-se uma porção da espuma para fora do copo, na parte inferior, com a finalidade de haver o contato da mesma, com a solução nutritiva que passa pelos canais, através do sistema NTF.

Figura 8- Mudas de alface da variedade *Crespa* em espuma fenólica para hidroponia



Fonte: Acervo pessoal.

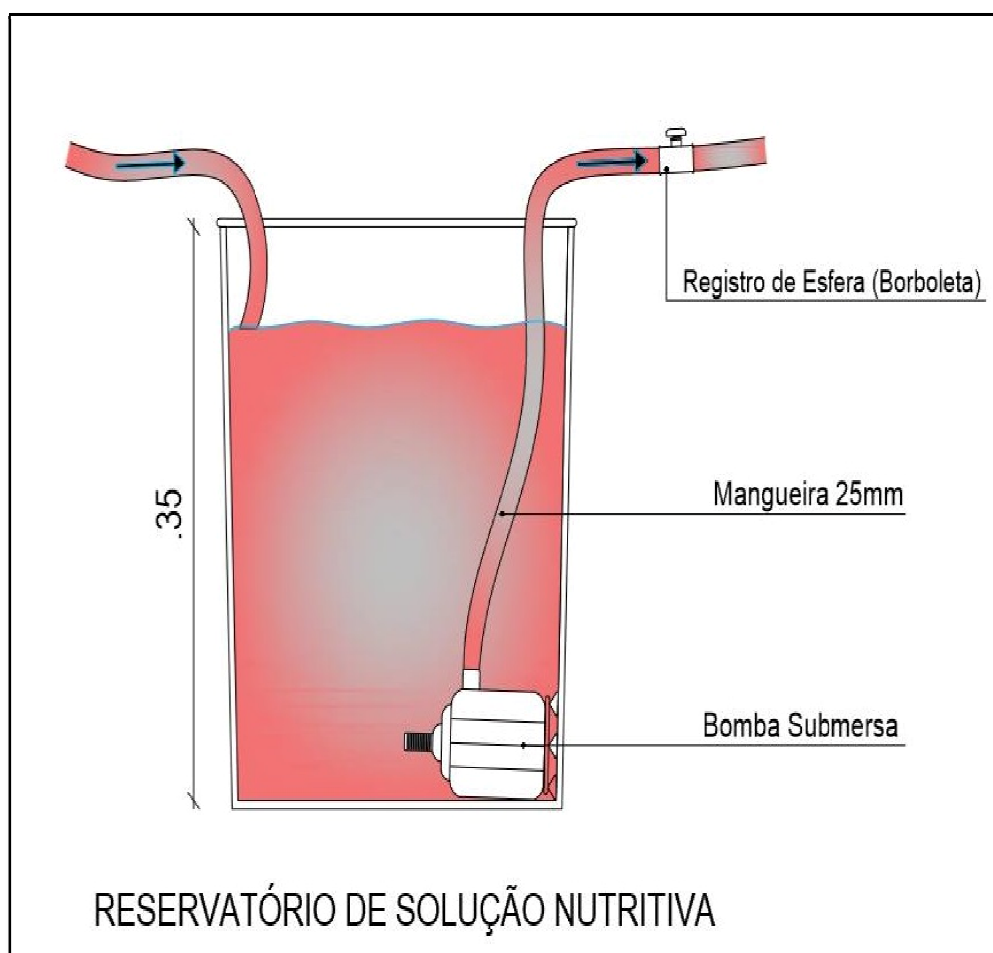
4.4. Confecção do Reservatório da Solução Nutritiva

Um balde de PVC de 20 litros serviu como recipiente para o armazenamento da solução nutritiva, onde em sua parte superior foram abertos dois orifícios, um

para a passagem da mangueira de 25 mm que levou a solução nutritiva até o canal, como também, o cabo de energia elétrica da bomba submersa de aquário e o outro orifício na tampa servirá para a entrada da mangueira de 25 mm que levou a solução nutritiva advinda dos canais de volta ao reservatório, propiciando a oxigenação da solução.

Nas FIG's. 9 e 10 é possível visualizar o esquema de funcionamento do reservatório de solução nutritiva, que conta com um registro esfera 25 mm PVC soldável c/ Borboleta, o mesmo foi utilizado para se controlar a vazão de entrada no sistema de canais, regulando-se a lâmina de solução do sistema NTF (Nutrient Film Technique).

Figura 9- Corte esquemático do reservatório de solução nutritiva.



Fonte: Autoria própria.

Figura 10- Bomba submersa para elevação da solução nutritiva.



Fonte: Acervo pessoal.

A FIG. 11 mostra o temporizador analógico (TIMER) que foi utilizado para se programar o bombeamento da solução nutritiva para os canais, com intervalos de tempo de 15 minutos ligado e 15 minutos desligado durante o dia, das 06:00 às 18:00 horas e intervalos de 30 minutos durante o período noturno, programado das 18:00 às 06:00 horas da manhã, isso porquê a planta exige menos água durante o período noturno.

Figura 11- Temporizador utilizado no sistema hidropônico.



Fonte: Acervo pessoal.

4.5. Preparo da Solução Nutritiva

Os nutrientes para o preparo da solução nutritiva foram comprados já misturados entre micro e macro nutrientes para uma quantidade de 100 litros de água, gerando a solução apresentada na FIG. 12. Dividiu-se os nutrientes em forma de pó em 5 partes, com cada parte diluída em 20 litros de água cinza escura tratada para o reúso, vinda dos filtros de areia e brita. A cada 7 dias trocou-se a solução nutritiva e nesse momento, rapidamente, realizou-se a limpeza do reservatório para não deixar as plantas sem água por mais de 15 minutos.

Figura 12- Solução nutritiva preparada para o uso.



Fonte: Acervo pessoal.

4.6. Caracterização da Área de Instalação do Sistema Hidropônico

O sistema hidropônico esteve instalado no campus CCTA-UFCG, em uma casa de vegetação (estufa em forma de arco, sem climatizador), juntamente com outras culturas, durante todo o período de crescimento da hortaliça.

Durante o período da manhã, o sistema permaneceu todo o tempo em local sombreado, sendo que o período da tarde, manteve-se exposto à alta radiação solar, já que o mesmo, encontrou-se alocado no lado oeste da estufa.

4.7. Análises Laboratoriais para o Acompanhamento da Eficiência do Tratamento das Águas Cinza Escura

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

As amostras de águas cinza para as análises foram coletadas na cantina do CCTA-UFCG, 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 à 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, utilizando-se os equipamentos denominados de fotômetro de chama e espectrofotômetro. As análises para os parâmetros físicos e químicos restantes foram realizados no Laboratório de Análise da Água (LAAg), como também, os parâmetros microbiológicos, todos localizados no campus CCTA-UFCG. A metodologia para as análises, realizaram-se de acordo com os materiais, reagentes e equipamentos disponíveis nos laboratórios.

Na FIG. 13 mostra-se o local onde 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.

Figura 13- Local de coleta da água servida (cantina UFCG-CCTA) e filtro alimentado.



Fonte: Acervo pessoal.

Os seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água foram definidos para se analisar a eficiência dos filtros:

4.7.1. pH (Potencial Hidrogeniônico)

A leitura do pH foi realizada através do equipamento denominado de Phmetro de bancada, da marca DIGIMED, modelo DM-22, apresentado na FIG. 14, imediatamente após a coleta, onde as amostras foram colocadas em pequenos beakers de 50 ml para poder introduzir-se os eletrodos do equipamento e se efetuar a leitura, registrando-se os valores.

Figura 14- Phmetro DIGIMED, utilizado nas análises.



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.2. Temperatura (°C)

A medição da temperatura foi feita nas amostras coletadas nos cones Imhoff, introduzindo-se o eletrodo do termômetro digital apresentado na FIG 15 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.

Figura 15- Termômetro digital utilizado nas análises.



Fonte: www.incoterm.com.br

(Acesso em 21/08/2015)

4.7.3. Condutividade Elétrica (mS/cm)

A condutividade elétrica foi obtida por meio do instrumento de bancada em laboratório denominado condutivímetro, da marca TECNAL, modelo Tec-4MP (FIG. 16), emergindo o eletrodo em um becker de 50 ml contendo a amostra, aguardando-se a leitura à 25° C, ajustado pelo próprio equipamento.

Figura 16- Medição da condutividade elétrica.

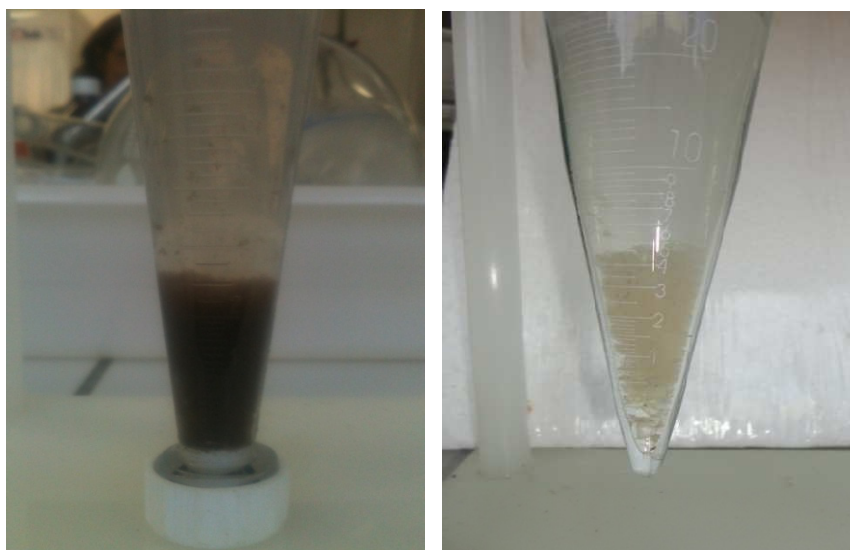


Fonte: Acervo pessoal.

4.7.4. Sólidos Sedimentáveis (mL/L)

Aplicou-se o método de simulação do cone Imhoff (FIG. 17), 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, descrita segundo a NBR 10561/88.

Figura 17- Cones Imhoff utilizados nas análises.



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.5. Oxigênio Dissolvido (OD em mg O₂/L)

A análise para o parâmetro OD foi realizada *in loco*, através do equipamento da marca Lutron, modelo DO-5519 (FIG. 18), emergindo-se o eletrodo nos cones Imhoff, logo após ter-se realizado a coleta das amostras nos filtros sem ocasionar o borbulhamento/oxigenação da amostra.

Figura 18- Medidor de oxigênio dissolvido



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO em mgO₂/L)

Para a preparação da água de diluição a ser usada na análise de DBO, saturou-se 1000 ml de água destilada, em um recipiente recoberto por papel alumínio, protegido de radiação ultravioleta, insuflando-se ar através de um motor de aquário no período de 24 horas. Antes da realização do procedimento de preparação da água de diluição, desligou-se o motor e aguardou-se 30 minutos para transformar o ambiente da água destilada de super saturada para saturada.

Com as soluções de fosfato, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico já preparadas de análises anteriores, 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). Pipetou-se em cada frasco, 50 ml de amostra, completando-se o volume do frasco com água de diluição pelo processo de sifonamento, tampando os fracos hermeticamente e aplicando-se o selo hídrico.

Após 5 dias incubados à 20° C, houve-se 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 DBO, registrando-se os valores para a realização dos devidos cálculos de DBO.

4.7.7. Turbidez (UNT)

Para as análises de turbidez, a aferição foi realizada em laboratório, através do equipamento de bancada denominado turbidímetro, do modelo POLICONTROL AP 2000, apresentado na FIG. 19, realizando-se 3 repetições para cada amostra, registrando-se o valor da média dos valores.

Figura 19- Turbidímetro utilizado nas análises.



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.8. Cor Aparente (UC)

O método para se analisar a cor aparente, se deu através do uso do equipamento de bancada da marca POLICONTROL AquaColor, mostrado na FIG. 20. Devido ao alto valor de cor, examinado pelo equipamento, ocasionou-se 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-se a análise com 3 repetições para cada amostra, registrando-se o valor da média entre os valores.

Figura 20- Equipamento de medição do parâmetro cor.



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.9. Odor

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

4.7.10. Nutrientes

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-se os equipamentos denominados de 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 (FIG. 21).

Figura 21- Equipamentos utilizados nas análises laboratoriais do laboratório de solos do CCTA.



Fonte: Acervo pessoal.

4.7.11. Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes

Para essa análise 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 da existência dos mesmos nas amostras de água cinza escura tratada, sendo esse procedimento 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 coletas e análises restantes foram executadas pelo autor (FIG. 22), com base em experiências adquiridas no acompanhamento de outros projetos, bibliografias consultadas e na disciplina de 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.

Figura 22 - Coleta de amostras para análises laboratoriais.



Fonte: Acervo pessoal.

4.8. Implantação do Sistema de Filtros em uma Residência na Cidade de Sousa-PB para a Irrigação de Culturas

O mesmo sistema de filtros foi implantado em uma residência na cidade de Sousa-PB, com o propósito de destinar o efluente tratado para uma área cultivada com vários tipos de culturas como mamão, jerimun, macaxeira, batata, feijão, milho, dentre outros.

De acordo com o Senhor Francisco de Oliveira, dono do imóvel, a prática de irrigação já era exercida com água cinza bruta à algum tempo e segundo ele já morreram vários pés (culturas), mas que outros sobrevivem e desenvolvem-se bem.

As águas negras da residência são destinadas à fossa séptica e as águas do banho, da pia da varanda, da máquina de lavar roupas e a da cozinha, que constituem as águas cinza, passam por três caixas de passagens até chegar ao quintal da casa, onde eram despejadas diretamente no solo em um só ponto, no qual foram desviadas através de canos de PVC 75 mm para a área de cultivo, sem qualquer tipo de tratamento (FIG. 23).

Figura 23 - Destino final de águas cinza para a irrigação.



Fonte: Acervo pessoal.

O sistema de filtros já está implantado na residência, mas ainda não está operando. Estuda-se a automatização do sistema de elevação da água cinza contida na terceira caixa de passagem para o primeiro filtro, para que de forma descendente, a água escoe por gravidade através dos canos de 75 mm até a área de cultivo mostrada na FIG. 24.

Figura 24 - Área de cultivo.



Fonte: Acervo pessoal.

Ao contrário do que foi proposto nesse trabalho, os filtros (FIG. 25) foram instalados e irão operar na residência, tratando águas cinza de todo o esgoto doméstico, aproveitando-se de todo o efluente produzido pela família, para gerar renda, segurança alimentar e promover a agricultura familiar.

Figura 25 - Filtros instalados em residência.



Fonte: Acervo pessoal.

Para contribuir significativamente com a racionalização da água, obter benefícios econômicos, sociais, de saúde e ambiental, espera-se que este projeto contribua relevantemente para a melhoria de tais indicadores e ajude a dissimular a prática da agricultura familiar, auxiliando na segurança econômica.

5. Resultados e Discussão

5.1 Análises Laboratoriais das Águas Cinza Escuras

5.1.1. Parâmetros físicos da água

5.1.1.1. Odor

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).

Conforme exposto na TAB. 1, observou-se que todas as amostras das águas brutas (AB) apresentaram odores leves. Nos resultados da 2^a, 4^a e 5^a análises, com exceção da 1^a (filtros limpos) e 3^a (filtros limpos após entupimento da amostra na 2^a análise), os efluentes dos filtros F1, F2 e F3, 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.

Tabela 1- Resultados das análises de odor nas amostras.

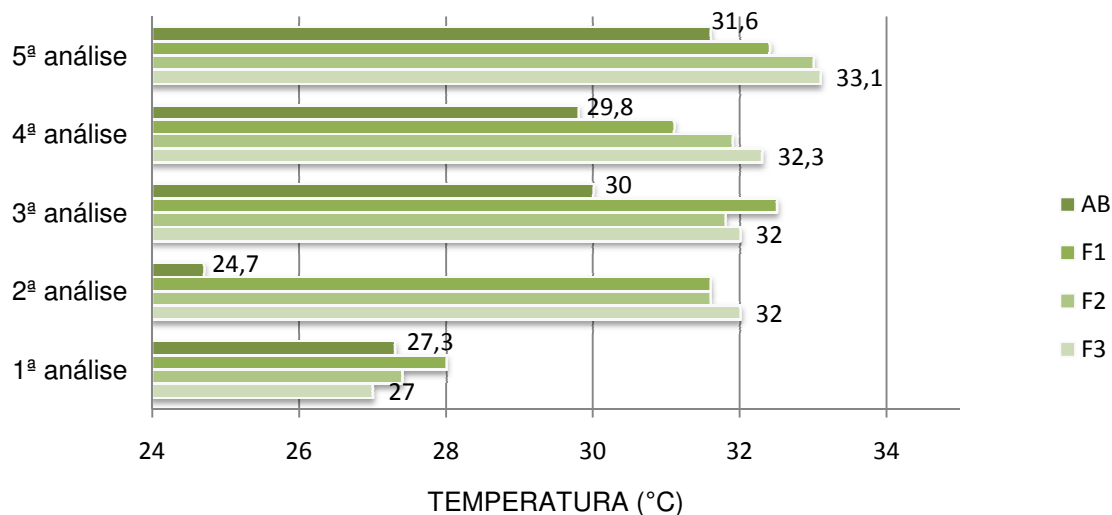
	1 ^a ANÁLISE	2 ^a ANÁLISE	3 ^a ANÁLISE	4 ^a ANÁLISE	5 ^a ANÁLISE
AB	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
F1	LEVE	INTENSO	LEVE	INTENSO	MUITO INTENSO
F2	LEVE	INTENSO	LEVE	INTENSO	MUITO INTENSO
F3	LEVE	INTENSO	LEVE	INTENSO	MUITO INTENSO

5.1.1.2. Temperatura

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).

No GRAF.1, verificou-se que 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, como mostra o gráfico. Esse efeito é atribuído à 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. Esses valores de temperatura são aceitáveis pela RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a mesma exige uma temperatura inferior à 40°C.

Gráfico 1- Resultados das análises de temperatura das amostras.



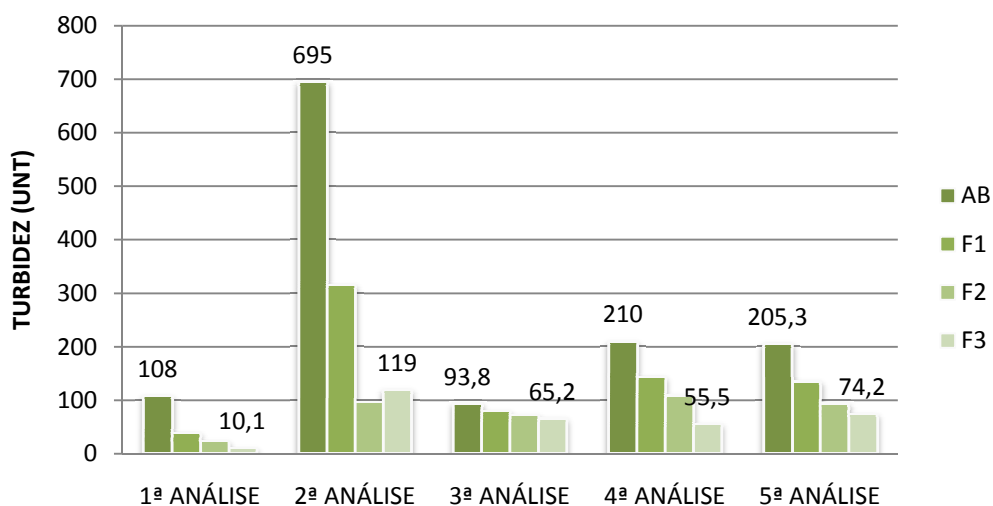
5.1.1.3. Turbidez

Representa o grau de interferência da passagem da luz através da água, devido à presença de partículas sólidas em suspensão como resíduos orgânicos,

que podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, impedindo a ação de alguns agentes desinfetantes.

A análise do GRAF. 2 mostra que o sistema de filtros apresentou grande remoção de partículas sólidas, diminuindo-se gradualmente as unidades de turbidez em todos os filtros e em todas as análises.

Gráfico 2- Resultados de turbidez.

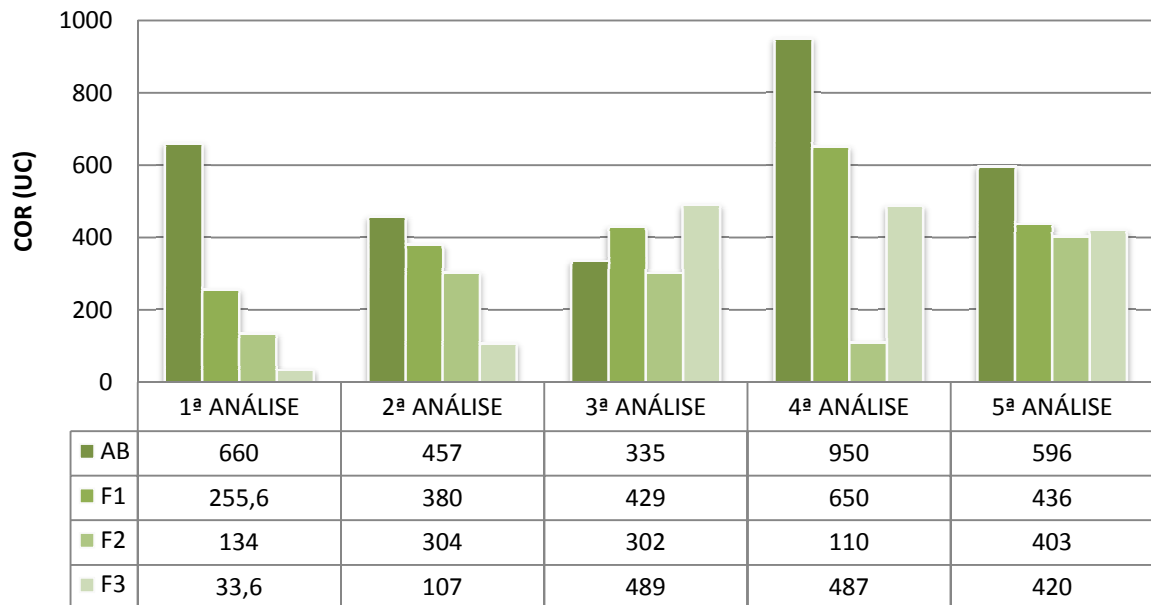


5.1.1.4. Cor Aparente

A cor é uma característica de água 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.

Observando-se o GRAF. 3, nota-se que com exceção da 3ª análise, houve uma elevada remoção de Unidades de cor (Uc) em todas as análises do sistema estudado, comprovando que o sistema opera com capacidade de retenção de substâncias dissolvidas ou partículas coloidais em suspensão.

Gráfico 3- Resultados das análises do parâmetro cor.



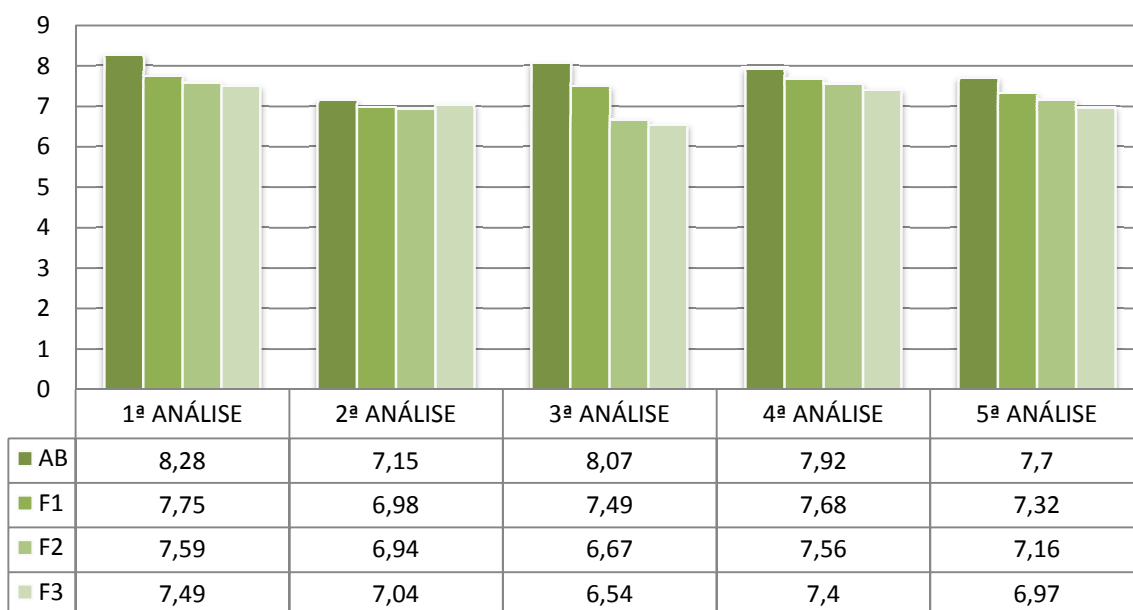
5.1.2. Parâmetros Químicos da Água

5.1.2.1. PH

Expressa a concentração de íons hidrogênio, determinando a condição de alcalinidade, neutralidade e acidez da água. Interfere nos processos de tratamento biológico de águas residuárias e a sua variação influencia o equilíbrio de compostos químicos.

O sistema apresentou-se satisfatório na redução do pH da água cinza escura, conforme mostrado no GRAF.4. 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, de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011 que apresenta valores aceitáveis de pH entre 5,0 e 9,0, para garantir a qualidade desses recursos.

Gráfico 4-Resultados de PH.

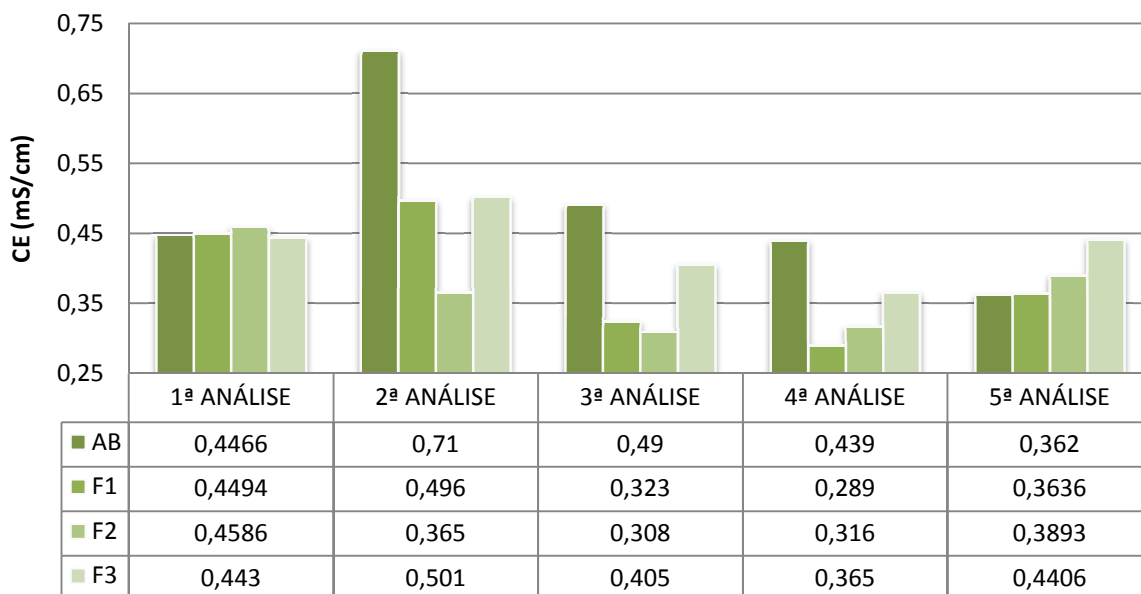


5.1.2.2. Condutividade Elétrica

Utilizada para medir a carga elétrica presente em uma solução devido a substâncias ionizadas dissolvidas na água, sendo que o seu valor aumenta com a elevação da temperatura. Parâmetro importante para a determinação de salinidade, gás sulfídrico e principalmente sólidos dissolvidos.

Observando-se o GRAF.5, percebe-se que nas quatro análises iniciais, ocorreu um decréscimo nos valores de condutividade, excetuando-se a análise 5, na qual 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.

Gráfico 5-Resultados de condutividade elétrica.

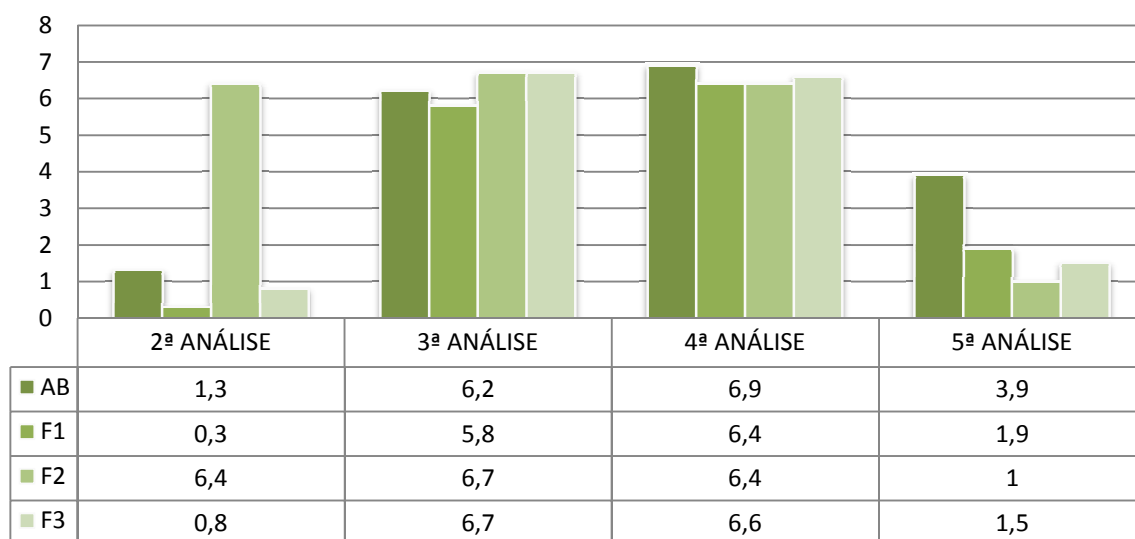


5.1.2.3. Oxigênio Dissolvido

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 anaeróbias que ocasionam odores desagradáveis. A alta temperatura aumenta a oxidação biológica e, conseqüentemente, a demanda de oxigênio.

Esse parâmetro começou a ser medido a partir da 2ª análise, onde a mesma apresentou valores anômalos conforme mostra o GRAF.6, 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. A 5ª análise representa o ambiente quase anaeróbio em que o filtro se encontrou, com valores de OD reduzindo-se à zero, extinguindo-se os microrganismos aeróbios, restando os facultativos.

Gráfico 6-Resultados de Oxigênio dissolvido.



5.1.2.4. Sólidos Sedimentáveis

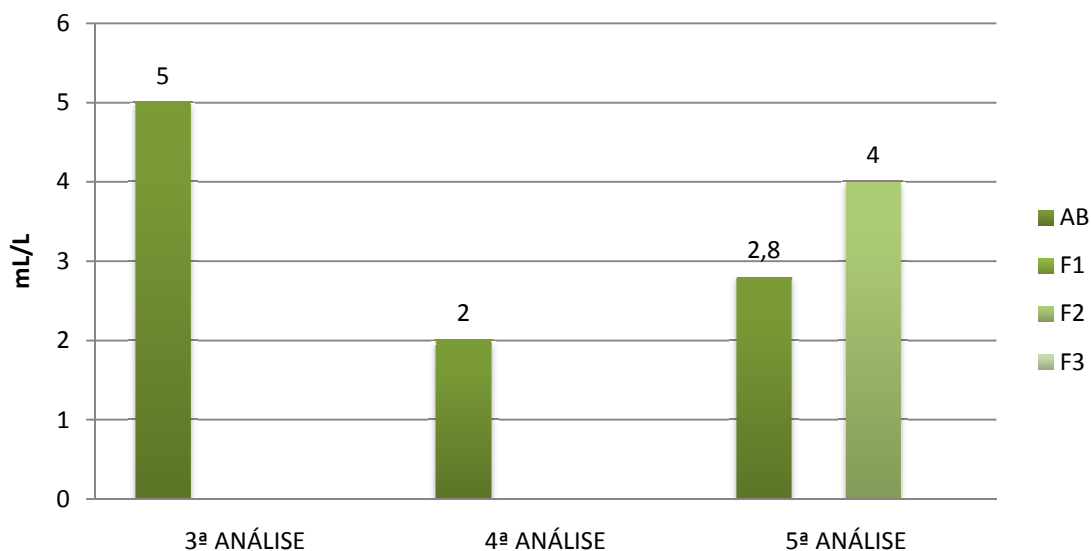
Quantidade de sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão, que se sedimentam quando o sistema está em repouso; serve como indicação da eficiência da sedimentação em um tanque de decantação e prevê o comportamento dos despejos ao atingirem um curso d'água.

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.

No GRAF.7, é possível observar nas análises 3 e 4, que após a passagem da água cinza pelos filtros, as amostras da água tratada não apresentaram sólidos sedimentáveis, diferentemente do que foi constatado nas amostras de água bruta, indicando que a água está de acordo com o padrão exigido pela RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011 que é de até 1mL/L. Esse método do cone Imhoff indicou a necessidade de tanque de decantação antes da chegada da água bruta aos filtros, para se obter maior eficiência e elasticidade na manutenção dos mesmos. Apenas a 5ª análise apresentou uma quantidade expressiva de matéria orgânica de cor amarelada, registrando-se o valor de 4mL/L no filtro 2, gerados por resquícios de materiais orgânicos arrastados para fora do filtro.

Constatou-se a eficiência dos filtros na remoção desse parâmetro, esta eficácia traduz-se na não poluição dos corpos hídricos por esses sólidos, mitigando impactos ambientais adversos, causadores da morte da fauna e flora aquática.

Gráfico 7- Resultados de sólidos sedimentáveis.



5.1.2.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅²⁰)

É a quantidade de oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias para a decomposição da matéria orgânica, transformando-a quase que totalmente em gás carbônico e água.

A proporção das reações de oxidação envolvidas no teste de DBO é gerenciada pelo número de organismos presentes no meio, resultantes da atividade biológica.

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.

Comparando-se o valor de DBO da água cinza bruta com os resultados da DBO dos filtros 1, 2 e 3 mostrados através do GRAF.8, 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.

Para o cálculo de DBO, subtraiu-se o valor de OD inicial do OD final (TAB. 2), apresentando os valores de DBO.

Gráfico 8-Resultados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

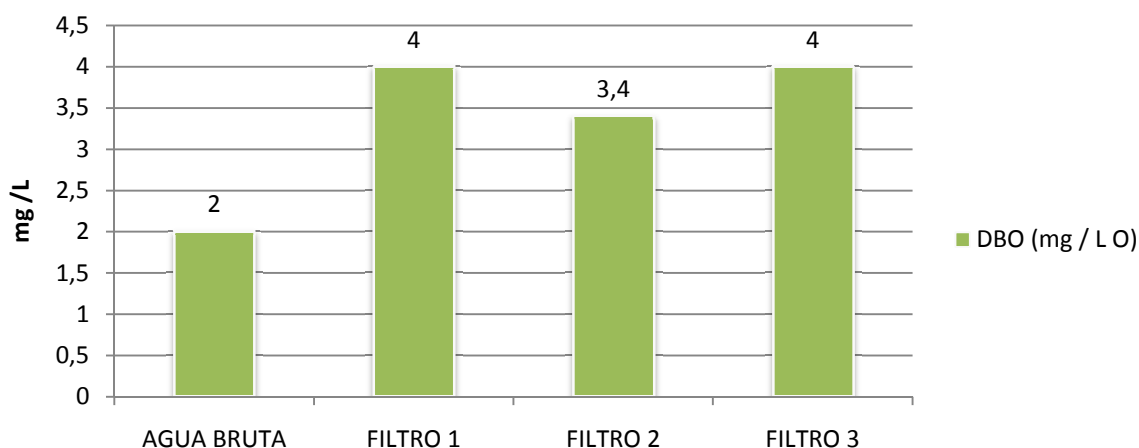


Tabela 2- Valores de oxigênio dissolvido (OD) para o cálculo de DBO.

AMOSTRAS	OD inicial	OD final
AB	6.4	4.4
F1	6.1	2.1
F2	5.9	2.5
F3	6.1	2.1

5.1.2.6. Nutrientes

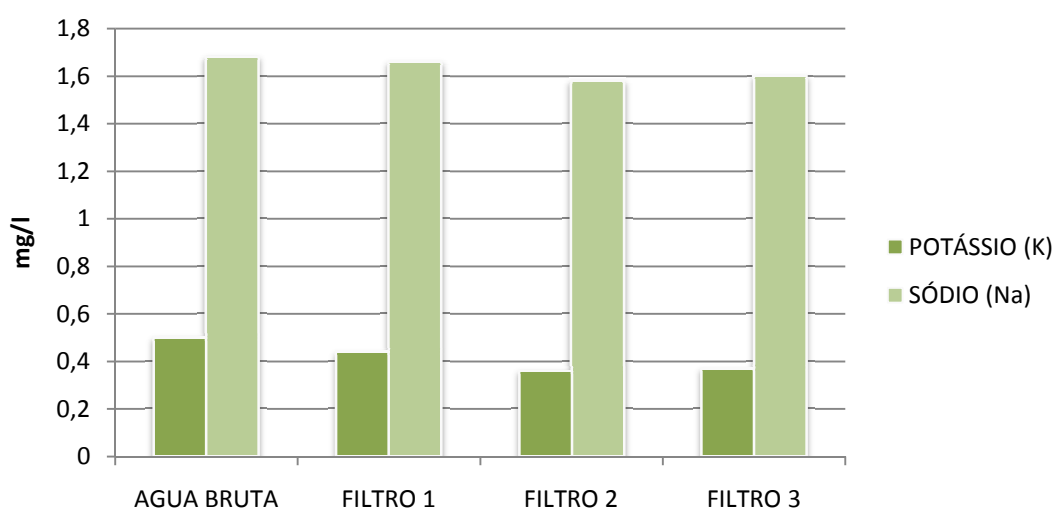
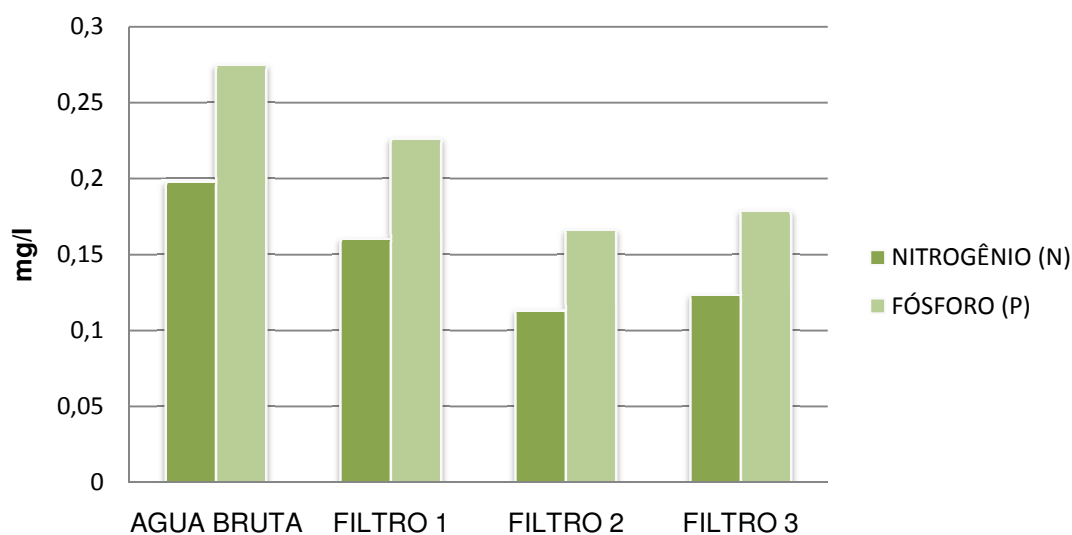
Tanto algas como bactérias precisam de nutrientes para se desenvolver. Dentre os vários elementos necessários, o nitrogênio, o fósforo e o carbono são os essenciais. Para o processo biológico, essas necessidades são totalmente supridas com o esgoto doméstico.

A partir do momento em que a água cinza escura vai passando pelo sistema de filtros, nota-se um decaimento na quantidade dos nutrientes (GRAF. 9), 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. Os valores dos nutrientes verificados de acordo com a TAB. 3 ficaram em níveis aceitáveis para o reúso na agricultura, podendo as plantas serem beneficiadas para sua nutrição.

Tabela 3- Valores de nutrientes apresentados pelos equipamentos e suas conversões.

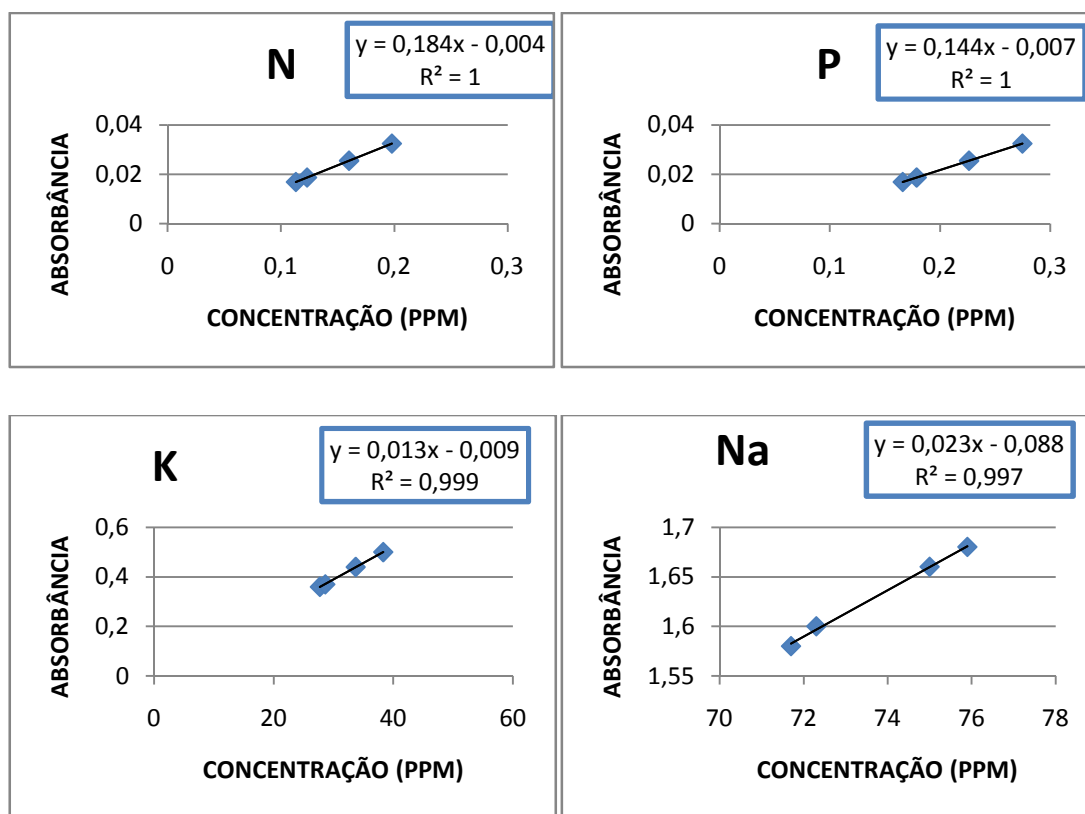
NUTRIENTES (N/P/K/Na)	AGUA BRUTA	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	
NITROGÊNIO (N)	92.8	94.3	96.2	95.8	T (%)
	0.032452	0.025488	0.016825	0.018634	A (UA)
	0.197899	0.160194	0.113291	0.123086	PPM
FÓSFORO (P)	91.1	93.2	96.2	96.6	T (%)
	0.040481	0.030584	0.016825	0.015023	A (UA)
	0.274666	0.226305	0.166145	0.178708	PPM
POTÁSSIO (K)	38.3	33.7	27.7	28.6	A (UA)
	0.5	0.44	0.36	0.37	PPM
SÓDIO (Na)	75.9	75	71.7	72.3	A (UA)
	1.68	1.66	1.58	1.60	PPM

Gráfico 9- Resultados para os nutrientes analisados.



Através do gráfico de Análise de Regressão (GRAF.10) é possível fazer uma estimativa das variáveis para se determinar os valores de nutrientes que podem ser previstos, a partir das variáveis apresentadas. Os valores de coeficientes de determinação (R^2) próximos a 1 (um), indica um bom ajuste na linha de dados.

Gráfico 10- Linha de tendência para cada nutriente analisado.



5.1.3. Parâmetros Microbiológicos da Água

5.1.3.1. Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes

Foi realizada apenas uma análise para a verificação da presença de coliformes totais e termotolerantes, na qual se constatou a presença de coliformes em todas as amostras, demonstrando contaminação da água, cabe ressaltar que os materiais de preenchimento dos filtros foram todos desinfetados para a sua operação. Porém vale salientar também, que o processo de tratamento da água cinza não requereu nenhum cuidado em termos de desinfecção do material coletor, pois o recipiente de recolhimento da água foi o mesmo para todas as demais análises, além disso, os filtros ficaram alocados em lugar exposto à ação do vento

que pode trazer impurezas. 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 apenas com materiais, equipamentos, reagentes e metodologia disponíveis nos laboratórios do campus.

5.2. Avaliação do Sistema Hidropônico e do Desenvolvimento da Alface no Sistema Hidropônico

5.2.1. Qualidade da Água da Solução Nutritiva

A redução no valor da condutividade elétrica indica que está havendo o consumo de nutrientes. As soluções nutritivas para a alface deve apresentar CE entre 2 e 4 mS/cm, o PH deve estar entre 5,5 e 6,5 e a temperatura máxima ao redor de 30°C e mínima de 6°C, com a umidade relativa do ar entre 60% e 80% para o adequado crescimento das plantas (PRIETO MARTINEZ, 2005).

A análise ocorreu após 5 dias do preparo da solução nutritiva. Comparando-se a condutividade elétrica da água reutilizada com a água da solução nutritiva, percebe-se que o valor de CE ficou bem abaixo das condições ideais que a planta precisa, indicando que a concentração de nutrientes diminuiu, apontando um alto consumo de nutrientes pelas alfaces. O pH manteve-se nos padrões exigidos para a cultura, sem a necessidade de correção nessa análise.

No período da tarde, a temperatura manteve-se na faixa de suporte máximo da planta, quando foi realizada a análise *in locu*, constatou-se às 14:49 horas, do dia 27/05/2015, a temperatura de 31,1°C (TAB. 4).

Devido à cor vinho que a solução nutritiva aponta, ocasionado pela diluição de nutrientes, a amostra apresentou um alto valor de cor, onde foi necessário diluir a amostra em 10 partes. Utilizando de uma proveta graduada, adicionou-se 10 ml da amostra e 90 ml de água destilada na proveta, adquirindo-se assim, uma nova amostra para a leitura no equipamento sem ocasionar erros, registrando-se um valor de 353 Uc.

Tabela 4- Parâmetros da qualidade da água da solução nutritiva.

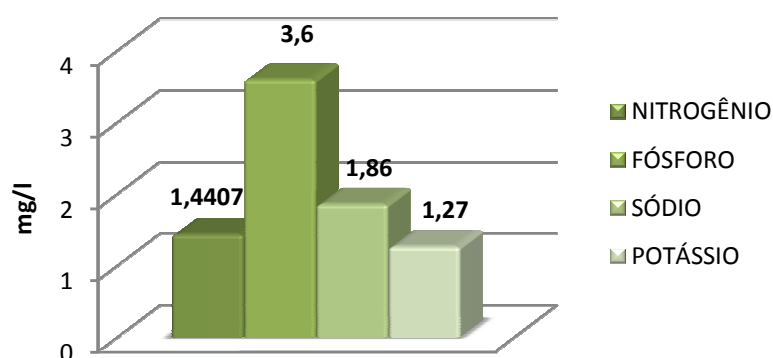
	AN (5 dias de uso)
1- PH	6,24 à 31,1
2- CE (mS/cm)	0.0033 à 27,5°
3- TEMPERATURA (C°) às 14: 49 hs	31.1
4- TURBIDEZ (UNT)	5.91
5- COR (UC) diluída à 10 ml de amostra e 90 ml de água destilada	353
6- ODOR	ausente

A turbidez apresentou baixos valores para a solução nutritiva, verificando quase que a ausência a presença de sólidos em suspensão.

Na análise da solução nutritiva realizada, com o método olfativo, constatou-se que a mesma não apresentava nenhum sinal de odor, sendo classificada como ausente nesse parâmetro, indicando-se que houve uma boa oxigenação da solução, já que, a água cinza reutilizada no processo, vinda dos filtros, apresentou um odor muito intenso.

As concentrações de nutrientes mantiveram-se bem abaixo do necessitado pelas plantas. De acordo com Martinez (2005), as concentrações de nutrientes exigidas pela hortaliça alface no sistema hidropônico requer 190 mg/l de nitrogênio, 31 mg/l de fósforo e 273,7 mg/l de potássio. Como demonstra-se no GRAF.11, esses valores ficaram significativamente inferiores ao recomendado pela metodologia.

Gráfico 11- Concentrações de nutrientes presentes na solução nutritiva no 5º dia após preparo



5.2.2. Operação do Sistema Hidropônico e o Desenvolvimento da Alface

O sistema hidropônico manteve-se instalado na casa de vegetação durante o período de 06/05/2015 à 22/06/2015, dia em que se realizou a colheita da alface para análise microbiológica.

Após o nascimento da 4ª folha das mudas de alface por definitivo, realizou-se o transplântio das mudas para os canais de solução nutritiva, através de um copo de plástico com orifício na parte inferior, com a intenção de haver o contato da solução nutritiva com a espuma fenólica, ocorrendo a devida nutrição da hortaliça para o seu desenvolvimento.

Como o sistema hidropônico reutiliza águas cinza tratada através de filtros de brita e areia, na segunda análise da água tratada e na primeira troca da solução nutritiva, constatou-se a presença de óleo e gordura em pequenas quantidades (FIG. 26), considerando-se que isso, foi suficiente para bloquear os poros da espuma fenólica, fazendo com que houvesse a morte de algumas amostras de alfaces, além de outros problemas encontrados, como o excesso de algas na superfície dos canais, problema constatado devido ao sistema hidropônico estar exposto à radiação solar (FIG. 27).

Figura 26- Óleo e gordura da água cinza aderida a espuma fenólica.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 27- Presenças de algas nos canais de hidroponia.



Fonte: Acervo pessoal.

A presença de *Planococcus citri*, comumente chamados de cochinhas, também foi confirmada nas alfaces (FIG's. 28 e 29). Originário do México, este bichinho mede de 2 a 5 milímetros de comprimento, se alimenta da seiva das plantas. A cochinha pode ter sido a responsável, ou a co-responsável pelo definhamento da hortaliça, já que não houve o controle químico e natural de pragas e doenças.

Figura 28- Presença de Cochinha em uma das amostras de alface.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 29 - Planococcus citri, popularmente conhecidos como cochonilha.

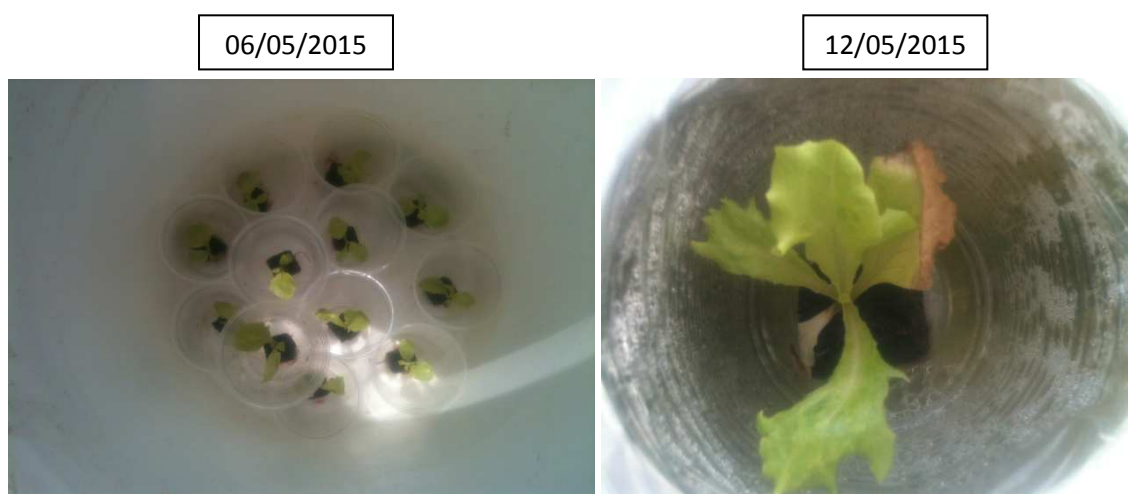


Fonte: <http://www.jardimdeflores.com.br/jardinagem/A26cochonilha.htm>.

Acesso em 10/08/2015.

A FIG. 30 mostra o desenvolvimento da alface durante todo o período do experimento, observando-se a diferença de tamanho e de coloração entre as amostras da hortalica, com umas se desenvolvendo mais do que as outras. Atribui-se esta causa, à falha operacional no método de execução, como também, no acompanhamento da concentração de nutrientes, pH, temperatura e condutividade elétrica na solução nutritiva, parâmetros de extrema importância para se monitorar a nutrição de hortaliças em cultivos hidropônicos.

Figura 30 - Etapas de desenvolvimento da alface no sistema hidropônico.





Fonte: Acervo pessoal.

Das doze mudas de alface implantadas no sistema, restou-se apenas uma amostra para a colheita, totalizando-se 91,7 % de mortalidade. Por causa da alta taxa de mortalidade das mudas, conclui-se que o experimento em cultivo hidropônico, deve ser operado com mais atenção e precisão, principalmente no que tange a reposição constante de nutrientes, acompanhamento dos parâmetros de qualidade da solução nutritiva e primordialmente, o local em que o sistema irá operar. Estes são fatores importantes que devem ser contornados nos próximos experimentos reutilizando a água cinza escura tratada por filtros de areia e brita, para se obter sucesso na colheita.

De acordo com a FIG. 31, nota-se que após 32 dias do transplântio para o sistema hidropônico, percebe-se o baixo desenvolvimento de uma das amostras em comparação com outra mais desenvolvida, além de se constatar o amarelecimento das folhas, provavelmente provocada pela insuficiência de NPK na solução nutritiva.

Figura 31 - Crescimento retardado da planta (esquerda) e clorose (amarelecimento) nas folhas (direita).



Fonte: Acervo pessoal.

O potássio (K) é o segundo elemento mais necessitado pela planta e sua carência retarda o seu crescimento e é caracterizado por clorose e necrose de bordos foliares, além de aumentar a sensibilidade à patógenos. O fósforo (P) nas plantas é absorvido através do íon H_2PO_4^- , principalmente em pH entre 2 e 7, sua deficiência em planta é caracterizada pelo crescimento lento e coloração verde-escuro nas folhas mais velhas. O nitrogênio é o mais exigido pelas plantas, influenciando de maneira essencial na produtividade e sua deficiência na solução nutritiva gera crescimento lento e clorose generalizada (MARTINEZ, 2005).

Através dos resultados obtidos da análise da solução nutritiva, percebe-se uma grande diferença de nutrientes entre a solução nutritiva utilizada com a solução nutritiva de composição ideal para o cultivo da alface. Isso mostra o quanto importante é para o desenvolvimento da hortaliça, um correto preparo da solução nutritiva, que supra as necessidades de nutrição das mesmas, bem como, é de crucial importância, as rotinas regulares no acompanhamento do cultivo e a habilidade técnica em manejar todo o sistema.

5.2.3. Procedimento da Colheita, Acondicionamento e Análise Microbiológica

Antes de se realizar o procedimento de colheita, necessitou-se de um processo de higienização, aplicando-se álcool, tanto nas mãos quanto na caixa de

isopor utilizada no acondicionamento da amostra, tudo isso para não haver a contaminação da amostra que cause interferências na análise microbiológica,.

Conforme a FIG. 32, a amostra de alface estava sustentada em um copo de plástico no sistema de canais, necessitando-se de corte para a retirada da hortaliça, separando-a da raiz, onde logo então, realizou-se o seu acondicionamento e encaminhamento à análise de coliformes totais e Escherichia Coli (FIG. 33).

Figura 32 - Colheita da alface do sistema hidropônico



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 33 - Amostra da alface em laboratório para a análise microbiológica.



Fonte: Acervo pessoal.

A análise microbiológica da alface foi realizada no Centro Vocacional Tecnológico-CVT, da cidade de Pombal- PB, por alunos do curso de Engenharia de Alimentos do CCTA-UFCG, sobre a orientação da professora Alfredina dos Santos Araujo. Nessa mesma análise foi detectada o valor de 210 NMP/g de coliformes totais à 35° e a 45°C, como também, o indicativo da presença de Escherichia Coli, coliforme termotolerante que indica contaminação fecal oriunda de organismos de seres humano.

De acordo com a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, esta amostra de alface encontra-se contaminada e imprópria para o consumo humano.

Para contornar esse problema de contaminação, deve-se levar à risco, todos os padrões de higienização, tanto da água cinza tratada para reutilização na hidroponia quanto para os processos de operação do sistema hidropônico e acondicionamento das amostras das hortaliças para a análise microbiológica, bem como, na entrega ao consumidor.

5.3. Orçamento dos Filtros e do Sistema Hidropônico

Como uma das desvantagens de se cultivar em um sistema hidropônico, são os seus altos custos de implantação, requerendo do investidor quantias superiores à que se necessita em cultivo agrícola no solo. 8765De acordo com os preços da atualidade, foi montada uma planilha de quantitativos (TAB. 5), identificando cada item implantado em todo o sistema, dando transparência do real custo, que mesmo sendo um projeto em escala piloto, requereu um investimento relevante.

Tabela 5- Planilha de custo para implantação do sistema de filtros e hidropônico.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
Item	Material	Quant.	Und.	Preço Unit.	Preço total.
1	Balde de polipropileno (cap. 20 litros)	4.00	und	5.00	20.00
2	Torneiras plásticas preta 1/2" para jardim	3.00	und	2.65	7.95
3	Flanges PVC soldável	3.00	und	5.88	17.64
4	Cola para cano PVC	1.00	Tb	1.10	1.10
5	Tela em nylon	4.00	m	3.39	13.56
6	Tubo PVC 75 mm	6.00	m	8.15	48.90
7	Tubo PVC 20mm	6.00	m	1.59	9.54
8	Joelho 90° soldável PVC 20mm	4.00	und	0.65	2.60
9	Tê soldável PVC 20mm	6.00	und	1.00	6.00
10	Cap soldável PVC 20mm	7.00	und	1.05	7.35
11	Joelho 90° PVC 75mm	2.00	und	6.35	12.70
12	Cap PVC 75mm	2.00	und	8.35	16.70
13	Registro esfera 20mm PVC soldável c/ Borboleta	1.00	und	3.25	3.25
14	Braçadeira metálica para tubos	4.00	und	0.95	3.80
15	Jogo com parafuso e Bucha de nylon 6mm	8.00	und	3.00	24.00
16	Bisnaga durepoxi 100 Gramas	1.00	und	7.60	7.60
15	Moto bomba submerso	1.00	und	98.40	98.40
16	Mangueira	5.00	m	2.00	10.00
17	Kit Hidroponia (Nutrientes para 100litros e 375 sementes de alface)	1.00	kit	29.99	29.99
Total					341.08

Fonte: Autoria própria.

6. Conclusão e Recomendações

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 de filtros 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 quanto para o seu uso na agricultura.

Constatou-se que o sistema hidropônico é capaz de utilizar-se da água cinza tratada para o reúso em sua operação, em consequência do sistema ainda ter sustentado uma amostra da alface até o final do ciclo, mas que ficou claro que é necessário rotinas regulares ao local de implantação do sistema, afim de se realizar manutenções nos canais e reservatório, dosagens e acompanhamento dos parâmetros da qualidade da água na solução nutritiva e, além de requerer habilidades técnicas e conhecimentos agrônômicos para a operação da hidroponia.

De acordo com o resultado da análise microbiológica da alface, a amostra apresentou-se imprópria para o consumo humano, conforme a RDC nº 12 de 2001 da ANVISA, acusando além da presença de coliformes totais, à presença de *Escherichia Coli*, coliforme termotolerante de origem do intestino do ser humano.

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.

Recomenda-se uma vez por semana, a manutenção do Filtro 1 para a remoção de sólidos que causam entupimentos dos poros da camada de brita e areia. Aconselha-se a retirada de 3 centímetros da camada de brita para lavagem e a raspagem de 3 à 5 centímetros da camada de areia com reposição de novo material desinfecionado, isso porque, o filtro 1 recebe a água cinza escura bruta (AB), amostra com maior carga orgânica e inorgânica, devido à isso, sua

manutenção deverá ocorrer com maior frequência para se evitar obstrução dos poros e perda de eficiência no tratamento. Para os demais filtros, sugere-se limpezas de uma à duas vezes mensais ou quando aparecer problemas de entupimento e diminuição da vazão. No dia da limpeza dos filtros, aconselha-se após o procedimento descrito anteriormente, uma desinfecção do sistema com diluição de 200 ml de hipoclorito de sódio em 20 litros de água potável, deixando a água diluída escoar por todo o sistema.

Sugere-se que o sistema seja alimentado continuamente, para isso deve-se fazer o pré tratamento da água cinza através da instalação de caixa de gordura tendo em vista a remoção de gordura e restos de alimentos para evitar incrustação e entupimento dos filtros. As caixas de inspeção também são úteis para a sedimentação dos sólidos que causam entupimento.

Portanto, o intuito desse trabalho, é apresentar um 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.

Referências Bibliográficas

- ALBERONI, R. B. **Hidroponia: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**. São Paulo: Fundação Editora UNESP, (1998). p.161-193.
- ALEXANDRE, E. C. F.; PEREIRA, A. V. e CASTRO, M. L. L, (2011). **Caracterização e tratamento de águas cinza com fins não potáveis**. Nos Anais IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-graduação e Semana Nacional de Ciências e Tecnologia. UEG.
- AMEZOO (2008). **Água uso racional**. Disponível em: <<http://www.amezoo.org/agua.html>>. Acesso em: 15/05/2015.
- ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. (1999). 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, (1999).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997) NBR 13969: **Tanques sépticos**: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. São Paulo.
- BAZZARELLA, B. B. (2005). **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFES. Vitória-ES, 165p.
- BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa (2006), 362p.
- CARRASCO, G.; IZQUIERDO, J. A. **A média empresa hidropônica. A técnica da solução nutritiva recirculante (“NFT”)**. Talca Chile, Universidade de Talca/FAO, (1996). 43p.

- CERQUEIRA L. L.; FRANCISCO S. F.; FRANCISCO A. P.; THOMAS V. G. e JOÃO A. C. **Reuso de água: um novo paradigma de sustentabilidade.** (2008). Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.12 n.6 (2008)

- CHERNICHARO, C. A. L. de; Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: PROSAB, (2001). 2 v.

- COSTANZI, R. N.; DANIEL, L. A. **Tratamento dos efluentes de Fábrica de papel.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.7, n.3, (2002).

- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H e LEDIN, A. **Characteristics of grey wastewater. Urban Water.** v. 4, n.1, p. 58-104. (2002).

- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia.** Lavras: UFLA, (1996). 50p.

- FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S; BATISTA, R. O.; COSTA M. S. e MOURA, F. N. (2011). **Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 196-206, jul./set. (2011).

- FURLANI, P. R. **Instrução para o cultivo de hortaliça de folha pela técnica de hidroponia - NFT.** Campinas: Instituto Agrônômico, (1998). 30p. (Documentos IAC, 168).

- HESPANHOL E MIERZWA, (2000). **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial.**

- HENZE, M.; LEDIN, (2001). A. **Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters.**New York: IWA Published.

- HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, P. C.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Barueri, SP: Manole, (2003). p.37-95.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2008). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008.** Rio de Janeiro. Brasil.

- LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Tradução de GHERY, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1999. 108p.

- LIMA, V. L. A.; CHAVES, L. H. G. **Qualidade da água.** Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 120p. il.

- LUBELLO, C.; GORI, R.; INCISE, F. P.; FERRINI, F. **Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation.** Water Research, 38 2939-2947, 2004.

- MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 271p.

- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. 579p.

- NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 10, n. 1, 2005.

- NUVOLARI, A. (2003). **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** Ed. Edgard Blucher. São Paulo-SP. 520p.

- OTTOSON, J.; STENSTRÖM, T. A. **Faecal contamination of greywater and associated microbial risks.** Water Research, v. 37, p. 645-655, 2003.

- RESH. H. M. **Cultivos hidropônicos**. 4.ed. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, (1997). 509 p.

- SANCHES-RAMON, R.; SOARES, A. A.; MATOS, A.T; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, O.; MOUNTEER, H. A. Domestic waste water disinfection using solar radiation for agricultural reuse. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 50, n. 1, p. 65-71, 2007.

- STAFF, H. **Hidroponia**. 2ª ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, (1998). 101p. (Coleção Agroindústria; v. 11).

- TELLES, D. D!.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da Água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, (2007). 311p.

- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ABE, D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos**. In: Águas doces no Brasil. Escrituras. 3ª edição. São Paulo. p. 203-237, (2006).

- VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FENESTRA, S.; RASCHID-Sally, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, (2002). 29p. (Research Report, 63).