

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE MEIOS FILTRANTES NO
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA
ORGÂNICA LEITEIRA

EURICO TOMAZ FIGUEIREDO

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE MEIOS FILTRANTES NO
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA
ORGÂNICA LEITEIRA**

EURICO TOMAZ FIGUEIREDO

Sob a Orientação do Professor
Leonardo Duarte Batista da Silva

e Coorientação do Professor
Alexandre Lioi Nascentes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Meio Ambiente.

SEROPÉDICA, RJ
FEVEREIRO DE 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F475a Figueiredo, Eurico Tomaz, 1991-
Avaliação de diferentes tipos de meios filtrantes
no tratamento de água residuária de bovinocultura
orgânica leiteira / Eurico Tomaz Figueiredo. - 2018.
43 f.: il.

Orientador: Leonardo Duarte Batista da Silva.
Coorientador: Alexandre Lioi Nascentes.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Pós Graduação em Engenharia
Agrícola e Ambiental, 2018.

1. tratamento alternativo. 2. materiais
filtrantes. I. Silva, Leonardo Duarte Batista da,
1971-, orient. II. Nascentes, Alexandre Lioi, 1976-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Pós Graduação em Engenharia Agrícola e
Ambiental. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL**

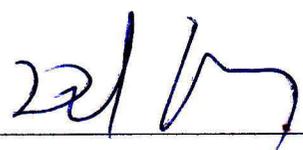
EURICO TOMAZ FIGUEIREDO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Meio Ambiente.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26 / 02 / 2018.


Leonardo Duarte Batista da Silva. Dr. UFRRJ (Orientador)


Érika Flavia Machado Pinheiro. Dra. UFRRJ


David Vilas Boas de Campos. Dr. EMBRAPA SOLOS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus e à minha família,
que sempre estiveram presentes nas minhas
conquistas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me permitir concluir este trabalho.

À minha família pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

À minha namorada, por todo amor, companheirismo, paciência e sabedoria por me suportar em todos os momentos.

Ao meu orientador Leonardo Batista, pela confiança, paciência, motivação e disponibilidade.

Ao meu coorientador Alexandre Lioi, pelos ensinamentos.

Aos meus gestores do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRRJ.

Aos professores, colegas e funcionários do PGEAAmb.

À banca examinadora pela disponibilidade.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado!

RESUMO

FIGUEIREDO, Eurico Tomaz. **Avaliação de diferentes tipos de meios filtrantes no tratamento de água residuária de bovinocultura orgânica leiteira.** 2018. 43p Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Com a crescente demanda por água, e a inviabilidade de seu uso in natura devido à sua contaminação por esgotos sanitários, industriais e agrícolas, somados às exigências legais quanto ao seu descarte e reuso têm contribuído para o desenvolvimento de novas tecnologias focadas no tratamento de efluentes. Uma das alternativas para o tratamento da água residuária de bovinocultura (ARB) que vem se mostrando promissora é a utilização de filtros com diferentes resíduos como meio filtrante. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes meios filtrantes no tratamento de ARB. Para isso, foram utilizadas colunas de filtração contendo 60 cm de altura e 150 mm de diâmetro com os respectivos meios filtrantes: sabugo de milho e serragem de madeira na faixa granulométrica de 2,38 a 4,00 mm, bambu (gomos de tamanho médio de 4 cm de altura e 3 cm de diâmetro) e escória de aciaria elétrica na granulometria de 1,18 e 4,75 mm. Para a avaliação da eficiência do sistema, o afluente e o efluente foram caracterizados em relação às seguintes variáveis, demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais (SST). Todos os meios filtrantes foram eficientes na remoção de DQO e SST. Porém, foi possível verificar que a eficiência de remoção de DQO foi superior no filtro constituído de escória quando comparado aos demais, atingindo 50%. Na avaliação da remoção de SST, o filtro de sabugo de milho foi o que apresentou as melhores médias de eficiências de remoção (81%).

Palavras-chave: tratamento alternativo, materiais filtrantes, efluente.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Eurico Tomaz. **Evaluation of different types of filter media in the treatment of dairy organic bovine residues**. 2018. 43p Dissertation (Master Science in Agricultural and Environmental Engineering Environment). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

With the increasing demand for water, and the inability of its use in natura due to its contamination by sanitary, industrial and agricultural sewers, added to the legal requirements regarding its disposal and reuse have contributed to the development of new technologies focused on the treatment of effluents. One of the alternatives for the treatment of cattle wastewater that is proving to be promising is the use of filters with different residues as a filter media. This work aimed to evaluate the efficiency of different filter media in the treatment of cattle wastewater. For this purpose, filter columns containing 60 cm in height and 150 mm in diameter were used with the respective filter media: maize cob and wood sawdust in the grain size range 2.38 to 4.00 mm, bamboo (medium size of 4 cm of height and 3 cm of diameter) and electrical steel slag in granulometry of 1,18 to 4,75 mm. For the evaluation of the efficiency of the system, the tributary and the effluent were characterized in relation to the following variables: chemical oxygen demand (COD) and total suspended solids (TSS). All the filter media were efficient in the removal of COD and TSS. However, it was possible to verify that the COD removal efficiency was higher in the slag filter when compared to the others, reaching 50%. In the evaluation of the SST removal, the corn filter was the one that presented the best averages of removal efficiencies (81%).

Keywords: alternative treatment; filter materials; effluent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Materiais utilizados como meio filtrante.	8
Figura 2: Equipamento utilizado para triturar o sabugo do milho e a serragem de madeira.....	9
Figura 3: Sistema Experimental.....	10
Figura 4: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.	13
Figura 5: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.	13
Figura 6: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$).....	14
Figura 7: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$).....	15
Figura 8: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.	15
Figura 9: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.	16
Figura 10: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$).....	17
Figura 11: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$).....	17
Figura 12: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.	18
Figura 13: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.	18
Figura 14: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$).....	19
Figura 15: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$).....	20
Figura 16: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.	21
Figura 17: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.	21
Figura 18: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$).....	22
Figura 19: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$).....	22
Figura 20: Valores médios de eficiência de remoção de DQO dos filtros.....	23
Figura 21: Concentração relativa, dos valores de DQO para os meios filtrantes utilizados.....	24
Figura 22: Valores médios de eficiência de remoção de SST dos filtros.....	24
Figura 23: Concentração relativa, dos valores de SST para os meios filtrantes utilizados.....	25
Figura 24: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$).....	26
Figura 25: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$).....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Histórico da produção mundial de leite de vaca em Kton.....	3
Tabela 2: Caracterização físico-química da ARB.....	5

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AR– Água Residuária
ARB – Água Residuária de Bovinocultura
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio de cinco dias a 20°C
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SST - Sólidos Suspensos Totais
PVC - Policloreto de vinila
NTK – Nitrogênio Total Kjeldhal
P_{total} – Fósforo Total
N-NH₄ – Nitrogênio Amoniacal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 Atividade Bovinocultura.....	3
3.2 Geração de resíduos pela atividade leiteira.....	4
3.3 Características das Águas Residuárias de Bovinocultura de Leite.....	4
3.4 Tecnologias de tratamento de água residuária de bovinocultura de leite (ARB).....	6
3.4.1 Filtros biológicos.....	6
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
4.1 Localização.....	7
4.2 Características da ARB.....	7
4.3 Configuração do Processo.....	8
4.4 Sistema Experimental.....	9
4.5 Monitoramento do sistema.....	10
4.6 Análises Estatísticas.....	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1 Caracterização da água residuária.....	12
5.2 Filtro de Sabugo de Milho Triturado.....	12
5.3 Filtro de Serragem de Madeira Triturado.....	15
5.4 Filtro de Bambu.....	18
5.5 Filtro de Escória de Aciaria Elétrica.....	20
5.6 Comparação entre os meios filtrantes.....	22
6 CONCLUSÃO.....	27
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O aumento desordenado da população vem dificultando o acesso à água em quantidade e, especialmente em qualidade, devido sua crescente contaminação, e com isso contribuindo para o comprometimento do meio ambiente e da saúde pública.

A principal fonte de contaminação dos corpos hídricos é o lançamento de esgotos sanitários in natura, hoje no Brasil segundo SNIS (2016) apenas 45% do esgoto doméstico é tratado, e a situação é ainda mais complicada em zonas rurais onde o índice de tratamento sempre é menor que a zona urbana. As zonas rurais não são contempladas no serviço de coleta e tratamento, devido a grande distância dos grandes centros, onde geralmente está é implantada uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Ainda, a complexidade e os altos custos para implantação dos principais processos para o tratamento de águas residuárias fazem com que os mesmos deixem de ser atraente. Esta condição admite que diferentes alternativas que facilitem a viabilização de sistemas de tratamento mais simples, com baixo custo e fácil implantação, operação e manutenção sejam estudadas e aplicadas. Neste contexto, filtros com materiais alternativos, como resíduos industriais e agrícolas, são tecnologias interessantes, por apresentarem essas características e tem aberto novas fronteiras no campo de tratamento de águas residuárias.

O uso de filtros é usualmente utilizado como sistemas primário e secundário dos tratamentos. A filtração consiste em separar as substâncias solúveis e insolúveis das águas residuárias, forçando o líquido a passar por um meio semipermeável. Os pontos positivos deste processo são que não exige adição de produtos químicos, baixo emprego de energia, fácil aplicação e condução dos processos.

Com isso, um número expressivo de estudos vem sendo realizados com o intuito de explorar os potenciais da aplicação de diferentes materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias para remoção de uma grande variedade de poluentes, tais como: compostos orgânicos, sólidos, metais, e nutrientes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar diferentes meios filtrantes no tratamento primário da água residuária de bovinocultura, empregando-se como meio filtrante sabugo de milho, serragem de madeira, bambu e resíduo industrial, sendo este a escória de aciaria elétrica.

2.2 Objetivos Específicos

- avaliar a eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) nos filtros constituídos de por sabugo de milho, serragem de madeira, bambu e escória
- avaliar a eficiência de remoção de Sólidos em Suspensão Totais (SST) nos filtros constituídos de por sabugo de milho, serragem de madeira, bambu e escória;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Atividade Bovinocultura

A produção mundial de leite aumentou mais de 50%, nas últimas três décadas, chegando a 769 milhões de toneladas em 2013 (FAO, 2017).

A atividade leiteira tem passado por grandes mudanças no nosso país desde o início da década de 90, buscando ser mais competitivo e inovador no mercado mundial, com foco na produção em escala com qualidade, agregando valor e industrializando produtos diferenciados (CORRÊA et al. (2010) e SOUZA et al. (2009)).

O Brasil no ano de 2017 produziu 34.997 Kton, o que levou o país a ser o 5º maior produtor de leite do mundo conforme pode ser observado na tabela 01. O leite é um dos seis produtos mais importantes da agropecuária brasileira, sendo essencial no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (EMBRAPA, 2017). De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA), está previsto uma taxa de crescimento nacional anual de 1,9% na produção de leite, o que corresponderá a 41,3 bilhões de litros de leite cru no final de 2023 (MAPA, 2013).

Tabela 1: Histórico da produção mundial de leite de vaca em Kton.

País/Bloco	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (p*)
União Européia	139000	140100	146500	150200	152000	152500
Estados Unidos	91010	91277	93485	94620	96343	98339
Índia	55500	57500	60500	64000	68000	72000
China	32600	34300	37250	37550	35700	35000
Brasil	32304	34255	35124	35000	34650	34997
Rússia	31831	30529	30499	30560	30350	30195
Nova Zelândia	20567	22200	21893	21582	21370	21600
México	11274	11294	11464	11736	11934	12100
Argentina	11679	11519	11326	11552	10397	10605
Ucrânia	11080	11189	11152	10584	10380	10200
Austrália	9811	9400	9700	9800	9200	9500
Canadá	8614	8443	8437	8773	9100	9450
Japão	7631	7508	7334	7379	7420	7400
Belarússia	6766	6633	6703	7047	7170	7245
Uruguai	1936	2018	2014	1974	1775	1793
Paraguai	515	518	527	537	546	552
Total	472118	478683	493908	502894	506335	513476

(p*) - Previsto

Fonte: IBGE,2018.

A região com maior produção de leite no país é o Sul, responsável por 34,7% do total nacional, sendo o Estado de Minas Gerais o maior produtor Brasileiro, seguido do Rio Grande do Sul e Paraná, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente ao ano de 2014. Além disso, o país possui o segundo maior rebanho bovino a nível mundial, atrás apenas da Índia (USDA, 2017).

Com a crescente produção de leite no Brasil há necessidade de maiores cuidados em relação ao tratamento de efluente gerado pela criação de gado leiteiro.

3.2 Geração de resíduos pela atividade leiteira

Na bovinocultura são gerados diferentes tipos de resíduos, entre eles, os sólidos, pastosos e líquidos. De acordo com Konzen e Alvarenga (2009) a produção de resíduos como esterco, fezes e urina, gerada diariamente pelos bovinos de leite, corresponde a aproximadamente 10% de seu peso corporal, representando uma quantidade de 45 a 48 kg/vaca/dia. Dependendo do manejo adotado, a quantidade de resíduo líquido produzido em instalações de bovinocultura de leite, devido à ordenha, higienização dos animais e lavagem dos equipamentos utilizados, pode variar de 40 a 600 litros por vaca ordenhada (CRONK, 1996).

Conforme descrito por Pohlmann (2000), as criações de gado de leite tem um risco de impacto ambiental maior do que o produzido por gado de corte, pois produz quantidade superior de resíduos, sendo que, mesmo em criações não confinadas, ocorre a retenção dos animais em estábulos para ordenha e lavagem dos equipamentos utilizados. Ainda segundo o autor a produção de bovinos leiteiros acarreta, também, outro tipo de poluição, que está associada ao impacto na poluição do ar, devido à emissão de gases, que podem causar efeitos prejudiciais à saúde do homem e dos animais, além de contribuir na formação de chuvas ácidas e aquecimento global.

A disposição dos resíduos das instalações animais tem se constituído, ultimamente, num desafio para criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos.

3.3 Características das Águas Residuárias de Bovinocultura de Leite

A bovinocultura leiteira tem elevado potencial poluidor devido à alta quantidade de poluentes encontrados em seus resíduos, como alta concentração de carga orgânica, sólidos totais e nutrientes. Esses poluentes são provenientes da urina e fezes dos animais, leite, produtos

químicos utilizados na limpeza, restos de animais como células mortas e pelos, e predominantemente água, conforme descrito por Pelissari (2013).

Com isso, o lançamento de dejetos da bovinocultura de leite em corpos hídricos, sem tratamento prévio, poderá ocasionar na diminuição do oxigênio dissolvido no meio, resultando no aumento da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos e de sólidos dissolvidos, assim como eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças de veiculação hídrica (SCHAAFSMA,2000).

Há uma grande variabilidade nas características das águas residuárias geradas nos estábulos, fato este que varia em função do volume de água utilizada na lavagem dos criadouros, o número de lavagens e outras práticas operacionais empregadas, assim como o número de animais, o tipo de alimentação e a época do ano também são fatores que influenciam (WOOD, et al.; 2007; MANTOVI et al., 2003; SILVA e ROSTON 2010; HEALY et al., 2007). A Tabela 2 apresenta um levantamento da caracterização físico-química de efluentes produzidos em instalações de bovinocultura de leite.

Tabela 2: Caracterização físico-química da ARB

Efluente	Autores	DBO (mg.L⁻¹)	DQO (mg.L⁻¹)	NTK (mg.L⁻¹)	N-NH₄ (mg.L⁻¹)	P_{total} (mg.L⁻¹)	SST (mg.L⁻¹)
	Wood et al. (2007)	2.811	6.144	-	366	89,3	6.144
	Mumñoz, Drizo e Hession (2006)	1.200	-	-	52	44	26
ARB	Newman et al. (2000)	2.680	-	102	7,8	25,7	1.284
	Dunne et al. (2005)	2.300	-	-	36,00	15	921
	Silva e Roston (2010)	-	-	-	-	-	3.585

Fonte: Adaptado, PELISSARI (2013)

O impacto causado pela ARB no ambiente está relacionado com seu alto potencial poluidor que geram impactos ambientais significativos. Por isso a necessidade de seu tratamento antes do lançamento no corpo receptor.

3.4 Tecnologias de tratamento de água residuária de bovinocultura de leite (ARB)

As tecnologias aplicadas para o tratamento de ARB são muitas, desde processos físico-químicos até processos biológicos, aeróbios e anaeróbios. Essas tecnologias podem ser usadas de forma conjugada, desde que atenda as exigências para descarte ou reuso.

Atualmente, dentre os processos mais empregados para tratar ARB, encontram-se os processos biológicos, frente ao baixo custo operacional, podendo destacar o seguinte:

3.4.1 Filtros biológicos

Os filtros são parte integrante de um sistema de tratamento de efluente, também conhecidos como reatores biológicos, são preenchidos com meio suporte, que geralmente é a brita, anéis plásticos randômicos e um tipo de meio sintético plástico, que pode ser de fluxo inclinado ou vertical (METCALF & EDDY, 2003; JORDÃO & PESSÔA, 2009), a função do meio suporte é realizar a sustentação e promovendo a fixação e o desenvolvimento de microrganismos na forma de biofilmes, para que esses realizem o tratamento do efluente.

Para a escolha de um meio de suporte, o mesmo deve ter como característica: elevada área específica, proporcionar uma área maior para o desenvolvimento do biofilme; elevado volume de vazios, para evitar problemas com a colmatação do reator; ser inerte para não ser decomposto junto com o efluente; e ter peso específico baixo por questões estruturais (METCALF & EDDY, 2003).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização

O experimento foi realizado no laboratório de Monitoramento Ambiental I – Águas e Efluente do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A água residuária foi obtida no estábulo do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA). O SIPA é conhecido como Fazendinha Agroecológica e é fruto de um convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Agrobiologia), UFRRJ, e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO).

4.2 Características da ARB

A água residuária utilizada foi coletada proveniente de uma atividade de bovinocultura orgânica de leite, realizada no SIPA, no município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro. O principal constituinte da água residuária coletada é: resíduo de fezes e urina dos animais, água de lavagem, pelos, leite e gordura do corpo do bovino e do leite. A coleta foi realizada em dezembro de 2017, sendo este um período caracterizado como chuvoso e de elevadas temperaturas para Seropédica/RJ (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014)

A atividade de bovinocultura do local é realizada de forma orgânica, sendo assim adota técnicas sanitárias preventivas aos animais, sem o emprego de produtos proibidos, isenta de aditivos químicos e/ou estimulantes, contemplando uma alimentação nutritiva, sadia e farta.

A caracterização da água residuária do local é caracterizada conforme tabela 3.

Tabela 3: Caracterização da água residuária de bovinocultura de leite proveniente do Sistema Integrado de Produção Agroecológica.

Parâmetros	Média dos valores
Demanda Química de Oxigênio (mg.L-1)	1973,8
Fósforo* (mg.L-1)	75,92
Amônia (mg.L-1)	229,92
Nitrato (mg.L-1)	46,84
Nitrito (mg.L-1)	2,17
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L-1)	120,88
pH	6,79
Condutividade Elétrica (µS.cm-1)	1775,37

Cor (PtCo)	6722,17
Turbidez (FTU)	475,19

Fonte: ALMEIDA (2016)

4.3 Configuração do Processo

Foram confeccionadas 12 colunas de filtragem a partir de tubo de PVC de 150 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento. Na extremidade inferior dos tubos foi colado um tampão com um furo para conexão de uma torneira que permitia a drenagem do efluente. Os materiais filtrantes utilizados foram o sabugo de milho, serragem de madeira (ambas com granulometria entre 2,38 e 4,00 mm, conforme recomendado por Lo Monaco et al. (2004), bambu (gomos de bambu com tamanho médio de 4 cm de altura e 3 cm de diâmetro) e escória de aciaria elétrica (granulometria entre 1,18 e 4,75 mm Ø). Os meios filtrantes foram obtidos no campus da UFRRJ, exceto a escória que foi obtida junto a uma usina siderúrgica situada no sul do estado do Rio de Janeiro, todos os materiais foram secados naturalmente ao ar. O delineamento experimental foi com 4 meios com 3 repetições cada.



Figura 1: Materiais utilizados como meio filtrante.

Para trituração do sabugo de milho e a serragem de madeira foi utilizado um triturador de marca Trapp, modelo Trf 300, conforme Figura 2.



Figura 2: Equipamento utilizado para triturar o sabugo do milho e a serragem de madeira

Para armazenar a água residuária coletada, foi utilizado galões de 50 L, equipado com uma torneira, o que permitiu o controle do fluxo de entrada da água residuária nas colunas de filtração. Como foram realizadas três repetições para cada material filtrante, foram confeccionadas 12 colunas de filtração.

Para evitar a passagem de partículas do material filtrante e entupimento dos drenos, uma camada de 10 cm, constituída de brita 0, foi disposta no fundo dos recipientes, cobrindo o dreno, onde também se adaptou no orifício de saída do filtro uma malha de nylon de 1 mm. Foi adicionado 10 cm de brita 0 no fim da coluna a fim de impedir o selamento superficial na parte superior. Como medida para se evitar o fluxo preferencial da ARB no filtro, colou-se areia nas paredes internas da coluna de filtração, aumentando assim sua rugosidade.

4.4 Sistema Experimental

Os materiais triturados foram acondicionados nas colunas de forma gradual, em camadas de 10 cm de espessura, sob compressão de 12.490 N m^{-2} (pressão semelhante à possível de ser exercida no pisoteio do material por uma pessoa de 70 kg), até ser atingida a altura de 50 cm.

Após a compactação do material filtrante acondicionado na coluna de filtração, foi aplicada lâmina da água residuária, por fluxo descendente, para que este operasse na condição saturada durante todo o tempo. Mantendo-se fechadas as válvulas das bases das colunas, os

filtros foram saturados com ARB, até ser atingido o nível máximo de cada coluna, após a saturação da coluna, as válvulas das colunas filtrantes foram abertas, permitindo o movimento do líquido nos interstícios do material filtrante contido nos filtros, sendo as colunas mantidas saturadas durante todo o período de filtração, na condição de filtro lento, procurando-se manter, por meio de controle nas válvulas, a carga hidrostática inicialmente estabelecida.

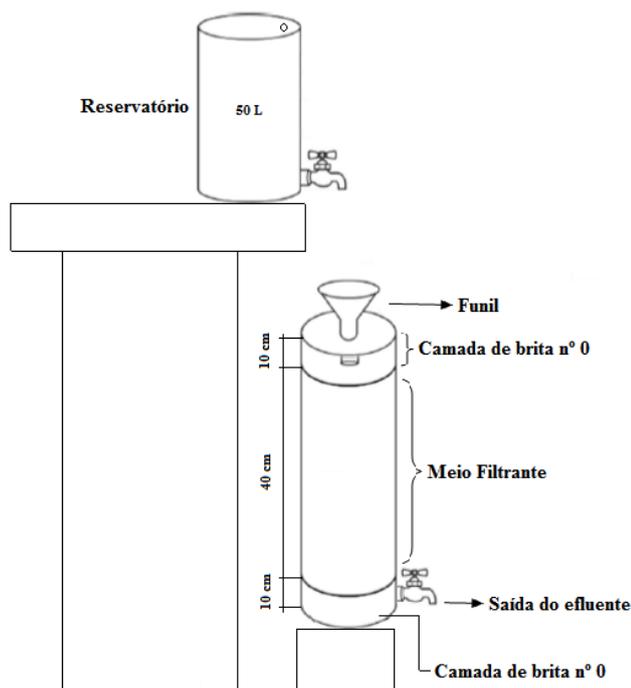


Figura 3: Sistema Experimental

4.5 Monitoramento do sistema

Foi filtrado 30 litros de ARB onde a cada 5 litros amostras de 500 ml eram coletadas para realização de análises de Sólidos em Suspensão Totais (SST) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Todas as amostras do efluente foram acondicionadas e armazenadas conforme estabelecido na NBR 9898, às análises dos parâmetros definidos para avaliar o desempenho dos filtros foram realizadas em triplicata no laboratório de Monitoramento Ambiental I – Águas e Efluente do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

As metodologias utilizadas para a determinação dos parâmetros foram baseadas nos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Para análise de DQO foi utilizado reagentes da marca HACH TNT

821 e 822, onde foi adicionado 2 mL da amostra por cubeta, posteriormente a cubeta com a amostra foi aquecida a temperatura de 150°C durante um período de duas horas no reator DRB 200 fabricante HACH. Após duas horas a amostra foi resfriada em temperatura ambiente por 20 minutos e inserida no espectrofotômetro DR3900 fabricante HACH para leitura da concentração de DQO na amostra. A análise de OG foi realizada através do procedimento onde foi colocado a membrana de fibra de vidro 47 MM Ø no vidro de relógio e levado para a estufa a temperatura de 150°C, por 60 minutos. Após 60 minutos foi retirada da estufa e levada para o dessecador até que se atinga a temperatura ambiente (60 minutos). Após o resfriamento foi pesado o filtro junto ao vidro de relógio, obtendo o peso inicial. Depois de realizar a pesagem inicial o papel filtro foi colocado no copo de filtração e acoplado o copo ao Kitasato, onde foi ligado a bomba a vacuo, que fica acoplada ao Kitasato, e adicionado 100mL de efluente para filtração com a bomba ligada. Após a filtração a membrana foi levada junto ao vidro de relógio para estufa por 60 minutos a temperatura de 150°C e posteriormente retirada da estufa e deixado esfriar a temperatura ambiente no dessecador por 60 minutos. Após o resfriamento foi pesado o filtro junto ao vidro para obtenção da concentração de SST.

4.6 Análises Estatísticas

Por meio da análise de regressão foi feito o ajuste de equações matemáticas relacionando a concentração relativa C/C_0 em função do volume de ARB filtrado.

Foram realizados testes estatísticos para comparações entre os dados amostrais obtidos nos monitoramentos realizados. Os diferentes parâmetros avaliados foram submetidos à testes de análise de variância (ANOVA), e havendo significância as médias foram comparadas através do teste de Tukey, todos com nível de confiança de 95%, ou seja, em nível de 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$). O programa de análises estatísticas utilizado foi o Minitab 17.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da água residuária

O monitoramento dos sistemas teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes tipos de meios filtrantes na redução da demanda química de oxigênio (DQO) como também de Sólidos Suspensos Totais (SST).

A ARB coletada teve sua caracterização para os parâmetros DQO e SST, obtendo-se uma concentração de 3.400 mg.L^{-1} de DQO e 484 mg.L^{-1} de SST.

5.2 Filtro de Sabugo de Milho Triturado

Nas Figuras 4 e 5, observam-se os valores de eficiência de remoção de DQO e SST, respectivamente, dos filtros constituídos de sabugo de milho triturado como meio filtrante (faixa granulométrica entre 2,38 e 4,0 mm) durante o monitoramento.

Tomando-se o eixo das abcissas como volume filtrado e o eixo das ordenadas como concentração relativa de DQO e SST para todos os gráficos subsequentes. Como a concentração relativa (C/C_0) expressa a relação entre as concentrações de saída (efluente) e de entrada no filtro (afluente), um valor de C/C_0 maior que 1 significa que o efluente apresenta concentração da variável em referência maior que a do afluente.

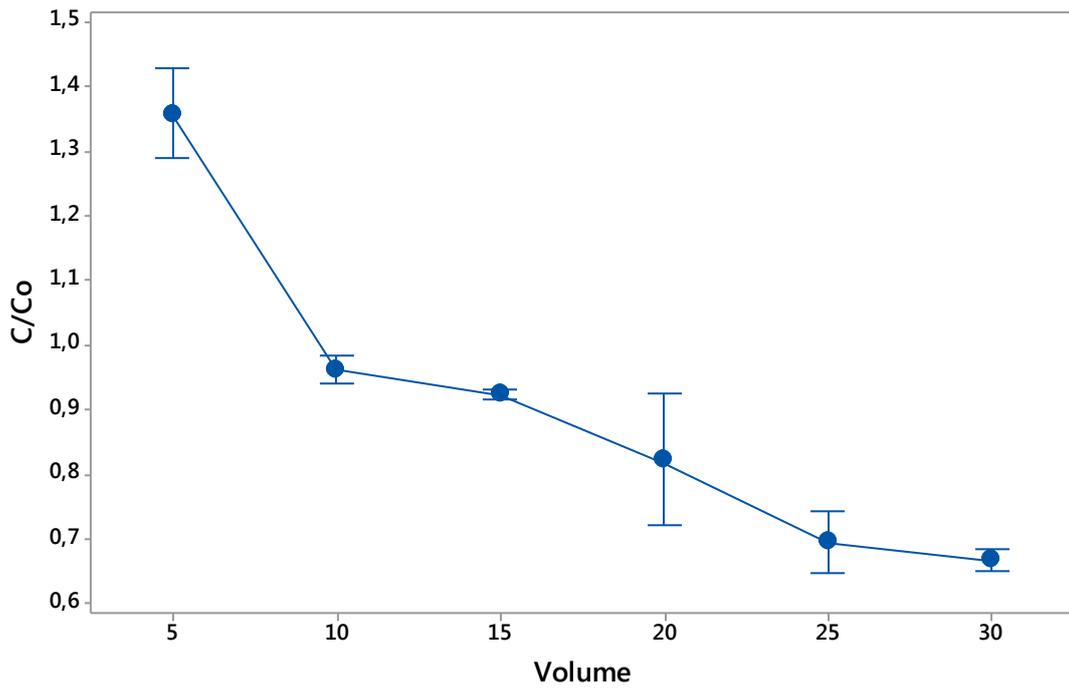


Figura 4: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.

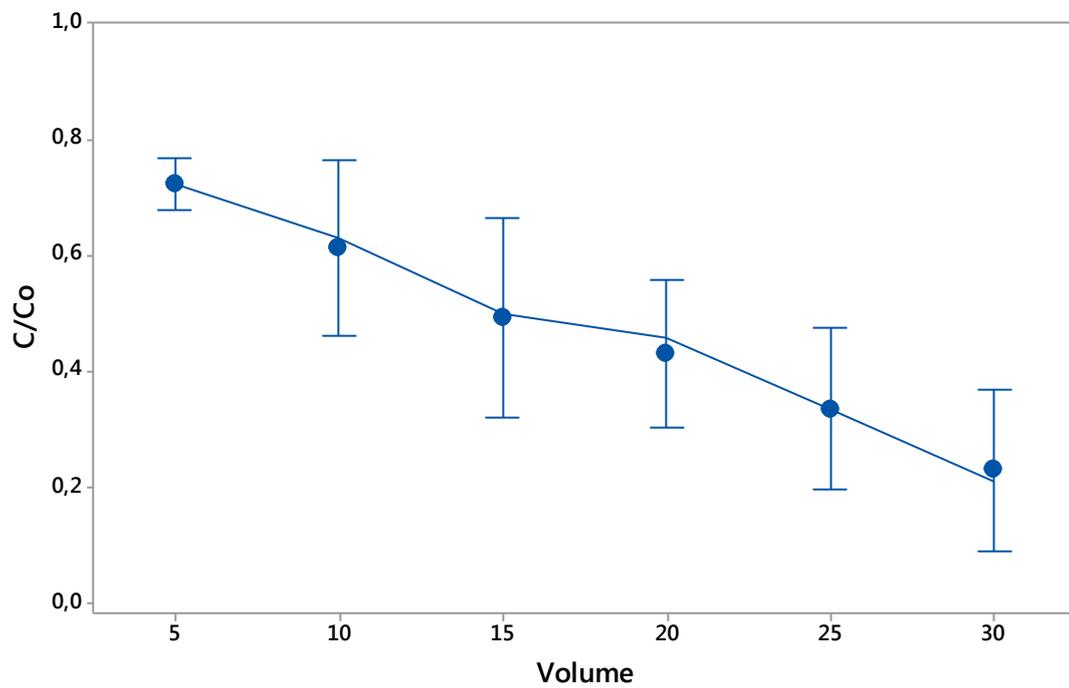


Figura 5: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.

Nota-se que nas três repetições realizadas (Sb1, Sb2 e Sb3) foram obtidas eficiências de remoção de matéria orgânica a partir do décimo litro filtrado, obtendo-se uma remoção no trigésimo litro filtrado de 32, 34 e 34%, respectivamente.

Observando a evolução dos sistemas quanto à quantidade de litros filtrados, é possível notar que nos primeiros 5 litros ocorreu um acréscimo de DQO no efluente. Tal situação também foi reportada por Lo Monaco et al. (2004), quando utilizado serragem de madeira e sabugo de milho triturado, e foi explicada de modo que os dois materiais filtrantes liberaram, nas primeiras lâminas filtradas elevada quantidade de sólidos e solutos de fácil oxidação bioquímica. As maiores eficiência de remoção de DQO foram obtidas conforme a ARB era filtrada, tendo seus maiores valores na última fase de filtração, fato este também observado por Lo Monnaco (2011).

De acordo com a Figura 6, é possível confirmar através da observação da linha tracejada em zero, se um intervalo não contiver zero, as médias correspondentes são significativamente diferentes, ou seja, as repetições do tratamento Sb, não são diferentes entre si.

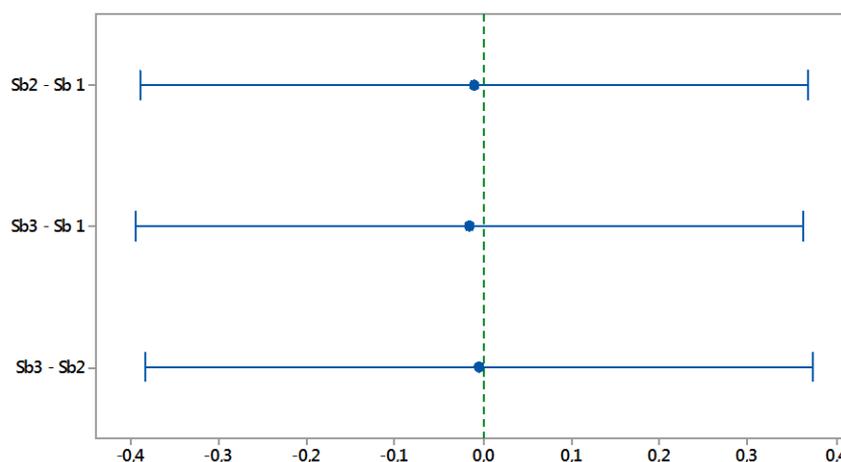


Figura 6: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$)

Os valores de SST, assim como os de DQO, também foram reduzindo conforme a ARB era filtrada. Magalhães (2006) explica que isso ocorre devido a obstrução gradativa dos poros e pela retenção de sólidos da AR nas colunas filtrante. Os valores máximos de eficiência de remoção de SST obtidos em Sb1, Sb2 e Sb3 foram de 71, 79 e 81%, respectivamente, parecidos com o que foi descrito Lo Monaco (2011) que obteve valores entre 60-70% de remoção de ST.

Podemos observar na Figura 7, não houve diferença significativa entre as repetições do tratamento Sb para o parâmetro SST.

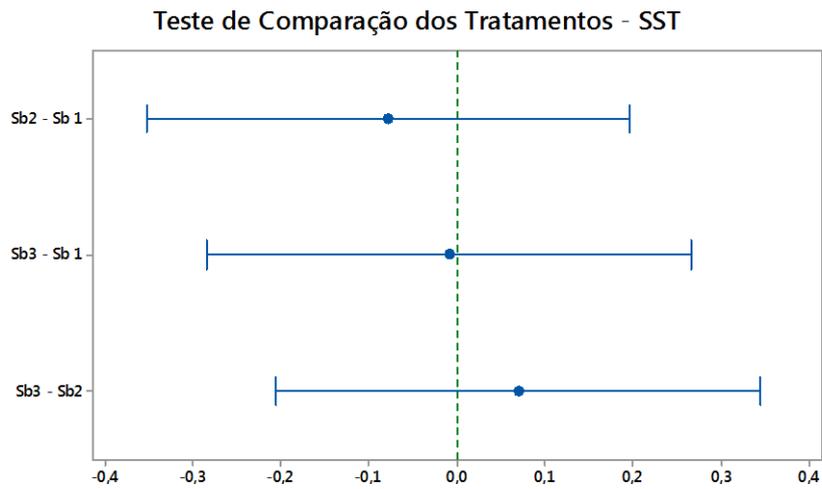


Figura 7: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$)

5.3 Filtro de Serragem de Madeira Triturado

Nos filtros constituídos por serragem de madeira (Se) observa-se os valores médios encontrados para as variáveis DQO e SST ao longo do processo de filtração, como observado nas Figuras 8 e 9.

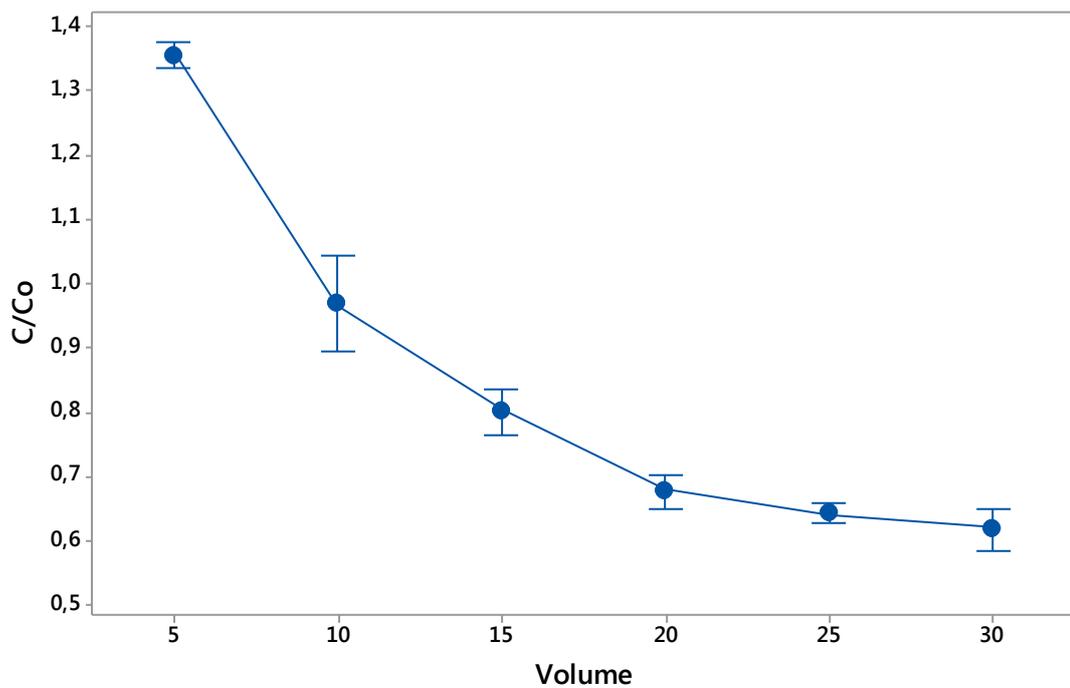


Figura 8: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.

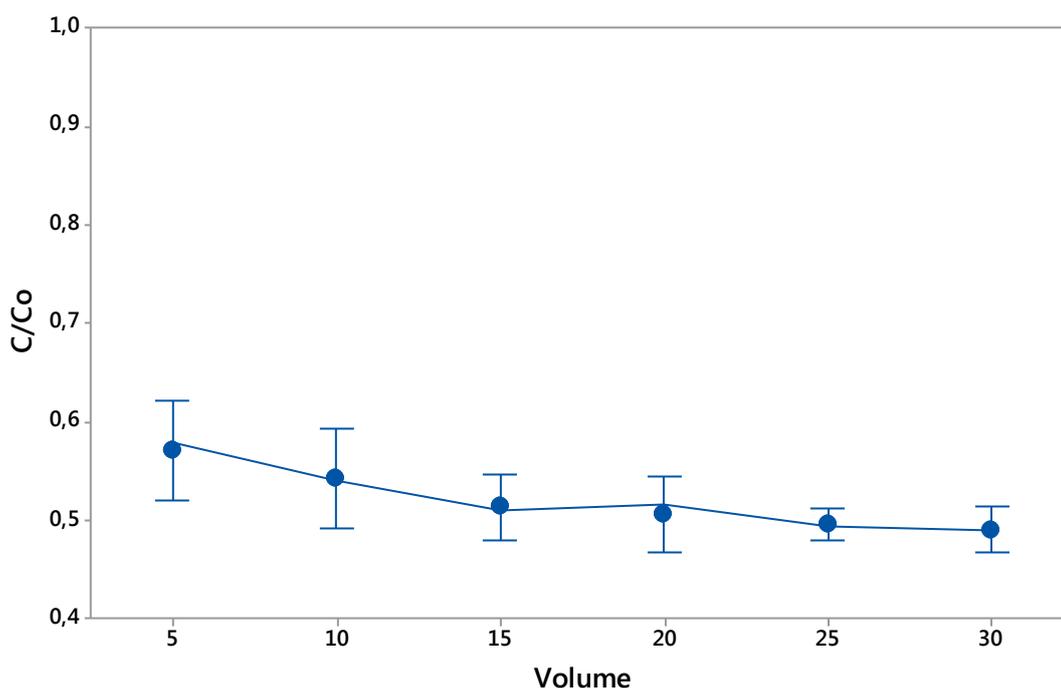


Figura 9: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.

Os valores de remoção de DQO e SST para os filtros que continham serragem de madeira como meio filtrante chegaram a 40 e 51%, respectivamente, conforme apresentado nos filtros com sabugo de milho (Sb), as concentrações iniciais analisadas no período da filtração foram superiores ao afluente. As eficiências encontradas ficaram abaixo do encontrado por Lo Monaco (2004), que encontrou remoções de até 80% de DQO e 70% para ST, tal diferença pode ser associada pelo tipo de água residuária tratada.

Nas Figuras 10 e 11, é possível observar que não houve diferença estatística significativa entre as repetições dos filtros utilizados no tratamento da ARB para os parâmetros DQO e SST.

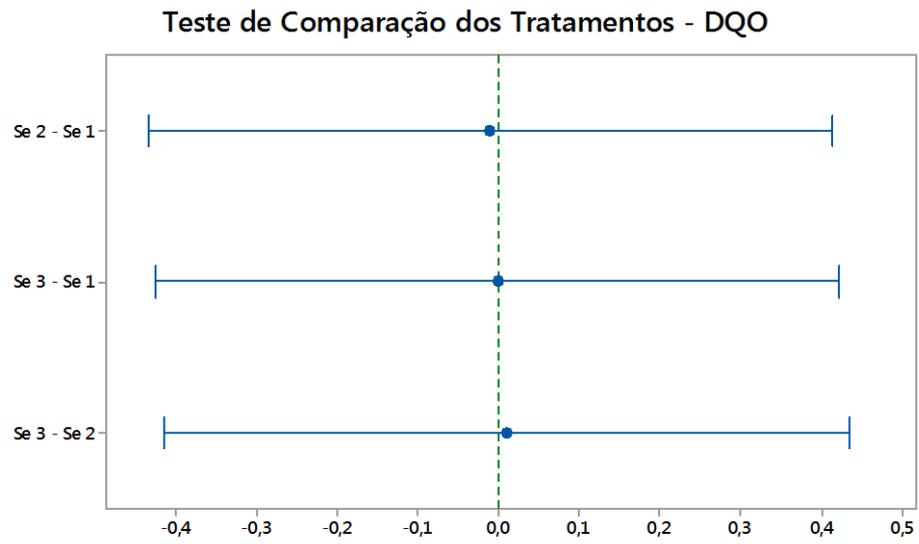


Figura 10: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$)

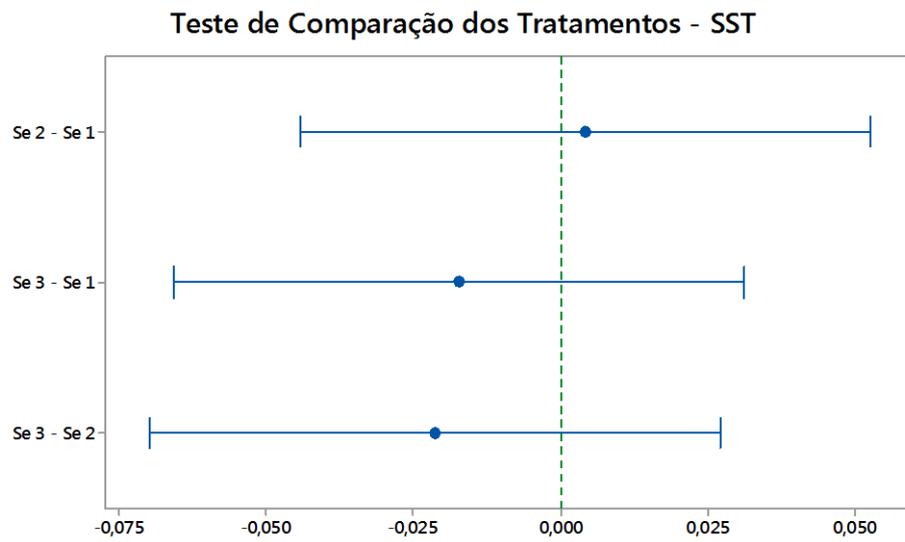


Figura 11: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$)

5.4 Filtro de Bambu

Para os filtros constituídos de bambu como meio filtrante, as concentrações de remoção exibiram um padrão característico, sendo observada pouca variação para os parâmetros DQO e SST ao longo da filtração, diferentemente dos dois filtros apresentados anteriormente, conforme pode ser observado nas Figuras 12 e 13.

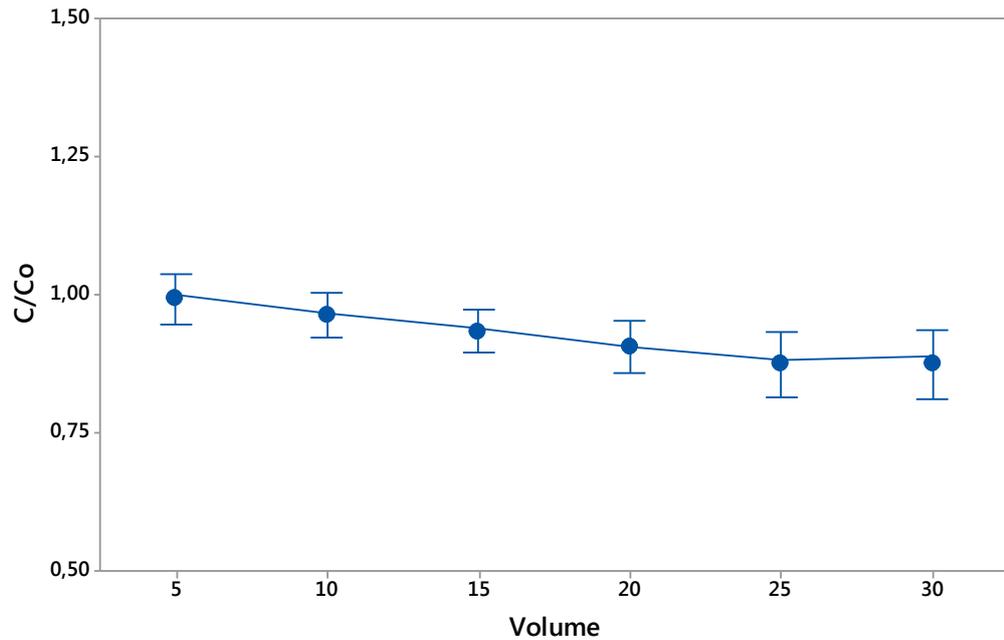


Figura 12: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.

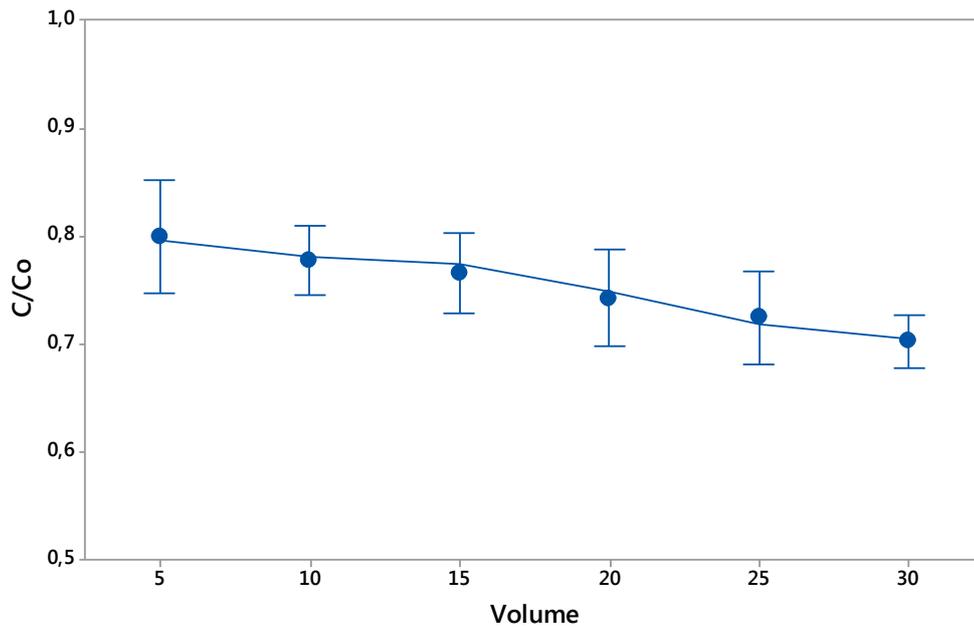


Figura 13: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.

Pode ser observado que com este meio filtrante não se obteve acréscimo no valor de DQO para os primeiros litros filtrados, mais especificadamente nos primeiros 5 L. A remoção média de DQO e SST para este filtro (Ba) foi de 15 e 31%, respectivamente. Segundo Tonetti et al. (2011) valores de remoção de 81% de DQO foram observados com a utilização de recheio de bambu para filtros anaeróbicos, vale ressaltar que neste trabalho não ocorreu a aclimação do meio filtrante, como foi realizado pelo outro autor, sendo que o processo de aclimação propicia o crescimento de biofilme que fica aderido a superfície do bambu, resultando em melhores resultados de remoção de DQO.

Vale ressaltar que o bambu é o meio filtrante com menor área de superfície em relação aos demais, podendo justificar a menor taxa de remoção em comparação com os demais meios filtrantes estudados.

Conforme as Figuras 14 e 15 verificou-se que as repetições não foram diferentes entre si, desta maneira pode-se concluir que todas tiveram o mesmo comportamento durante o trabalho.

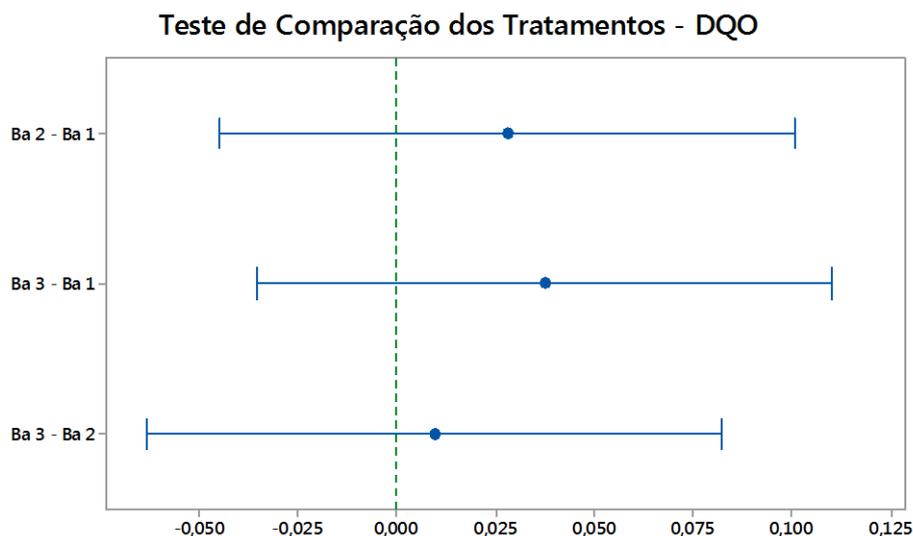


Figura 14: Diferenças de médias para DQO (Tukey \leq 0,05)

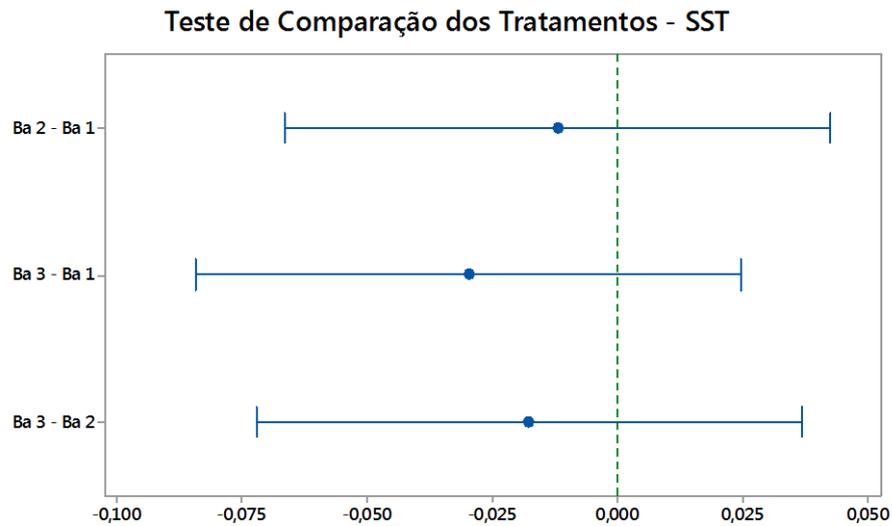


Figura 15: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$)

5.5 Filtro de Escória de Aciaria Elétrica

Nos filtros constituídos por resíduo siderúrgico, escória de aciaria, encontram-se os maiores valores de remoção de DQO quando comparado com os demais filtros estudados neste trabalho. Neste filtro (Es), foi constatada redução de 50% da concentração de DQO referente à concentração afluente da ARB. Conforme observado no filtro constituído de bambu, o material filtrante escoria também não elevou a concentração de DQO nos primeiros litros filtrados. Valores próximos ao encontrado no presente trabalho, para a remoção do parâmetro DQO foi observado em Avelar (2008), que conseguiu uma remoção de 74% com o uso de escória de aciaria LD, porém vale ressaltar que os sistemas de filtragem utilizados no trabalho diferem quanto a granulometria e fase do tratamento.

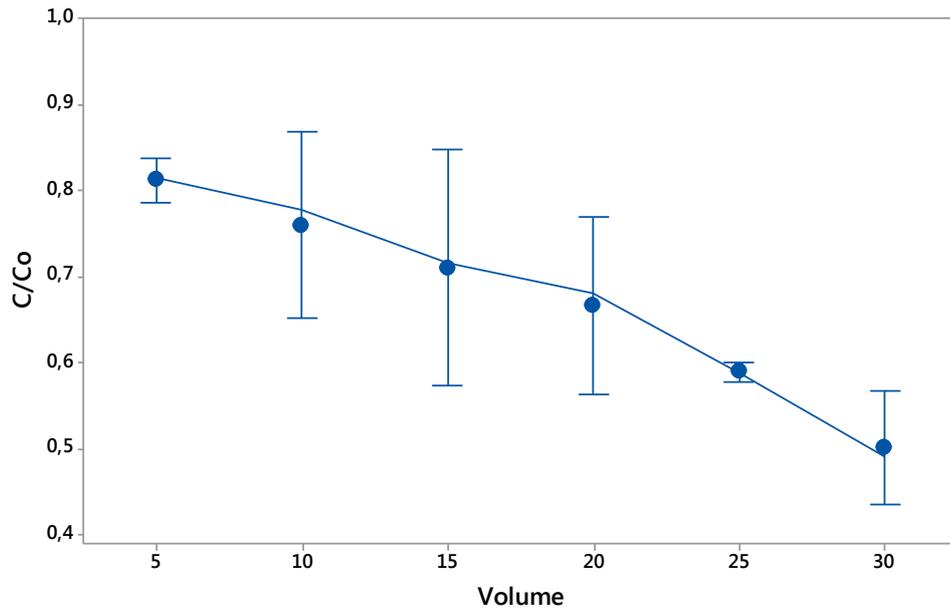


Figura 16: Valores da concentração relativa de DQO durante o processo de filtração.

Para o parâmetro SST foi observado o valor máximo de remoção de 30%, sendo o mesmo obtido no último volume filtrado (30 L).

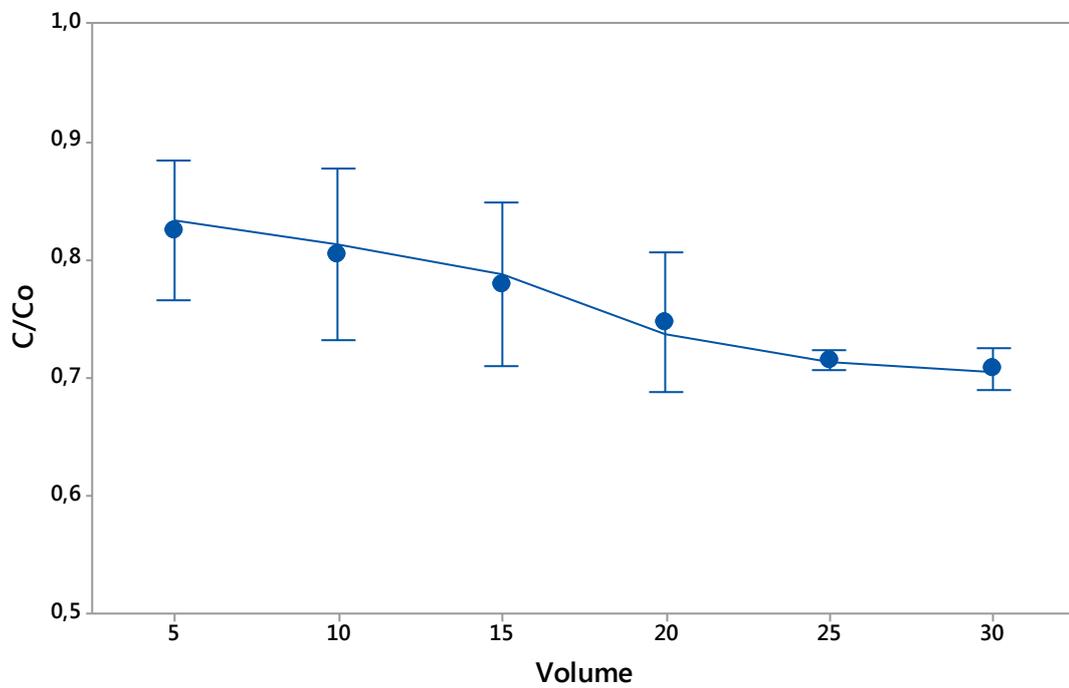


Figura 17: Valores da concentração relativa de SST durante o processo de filtração.

Pode-se observar nas Figuras 18 e 19, que as repetições do tratamento proposto com o meio filtrante escória (Es), não se diferenciaram, tanto para o parâmetro DQO quanto para SST.

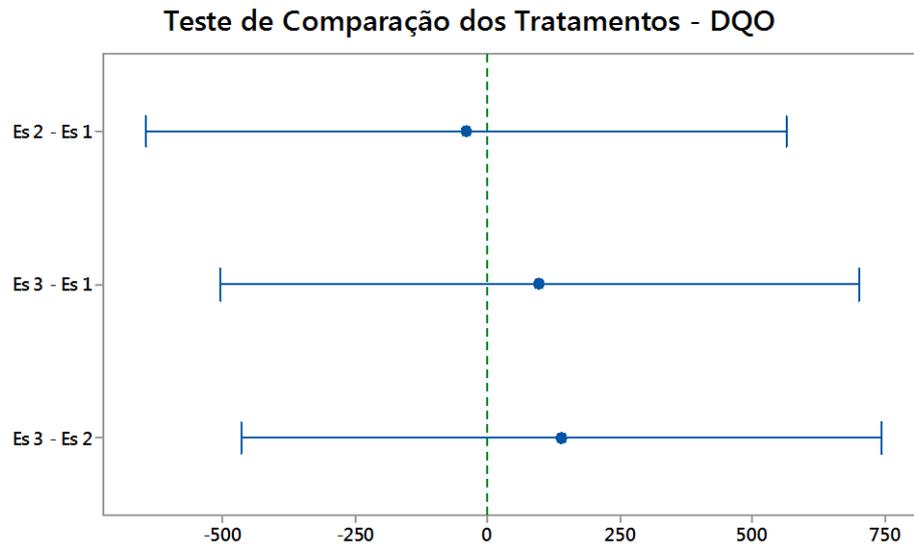


Figura 18: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$)

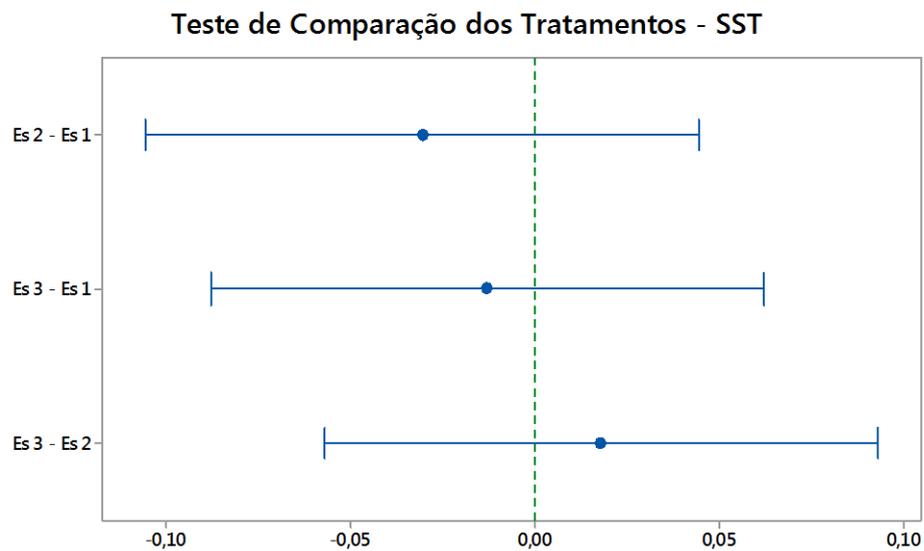


Figura 19: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$)

5.6 Comparação entre os meios filtrantes

Comparando os meios filtrantes estudados na remoção de DQO da ARB estudada, pode-se observar na Figura 20, que o meio filtrante com escória foi o que removeu o maior percentual

de matéria orgânica do efluente. Sendo o filtro com meio filtrante Bambu, que menos removeu DQO.

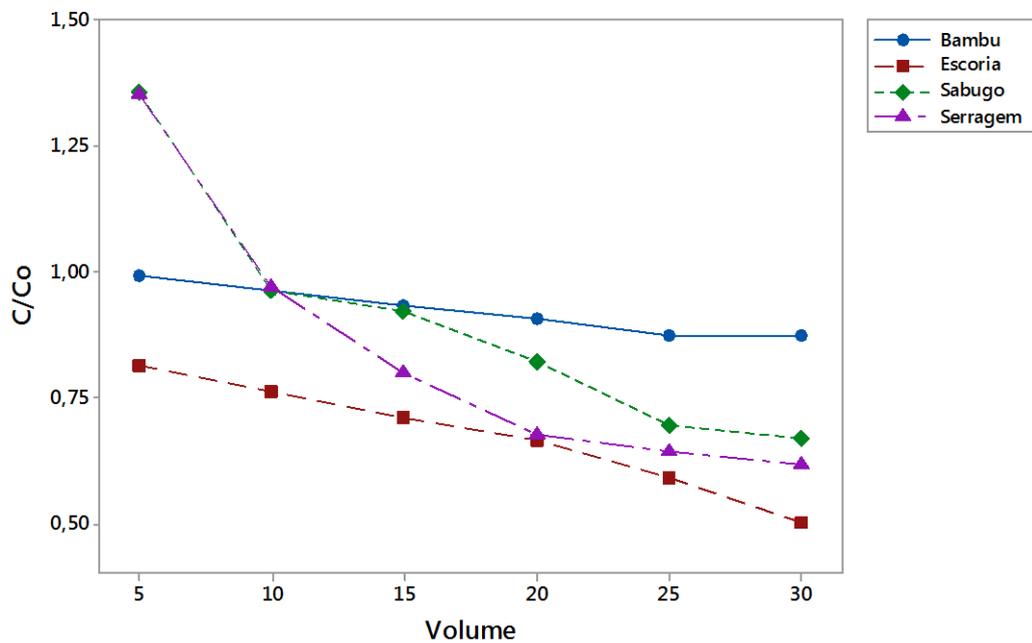


Figura 20: Valores médios de eficiência de remoção de DQO dos filtros

Vale ressaltar que em nenhum dos meios filtrantes foi atingido o nível máximo de saturação do filtro.

As curvas de regressão, considerando a concentração relativa (C/C_0) de DQO para os diferentes meios filtrantes utilizados, em função do volume de ARB filtrado, podem ser visualizadas na Figura 21.

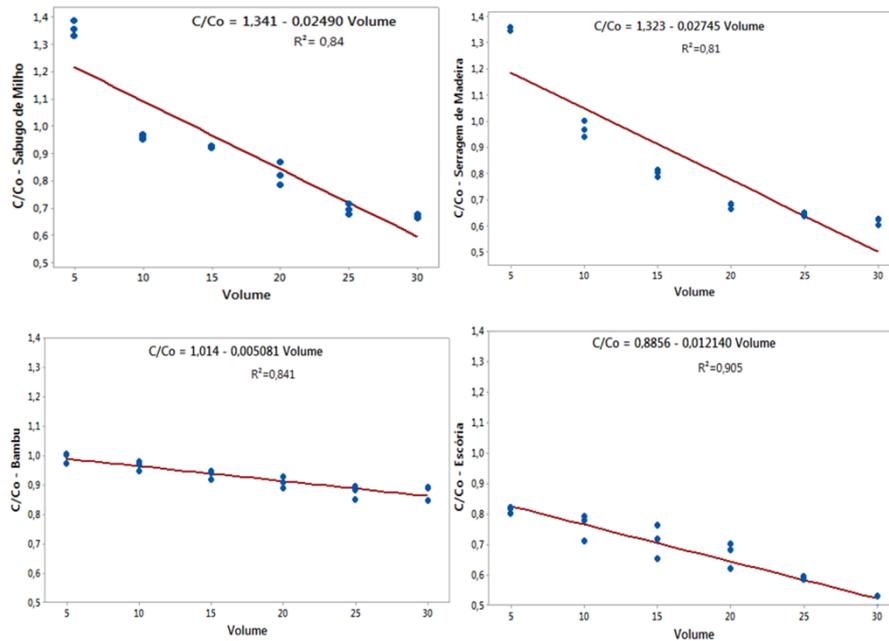


Figura 21: Concentração relativa, dos valores de DQO para os meios filtrantes utilizados.

Para o parâmetro de SST analisado, foi possível observar que o filtro com meio filtrante Sabugo de Milho, foi o que obteve maior remoção de sólidos, quanto os meios Bambu e Escória, foram os que obtiveram a menor remoção, conforme observado na figura 22.

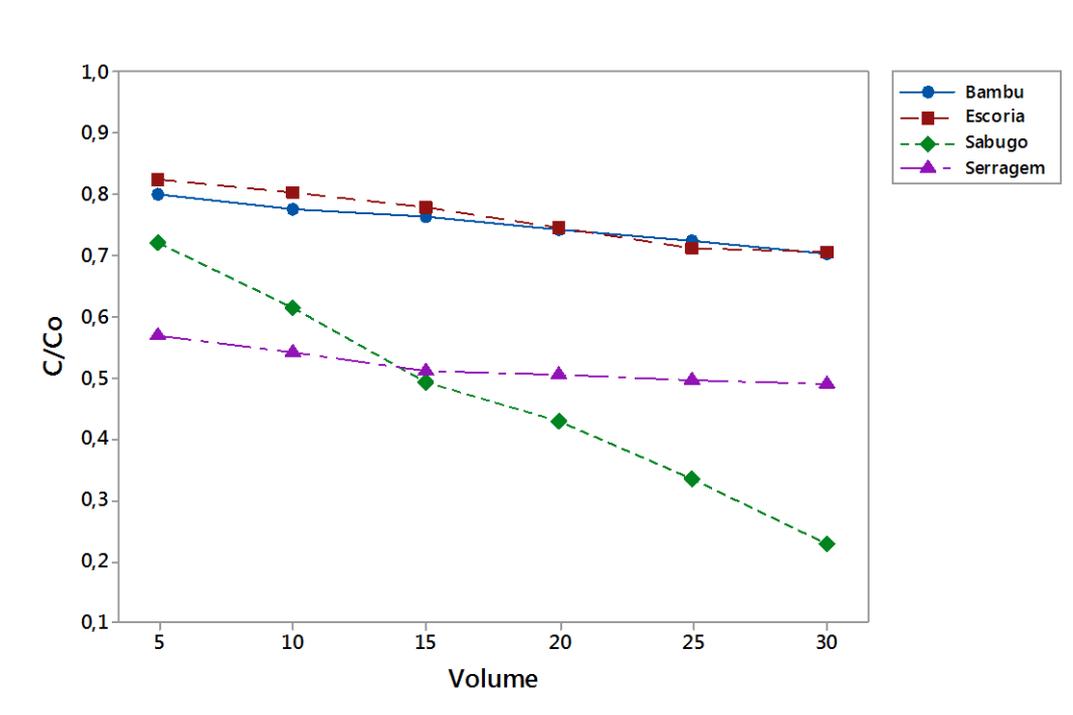


Figura 22: Valores médios de eficiência de remoção de SST dos filtros

Os resultados relativos à remoção de SST encontram-se representados por meio da equação linear acompanhada do seu respectivo coeficiente de determinação demonstrando que os resultados obtidos se ajustam ao modelo linear utilizado, conforme observado na Figura 23.

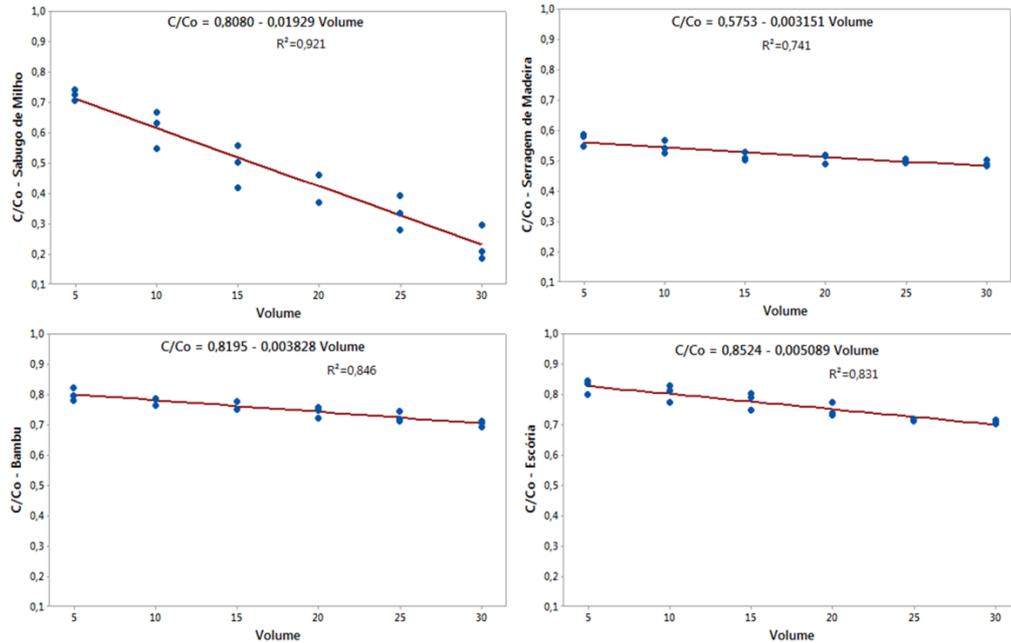


Figura 23: Concentração relativa, dos valores de SST para os meios filtrantes utilizados

De acordo a Figura 24, é possível confirmar por meio do teste de Tukey que as médias correspondentes aos diferentes meios filtrantes não são significativamente diferentes, ou seja, os tratamentos com Sabugo de Milho, Serragem de Madeira, Bambu e Escória, não são diferentes entre si.

Teste de Comparação dos Tratamentos - DQO

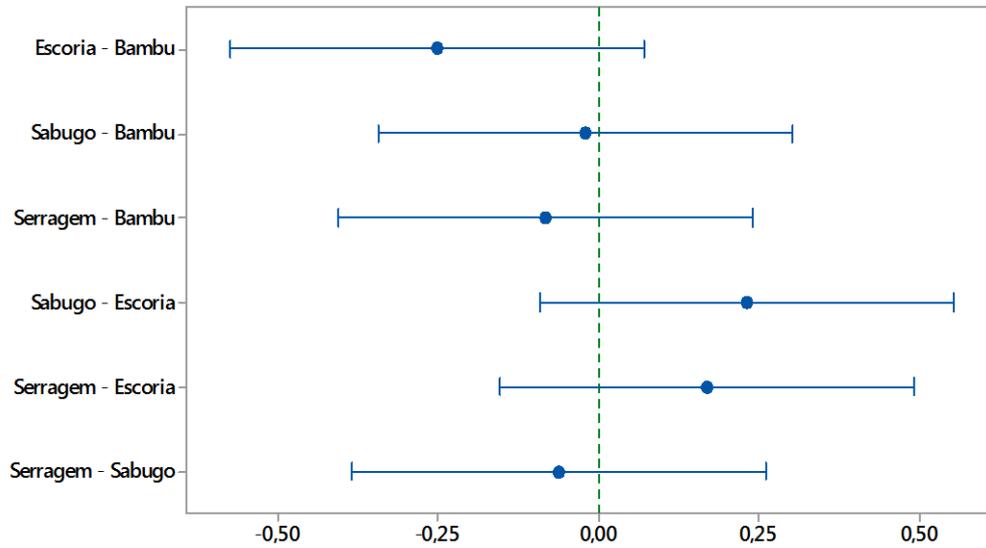


Figura 24: Diferenças de médias para DQO (Tukey $\leq 0,05$)

Pode-se observar também na Figura 25, que para os tratamentos entre os meios Escória-Bambu e Sabugo-Serragem não observou-se diferenças entre eles, já para os meios Sabugo-Bambu, Serragem-Bambu, Sabugo-Escória, Serragem-Escória ocorreram diferenças entre eles.

Teste de Comparação dos Tratamentos - SST

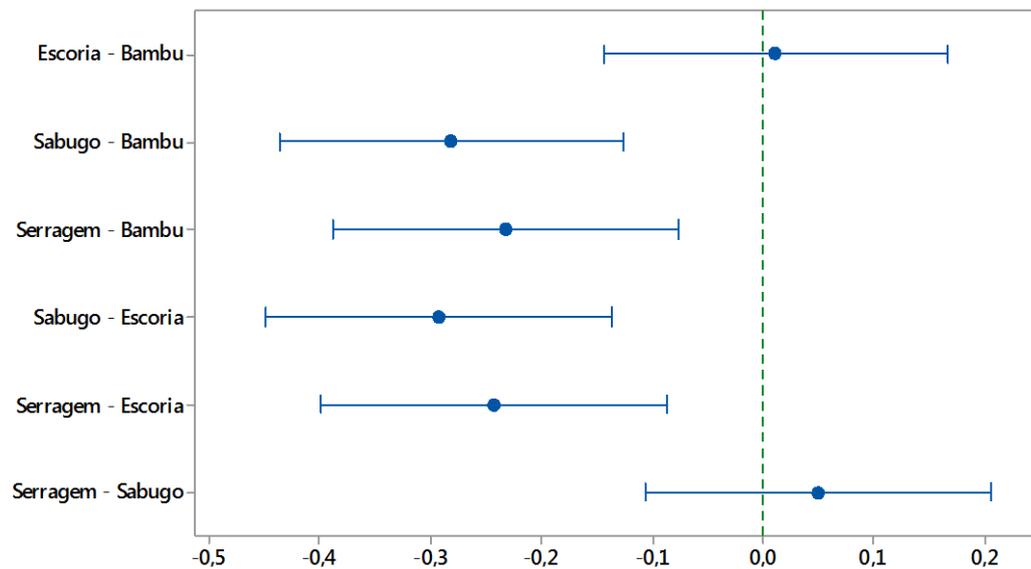


Figura 25: Diferenças de médias para SST (Tukey $\leq 0,05$)

6 CONCLUSÃO

Os meios filtrantes estudados, sabugo de milho, serragem de madeira, bambu e escória de aciaria elétrica, tiveram eficiência de remoção dos parâmetros analisados, DQO e SST.

O melhor resultado de remoção de DQO foi alcançado pelo filtro constituído de escória, onde alcançou-se 50% de remoção.

Para os resultados de remoção de SST o meio filtrante constituído de serragem, obteve o melhor resultado de remoção chegando a remover 51% do poluente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G V. **Tratamento de Água Residuária de Bovinocultura de Leite, Utilizando Leitões Cultivados**. 2016. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.
- ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22^a ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/ Water Environment Federation, 2012.
- AVELAR, J.C. **Avaliação da escória de aciaria (LD) como leito cultivado e leito filtrante no pós-tratamento de efluente de reator UASB compartimentado**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- BORGES, B. C. **Avaliação da remoção e transporte do herbicida ametrina em sistemas alagados construídos**. 2007. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- CORDEIRO, B. S. **A gestão de lodos de fossas sépticas: uma abordagem por meio da análise multiobjetivo e multicritério**. 2010. 143f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade Tecnologia Departamento Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, 2010.
- CORRÊA, C.C.; VELOSO, A.F.; BARCZSZ, S.S. Dificuldades enfrentadas pelos produtores de leite: um estudo de caso realizado em um município de Mato Grosso do Sul. **Anais 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Campo Grande, MS, 2010.
- CRONK, J. K. Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: a review. **Agriculture Ecosystems & Environment**. vol. 58, p. 97-114. 1996.
- DUNNE, E.J.; CULLETON, N.; O'DONOVAN, G.; HARRINGTON, R.; OLSEN, E.A. An integrated constructed wetland to treat contaminants and nutrients from dairy farmyard dirty water. **Ecological Engineering**, v. 24, p. 221–234. 2005.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Gado do Leite – Importância Econômica**. Disponível em: < <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/> > Acesso em: 14 dez. 2017.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Dairy Production and Products – Milk Production**. Disponível em: < <http://www.fao.org/dairy-production-products/en/#.V3AZwbgrLIV> >. Acesso em: 10 jan. 2017.
- HEALY, M. G.; RODGERS, M.; MULQUEEN, J. Treatment of dairy wastewater using constructed wetlands and intermittent sand filters. **Bioresource Technology**, v. 98, p.2268–2281, 2007.

IBGE, 2014. **Estatística da produção pecuária**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico IBGE. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 de nov. 2017.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 940 p.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3 ed., Rio de Janeiro: ABES, 1995

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KELLNER, E.; PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Fertilidade de solos. **Sistemas de Produção**, n. 2, set. 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_5ed/feroorganica.htm>. Acesso em: 23 dez. 2017.

LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; JORDÃO, C.P.; CECON, P.C.; MARTINEZ, M.A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.116-119, 2004.

LO MONACO, P.A; MATOS, A.T; BRANDÃO, V.S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de Milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no Tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.5, p. 974-984, 2011.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; MONACO, P.A.V. Lo. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de água residuária de suinocultura. **Revista Ambiental & Água**, Taubaté, v.5, n.2, p.119-132. 2010.

MAGALHÃES, M.A; MATOS, A.T; DENICULI, W; TINOCO, I.F.F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v.10, n.2, p. 472–478, 2006.

MANTOVI, P.; MARMIROLI, M.; MAESTRE, E.; TAGLIAVINI, S.; PICCININI, S.; MARMIROLI, N.; Application of a horizontal subsurface flow constructed wetlands on treatment of dairy palor wastewater. **Bioresource Technology**, v.88, p.85–94, 2003.

METCALF E EDDY, Inc. (1991). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse**, Tchobanoglous, G. e Burton F.L. (eds.), 3 ed., Editora McGraw-Hill, Nova Iorque, Estados Unidos, 1336p

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, and reuse**. New York: Metcalf & Eddy, Inc., 4. ed., 2003. 1819 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio. Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Assessoria de Gestão Estratégica. 96p.

MUMÑOZ, P.; DRIZO, A.; HESSION, W.C. Flow patterns of dairy wastewater constructed wetlands in a cold climate. **Water Research**, v.40, p.3209-3218,2006.

NBR 9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas 22 p. 1987.

NEWMAN, J.M.; CLAUSEN, J.C.; NEAFSEY, J.A. Seasonal performance of a wetland constructed to process dairy milkhouse wastewater in Connecticut. **Ecological Engineering**, vol. 14, p. 181-198, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; DELGADO, R. C.; GOIS, G.; LANNES, A.; DIAS, F. O.; SOUZA, J. C.; SOUZA, M. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 140-149. 2014.

PELLISSARI, C. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento subsuperficial**. 2013. 139f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

POHLMANN, M. **Levantamento de técnicas de manejo de resíduos da bovinocultura leiteira no estado de São Paulo**. 2000. 102f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

SANT'ANNA JUNIOR, G.L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro, Interciência, 2010.

SCHAAFSMA, J.A.; BALDWIN, A.H.; STREB, C.A. An evaluation of a constructed wetland to treat wastewater from a dairy farm in Maryland, USA. **Ecological Engineering**, v.14, p.199-206, 2000.

SILVA, M.E.; ROSTON, M.D. Tratamento de fluentes de Sala de Ordenha de Bovinocultura: lagoas de estabilização seguida de leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, 2010.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos- 2016**. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em 08 de fev. de 2018.

SOUZA, M. P. Agronegócio do leite: características da cadeia produtiva do estado de Rondônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.1, n.1, 2009

TONETTI, A.L; FILHO, B.C; GUIMARAES, J.R; CRUZ, L.M.O; NAKAMURA, M.S. Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p. 11–16.

USDA. DAIRY. **Cows milk production and consumption: summary for selected countries.** In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. PSD online: production, supply and distribution. Washington, DC: USDA, 2016. Disponível em:<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline>> . Acesso em: 03 ago. 2017.

WOOD, J.; FERNANDEZ,G.; BARKER, A.; GREGORY,J.;CUMBNEY,T.; Efficiency of reed beds in treating dairy wastewater. **Biosystems Engineering**, v.98, p 455-469. 2007.

ZHANG, D. Q; JINADASA, K.B.S.N; GERSBERG, R. M; LIU, Y; NG, W. J; TAN, S. K. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries e A review of recent developments (2000-2013); **Journal of Environmental Management** 141 (2014) 116e131, 2014