



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

**30 a 02
de dezembro 2022**

Startup de um tratamento de águas cinzas domésticas com detergente biodegradável por tanque de evapotranspiração em escala piloto

Kaio Gustavo Gomes

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Maria Madalena Ribas Doll

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Resumo: O saneamento de qualidade é vital para a qualidade de vida das pessoas, em situações específicas tecnologias que fazem esse tratamento de forma descentralizada estão ganhando destaque e servindo como uma importante ferramenta para levar uma melhor qualidade de vida para todas as pessoas. O tanque de evapotranspiração (TEvap) é uma tecnologia promissora que vem sendo mais usado para o tratamento de águas negras. Contudo, algumas pesquisas apontam que este sistema possa ter aplicação no tratamento de águas cinzas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar o impacto do uso do detergente biodegradável nas águas residuárias cinzas, bem como analisar a eficiência no *startup* ou fase de adaptação de um sistema TEvap em escala de bancada alimentado com águas residuárias cinzas provenientes da lavagem de louça com detergente biodegradável. Para tal foi coletado um volume de água da lavagem de louça, com e sem o uso do detergente biodegradável. As amostras foram coletadas, analisadas e usadas como afluente de um TEvap em escala da bancada. Comparando-se as águas com e sem detergente, observou-se que o uso de detergente biodegradável aumentou consideravelmente os valores condutividade elétrica, turbidez, DQO, fósforo inorgânico, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, não apresentou influencia no valor de pH e por fim diminuiu a contagem de coliformes fecais. Além disso, o TEvap em escala piloto apresentou valores que confirmam a eficiência do sistema durante o acompanhamento do mesmo.

Palavras-chave: Tanque de evapotranspiração, Saneamento, Águas cinzas, Detergente.

Startup of a domestic gray water treatment with biodegradable detergent by evapotranspiration tank on a pilot scale

Abstract: Quality sanitation is vital for people's quality of life, in specific situations technologies that make this treatment in a decentralized way are gaining prominence and serving as an important tool to bring a better quality of life to all people. The evapotranspiration tank (TEvap) is a promising technology that has been increasingly used for the treatment of black water. However, some research indicates that this system may have application in the treatment of gray waters. Thus, the present work intended to study the impact of the use of biodegradable detergent in gray wastewater, as well as to analyze the efficiency in the startup or adaptation phase of a bench scale TEvap system fed with gray wastewater from dishwashing. with biodegradable detergent. For this, a volume of

dishwashing water was collected, with and without the use of biodegradable detergent. Samples were collected, analyzed and used as a tributary of a bench-scale TEvap. Comparing the waters with and without detergent, it was observed that the use of biodegradable detergent considerably increased the values of electrical conductivity, turbidity, COD, inorganic phosphorus, total phosphorus, ammoniacal nitrogen, nitrite and nitrate, without having any influence on the pH value, and finally decreased the fecal coliform count. In addition, the TEvap on a pilot scale presented values that confirm the efficiency of the system during its monitoring.

Keywords: Evapotranspiration tank, Sanitation, Gray water, Detergent.

1. Introdução

No Brasil, 53% da população tem acesso a coleta de esgoto e 54% da água distribuída não tem tratamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020). O cenário rural é pior, com casos de esgoto a céu aberto ou esgoto disposto diretamente em cursos d'água, sem nenhum tratamento. Em geral, o esgoto é coletado em um sistema de coleta de esgoto do tipo absoluto, sendo direcionado a uma estação de tratamento de esgoto (ETE), onde o esgoto é tratado com tecnologias para remoção de materiais grosseiros, de areia e de matéria orgânica carbonácea. Esta geralmente é removida por processos biológicos como as lagoas de estabilizações, reatores anaeróbios, filtros, entre outros.

Já no meio rural a técnica mais utilizada para o tratamento de esgoto é a fossa séptica, uma forma de tratamento anaeróbio que é dimensionada para conter e tratar os dejetos por um determinado tempo. Quando se atinge a capacidade máxima há necessidade de limpeza da fossa para evitar mau cheiro, extravasamento e exalação de gases odoríferos potencialmente tóxicos (VON SPERLING, 1996).

O esgoto doméstico é composto pelas águas negras e cinzas. As negras têm origem do vaso sanitário, são compostas principalmente por matéria orgânica, com presença de microrganismos. As cinzas são originadas dos demais pontos da residência, como a pia da cozinha, e geralmente, nesses casos, apresentam uma grande quantidade de produtos químicos, como os fosfatos que estão presentes nos detergentes (MENEZES; MAGALHÃES FILHO; PAULO, 2011). A separação do esgoto em águas negras e águas cinzas é importante para tratar pequenas quantidades de esgoto, pois as águas negras podem ser tratadas a partir de processos biológicos e a presença dos produtos químicos das águas cinzas pode prejudicar esse processo (REBÊLO, 2011).

O tanque de evapotranspiração (TEvap) é um sistema descentralizado e uniresidencial para o tratamento de esgoto que é mais adotado em regiões rurais, mas também apresenta grande potencial para ser usado em regiões urbanas. O sistema consiste em uma câmara anaeróbia, envolta por uma camada de material granular mais grosseiro e seguido por camadas superiores de materiais granulares, uma camada de pedra brita, uma camada de areia e uma camada de solo, por fim o sistema ainda possui plantas, que são responsáveis pela eliminação final do efluente através da evapotranspiração (PAMPLONA; VENTURI, 2002).

No TEvap o esgoto é direcionado para as câmaras, onde com processos anaeróbios causa a degradação da matéria orgânica mais complexa, em seguida o material é direcionado para as camadas granulares que servem como um filtro biológico anaeróbio e fazem a complementação para o tratamento do material. Por fim no solo, onde ocorre a formação de uma zona de raízes, as plantas incorporam os compostos gerados na sua biomassa (ROCHA, 2020)

Desse modo o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do uso de detergente biodegradável nas águas residuárias cinzas provenientes da lavagem de louça, além disso o presente artigo também analisou a eficiência no *startup* ou fase de adaptação de um

sistema TEvap em escala piloto, alimentado com água residuária cinza proveniente da lavagem de louça utilizando um detergente biodegradável.

Para atingir tais objetivos, primeiramente foi analisada a água residuária cinza proveniente da lavagem de louça, com e sem detergente. Posteriormente o trabalho focou na construção e análise da eficiência de um sistema TEvap em escala de bancada alimentado com águas residuárias cinzas provenientes da lavagem de louça com detergente biodegradável.

Este artigo está dividido em 5 seções. A primeira, contextualiza o tema geral do trabalho e aponta o objetivo de sua realização. A segunda seção, traz uma revisão teórica, aprofunda mais no tema e explicando o funcionamento do sistema TEvap. A terceira seção aborda a metodologia usada para o estudo do impacto causado pelo uso detergente biodegradável e para a construção e a análise da eficiência do sistema TEvap em escala piloto. A quarta seção traz a apresentação dos resultados e a discussão dos mesmos. E por fim a quinta seção apresenta as conclusões finais.

2. Referencial Teórico

Uma alternativa em potencial para implantação de sistemas centralizados e mais complexos de tratamento de efluentes, as zonas de raízes se apresentam com um baixo custo de implantação e operação, facilidade operacional, ausência da necessidade de requisitos energéticos e a satisfatória eficiência na remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes (ZURITA, 2009). Nas zonas de raízes, a decomposição da matéria orgânica é feita por processos microbianos aeróbios e anaeróbios, além disso ocorre a sedimentação e filtração de matéria orgânica particulada. Nesse sistema as plantas são a parte fundamental do sistema. (LANA et al., 2013).

Um sistema de destaque nesse cenário é o TEvap (Tanque de Evapotranspiração) composto parcialmente por zona de raízes (ALCOCER et al., 2015; PAULO et al., 2013). Esse sistema é formado por uma câmara anaeróbia envolta por uma camada de RCD (resíduos de construção e demolição), seguida ascendentemente por uma camada de pedra brita, uma camada de areia e por fim uma camada de solo que servira como suporte para as plantas formando uma zona de raízes (GALBIATI, 2009).

O TEvap, é um sistema que foi adaptado de um sistema conhecido como Watson Wick, essa ideia foi original atribuída ao permacultor americano Tom Watson (GALBIATI, 2009). No Brasil esse conceito foi originalmente introduzido em 2000, por um permacultor e arquiteto estadunidense conhecido como Scott Pitman (PAMPLONA E VENTURI, 2004)

Essa tecnologia é citada de diferentes formas na literatura, mais comumente é adotado o termo de Tanque de Evapotranspiração ou Bacia de Evapotranspiração, mas também pode ser encontrado outros termos, como: Ecofossa, Fossa Bioséptica, Fossa de Bananeira, Fossa Verde, Fossa Evapotranspiradora e Canteiro Bio-séptico (FIGUEIREDO; SANTOS e TONETTI, 2018).

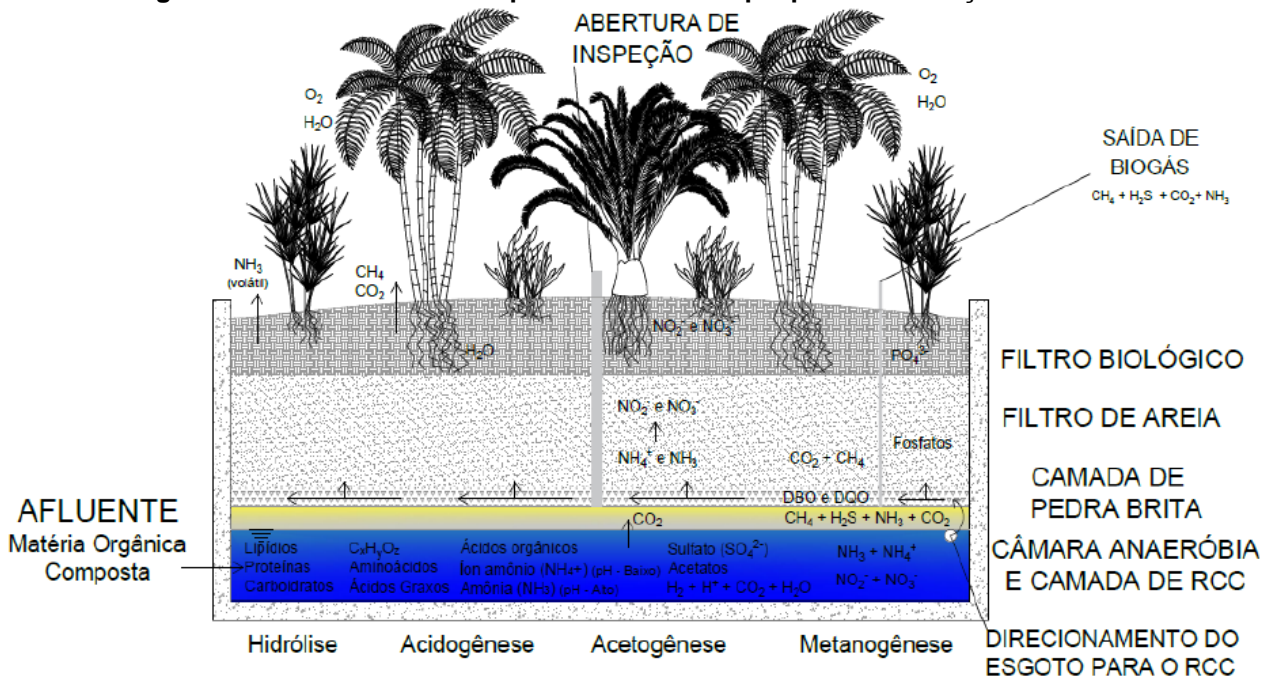
O afluente entra no sistema diretamente na câmara anaeróbia, nessa câmara ocorre as etapas da atividade anaeróbia, onde primeiramente a matéria orgânica mais composta é decomposta em moléculas mais simples nesse processo há a formação de lodo e também há a formação do biogás, compostos por gases como o metano (CH₄) e o sulfeto de hidrogênio (H₂S) (VON SPERLING, 1996).

Em seguida o material passa para as camadas superiores compostas por material granular que servem com filtros: na camada de brita ocorre a diminuição da matéria orgânica e nas próximas camadas (areia e solo) pode ocorrer a formação de nitritos, nitratos e de fosfatos. Na camada de solo as raízes das plantas fazem a absorção dos nutrientes usando os para

o seu desenvolvimento biológico e retornando esses compostos aos seus ciclos naturais (ROCHA, 2020).

Desse modo, uma ilustração foi elaborada para observar o funcionamento esquemático do TEvap, desde a câmara anaeróbia até as plantas (Figura 01).

Figura 1 – Funcionamento esquemático do TEvap e prováveis reações internas



Fonte: Os autores (2022)

No processo de degradação do nitrogênio o primeiro processo que ocorre é a mineralização do nitrogênio orgânico, que é um processo enzimático resultante da conversão de formas orgânicas de nitrogênio para formas inorgânicas. Este processo é conduzido por microrganismos heterotróficos, aeróbios e anaeróbios, que utilizam os resíduos vegetais como fontes de carbono, nitrogênio e energia. Em seguida ocorre a desnitrificação, que é um processo onde acontece a redução microbiológica de nitrato para óxido nitroso (N_2O) ou nitrogênio gasoso (N_2) (VIEIRA, 2017).

Com o nitrogênio degradado ocorre os processos de absorção pelas plantas, quando o mesmo passa a ser parte da planta, a fixação do nitrogênio na cadeia química do solo, a partir da fixação de $N-NH_4^+$ pelos minerais de argila, ou da retenção de $N-NH_4^+$ como cátion trocável. Pode ocorrer, ainda, a imobilização microbiana, ou seja, da imobilização de nitrogênio inorgânico na matéria orgânica do solo, a partir de microrganismo, como bactérias e fungos que habitam o solo (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2006).

3. Materiais e Métodos

3.1 Composição das águas cinzas com e sem detergente biodegradável

Para analisar o impacto do uso de detergente nas águas residuárias, foi realizada a análise de uma água residuária sem e com detergente. A água residuária cinza sem (ACS) detergente foi considerada a água de abastecimento usada para lavagem de certa quantidade de louça sem o uso do detergente, esfregando-se as louças com a mão usando apenas água. Um volume de 3,5 litros desta água usada foi coletado em um recipiente separado. Em seguida, o volume excedente de 3 litros foi usado para ensaboar a louça usando o detergente biodegradável, assim a água com detergente ficou com uma concentração final de 3,33 gramas de detergente biodegradável por litro de água usada. As

louças foram esfregadas com uma esponja e 10 gramas de detergente, para o enxague foi usada a mesma água que havia sido coletado na primeira etapa, assim foi coletado mais uma amostra desse material, a qual foi nomeada como ACC (água residuária cinza com detergente).

Tal metodologia foi repetida três vezes com louças de diferentes refeições, em dias próximos, desse modo foi coletado um total de 6 amostras, que foram levadas para o laboratório e analisadas quanto a pH, condutividade elétrica, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), fósforo inorgânico, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, coliformes fecais e *E. coli*. Os resultados foram então tratados estatisticamente e analisados quanto ao impacto que o uso do detergente e biodegradável causou na água residuária cinza.

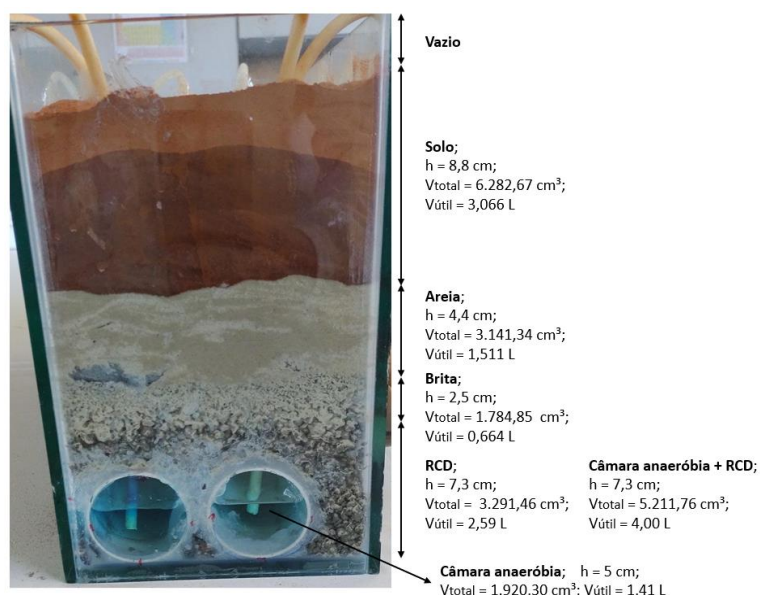
De acordo com o rótulo do produto usado, o detergente biodegradável é composto por água, Lauril Sulfato de Sódio, Cocamidopropil, Cloreto de Sódio, Ácido Cítrico, Alquilpoliglicosídeo, 1-2-benisotiazolin-3-ona e 2-metil-4-isotiazolin-3-ona.

3.2 Construção do sistema

O sistema que foi montado consistiu em um TEvap em escala de laboratório, construído com uma caixa de vidro de dimensões de 14 cm de largura, 49 cm de comprimento e 25 cm de altura. Duas câmaras anaeróbias foram constituídas por dois tubos de PVC diâmetro de 50 mm para instalados paralelamente no fundo do tanque na horizontal com comprimento de 49 cm cada um. Após a montagem das câmaras foi feita a vedação das mesmas com o uso de silicone.

A composição das camadas acima das câmaras anaeróbias foram: RCD, pedra brita, areia e solo. Na Figura 2 é possível ver como o sistema foi construído bem como as propriedades geométricas das camadas anaeróbias.

Figura 2 – Montagem do sistema em escala piloto



Fonte: Os autores (2022)

Na geratriz superior dos tubos foram feitos três furos e instaladas mangueiras de latex: um para a introdução do material afluyente (com 2 mm de diâmetro), um para a retirada de material para análise da câmara anaeróbia e um para a saída de gases que se formam no processo (ambos com 1 mm de diâmetro), em cada tubo. Em seguida, foram feitos dois furos, um em cada lateral, na altura de 4 cm, no último terço da câmara com relação à

entrada da água residuária, para direcionar o material da câmara para a camada de RCD, também em cada tubo.

O volume útil das camadas foi determinado pelo método de deslocamento de líquido camada por camada. Para a montagem do restante do sistema foi realizado o preenchimento das camadas de materiais granulares, para tal foi colocado no recipiente o volume de 5 litros de água e anotado a altura de líquido. Em seguida foi preenchida a camada de RCD e observado o deslocamento de líquido que ocorreu. Após, foi colocado mais 5 litros de água e anotado a nova altura de líquido. Então, foi preenchida a camada com pedra brita e anotado o deslocamento repetido o padrão para as camadas de areia e solo. O volume total do TEvap foi calculado pelas dimensões.

3.3 Eficiência do sistema para tratamento de águas cinzas

Para analisar a eficiência do sistema quanto ao tratamento de águas residuárias cinzas, foi realizada a coleta de água da lavagem de louças de uma residência de uma pessoa onde a água coletada se refere a lavagem de uma quantidade de louça acumulada durante o período de um dia inteiro, contemplando assim as refeições de café da manhã, almoço, jantar e lanches feitos durante o dia, tudo gerado por apenas uma pessoa. Com a louça acumulada foi feita a lavagem, como é feito normalmente, porém contabilizado a quantidade de detergente biodegradável e a quantidade de água usada, a água coletada foi coletado em um recipiente, homogeneizada e armazenada em garrafas PET de 500 ml, após feita as análises de caracterização do material as amostras foram congeladas e foram descongeladas conforme a necessidade de uso no sistema.

Foi coletado um total de 13 litros de água residuária e o total de detergente usado foi de 26 gramas, totalizando assim uma concentração de 2 g/l de detergente biodegradável. Após a coleta foi feita a análise de pH, Condutividade Elétrica, Turbidez e DQO do material, a fim de caracterizar o mesmo e ter o padrão de entrada de material no sistema.

A declividade de fundo no sistema foi de aproximadamente 2,86% no sentido da entrada de material no início da câmara anaeróbia sendo direcionado para o final da câmara e saída para a camada de RCD.

Como nesse sistema de laboratório não foram usadas plantas na camada de solo, foi adaptado no sistema um vertedor para drenar a água em um nível mais alto, a fim de poder coletar uma amostra do ponto final do sistema de tratamento.

O abastecimento do TEvap com a água residuária foi realizado com uso de bomba peristáltica para a sucção e direcionamento de vazão às duas câmaras anaeróbias.

O *startup* ou fase de adaptação do TEvap foi considerado o aumento gradativo da vazão aplicada diariamente com relação ao volume útil do sistema. O período monitorado nesta fase foi de 80 dias operacionais.

4. Resultados e discussão

4.1 Impacto do detergente biodegradável nas águas cinzas

Na Tabela 1 é possível observar a média dos resultados dos valores obtidos para as amostras de águas residuárias cinzas com e sem o detergente biodegradável, bem como o desvio padrão entres as três amostras analisadas. Além disso também foi calculado o impacto em porcentagem de aumento ou redução média que a presença do detergente causou na amostra analisada.

A Resolução CEMA 70/2009, que trata sobre os padrões de lançamento de efluentes no estado da Paraná, tem como limites para o lançamento de DQO de 200 mg/L (PARANÁ,

2009). Essa resolução não aborda o valor máximo de nitrogênio que pode estar presente no efluente para lançamento.

Contudo em âmbito nacional a resolução CONAMA 430/2011 regulamenta um valor máximo de 20 mg/L (BRASIL, 2011). Nesse sentido pode-se observar que o valor de nitrogênio se enquadra no limite estabelecido, mas a DQO das amostras monitoradas ficaram acima do limite.

O Ceará foi um dos estados pioneiros na legislação para reúso de efluentes sanitários, e pela resolução COEMA 02/2017 vigente no estado, os valores permitidos para pH, variam entre 6,0 e 8,5, e o de condutividade elétrica de até 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores considerando o reúso em meio urbano. Nesse sentido os valores de condutividade se enquadram no valor da resolução contudo o pH encontra-se inferior ao limite. Outro ponto importante de se analisar é a presença de coliformes fecais, com a sua contagem alta, qualquer tipo de reúso diretamente com essa água se torna não adequado (MORAIS; SANTOS, 2019).

Tabela 01 – Impacto do uso de detergente biodegradável nas águas cinzas

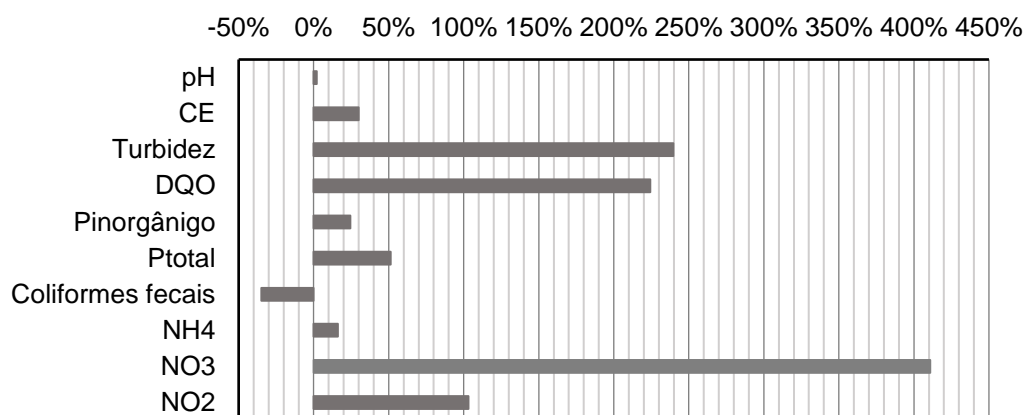
Parâmetro	Unidade	Sem Detergente		Com Detergente		Impacto Médio
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
pH		5,61	0,93	5,72	0,90	2%
CE	$\mu\text{S}/\text{cm}$	303,1	159,37	393,97	145,22	30%
Turbidez	NTU	140,67	82,89	477,67	156,39	240%
DQO	mg/l	609,32	190,22	1976,65	985,10	224%
Fósforo Inorgânico	mg/l	1,40	0,23	1,75	0,79	24%
Fósforo Total	mg/l	1,90	0,25	2,88	0,37	51%
Coliformes fecais e <i>E. coli</i>	UFC	5,81.10 ⁶ ; n.d.	*	3,79.10 ⁶ ; n.d.	*	-35%
Nitrogênio-NH ₄ ⁺	mg/l	5,28	0,35	6,13	0,79	16%
Nitrogênio-NO ₃ ⁻	mg/l	0,69	*	3,52	*	411%
Nitrogênio-NO ₂ ⁻	mg/l	0,16	*	0,32	*	103%

*Uma das três amostras foi desconsiderada, por erros durante a realização do ensaio, usando assim a média simples entre as outras duas amostras
n.d.= Não detectado

Fonte: Os autores (2022)

No Gráfico 1 é possível observar que os parâmetros que tiveram maiores aumentos foram o nitrato (Nitrogênio-NO₃⁻), turbidez e DQO, sendo que o nitrito (Nitrogênio-NO₂⁻) também apresentou um grande aumento.

Gráfico 01 - Impacto de detergente biodegradável nas águas cinzas



Fonte: Os autores (2022)

O pH não apresentou alteração com a adição do detergente, já que era neutro e trazia no rótulo que continha ácido cítrico de origem vegetal, que funciona como controlador de pH. Já no caso da condutividade elétrica (CE) houve um aumento de cerca de 30% o que indica que a presença do detergente pode ter causado dissolução de alguns compostos no meio, ocasionando no aumento da presença de íons nesse meio.

O aumento de turbidez em 240% indicou que os sólidos ficaram em suspensão devido provavelmente a característica tensoativa do detergente, promovendo maior dificuldade da luz atravessar o líquido.

A DQO que representa a quantidade de matéria orgânica quimicamente degradável, com o uso do detergente as amostras apresentaram aumento de 224%. Os fósforos inorgânico e total, também apresentaram aumento, 24% e 51% respectivamente. Os fosfatos em geral sempre são associados aos detergentes, na contaminação de águas residuárias cinzas. Assim esse aumento já era esperado, contudo o que se torna importante de destacar é que a fração total de fósforo teve um aumento maior do que a fração inorgânica, o que pode vir a indicar que a fonte de fósforo no detergente tenha uma fonte natural, possivelmente sendo um material de origem vegetal.

O nitrogênio amoniacal (Nitrogênio-NH₄⁺) teve um aumento de apenas 16%. Entretanto, os valores de nitrato e nitrito tiveram aumentos maiores, 411% e 103%, respectivamente. Esse aumento na presença de compostos nitrogenados, com o uso do detergente, pode indicar a presença de compostos nitrogenados na composição do detergente.

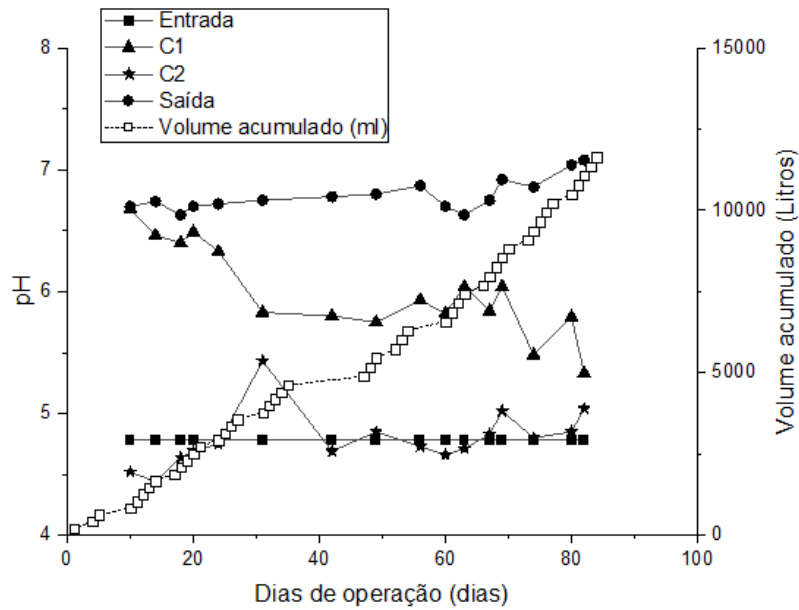
Por fim, o único fator que apresentou decréscimo com a presença de detergente foi a contagem de coliformes fecais, que teve uma redução de cerca de 35%, o que pode representar a capacidade do detergente de reduzir a vida bacteriana no meio, servindo também como um agente desinfetante.

4.1 Eficiência do sistema TEvap em escala de bancada durante seu *startup*

A eficiência do sistema TEvap em escala piloto, para o tratamento de águas residuárias cinzas provenientes da lavagem de louça com detergente biodegradável, foi feita analisando-se quatro parâmetros (pH, condutividade elétrica, turbidez e DQO) amostrados em três pontos do sistema, dois pontos nas saídas das câmaras anaeróbias, sendo um ponto em cada câmara (C1 e C2), e o ponto de saída do sistema, sendo esse o considerado como o ponto mais distante da entrada.

No Gráfico 2 podemos observar a evolução dos valores de pH nas duas câmaras e na saída do sistema. As câmaras tiveram inicialmente valores bem diferentes, sendo a C1 mais neutra, e a C2 mais ácida. Porém, foi observada a tendência de manter-se um equilíbrio e estabilizar esses valores com o tempo, em um pH ainda mais ácida que a saída, em média entre 5,0 e 5,5. Isso indica, que nesse meio ainda está ocorrendo a atividade microbiana e as reações de decomposição da matéria orgânica, como as reações de hidrólise e acidogênese anaeróbia da matéria orgânica e, nitrificação que libera íons H⁺. Já para o valor de saída, observa-se que esse permaneceu entre 6,5 e 7,0, que indica neutralidade, e representa uma eficiência do sistema em estabilizar e neutralizar esse valor de pH no escoamento espacial e vertical do TEvap.

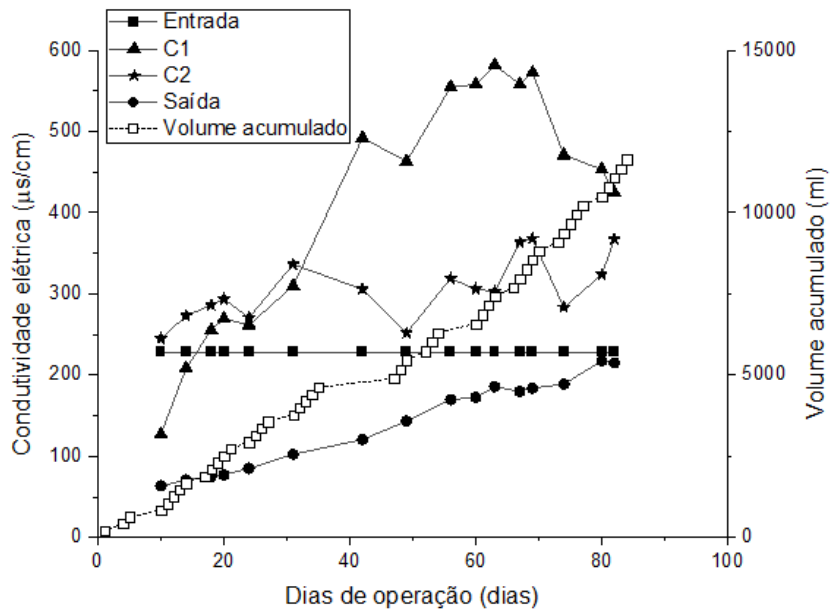
Gráfico 02 – Valores de pH monitorados para os pontos analisados no sistema



Fonte: Os autores (2022)

No Gráfico 3 podemos observar a variação do valor da condutividade elétrica para os pontos. Observou-se tendência de aumento nas duas câmaras nos primeiros 40 dias, chamado de *startup* ou fase de adaptação do sistema. Após este período, a C1 teve um aumento mais rápido para aproximadamente 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e logo após uma tendência de retornar a um valor mais baixo de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Já a C2 apresentou menor amplitude de variação da condutividade elétrica de 290 a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em ambas as câmaras ocorreu uma aproximação e estabilização dos valores em um patamar próximo (aproximadamente 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) atingida aos 80 dias de operação.

Gráfico 03 – Valores de condutividade elétrica monitorados para os pontos analisados no sistema



Fonte: Os autores (2022)

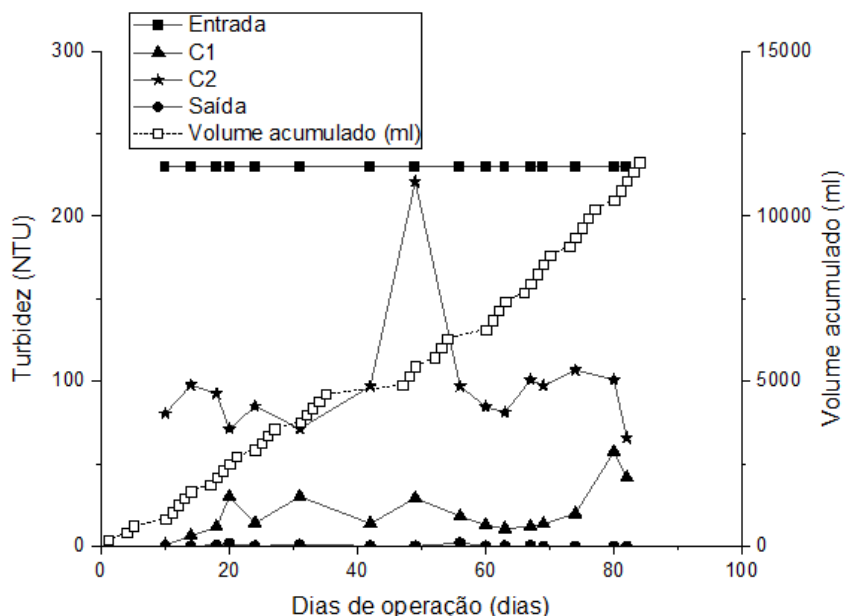
Essa dinâmica do valor de condutividade elétrica pode indicar exatamente a tendência de decomposição da matéria orgânica mais complexa, ocasionando um aumento na quantidade de íons livres no meio e conseqüentemente um aumento no valor da condutividade elétrica. Outro fator que pode estar influenciando nesse ponto é o acúmulo

de íons que pode estar acontecendo nas câmaras, já que além do escoamento após as câmaras ser ascendente, as camadas são de materiais granulares, que dificultam o escoamento.

Além disso é importante destacar que para o valor de saída houve um aumento gradual do valor de condutividade elétrica, o qual começou baixo e foi aumentando, atingindo um valor próximo a condutividade elétrica da entrada.

O Gráfico 4 mostra a dinâmica do valor da turbidez nas câmaras e na saída. Nesse caso como aconteceu com o valor de pH os valores iniciais da C1 e da C2 eram diferentes, sendo o valor da C2 mais alto. Contudo ambos apresentaram tendências de um leve aumento e depois de estabilização, sendo que no caso da C2 houve um pico de destaque próximo ao dia 50 de operação e já próximo aos 80 dias de operação o valor de turbidez para as câmaras teve uma clara tendência de aproximação entre eles em um valor médio de 50 NTU. Um ponto importante de destacar é que no ponto de saída a Turbidez se manteve na média de 0,1 NTU, o que é próximo ao valor encontrado na água potável e na água destilada, o que indica que até o momento o sistema vem se apresentando eficiente para a remoção da turbidez na água residuária.

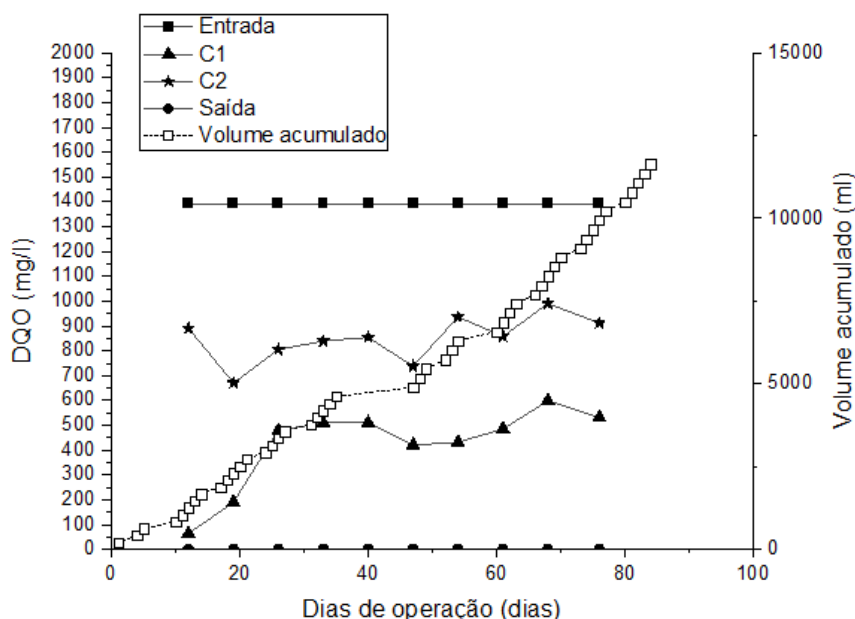
Gráfico 04 – Valores de Turbidez para os pontos analisados no sistema



Fonte: Os autores (2022)

Já o Gráfico 5 apresenta os valores de DQO e nesse caso como nos caso anteriores os valores para as C1 e para a C2 se comportam de maneira diferente no como, C1 com um valor baixo e uma tendência de aumentar esse valor e o C2 com um valor mais alto mas uma tendência de abaixar esse valor, contudo depois dos 30 dias de aproximação teve uma tendência de estabilização das câmaras, sendo a C1 em um valor médio de 800 mg/l e a C2 em um valor médio de 500 mg/l.

Gráfico 05 – Valores de DQO para os pontos analisados no sistema



Fonte: Os autores (2022)

Nesse caso, similar ao caso da turbidez o valor de DQO se manteve em 0 durante todo o tempo de acompanhamento do sistema, o que indica que não há traços de matéria orgânica degradável nesse ponto, indicado que até o momento a matéria orgânica que foi adicionada no sistema, ou foi degradada ou está acumulada no sistema.

5. Conclusões

Nesse trabalho, foi analisado o impacto do detergente biodegradável nas águas residuárias cinzas provenientes da lavagem de louça, bem como também se analisou a eficiência para o tratamento desse material, usando um sistema de TEvap em escala de bancada.

Observou-se que o detergente biodegradável aumentou o valor de todos os parâmetros analisados com exceção apenas para a contagem de coliformes totais, que diminuiu. Assim, o uso desse detergente tem um impacto que gera uma maior concentração de matéria orgânica e nutrientes na água residuária cinza.

O monitoramento de amostras do TEvap ao longo do tempo na fase de adaptação do sistema nos primeiros 80 dias de operação, indicou que até o momento o sistema teve uma boa eficiência global eliminando totalmente a DQO e a Turbidez de entrada, com tendência a estabelecer um pH neutro. A condutividade elétrica foi a única que ainda apresentou um valor mais alto nesta fase.

O presente trabalho contribuiu para aprofundamento de estudos em uma tecnologia que visa o tratamento descentralizado de águas residuárias e que vinha sendo usado para o tratamento de águas negras. O monitoramento dos parâmetros analisados na fase de adaptação do TEvap indica que o sistema também pode tratar águas cinzas que contenham detergente biodegradável.

Referências

ALCOCER, J. C. A.; COSTA, J. M. F.; RAMOS, K. M.; DUARTE JUNIOR, A.; MOREIRA, K. DA S.; COAQUIRA, C. A. C.; GUIMARÃES, A. P.; DUARTE, J. B. F. Tratamento de esgoto doméstico de regiões rurais com tanques de evapotranspiração. **Revista SODEBRAS**. Volume 10, n.112, 2015.

BOEIRA, Rita Carla; MAXIMILIANO, Viviane Cristina Bettanin. Dinâmica da Mineralização de Nitrogênio de Lodos de Esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de (ed.). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicada no DOU nº 92, de 16 de maio de 2011.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B. S. C.; TONETTI, A. L. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Biblioteca Unicamp. Campinas, p. 28, 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL, R. DO S. Ranking do Saneamento - Instituto Trata Brasil 2020. **GO Associados**, v. 2019, n. SNIS 2017, p. 111, 2020

LANA, L. C. O. et al. Performance of a single stage vertical flow constructed wetland system treating raw domestic sewage in Brazil. **Water Science and Technology**, v. 68, n. 7, p.1599–1606, 2013.

MORAIS, Naassom Wagner Sales; SANTOS, André Bezerra dos. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista Dae**, [S.L.], v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.004>.

MENEZES, C. dos S. de; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; PAULO, P. L. Quantificação de Águas Residuárias para Reúso Na Perspectiva do Saneamento Ecológico. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 19., 2011. Maceió: ABRHidro, 2011. p. 1-16.

PAMPLOMA, S; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra. **Permacultura Brasil: Soluções ecológicas**, Brasília, v. 16, n. 5, p. 18-19, set. 2004.

PARANÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente (Cema). **Resolução nº 70, de 01 de Outubro de 2009**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências para empreendimentos industriais. PR. 2009.

PAULO, P. L. et al. Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping. **Ecological Engineering**, v. 50, p. 95–100, 2013.

REBÊLO, M. M. P. S., **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. 2011. Tese (Mestrado em Recursos Hídricos E Saneamento) - Universidade Federal De Alagoas. Alagoas.

ROCHA, Gabriel. **Tanque de Evapotranspiração para Tratamento de Efluentes Doméstico em Zonas Rurais**. 2020. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

VIEIRA, Rosana Faria. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 165 p.

VON SPERLING M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª ed. Série: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

ZURITA, F., de Anda, J. & Belmontc, M. A. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. **Ecological Engineering** p. 35, 861–869, 2009.