



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

EDINÉIA KRENZKE DA SILVEIRA

**TRATAMENTO PARA REÚSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE ANIMAIS DO
FRIGORÍFICO FRIGOBUTIÁ DO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO BUTIÁ**

CERRO LARGO

2018

EDINÉIA KRENZKE DA SILVEIRA

**TRATAMENTO PARA REÚSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE ANIMAIS DO
FRIGORIFICO FRIGOBUTIÁ DO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO BUTIÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Juliana Marques

CERRO LARGO

2018

Dedico este trabalho a minha família e a todos que de alguma forma contribuíram em minha evolução acadêmica.

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Silveira, Edineia Krenzke da
TRATAMENTO PARA REÚSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE ANIMAIS
DO FRIGORÍFICO FRIGOBUTIÁ DO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO
BUTIÁ / Edineia Krenzke da Silveira. -- 2018.
66 f.:il.

Orientador: Doutora Juliana Marques Schöntag.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo, RS ,
2018.

1. Reúso da água. 2. Filtro Lento. 3. Frigoríficos.
4. Tratamento de efluentes. 5. FrigoButiá. I. Schöntag,
Juliana Marques, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA – BACHARELADO

EDINÉIA KRENZKE DA SILVEIRA

**TRATAMENTO PARA REÚSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE ANIMAIS DO
FRIGORIFICO FRIGO BUTIA NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO BUTIÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitário.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em 11 de dezembro de 2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Juliana Marques Schöntag-UFFS
(Orientadora)

Prof. Dra. Alcione Aparecia de Almeida Alves-UFFS
(Banca Examinadora)

Prof. Dra. Manuela Gomes de Almeida- UFFS
(Banca Examinadora)

Cerro Largo, 11 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, saúde e ânimo para enfrentar as dificuldades encontradas durante o decorrer de toda a graduação.

Em segundo lugar e não menos importante, aos meus pais José Odil e Maria Elaine, que me deram total apoio durante toda a jornada acadêmica.

Agradeço também a minha orientadora e professora Juliana Marques pelas horas dedicadas a mim, na troca de conhecimentos e informações, que por fim compuseram este trabalho.

Ao senhor José Carlos e sua querida esposa Simone pela oportunidade de estagiar e desenvolver este projeto em sua empresa, não tenho palavras para expressar minha gratidão a vocês.

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo que possibilitou esta formação, tanto com estrutura quanto com corpo técnico.

Aos colegas do curso, amigos e pessoas as quais desenvolvi amizades durante a graduação, encarando juntos as mais diversas dificuldades enfrentadas pelo curso. Haverão eternas lembranças das amizades que se formaram no início das aulas no CENTRAN e antigo Seminário São José.

Enfim, a todos os familiares e pessoas que de alguma forma contribuíram no processo de minha formação acadêmica.

RESUMO

Atualmente com a escassez das águas, é sensível a preocupação e a busca por procedimentos para reutilizá-la de forma segura, para o ambiente e principalmente para a saúde. Nas indústrias é ampla a área de tratamentos de efluentes com o objetivo de reutiliza-lo novamente em seu processo de produção. Assim, o objetivo deste estudo foi construir um Filtro Lento Piloto, monitor seu funcionamento e avaliar a viabilidade de implementação de um Filtro Lento em escala real para o tratamento das águas de lavagem de animais do frigorífico Frigo Butiá localizado no município de São Pedro do Butiá RS, a fim de demonstrar que práticas sustentáveis podem ser utilizadas buscando benefícios para os setores industriais, assim como para a sociedade e meio ambiente. Análises diárias foram realizadas para os parâmetros de turbidez, pH, cor verdadeira, condutividade e coliformes totais e termotolerantes, e feito a limpeza por meio de raspagem do leito filtrante ao final de cada carreira de filtração. O filtro removeu até 96 % de turbidez, até 94,7 % de cor aparente, condutividade houve redução até 68 %, e o pH se manteve entre 7 e 8 a uma temperatura de 23 a 27 °C. A remoção de coliformes foi de até 100 % dos coliformes termotolerantes e remoção de até 98 % dos coliformes totais. Esse estudo mostra que é possível a instalação do Filtro Lento no FrigoButiá para a limpeza dos currais, pocilgas, corredores, limpeza dos caminhões e demais ambientes onde não é necessária uma água com padrão de qualidade potável.

Palavras-chave: Reúso da água, Frigorífico, Filtros lentos, Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

Currently, with the water shortages, it is sensitive to concern and the search for procedures to reuse it safely, for the environment and especially for health. In the industries the area of effluent treatment is ample with the purpose of reusing it again in its production process. Thus, the objective of this study was to construct a Slow Pilot Filter, monitor its operation and evaluate the feasibility of implementing a real-scale Lentoem Filter for the treatment of animal washing waters from the Frigo Butiá located in the city of São Pedro do Butiá RS , in order to demonstrate that sustainable practices can be utilized seeking benefits for the industrial sectors, as well as for society and the environment. Daily analyzes were performed for the parameters of turbidity, pH, true color, conductivity and total and thermotolerant coliforms, and scraped the filter bed at the end of each filtration run. The filter removed up to 96% turbidity, up to 94.7% apparent color, conductivity was reduced up to 68%, and the pH remained between 7 and 8 at a temperature of 23 to 27 ° C. The removal of coliforms was up to 100% of thermotolerant coliforms and removal of up to 98% of total coliforms. This study shows that it is possible to install the Slow Filter in the FrigoButiá to clean the corrals, pens, corridors, cleaning trucks and other environments where water with a drinking quality standard is not required.

Keywords: Reuse of water, Cold rooms, Slow filters, Effluent treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de abate de bovinos.....	15
Figura 2 - Fluxograma do processo de abate de suínos	16
Figura 3 - Filtro Lento convencional.	20
Figura 4 - Valores recomendados de água bruta para o uso do Filtro Lento.	21
Figura 5 - Limites para o parâmetro de turbidez aplicado ao Filtro Lento.	22
Figura 6 - Características de Filtros Lentos convencionais.	25
Figura 7 - Variáveis que alteram a eficiência de Filtros Lentos.	25
Figura 8 - Taxas de infiltração recomendadas para Filtro Lento.	26
Figura 9 - Características usuais do meio filtrante.	27
Figura 10 - Recomendações para o coeficiente de desuniformidade em Filtros Lentos.	28
Figura 11 - Características usuais de areia para Filtro Lento.	28
Figura 12 - Recomendações para especificação da profundidade do leito filtrante do Filtro Lento	29
Figura 13 - Recomendações de altura de camada sobrenadante para projeto de Filtro Lento..	30
Figura 14 - Vista aérea do FrigoButiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.	32
Figura 15 - Planta baixa do frigorífico Frigo Butiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.	33
Figura 16 - Entrada do FrigoButiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.	34
Figura 17 - Tampa de PVC com mangueira de silicone	35
Figura 18 - Parte interior da tampa de PVC com a sustentação na mangueira.....	36
Figura 19 - Tampa de PVC já fixada no tubo.	36
Figura 20 - Tambor usado como reservatório de efluente	37
Figura 21 - Peneiras usadas para construção da areia.	38
Figura 22 - Local da primeira coleta de efluente no FrigoButiá.....	39
Figura 23 - Teste de sólidos pelo método de Cone Imhoff para efluente.	40
Figura 24 - Corredor onde os bovinos recebem banho por aspersão.	41
Figura 25 - Material filtrante retirado do Filtro Lento para realizar a limpeza.	42
Figura 26 - Material filtrante recendo a primeira e a última lavagem.	43
Figura 27 - Projeto Filtro Lento dimensionado para o FrigoButiá.	44
Figura 28 - Curva granulométrica da areia adequada para a filtração lenta	45
Figura 29 - Valores de pH nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.	46

Figura 30 - Valores de pH e temperatura nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.	47
Figura 31 -Valores de pH e temperatura nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.	47
Figura 32 - Valores de cor aparente (uC) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.....	48
Figura 33 -Valores de cor aparente (uC) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.	49
Figura 34 -Valores de cor aparente(uC) nas amostras tratadas pelo tratamento de filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.	49
Figura 35 -Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.	50
Figura 36 - Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.	50
Figura 37 -Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.	51
Figura 38 -Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.....	52
Figura 39 -Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente à segunda carreira de filtração.	52
Figura 40 -Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração	53
Figura 41 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes do processo de filtração lenta.....	53
Figura 42 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a primeira carreira do processo de filtração lenta.	54
Figura 43 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes da segunda carreira do processo de filtração lenta	55
Figura 44 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a segunda carreira do processo de filtração lenta.	56
Figura 45 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes da terceira carreira do processo de filtração lenta.	57
Figura 46 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, no oitavo dia da terceira carreira do processo de filtração lenta.....	57

Figura 47 -Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a terceira carreira do processo de filtração lenta58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivos específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	FRIGORÍFICOS.....	14
2.1.1	Abate de bovinos	14
2.1.2	Abate de suínos.....	15
2.2	ÁGUAS DE REUSO.....	17
2.3	FILTROS LENTOS.....	18
2.4	CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO	20
2.4.1	Turbidez	21
2.4.2	Partículas dissolvidas	22
2.4.3	Matéria orgânica.....	22
2.4.4	Coliformes totais e outros microrganismos.....	22
2.4.5	pH.....	23
2.4.6	Condutividade.....	23
2.5	PARÂMETROS USADOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO FILTRO LENTO	24
2.5.1	Taxas de filtração	26
2.5.2	Leito Filtrante.....	26
2.5.3	Coeficiente de Desuniformidade	27
2.5.4	Profundidade do leito filtrante	29
2.5.5	Altura da camada sobrenadante.....	29
2.5.6	Perda de carga	30
2.6	LIMPEZA DO FILTRO LENTO	30
2.7	DESEMPENHOS, LIMITAÇÕES, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO FILTRO LENTO	30
3	METODOLOGIA.....	32
3.1	CARACTERIZAÇÕES DO LOCAL	32
3.2	PROJETO PILOTO DO FILTRO LENTO	34
3.3	CONSTRUÇÃO DA CURVA GRANULOMÉTRICA DA AREIA PARA O FILTRO LENTO	37
3.4	COLETA DO EFLUENTE DA LAVAGEM DOS ANIMAIS	38
3.5	OPERAÇÃO DO PROJETO PILOTO DO FILTRO LENTO	39
3.6	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO LENTO	43

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 CURVA GRANULOMÉTRICA.....	45
4.2 CARREIRAS DE FILTRAÇÃO	45
4.2.1 Valores de pH.....	46
4.2.2 Valores de Cor aparente (uC).....	48
4.2.3 Valores de Turbidez (uNT)	49
4.2.4 Valores de Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	51
4.2.5 Valores de Coliformes fecais e totais (UFC/mL).....	53
5 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a necessidade de preservação e reutilização da água tem sido muito importante, pois com o crescimento desordenado das populações e atividades industriais, têm ocasionado um agravamento na escassez hídrica do planeta. A reutilização das águas é tratada com recorrência nas políticas ambientais, assim como o desenvolvimento e pesquisas de novas tecnologias de tratamento para reúso nos setores industriais.

De uns tempos para cá houve uma grande mudança na maneira como as empresas estão trabalhando. A preocupação com o meio ambiente tornou-se um diferencial competitivo, pois elas são bem vistas no mercado, são valorizadas pelos consumidores, geram economia, são mais competitivas, geram confiança perante os investidores, seus colaboradores trabalham mais satisfeitos, entre outras vantagens. Conforme Martins et al. (2013), além da preocupação com o processo de produção e atualidades de mercado, as empresas passaram a dar maior atenção aos impactos causados no meio ambiente e as suas consequências.

Com a atual situação dos mananciais e busca pelo uso da água, as indústrias optaram por alternativas e formas de reaproveita-la dentro da própria empresa ou mesmo pela compra de água de reúso das companhias de saneamento. Segundo Diniz (2005), se todas as indústrias brasileiras estivessem utilizando a água que as concessionárias lhes fornecem, aproximadamente 1,65 m³/hab.dia seriam necessários para abastecer constantemente 8,2 milhões de pessoas, ou seja, uma situação inviável e insustentável. Os processos industriais, apesar de ocuparem a segunda posição no consumo total de água com 22%, são os principais responsáveis por sua contaminação, pois lançam efluentes sem tratamento adequado aos mananciais.

Conforme o Guia Técnico Ambiental de Abate (Bovino e Suíno), o consumo de água em abatedouros e frigoríficos, para o abate de bovinos é de 1700 L/cabeça, já a de suíno é em média 400 L/cabeça. Como se pode observar há um consumo elevado de água no setor frigorífico. Uma das etapas onde há uso intenso de água é a de lavagem dos animais. Essa água de lavagem, se tratada adequadamente pode ser reutilizada para outros fins dentro da empresa. Nesse estudo buscou uma maneira de tratar essa água e avaliar a possibilidade do seu reúso dentro do processo produtivo do frigorífico. A alternativa sugerida para o tratamento foi à utilização de Filtros Lentos. Conforme Pizzolatti (2010), a filtração lenta é basicamente a passagem de água por um meio filtrante granular, composto por areia fina, dando condições para que o recurso responsável pela remoção das partículas atue de forma

eficaz. Sendo que sua operação consiste em controle de vazão e limpeza do leito filtrante ao final da carreira de filtração.

O Filtro Lento foi escolhido por ter algumas vantagens, como por exemplo, remoção de Oocistos de *Escherichia coli* e *Giardia*, (que podem estar presentes na água devido ao contato com as fezes dos animais), sendo uma ótima alternativa para a redução e muitas vezes até a eliminação destes organismos que é o principal indicativo de contaminação fecal (MURTHA, 1997). Não são utilizados produtos químicos na filtração lenta, inibindo assim a formação de subprodutos, podendo dessa forma o efluente tratado ser utilizado na agricultura e piscicultura, (MURTHA; HELLER; LIBANO 1997). Por ser de simples operação e consistir basicamente de controle de vazão e limpeza do meio filtrante, os custos com manutenção e operação desta tecnologia são menores comparado com outras tecnologias. No Filtro Lento a água permanece a cima do leito filtrante durante alguns dias, formando uma barreira biológica para as impurezas, (HYMNO, 2013).

1.1 OBJETIVOS

Construir um Filtro Lento Piloto para o tratamento de água proveniente da lavagem dos animais, avaliando seu funcionamento hidráulico e a qualidade final da água, para reutilização no processo de abate dos animais. Verificado a possibilidade de reaproveitamento será feito então o dimensionamento de um Filtro Lento em escala real para o tratamento de água proveniente da lavagem dos animais para reaproveitamento no frigorífico Frigo Butiá, localizado no município de São Pedro do Butiá RS.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a qualidade da água da lavagem dos animais, para reaproveitamento;
- Identificar o local de instalação do sistema proposto para o tratamento da água;
- Construir um Filtro Lento Piloto;
- Avaliar o funcionamento hidráulico e a qualidade da água após o tratamento no Filtro Lento Piloto.
- Dimensionar e projetar um Filtro Lento para o tratamento e reaproveitamento da água proveniente da lavagem dos animais;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FRIGORÍFICOS

Conforme Maldaner (2008), o crescimento econômico juntamente com o aumento populacional, influenciou diretamente no aumento do consumo de carne, trazendo consigo alguns problemas ambientais, como a geração de resíduos que poluem o ar, água e solo. Os impactos ambientais gerados pelas indústrias do setor frigorífico estão relacionados ao alto consumo de água, geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos com uma elevada carga poluidora e emissões gasosas provindas de várias etapas do processo de produção (SCHENINI; ROSA, 2014).

Este segmento agroindustrial compreende setores distintos: o produtivo e o de abate. As empresas que normalmente atuam no abate de animais, são os abatedouros e os matadouros-frigoríficos (que podem ser de dois tipos: os que abatem os animais e industrializam sua carne; e aquelas que não abatem os animais, compram a carne e a industrializam) (BRASIL, 1952).

2.1.1 Abate de bovinos

Na Figura 1 é demonstrado o processo de abate do bovino. O processo começa pelo transporte dos animais feito por caminhões de carroceria adaptada, podendo ser de madeiras ou de liga metálica (SNA, 2015). Os caminhões devem passar pelo processo de higienização e desinfecção antes do embarque, evitando a exposição a eventuais agentes contaminantes.

Após o descanso, os animais são dirigidos ao corredor onde recebem o banho por aspersão. Segundo Amaral (2010), o local do banho de aspersão deverá possuir um sistema tubular de bicos com jatos direcionados para o centro do banheiro, a água deve ser clorada, a pressão recomendada é de no mínimo 3 atm e o tempo do banho no mínimo 3 minutos.

Depois da lavagem é realizada a insensibilização que deixa o animal inconsciente até o fim da sangria onde o animal recebe um corte no pescoço. O sangue do animal escorre por uma calha, direcionando para o armazenamento em tanques. O sangue armazenado nos tanques pode ser processado por terceiros, ou no próprio abatedouro para fabricação de farinha de sangue, muito usada para a produção de ração (SILVA, 2012). Em seguida são esfolados e eviscerados no próprio trilho aéreo. A carcaça vai para a evisceração, sendo feita uma abertura no abdômen do bovino para a retirada das vísceras. A carcaça segue para a lavagem, enquanto as vísceras e órgãos vão para a triparia (SILVA, 2012). Passando por esse

processo os bois são serradas ao meio por uma serra elétrica, as carcaças são conduzidas para o resfriamento para posterior industrialização (SILVA, 2012).

Figura 1 - Fluxograma do processo de abate de bovinos.

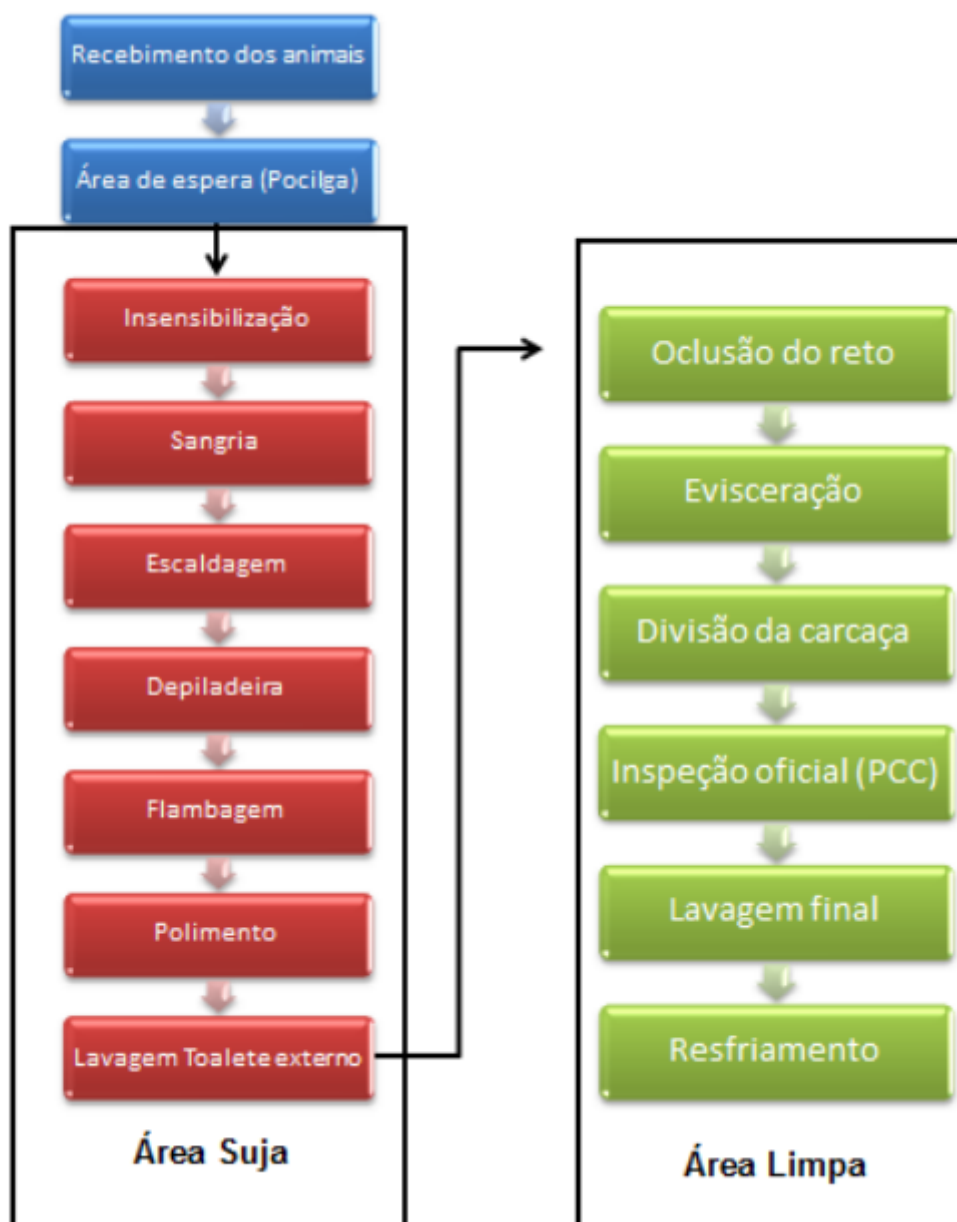


Fonte: PACHECO, 2008.

2.1.2 Abate de suínos

O abate de suínos, assim como o de bovinos é realizado por várias fases. Todas as etapas devem ser feitas de forma que não afete a qualidade final da carne, adotando medidas higiênicas e preventivas.

Figura 2 - Fluxograma do processo de abate de suínos.



Fonte: PACHECO, 2008.

Na Figura 2 está representado o fluxograma do processo de abate do suíno de forma sumarizada, desde a recepção dos suínos até o resfriamento das carcaças. Na área suja, a primeira operação consiste na passagem dos suínos pelo banho de aspersão para tirar as sujidades e fezes aderidas a sua superfície, após são insensibilizados e passam pela etapa de sangria para completa remoção do sangue e então passam pela escaldagem que prepara a carcaça para posterior remoção dos pêlos na depiladeira. Na etapa de flambagem as carcaças recebem a aplicação de chama para eliminar resíduos de pêlos que permaneceram na

superfície da carcaça. Seguindo no processo as carcaças passam pelo polimento onde são lavados novamente antes de entrar na área limpa (SILVA, 2012).

Na área limpa a primeira operação é a oclusão do reto, logo faz a abertura do abdômen do animal e posterior sua evisceração. Depois de limpas e verificadas as carcaças são encaminhadas para o setor de resfriamento onde permanecem até o processamento final do suíno.

2.2 ÁGUAS DE REUSO

A capacidade e maneiras de reúso da água dependem de características, condições e fatores locais, como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, culturais e sociais. Westerhoff (1984) classifica o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável:

- Reúso potável direto: quando o efluente recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável;
- Reúso potável indireto: caso em que o efluente, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e é, finalmente, utilizado como água potável;
- Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratique essa modalidade de reúso via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o seu objetivo principal é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas e cereais, e plantas não alimentícias, como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para a dessedentação de animais.

No Brasil, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável de água.

A filtração lenta comparada com outras técnicas de filtração possui eficiência na remoção de patógenos, atribuída à formação de uma fina camada de microrganismos no topo da camada de areia que se alimentam dos patógenos e matéria orgânica. Assim, em muitos casos, dependendo do desempenho do sistema, a desinfecção é dispensável no final do tratamento (MURTHA 1998).

O Filtro Lento, por sua vez, atua na redução de cor, turbidez, sólidos suspensos, coliformes totais e E. coli, além de oferecer custos reduzidos, simplicidade de instalação e

operação. Tendo em vista que os sistemas possibilitam a melhoria das características químicas, físicas e bacteriológicas do efluente.

2.3 FILTROS LENTOS

A filtração em areia é considerada o método mais antigo de tratamento de água para consumo humano. É um sistema simplificado gerado a partir de uma semelhança com a percolação de águas naturais através do solo até os aquíferos (MURTHA, 1998).

A filtração lenta consiste na passagem da água por entre um meio poroso, aumentando a sua qualidade com a remoção de partículas suspensas e coloidais, redução do número de bactérias, de outros organismos e modificação de alguns constituintes químicos (MURTHA, 1998). O uso de baixas taxas de filtração faz com que a água continue mais tempo sobre o meio filtrante e no seu centro, o que facilita a intensa atividade biológica no Filtro Lento, (Di Bernardo, 1999). Essa atividade biológica atribui uma grande vantagem, e elevada eficiência na remoção de bactérias, vírus e Oocistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*. O desempenho do Filtro Lento vai depender da taxa de filtração, da temperatura, da espessura do meio filtrante, do tamanho dos grãos de areia entre outros (MURTHA; HELLER; LIBANIO 1997).

A atividade biológica ocorre na parte superior do leito filtrante, onde se forma uma camada conhecida como *schmutzdecke*, a camada é composta por muitos microrganismos como algas, protozoários e metazoários (DI BERNARDO, 1993). Nesta camada o ferro e o manganês são reduzidos a óxidos insolúveis, que precipitam, a matéria orgânica é levemente oxidada para participar do metabolismo dos microrganismos e parcialmente convertida em água, dióxido de carbono, nitratos e fosfatos, quando ocorre a sua mineralização (MURTHA 1998). Segundo Murtha (1998), a retenção parcial de sólidos inertes que compõe a água bruta também ocorre nesta camada, ajudando o crescimento e a competição entre espécies, que provocam uma seleção microbiológica, explicando assim a grande eficiência do Filtro Lento em aspectos bacteriológicos.

No Filtro Lento podem-se encontrar quatro grupos de microrganismos, algas, bactérias, protozoários e vírus. As algas têm papel muito importante no Filtro Lento, pois são as produtoras primárias na cadeia trófica, ao converterem radiação e nutrientes em matéria orgânica. Segundo Di Bernardo (1993), dependendo da espécie e da concentração de algas, podem causar odores e obstruir rapidamente os poros do meio filtrante, reduzindo o tempo de filtração. Para tentar minimizar o problema de crescimento de algas pode se usar micro peneiras e pré-filtro, precedendo a unidade de filtração lenta (MURTHA, 1998).

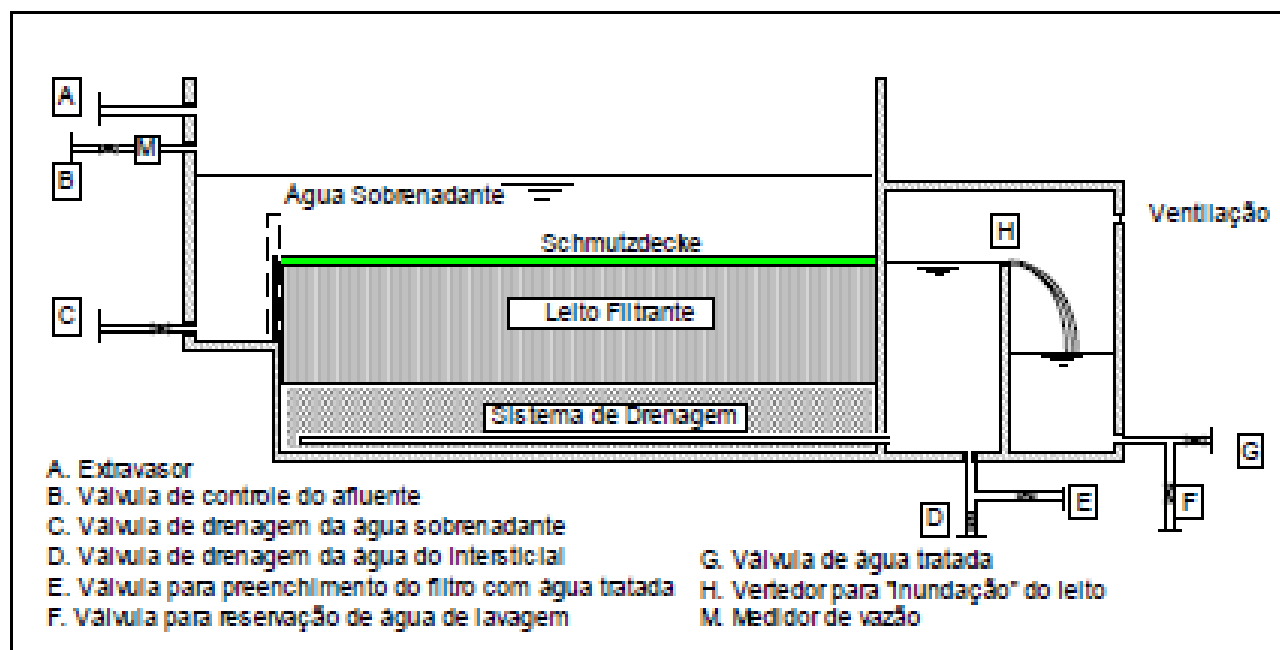
Algumas experiências visando à remoção de oocistos de *Cryptosporidium* obtiveram uma eficiência de 99,9%, ainda observou-se que estes oocistos são resistentes a desinfecção pelo cloro (RESENDE, 2002). Estudos realizados por Murtha mostram que houve redução da contagem de *Escherichia coli* e coliformes totais durante o período de detenção hidráulica no sobrenadante, e uma diminuição drástica desta contagem nos 30 cm acima do leito. Esta redução não foi percebida após a limpeza do Filtro Lento, pela provável perda da comunidade de protozoários nesta operação, explicando assim a redução de eficiência bactericida no processo. Há uma redução da ordem de 10 a 100 vezes na eficiência do Filtro Lento após a remoção do *schmutzdecke* e reposição da areia (MURTHA, 1998).

Murtha e Heller (1999), estudaram o funcionamento de Filtros Lentos em relação a profundidade do leito filtrante e apontaram a chance de redução da densidade útil do leito filtrante até um valor de 40 cm, levando em conta a eficiência dos indicadores de qualidade da água, pois uma vez que estudos comprovam que a remoção de sólidos e bactérias ocorre nos primeiros 30 cm de profundidade, sendo observado além desta, apenas variações inexpressivas de coliformes totais, *Escherichia coli*, turbidez e cor aparente.

A velocidade de escoamento ou taxa de filtração definem fatores de muita importância no processo, como perda de carga, duração da carreira de filtração, área necessária para o filtro, além da eficiência na remoção de partículas e microrganismos, (MURTHA, 1998).

A limpeza do Filtro Lento é realizada por meio de raspagem da superfície de areia até que a camada filtrante seja reduzida a um valor mínimo. Essa modalidade de Filtro Lento (Figura 3) é a mais utilizada e conhecida, tendo como desvantagem a necessidade de limpeza por raspagem, lavagem e reposição de camadas superficiais de areia, sendo um procedimento um pouco trabalhoso, (VALENCIA, 1981).

Figura 3 - Filtro Lento convencional.



Fonte: Murtha (1998).

2.4 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO

Uma limitação na aplicabilidade do Filtro Lento está ligada à qualidade da água. A Figura 4 traz especificações de alguns autores quanto às características da água para a aplicação do Filtro Lento.

Figura 4 - Valores recomendados de água bruta para o uso do Filtro Lento.

Parâmetro	Valores máximos recomendados	
	Di Bernardo; Dantas (2005)	Cleasby (1991)
Turbidez (uT)	100% < 15 95% < 10 90% < 5	5
Cor verdadeira (uC)	100% < 10 95% < 5	-
Ferro (mg Fe/L)	100% < 1,5 95% < 1,0 90% < 0,5	0,3
Manganês (mg Mn/L)	100% < 0,7 95% < 0,5 90% < 0,2	0,05
Algas	100% < 500 (UPA/mL) 95% < 250 (UPA/mL) 90% < 100 (UPA/mL)	5µg clorofila-a/L
Coli. Totais (NMP/100mL)	100% < 1000 95% < 250 90% < 100	-
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	100% < 500 95% < 250 90% < 100	-

Fonte: Hymno (2013).

2.4.1 Turbidez

O parâmetro mais utilizado para delimitar a aplicabilidade do Filtro Lento é a turbidez, conforme Huinsman (1982), as águas turvas provocam uma deposição de partículas na superfície do leito filtrante, gerando assim uma rápida colmatação e redução na carreira de filtração. Como apresentado na Figura 5 os valores limites para turbidez são bastante dispersos.

Figura 5 - Limites para o parâmetro de turbidez aplicado ao Filtro Lento.

Autor		Turbidez para operação em regime	Turbidez por poucos dias
Ellis *	(1985)	10 – 50 UNT	50 - 120
Huisman *		10 mg/l de SiO ₂	100 - 200
Pescod *		25 UNT	-
Williams *	(1984)	20 UNT	50
Wegelin; Williams *	(1984)	10 mg/l de SiO ₂	100-200
Visscher	(1987)	10 UNT	-
Di Bernardo	(1993)	10 UNT	-
Hespanhol	(1987)	10 – 50 UNT	100 - 200
Vargas	(1992)	10 UNT	10 - 50
Cleasby	(1991)	5 – 10 UNT	-

* Citados em Ceasby, 1991

Fonte: Murtha (1982).

2.4.2 Partículas dissolvidas

A cor verdadeira indica por alto, o percentual de sólidos dissolvidos da amostra. Conforme Murtha (1982), a remoção de cor pela filtração lenta não é eficiente, especialmente a cor verdadeira, que é causada por coloides e substâncias solúveis, notadamente as substâncias húmicas, que podem passar pelas membranas filtrantes.

2.4.3 Matéria orgânica

Huisman (1982) cita que a presença de matéria orgânica na água bruta pode ocasionar a formação de precursores de trihalometanos e outros compostos de nitrogênio, fenóis, hidrocarbonetos voláteis, benzenos, entre outros. A remoção dessa matéria orgânica é função da biomassa do filtro, sendo mantida em boa qualidade pela técnica de limpeza do filtro.

2.4.4 Coliformes totais e outros microrganismos

A avaliação de remoção de coliformes também é um parâmetro importante na análise de eficiência de um Filtro Lento. A presença de bactérias do grupo coliformes indica a ocorrência de contaminação da água por fezes de animais de sangue quente e, portanto, a possível presença de patógenos causadores de doenças de veiculação hídrica pela rota feco-oral. Este parâmetro é de grande importância em zonas rurais devido à frequente

contaminação dos mananciais por fezes dos animais. A *E. coli* é uma das espécies de coliforme fecal cuja origem é estritamente entérica, assim que representa contaminação por fezes. A remoção destes indicadores, assim como outras bactérias heterotróficas possivelmente patogênicas, é fundamental para garantir a segurança microbiológica da água (REBELLO, 2016).

A presença de conteúdo bacteriológico do efluente pode ser utilizada para a determinação da necessidade e desinfecção do efluente e na escolha de taxas de filtração e granulometria do leito filtrante. A presença de Oocistos de *Giardia lâmblia* não interfere nas condições operacionais do Filtro Lento, pois sua remoção é de aproximadamente 100% (MURTHA 1982). Os vírus podem estar aderidos a partículas ou livres nas águas superficiais, os agregados podem ser removidos pela coagem superficial, e os demais por processo de adsorção.

Murtha (1982) relata que as algas ajudam no processo de filtração, pois são produtores primários e fornecem matéria orgânica para o desenvolvimento da comunidade micro biótica responsável pela maturação do leito filtrante e por sua eficiência bacteriológica.

O *Cryptosporidium* apresenta uma elevada resistência à cloração, ao menos em concentrações compatíveis com o consumo humano, a filtração lenta é uma escolha como meio efetivo para a eliminação de oocistos.

2.4.5 pH

O meio ambiente esta sempre passível aos impactos causados pela alteração de valores de pH da água natural e da tratada pela filtração lenta. Algumas bactérias não irão se multiplicar em níveis de pH abaixo de 4 ou acima de 9,5, pois normalmente o pH ótimo para o desenvolvimento bacteriano esta entre 9,5 e 6,5 (OLIVEIRA, et al., 2008)

Esse parâmetro tem uma importância no monitoramento de Filtros Lentos. Di Bernardo (1984), demonstra que distintos valores de pH influenciam nas trocas catiônicas e aniônicas sobre as superfícies negativas da areia, afetando assim mecanismos de remoção de partículas no processo.

2.4.6 Condutividade

A condutividade elétrica é a capacidade que uma solução apresenta para conduzir corrente elétrica e é proporcional á quantidade de íons dissolvidos no meio. Embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade de água brasileiro e, também por isso,

somente monitorado internamente nas estações, constitui-se importante indicador de redução da concentração de sólidos dissolvidos (OLIVEIRA, 2014).

2.5 PARÂMETROS USADOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO FILTRO LENTO

Conforme Valencia (1981), o Filtro Lento pode ser classificado em uma das três modalidades: filtro lento ascendente; filtro lento dinâmico e filtro lento convencional. O filtro lento ascendente consiste em um tanque em que são dispostas camadas de brita fina e areia que atuam como filtro para a água, que é introduzida através de drenos e ascende até a parte superior, onde é coletada.

O filtro lento dinâmico têm seu uso recomendado para pequenas comunidades rurais, onde a captação possa ser feita por gravidade, visto que esta deve corresponder a cerca de seis vezes a vazão de água filtrada.

E o Filtro Lento que foi o escolhido para o tratamento da água da lavagem dos animais no frigorífico. Conforme Murtha (1998), ele consiste em uma estrutura na qual é colocado uma camada fina de areia sobre uma de brita, e um sistema de drenagem apropriado.

Os principais parâmetros de projeto são a profundidade do leito filtrante, a distribuição granulométrica do material, a taxa de filtração e a altura da camada sobrenadante. As Figuras 6 e 7 demonstram algumas características de Filtros Lentos e algumas variáveis que alteram a sua eficiência.

Figura 6 - Características de Filtros Lentos convencionais.

	VALENCIA (1981)	HUISMAN; WOOD(1974)	CRITTENDEN et al. (2012)
Profundidade do Meio Filtrante (m)	0,90 - 1,20	0,7 - 1,4	0,9 - 1,5
Camada Suporte (m)	0,40 - 0,45	0,30	-
Altura da água na superfície (m)	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5 (2,0 excepcionalmente)	0,9 - 1,8
Taxa de filtração (m ³ /m ² .d)	2 - 14	2,5 - 8,6	1,9 - 6,0
Diâmetro Efetivo - d ₁₀ (mm)	0,30 - 0,35	0,15 - 0,35	0,15 - 0,30
Coefficiente de Uniformidade - c _u	1,5 - 3,0	< 3,0 < 2,0 pref. < 1,5 custos mais elevados	< 2,5

Fonte: Hymno (2015).

Figura 7 - Variáveis que alteram a eficiência de Filtros Lentos.

Fatores inibidores	Variáveis
Parâmetros de Projeto (desenho)	Taxa de filtração;
	Tamanho da areia d ₁₀ e CU.;
	Perda de carga permitida;
	Profundidade do leito de areia (máx e mín).
Parâmetros operacionais	Frequência das limpezas;
	Tempo fora de operação entre as limpezas;
	Mínima altura permitida para o leito;
	Tempo de maturação do filtro;
	Variações de fluxo;
	Idade e tipo de <i>schmutzdecke</i> ;
	Distância da película de gelo e o leito de areia.
Condições ambientais	Temperatura da água;
	Características da água bruta;
	Tipo de microrganismos presentes;
	Tipo e concentração de algas;
	Magnitude e origem da turbidez;
	Concentração e tipo de compostos orgânicos;
Concentração e tipo de nutrientes.	

Fonte: Pizzolatti (2014)

2.5.1 Taxas de filtração

Este parâmetro constitui na melhor caracterização do Filtro Lento, pois é muito inferior aos valores usados na filtração rápida. Além de influenciar nas dimensões da unidade e, por conseguinte nos custos, influi diretamente a fatores como perda de carga, duração da carreira de filtração, turbidez e eficiência bacteriológica (MURTHA, 1998).

No Filtro Lento, a baixa taxa de filtração juntamente com o diâmetro efetivo auxilia a retenção das partículas nos primeiros centímetros do meio filtrante, ela favorece também uma atividade biológica devido ao longo tempo de detenção acima do meio filtrante e a ausência da pré-cloração (HYMNO, 2013). Conforme Vargas (1998) apud Pizzolatti (2014), para uma determinada qualidade de água bruta, quanto maior a taxa, mais curta será a carreira de filtração.

Na Figura 8, estão representadas algumas referências mais utilizadas na literatura, e as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas para taxas de filtração em Filtros Lentos.

Figura 8 - Taxas de infiltração recomendadas para Filtro Lento.

Autor	Valores Recomendados ($m^3/m^2 \cdot dia$)
Huisman (1982)	2,5 - 8,6
Visscher et al. (1990)	2,4 - 4,8
NB 592 (1989)	$\leq 6,0$
CEPIS	2,4 - 4,8
Padrão em 10 Estados nos EUA ¹	1,9 - 5,8

Fonte: Murtha 1998

A taxa de filtração a ser utilizadas para o dimensionamento do Filtro Lento no tratamento da água de lavagem de animais ficou entre 4 e $12m^3/m^2 \cdot dia$, por serem valores previamente utilizados por Hymnô (2013) e Pizzolatti (2014), com êxito em seus trabalhos.

2.5.2 Leito Filtrante

A importância do leito filtrante é na clarificação da água, onde se torna visível na medida em que os processos físicos, químicos e bacteriológicos mais significativos nele ocorrem, os principais critérios relacionados ao leito são sua profundidade e a distribuição granulométrica do meio (HUISMAN, 1982 apud MURTHA 1998).

A areia é usualmente escolhida para material granular do meio filtrante por ser de baixo custo, ser durável e disponível. Devendo estar livre de argila e matéria orgânica, possuir teores de cálcio e magnésio inferiores a 2% e ter forma arredondada, (CARRION E VARGAS, 1992, apud MURTHA 1998).

A escolha do tamanho efetivo da areia deve estar de acordo com as características da água bruta, tendendo para o limite dimensional inferior quando ocorre uma baixa turbidez e elevado conteúdo bacteriológico, e para superior quando a turbidez for mais elevada (CARRION E VARGAS, 1992, apud MURTHA 1998). A eficiência da filtração é maior quando a areia é mais fina por sua capacidade de coar e promover a aderência de biomassa, e por possuir uma maior área superficial.

O diâmetro dos grãos está relacionado com a perda de carga e, portanto com a existência das carreiras de filtração, ou seja quanto menores os grãos, menor será a penetração de impurezas ao longo do leito, e mais rápida será a colmatação da superfície do leito filtrante, reduzindo as carreiras de filtração (MURTHA 1998). A Figura 9 apresenta alguns tamanhos efetivos recomendados na literatura técnica.

Figura 9 - Características usuais do meio filtrante.

Autor	Diâmetro efetivo (mm)	Coefficiente de uniformidade	Altura da camada filtrante* (m)
Huisman e Wood (1974)	0,15 a 0,35	< 3	0,6 a 1,2
Di Bernardo e Dantas (2005)	0,15 a 0,30	2 a 4	0,6 a 0,9
Logsdon (2008); Edzwald (2011)	0,15 a 0,30	< 5 preferível < 3	0,5 a 1,2

* min – máx

Fonte: Hymno (2013).

2.5.3 Coeficiente de Desuniformidade

Conforme Rivera (1995) apud Murtha (1998), estudos feitos em São Carlos- SP, avaliando a influência da uniformidade da areia na filtração lenta concluíram que a remoção de coliformes não é instigada pela variação do coeficiente de desuniformidade (d_{60}/d_{10}), mas depende do tamanho efetivo do meio. Riveira (1995) apud Murtha (1998) ainda apresenta que meios filtrantes com maior coeficiente de desuniformidade tiveram incrementos

nas carreiras de filtração em relação aos meios com reduzidos coeficientes. E também que os leitos com coeficiente de desuniformidade mais alto mostrou uma eficiência igual ou maior aos de menor coeficiente, relacionado com a remoção de partículas.

Na Figura 10 têm-se recomendações para o coeficiente de desuniformidade para Filtros Lentos.

Figura 10 - Recomendações para o coeficiente de desuniformidade em Filtros Lentos.

Autor		Coeficiente de Desuniformidade	Observações
Huisman	(1982)	< 3,0	Preferencialmente < 2,0
Visscher et al.	(1987)	< 5,0	Preferencialmente < 3,0
Padrão em Estados nos EUA ³	(1991)	< 2,5	-
Valencia	(1981)	1,5 - 3,0	Mais usual 1,8 - 2,0
NB 592	(1989)	< 3,0	-
Carrion e Vargas	(1992)	< 3,0	Ideal 1,8 - 2,0 Valor econômico 1,5
CEPIS/OPS	(1973)	1,8 - 2,0	-
AWWA	(1991)	1,5 - 2,0	-
Di Bernardo	(1993)	1,5 - 3,0	-
IRC	(1987)	< 5,0	Preferencialmente < 3,0
Montgomery & Co.	(1985)	< 2,5	-
Seelaus	(1986)	1,5	Valor ideal

Fonte: Murtha 1998.

Conforme Pizzolatti (2010), os Filtros Lentos são normalmente construídos com camada de areia de 1 metro de altura, diâmetro efetivo (d_{10}) entre 0,15 e 0,35 mm e coeficiente de desuniformidade deve estar entre 5 e 3 mas de preferencia inferior a 3. Na Figura 11 têm-se características usuais da areia para Filtros Lentos.

Figura 11 - Características usuais de areia para Filtro Lento.

Parâmetro	Valor usual
Espessura da camada (m)	0,6 a 0,9
Tamanho dos grãos (mm)	0,104 a 1,0
Coeficiente de desuniformidade	2 a 4
Tamanho efetivo (mm)	0,15 a 0,30
Coeficiente de esfericidade	0,7 a 0,8
Porosidade inicial	0,38 a 0,40
Massa específica (t/m^3)	2,6 a 2,7

Fonte: Pizzolatti 2010.

2.5.4 Profundidade do leito filtrante

As duas principais componentes do leito filtrante é a profundidade mínima e a camada adicional indicada para a limpeza superficial do Filtro Lento. Conforme Murtha (1998), a profundidade mínima tem como função designar uma segurança ao processo de clarificação, garantindo consistência suficiente para propiciar uma eficiente melhoria dos parâmetros da qualidade da água. Na Figura 12 têm-se algumas especificações para a profundidade do leito filtrante.

Figura 12 - Recomendações para especificação da profundidade do leito filtrante do Filtro Lento

Autor		Prof. Inicial (m)	Prof. Mínima (m)
Huisman	(1982)	0,9 – 1,2	0,6 – 0,7
Visscher et al.	(1987)	0,8 – 0,9	0,5 – 0,6
Padrão em 10 Estados nos EUA	(1991)	0,8	-
Valencia	(1981)	0,9 – 1,2	0,6 – 0,7
NB 592	(1989)	0,9	-
Carrion e Vargas	(1992)	-	0,5
Di Bernardo	(1991)	0,9	0,6
Montgomery & Co.	(1985)	1,0	-
Hespanhol	(1987)	1,2 – 1,4	0,7

Fonte: Murtha 1998.

Murtha e Heller (1999), em seus trabalhos demonstram que a camada filtrante reduzida para 40 cm, onde usualmente é de 0,9 a 1,5 m tem maior remoção de sólidos e bactérias, reportam ainda a redução da eficiência de remoção de coliformes comparando camadas de areia com alturas de 0,97 e 0,47 m. Assim o emprego de 40 cm de espessura da camada filtrante assegura uma eficiente redução dos indicadores básicos de qualidade da água.

2.5.5 Altura da camada sobrenadante

O Filtro Lento pode operar com nível de lâmina de água sobre o leito filtrante variando ou constante, tendo como função permitir carga hidráulica suficiente para compensar a perda de carga na filtração, promovendo dessa forma o escoamento através do meio permeável. Murtha (1998) ainda ressalta que, no início da operação, a altura necessária é

bastante pequena, variando em torno de 20 cm, mas logo após a colmatação, este valor sobe para até 1,0 m, onde normalmente se finaliza a carreira.

Na Figura 13 está apresentado valores da literatura como recomendações de projeto para a altura da camada sobrenadante.

Figura 13 - Recomendações de altura de camada sobrenadante para projeto de Filtro Lento.

Autor	Pyper & Logsdon(1991)	Visscher (1990)	Huisman (1982)	Valencia (1981)	Padrão em 10 Estados nos EUA
Altura (m)	1,2	1,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	≥ 0,9

Fonte: Murtha 1998

2.5.6 Perda de carga

A perda de carga aplicada sobre o leito filtrante tem ligação direta com o tempo de carreira de filtração, conforme Pizzolatti (2010), dependendo da qualidade da água bruta, a perda de carga de 1,0 a 1,2 m resulta em carreira de filtração normalmente superior a 30 dias.

2.6 LIMPEZA DO FILTRO LENTO

Hymno (2013) descreve as diferentes técnicas para a limpeza de filtros lentos, dentre elas a raspagem é a mais utilizada. A manutenção periódica do filtro no caso a limpeza, é um fator que afasta potenciais usuários da técnica, visto que normalmente a limpeza é realizada de forma manual.

Geralmente a limpeza dos filtros é realizada por meio da raspagem do meio filtrante, para isso é necessário que se tenha a drenagem completa do Filtro Lento, até que o nível da água fique abaixo da camada filtrante. Hymno (2013) explica que com o Filtro Lento drenado, raspa-se o *schmutzdecke* e os primeiros centímetros (1 a 5) de areia, que é retirada e lavada é acondicionada no Filtro Lento assim que atinja a altura mínima de operação.

2.7 DESEMPENHOS, LIMITAÇÕES, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO FILTRO LENTO

As limitações mencionadas por Hymno (2013) para o Filtro Lento, é a demanda por maiores áreas em relação ao filtro rápido, para a produção da mesma quantidade de água

tratada. No entanto, quando se pensa em comunidades rurais a necessidade de maiores áreas não se torna um fator limitante para a implantação da técnica. Também a mão de obra para a limpeza, grandes variações de qualidade de água como o aumento de turbidez e presença de certos tipos de algas são fatores limitantes do Filtro Lento.

Outro problema é na remoção de partículas coloidais e compostos orgânicos, esses compostos podem causar uma concentração elevada de trihalometanos na água filtrada após a cloração, entretanto essa limitação pode ser amenizada com o emprego de pré-tratamento com coagulante orgânico ou inorgânico (HYMNO, 2013).

Inúmeras são as vantagens para a aplicação deste tratamento. Conforme Murtha e Heller (2003), no que se refere à *Escherichia coli*, a filtração lenta é uma ótima alternativa para a redução e muitas vezes até a eliminação deste organismo que é o principal indicativo de contaminação fecal.

No tratamento por filtração lenta não é utilizado produtos químicos, inibindo assim a formação de subprodutos, podendo dessa forma o efluente tratado ser utilizado na agricultura e piscicultura. (MURTHA; HELLER; LIBANIO 1997).

Por ser de simples operação e consistir basicamente de controle de vazão e limpeza do meio filtrante, os custos com manutenção e operação desta tecnologia são menores comparados a outras tecnologias de filtração (HYMNO 2013). Hymno (2013), ainda ressalta que na filtração lenta a água permanece mais tempo a cima do leito filtrante, nos primeiros centímetros de areia ocorre formação de um filme biológico, o que reduz os espaços entre os grãos, fazendo com que a primeira camada de areia se torne também uma barreira física para as impurezas.

A filtração lenta é eficiente na remoção de muitos contaminantes físicos, químicos e biológicos. No entanto para o sucesso da aplicação alguns limites devem ser respeitados como: Turbidez (<25 uT), cor verdadeira (<10 uT), sólidos suspensos totais (25 mg/L), concentração de ferro (<1,5 mg/L), concentração de algas (500 UPA/mL), coliformes totais (1.000 NMP/100mL) e termotolerantes (500 NMP/100mL).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÕES DO LOCAL

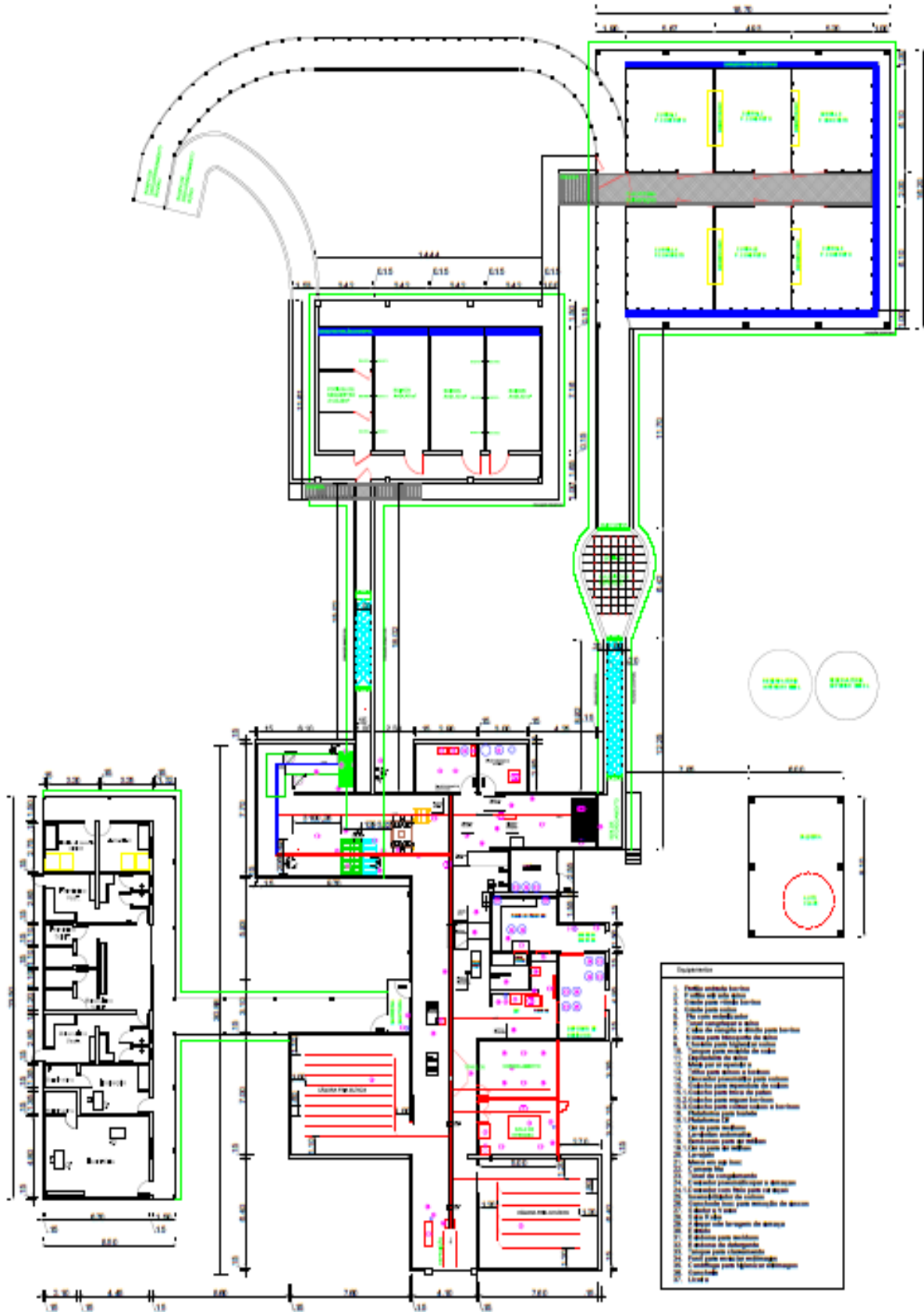
O frigorífico Frigo Butiá está localizado no município de São Pedro do Butiá no Rio Grande do Sul, nas coordenadas geográficas com latitude de 28° 07' 41.00" S e longitude de 54° 52' 08.22" O. Na Figura 14, é possível ver a localização do FrigoButiá e o município de São Pedro do Butiá.

Figura 14 - Vista aérea do FrigoButiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.



Fonte: Google Maps (2018).

Figura 15 - Planta baixa do frigorífico Frigo Butiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.



Fonte: FrigoButiá

Na Figura 15 está apresentado a planta baixa do FrigoButiá, sendo a área construída de 1.961,58 m², incluindo abatedouro, pocilga, escritório, currais, corredores, caldeira, e as lagoas de tratamento de efluente. Na Figura 16, é possível ver a entrada do FrigoButiá, mais ao fundo da imagem é visível a parte da frente, onde esta localizada as câmaras frias e o local onde é feito o abate dos animais.

Figura 16 - Entrada do FrigoButiá, localizado no município de São Pedro do Butiá.



Fonte: autor (2018).

3.2 PROJETO PILOTO DO FILTRO LENTO

A estrutura do Filtro Lento foi constituída por uma entrada de água bruta, um meio filtrante de areia fina, uma camada sobrenadante que garante que a camada biológica permaneça afogada e assim ativa, uma camada suporte de pedras número 1 ou 2, um sistema de drenagem com saída localizada acima do nível da areia, garantindo a lâmina de água sobrenadante. O fluxo da água foi descendente, feito por gravidade. Os filtros podem ter taxas fixas ou variáveis, assim como o nível de água afluyente também pode variar ou não.

Assim, um sistema piloto foi construído no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia no Campus da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) de Cerro Largo-RS. O protótipo do Filtro Lento foi construído manualmente, com um cano PVC (policloreto de vinila) de 150

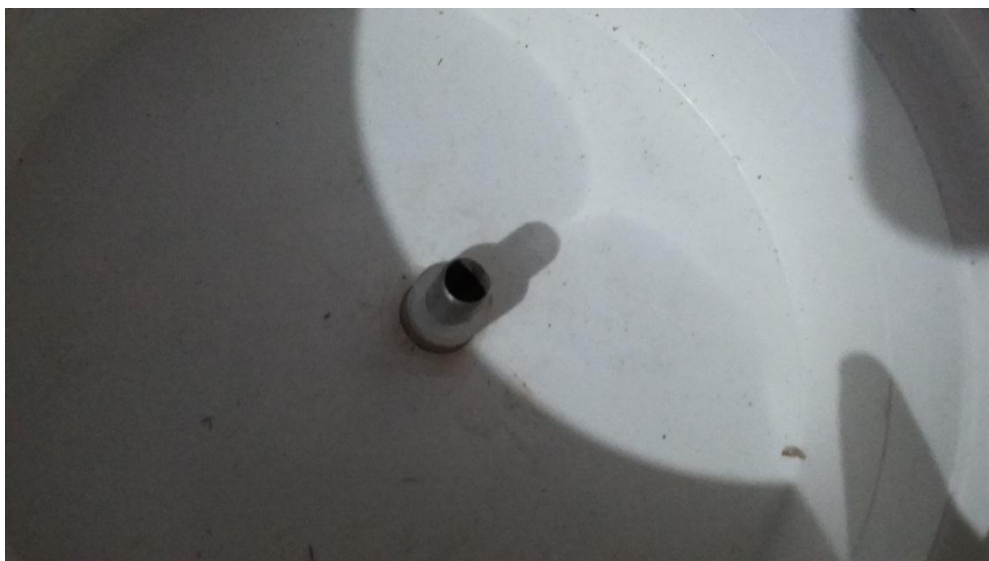
mm, medindo 2 m altura, perfazendo uma área de 0,0176 m². Para fazer o dreno foi utilizado uma tampa de PVC de 250 mm, por meio de uma furadeira foi feito um orifício, colocando uma mangueira de silicone através da perfuração fazendo ultrapassar 2 centímetros (Figura 17), dentro da mangueira foi colocado um tubo de inox com diâmetro menor para haver uma maior sustentação na parte de dentro da tampa (Figura 18). Para a vedação foi utilizado cola instantânea, durepoxi, e por fim silicone.

Figura 17 - Tampa de PVC com mangueira de silicone



Fonte: autor (2018)

Figura 18 - Parte interior da tampa de PVC com a sustentação na mangueira.



Fonte: autor (2018).

Logo depois de seca a cola do dreno, foi fixado também com silicone, a tampa, na parte inferior do tubo de PVC (Figura 19). Para sustentar o tubo na vertical, foi colocado dois tijolos maciços em sua base e seu corpo firmado com braçadeiras em um apoio, onde este também serviu para fixação o reservatório de efluente, sendo utilizado um barrilete de 50 litros (Figura 20) onde foi regulada a vazão de entrada do efluente no filtro. Para o reservatório de água tratada foi utilizado uma bombona de 50 litros.

Figura 19 - Tampa de PVC já fixada no tubo.



Fonte: autor (2018).

Figura 20 - Tambor usado como reservatório de efluente



Fonte: autor (2018).

3.3 CONSTRUÇÃO DA CURVA GRANULOMÉTRICA DA AREIA PARA O FILTRO LENTO

Para construir a areia com granulometria correta, foi utilizada areia fina de construção, essa areia foi peneirada no agitador com peneiras de granulometrias 1; 0,75; 0,60; 0,45; 0,30; 0,25; 0,18 e 0,15 mm de diâmetro (Figura 21) no laboratório de solos do *Campus* da UFFS-Cerro Largo-RS. Foram necessários 15,64 Kg de areia para compor os 40 centímetros de camada filtrante.

Figura 21 - Peneiras usadas para construção da areia.



Fonte: autor (2018).

Assim, porções de areia com diferentes granulométricas foram misturadas compondo a areia final, com as características condizentes para a implementação de um Filtro Lento.

Para a camada suporte foi utilizado pedra número 1 a 2. Depois de colocar a camada suporte, e a camada filtrante de areia, foi então feita a coleta do efluente no local onde ocorre o descarte, após o curral .

3.4 COLETA DO EFLUENTE DA LAVAGEM DOS ANIMAIS

A coleta foi feita em um ponto logo após os currais (Figura 22), com uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), para que não houvesse risco contaminação.

Foi aplicada uma taxa de filtração de $4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d.}$ ou uma vazão de aproximadamente $50 \text{ mL}/\text{min.}$ Assim, foram previstos para o tratamento $72 \text{ L}/\text{d}^{-1}$ de efluente. Então, todos os dias o efluente foi recolhido e reposta no barrilete e também sempre que necessário.

Figura 22 - Local da primeira coleta de efluente no FrigoButiá.



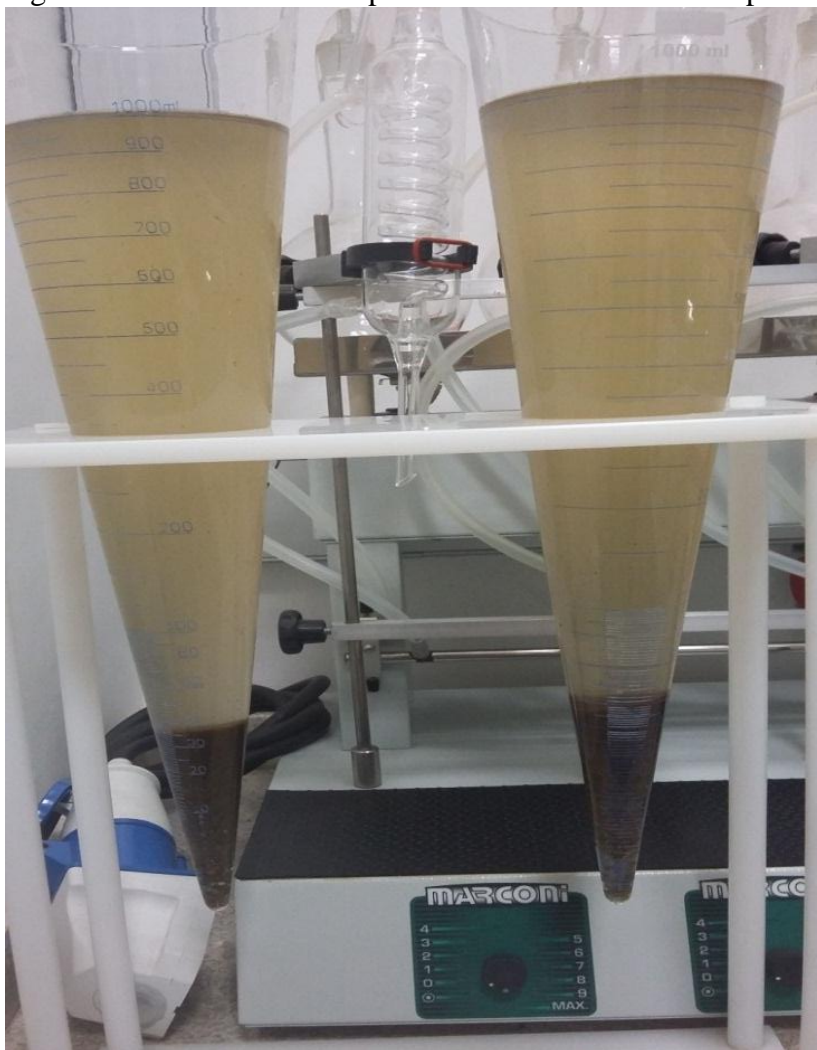
Fonte: autor (2018).

3.5 OPERAÇÃO DO PROJETO PILOTO DO FILTRO LENTO

No laboratório, após cheio o reservatório, regulou-se a vazão de saída da água para aproximadamente 50 mL/min e iniciou-se a operação do Filtro Lento.

Durante a operação observou-se que a vazão de saída do efluente do reservatório, estava diminuindo chegando a quase zero, isso ocorreu devido a grande quantidade de sólidos no efluente, como pode ser observado na Figura 23, em um teste de Cone Imhoff, o qual seria um grande problema, pois ocasionaria a colmatção do meio filtrante rapidamente. Para resolver o problema optou-se por não utilizar a água coletada após o curral, pois a mesma passava por tubulações onde também corre a água que é usada para lavar o piso do curral, esse com muitas fezes dos bovinos e suínos. Sendo assim a coleta passou a ser feita logo após a grade onde os animais recebiam o banho por aspersão (Figura 24).

Figura 23 - Teste de sólidos pelo método de Cone Imhoff para efluente.



Fonte: autor (2018).

Figura 24 - Corredor onde os bovinos recebem banho por aspersão.



Fonte: autor (2018).

Antes de colocar o efluente no sistema de filtração lenta, optou-se por um sistema de decantação e filtração prévia em manta geotêxtil. Assim, o efluente coletado permanecia durante 1 hora em bombonas possibilitando a decantação dos sólidos grosseiros, e posteriormente era filtrada em peneira e manta geotêxtil, resolvendo o entupimento da torneira, e mantendo a vazão constante durante toda a carreira de filtração.

Durante a operação percebeu-se que grande quantidade de areia do meio filtrante estava saindo juntamente com o efluente tratado, sendo assim um sério problema, pois haveria perda de material. Para resolver esse problema foi necessário parar a operação e esvaziar o Filtro Lento, para a retirada de todo material. Como solução, colocou-se entre o leito filtrante e a camada suporte, uma camada de manta geotêxtil, evitando o escoamento da areia entre os interstícios das pedras.

Durante a operação do Filtro Lento foram feitas análises de pH, coliformes totais e termotolerantes, turbidez, cor e condutividade periodicamente (manhã, tarde e noite). Para essas análises foi utilizado phmetro (MS Tecnopon, mPA 210), turbidímetro (PoliControl, AP 2000), colorímetro (Del Lab, DLA COR), condutímetro (Digimed, DM 32), e para as análises de coliformes foi utilizado o método de Colipaper (kit microbiológico de cartelas com meio

de cultura em forma de gel desidratado para determinação simultânea de E. Coli e coliformes totais em DIPSLIDE de papel) seguindo os passos descritos:

A- Retirou-se a cartela microbiológica tocando apenas acima do picote

B- Imergiu-se a cartela na amostra e aguardou-se umedecer, depois se retirou o excesso de água.

C- Recolocou-se a cartela na embalagem plástica e retirou-se a parte do picote sem tocar no restante, levado a estufa por 15 horas à temperatura de 36° a 37°C.

D- Realizou-se a leitura, pontos roxos coliformes fecais, e pontos róseos mais os pontos roxos coliformes totais.

Na primeira carreira de filtração, o filtro operou durante 8 dias consecutivos e observou-se que no 6° dia houve um aumento de perda de carga, aproximadamente 1 metro de coluna de água, o qual foi decorrente da colmatação do meio filtrante, encerrando assim a carreira de filtração e necessitando proceder a limpeza da camada superficial da areia. Para esse procedimento foi interrompida a operação e esperou-se todo o efluente ainda dentro do Filtro Lento escoar, diminuindo o nível de água sobre o leito. Logo na sequência foi feita a raspagem dos primeiros centímetros da camada de areia (Figura 25), por meio de um instrumento fabricado artesanalmente, imitando uma colher com cabo de 1,5 metros.

Figura 25 - Material filtrante retirado do Filtro Lento para realizar a limpeza.



Fonte: autor (2018).

Então lavou-se o material filtrante, até sair toda a impureza existente nela, como pode ser visto na Figura 26. A areia retirada da camada superficial apresentava um aspecto de lama, formando espuma em sua parte superior. Após, algumas lavagens observou-se que a água estava mais clarificada.

Figura 26 - Material filtrante recendo a primeira e a última lavagem.



Fonte: autor (2018).

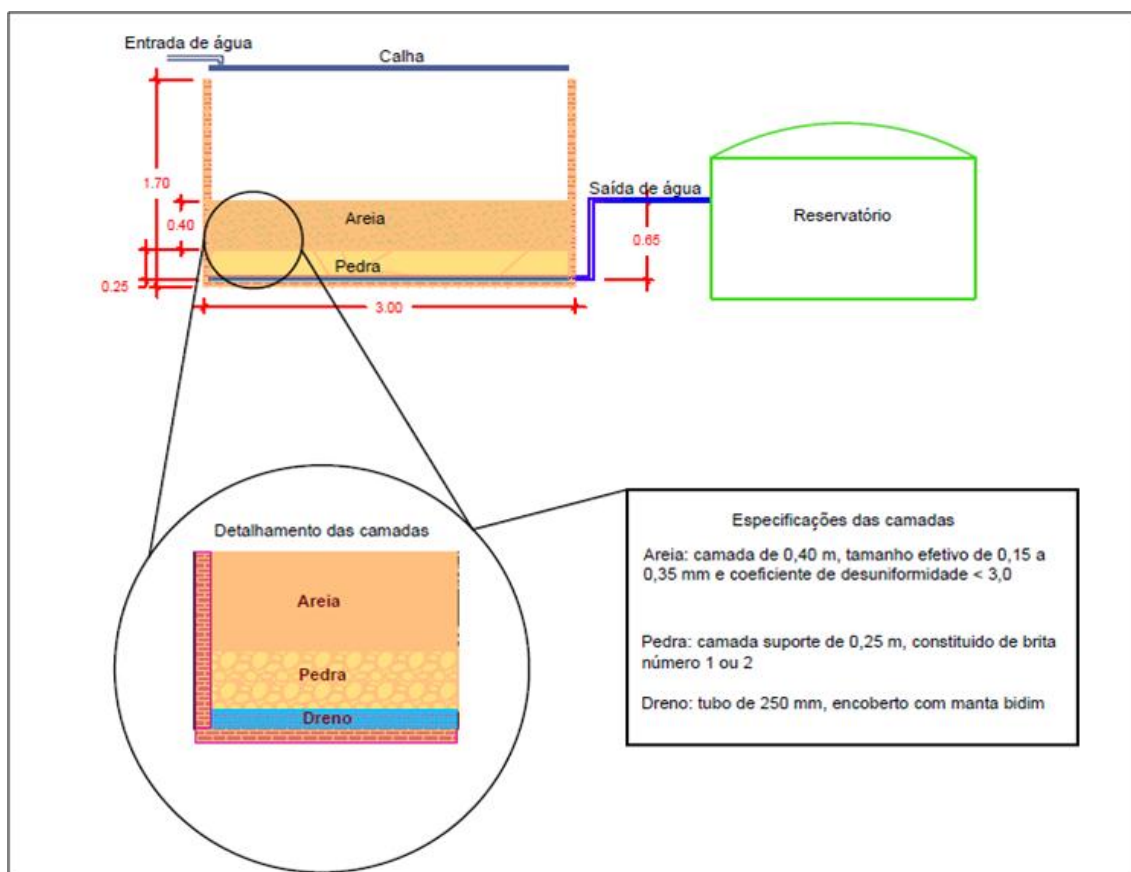
Depois de limpa a areia retornou para o Filtro Lento, e iniciou novamente a operação. A segunda e a terceira carreira obtiveram duração maior (19 e 24 dias respectivamente), possibilitando uma maior eficiência do Filtro Lento, possivelmente pela formação do *shimutzdecke*.

3.6 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO LENTO

O Filtro Lento em escala real foi dimensionado através das vazões aproximadas da água utilizada para a lavagem dos animais, sendo aproximadamente 50 m³/dia. A partir desse dado foi considerada valores limites para a taxa de filtração entre 4 e 12m³/m².dia. Projetou-se então, um Filtro Lento com 3 m de comprimento, 1,5 m de largura. Com 1,70 m de altura, perfazendo para essas características uma taxa de aproximadamente 11 m³/m².d. O Filtro Lento será composto por 0,40 metros de camada filtrante de areia seguindo recomendações de Hymmo e Pizzolatti (1999) para uma maior eficiência na remoção de sólidos e bactérias, 0,25 metros de camada suporte de pedras mais o dreno, sobrando 1,0 metros de perda de carga. A areia com tamanho efetivo de 0,15 a 0,35 mm e coeficiente de desuniformidade < 3,0, a camada suporte constituída por britas número 1 ou 2. O dreno será composto por um tubo de 250 mm encoberto por manta geotêxtil. A entrada do efluente no filtro seria através de uma

calha com orifícios, e a saída do efluente tratado através de um cano pvc na altura da camada filtrante. Na Figura 27 é apresentado o projeto do Filtro Lento (Apêndice 1), feito no AutoCad Sotware CAD computer aided design ou desenho auxiliado por computador.

Figura 27 - Projeto Filtro Lento dimensionado para o FrigoButiá.



Fonte: autor (2018).

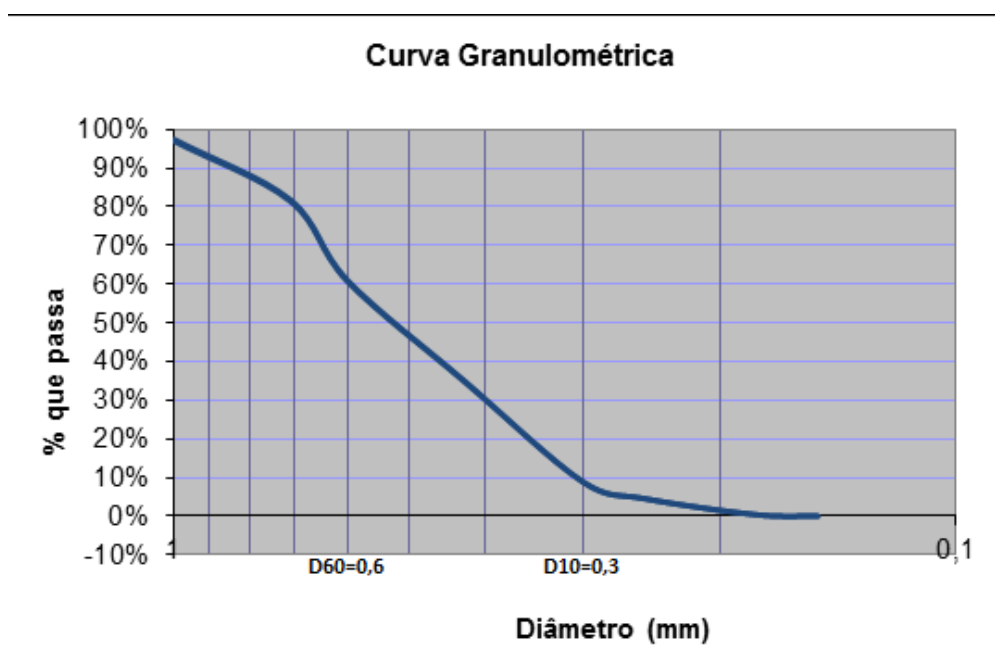
O Filtro Lento será instalado logo após os currais dos bovinos, e antes das lagoas de estabilização, recebendo o efluente oriundo da lavagem dos animais por meio de canalizações, o efluente chegará através da gravidade, e entrará no Filtro Lento a partir de uma calha com orifícios, fazendo com que o efluente se espalhe uniformemente pela camada filtrante. Após o Filtro Lento será instalado um reservatório para armazenar o efluente tratado para posterior reutilização. O resíduo da limpeza do meio filtrante do Filtro Lento ao final de cada carreira será encaminhado às lagoas de tratamento, a qual receberá tratamento adequado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CURVA GRANULOMÉTRICA

Através de ensaios granulométricos com a areia foi possível chegar ao diâmetro de areia desejado. Diâmetros específicos $D_{10}= 0,3$ mm, $D_{60}=0,6$ mm (Figura 28), para o coeficiente de desuniformidade $Cu= D_{60}/D_{10}$ obteve-se então $Cu = 2$, estando dentro do esperado.

Figura 28 - Curva granulométrica da areia adequada para a filtração lenta



Fonte: autor (2018).

4.2 CARREIRAS DE FILTRAÇÃO

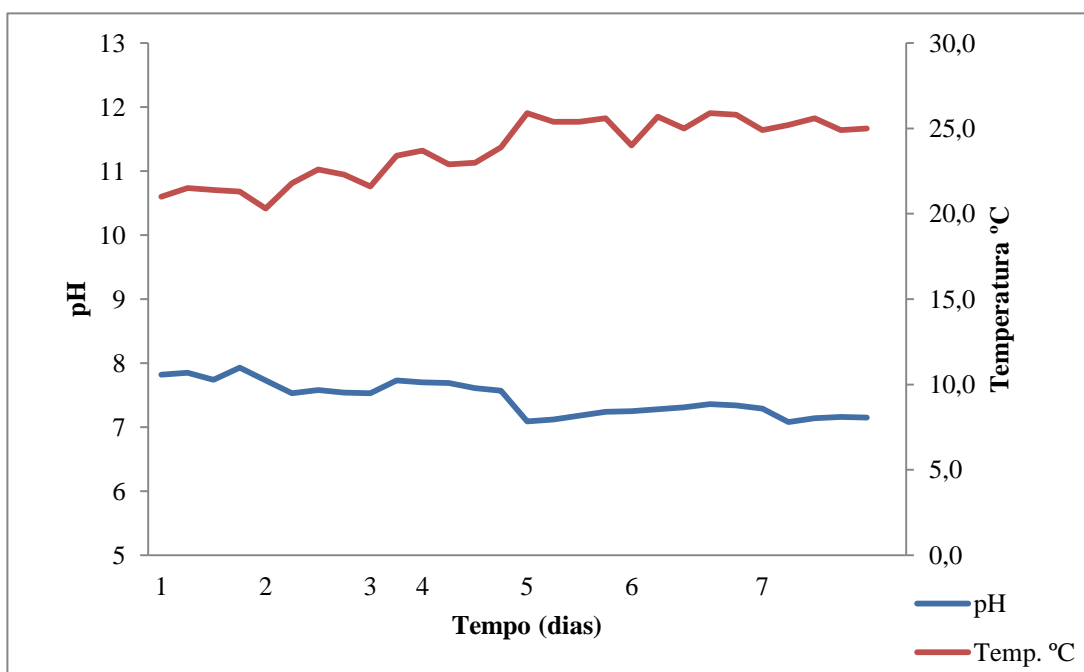
A primeira carreira de filtração iniciou no dia 17 de setembro de 2018 às 8 h com término no dia 24 de setembro de 2018 às 22h, quando a perda de carga atingiu seu ápice. A seguir, são apresentados os resultados dos parâmetros analisados. A segunda carreira iniciou dia 25 de setembro de 2018 às 21 h e encerrou no dia 17 de outubro de 2018 às 15 h. A terceira carreira iniciou dia 23 de outubro às 7:40 h e encerrou dia 19 de novembro às 20 h.

4.2.1 Valores de pH

Análises de pH do efluente foram realizadas antes da operação do Filtro Lento, apresentando valores em torno de 9,1 à temperatura 22 °C. Foi possível observar que os parâmetros de pH e temperatura, observados durante a filtração, ou seja, da água filtrada, estão dentro da faixa considerada ótima para o crescimento dos microrganismos, satisfatórias para a formação da camada biológica na parte superficial do material filtrante, e para o bom desenvolvimento do Filtro Lento.

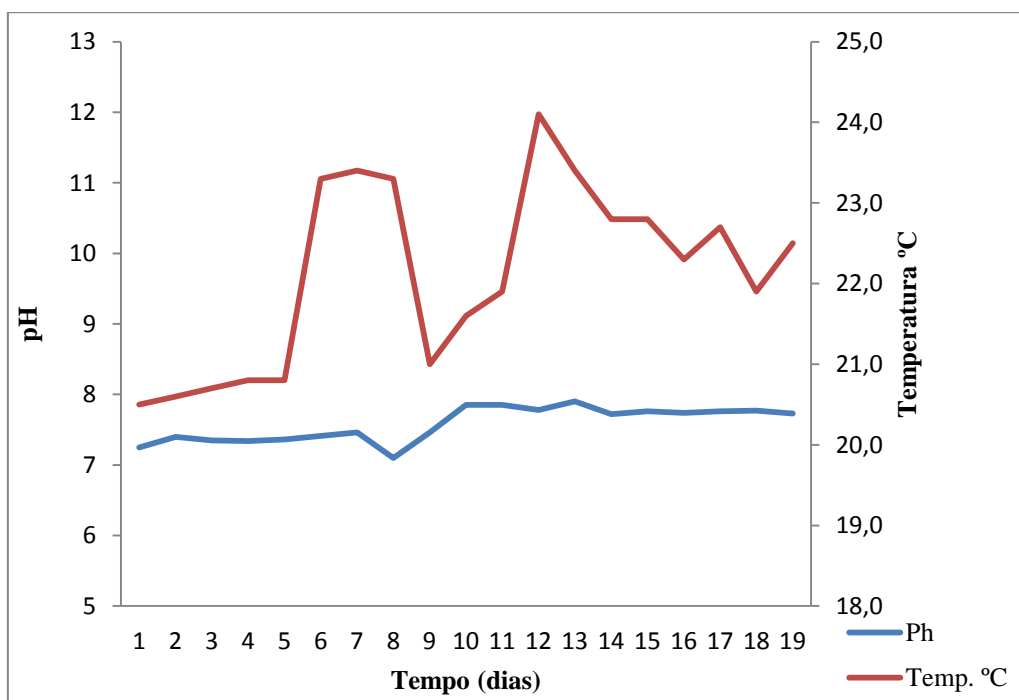
Através do gráfico da Figura 29 pode-se verificar que o pH variou de 7,08 a 7,9 na primeira carreira. Na segunda carreira de filtração (Figura 30) o pH variou entre 7,1 a 7,98. Na terceira carreira de filtração (Figura 31) o pH se manteve na faixa de 7,54. Segundo Murtha (1999), a temperatura da água influencia a redução de microrganismos, pois baixas temperaturas afetam a remoção de coliformes fecais, baixando a eficiência de 99 % para 50%, em experimentos realizados comprova-se que a remoção de bactérias é cem vezes maior com temperatura igual a 27 °C do que a 2 °C, e uma remoção de coliformes de 97 % a 17 °C e de 87 % a 5 °C.

Figura 29 - Valores de pH nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.



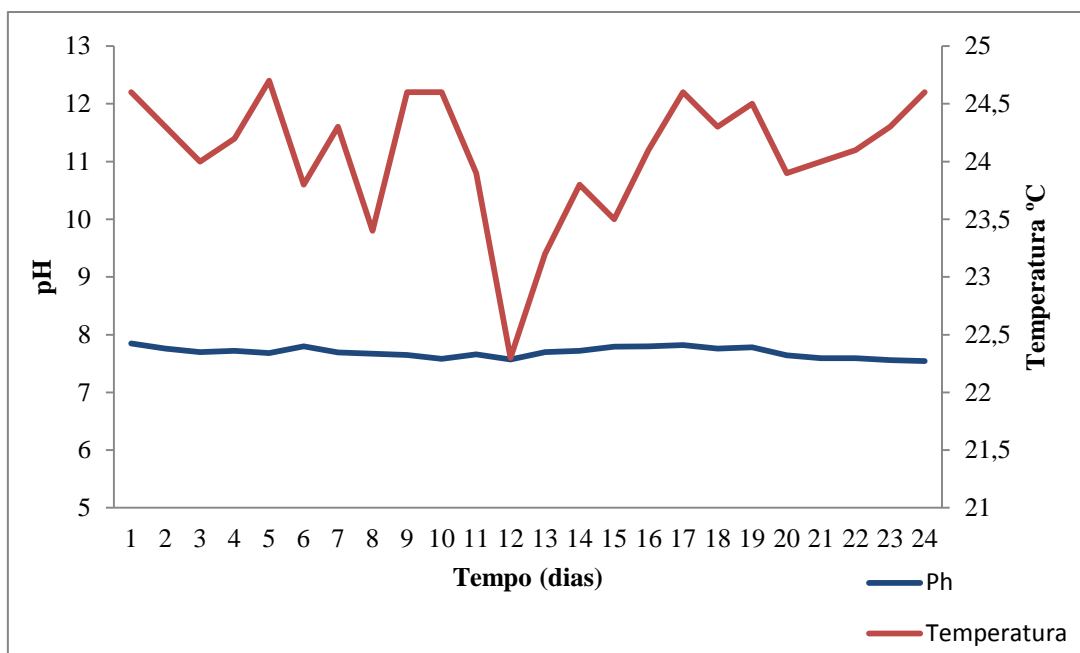
Fonte: autor (2018).

Figura 30 - Valores de pH e temperatura nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.



Fonte: autor (2018).

Figura 31 - Valores de pH e temperatura nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.

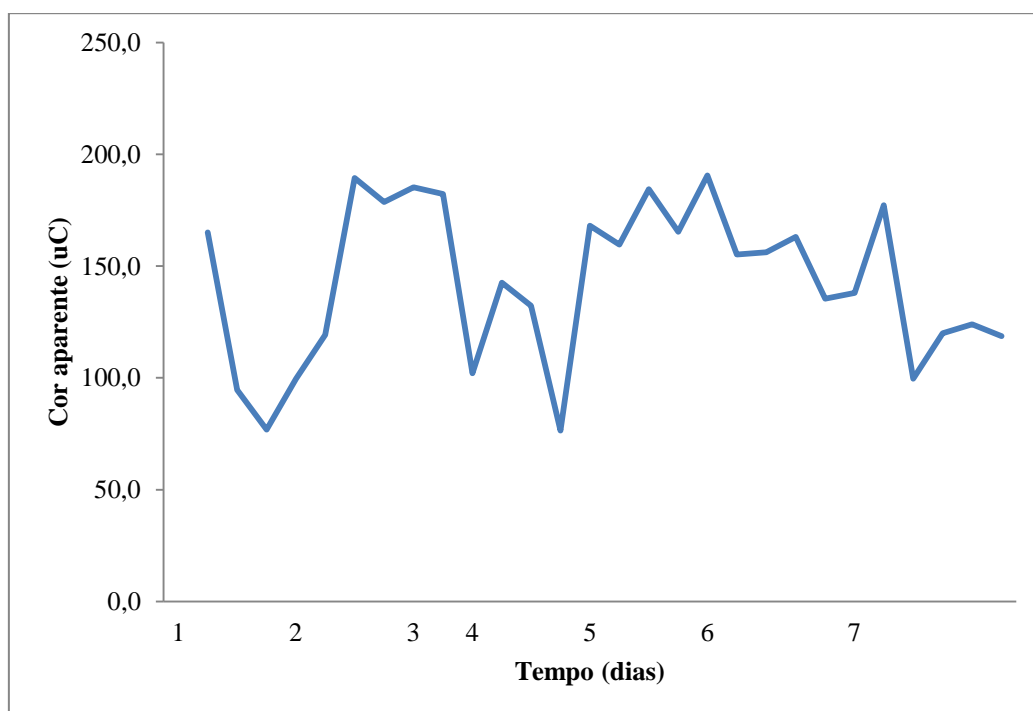


Fonte: autor (2018).

4.2.2 Valores de Cor aparente (uC)

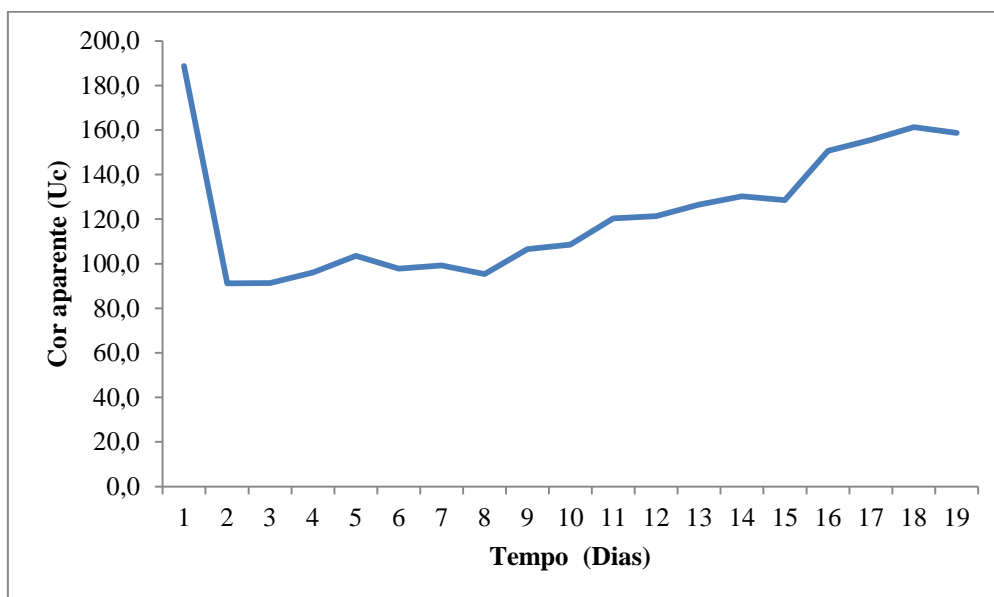
A coloração após o tratamento na primeira carreira ficou entre 190,6 a 76,4 uC como mostra a Figura 32. Na segunda carreira variou entre 188,8 a 73,6 uC (Figura 33). Na terceira carreira a cor se manteve entre 468,2 a 120,1 uC (Figura 34). Antes do tratamento foi feita análises em triplicata obtendo como media $1.400 \pm 107,08$ uC, precisando fazer 3 vezes diluição pois o aparelho utilizado para a análise mede até 500 uC. Todavia, já é notório a baixa remoção de cor pela tecnologia de filtração lenta, conforme mencionado na revisão bibliográfica. Mesmo assim, observa-se que houve uma grande redução da cor após o tratamento, atingindo índices de 94,7% de remoção.

Figura 32 - Valores de cor aparente (uC) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.



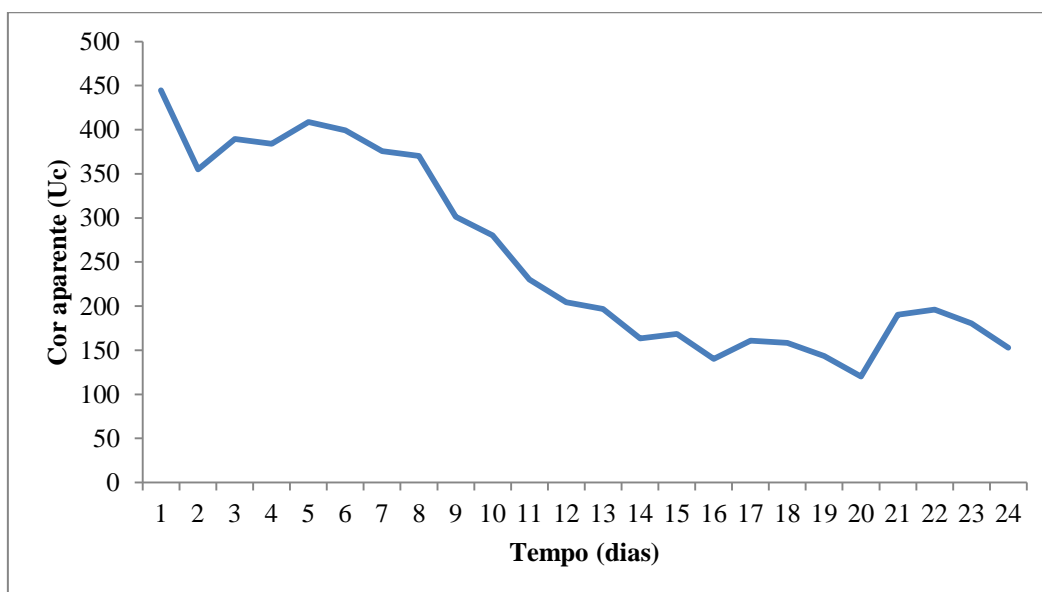
Fonte: autor (2018).

Figura 33 -Valores de cor aparente (uC) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.



Fonte: autor (2018).

Figura 34 -Valores de cor aparente(uC) nas amostras tratadas pelo tratamento de filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.

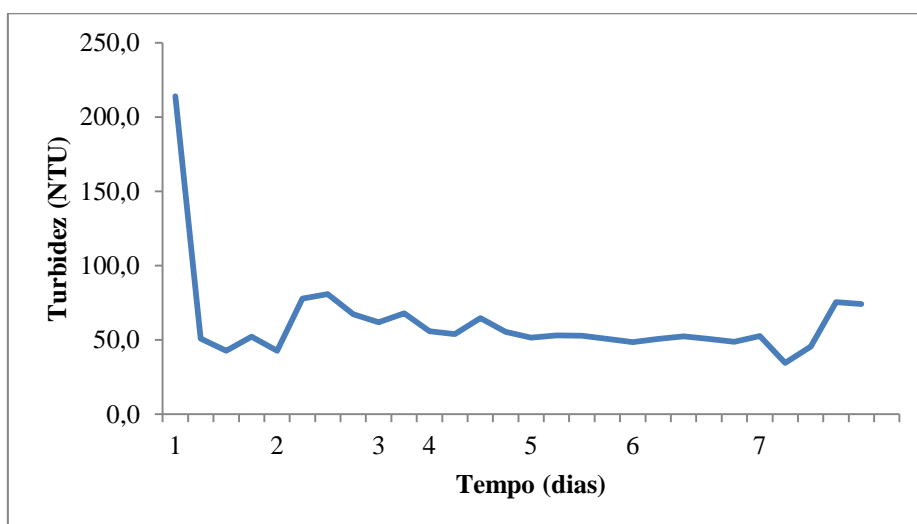


Fonte: autor (2018).

4.2.3 Valores de Turbidez (uNT)

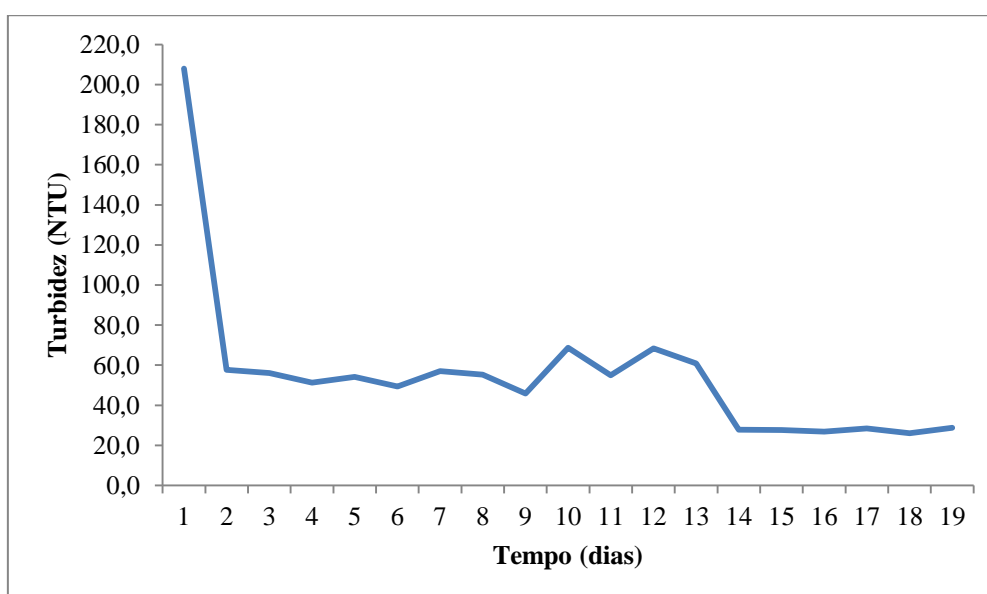
A turbidez em água é causada normalmente pela presença de partículas em suspensão e colóides derivados de argila, lama, matéria orgânica e inorgânica finalmente dividida. Os gráficos das Figuras 35, 36 e 37 apresentam os resultados do parâmetro de turbidez para as análises das amostras do efluente tratado pelo processo de filtração lenta.

Figura 35 - Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração.



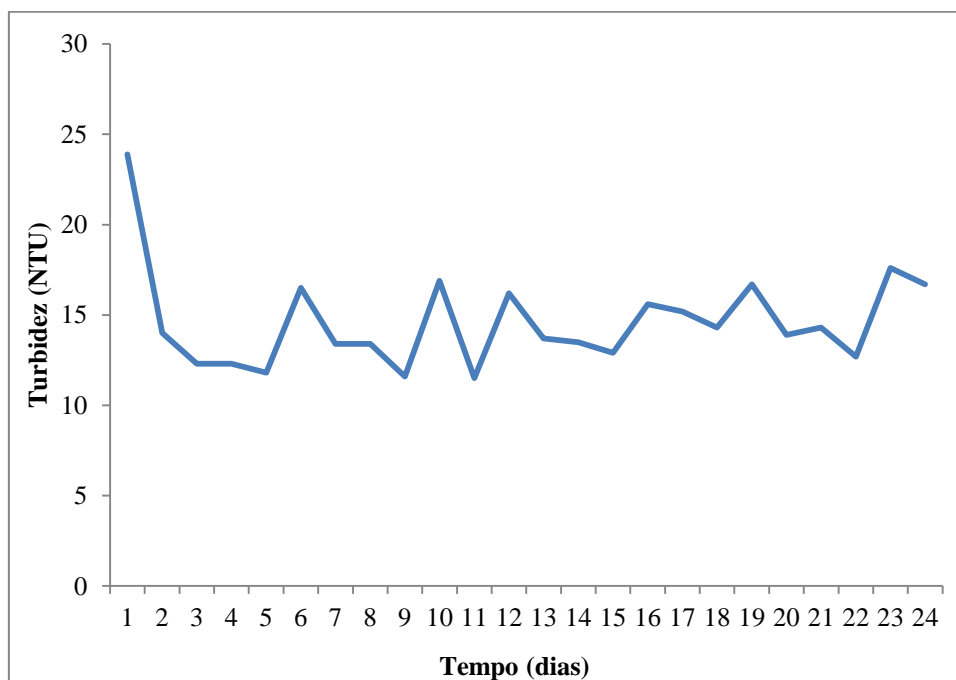
Fonte: autor (2018).

Figura 36 - Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a segunda carreira de filtração.



Fonte: autor (2018).

Figura 37 -Valores de turbidez nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração.



Fonte: autor (2018).

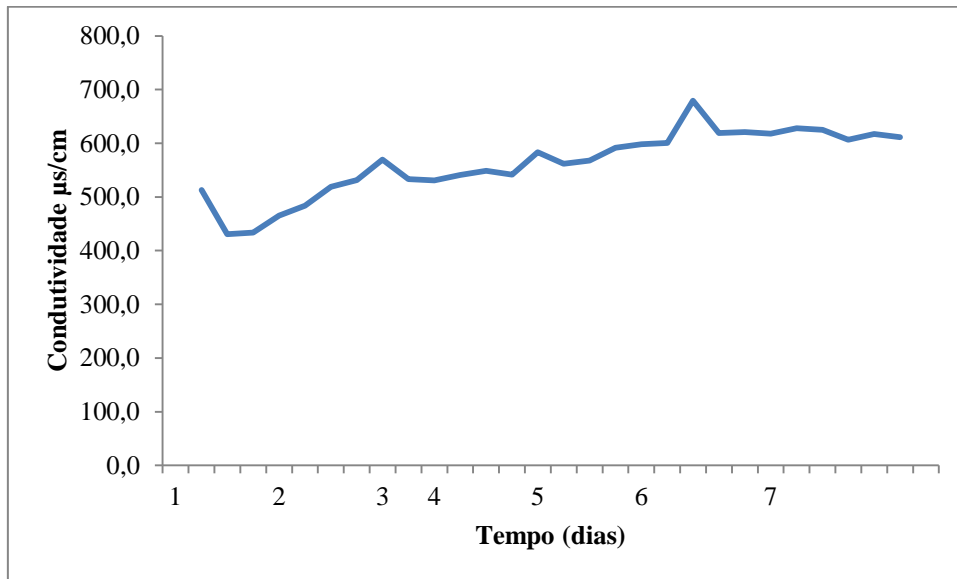
O tempo de amadurecimento das carreiras durou entre 1 a 2 dias. Na primeira e segunda carreiras, os valores de turbidez se estabilizaram em torno de 60 NTU, já na terceira carreira esse valor foi um pouco mais baixo, em torno de 15 NTU, apresentando maior eficácia na remoção desse parâmetro,

A turbidez inicial do efluente estava $380 \pm 117,75$ NTU, podemos observar que houve uma grande redução desse valor após a filtração lenta, que apresentou até 96 % de remoção.

4.2.4 Valores de Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)

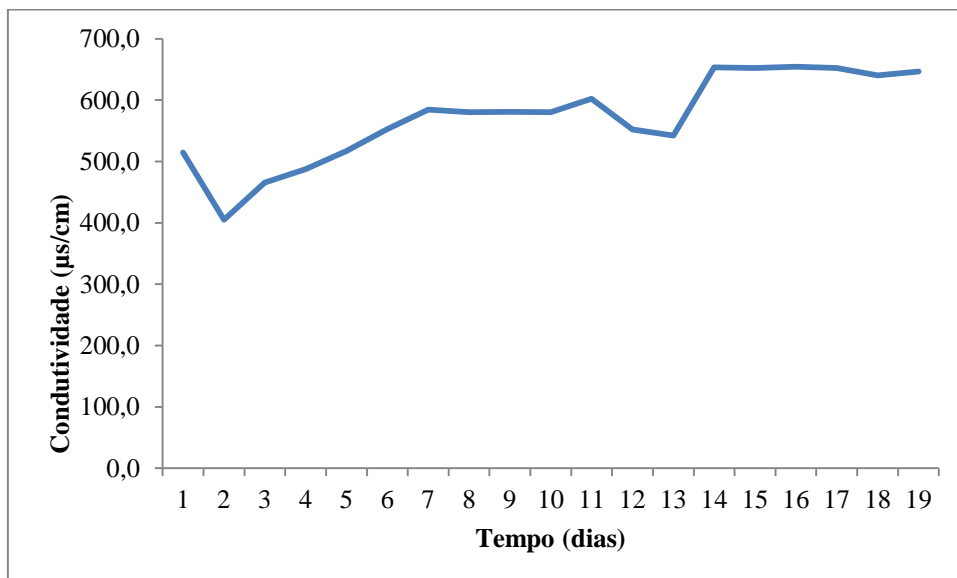
Os valores de condutividade na primeira carreira de filtração variaram de 679,4 a 430,7 $\mu\text{s/cm}$, conforme Figura 38. Na segunda carreira os valores ficaram entre 653,2 a 359,4 $\mu\text{s/cm}$, conforme Figura 39. E na terceira carreira de filtração os valores se mantiveram entre 681,3 a 493,1 $\mu\text{s/cm}$, conforme Figura 40. Valores de condutividade variaram durante a filtração, as vezes atingindo valores bem alto, e outras valores mais baixos. Comparando com a análise do efluente bruto feitas em triplicata, a condutividade estava em torno de $1124,5 \pm 58,78$ $\mu\text{s/cm}$, e após o tratamento houve uma redução de aproximadamente 68 % do valor

Figura 38 -Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a primeira carreira de filtração



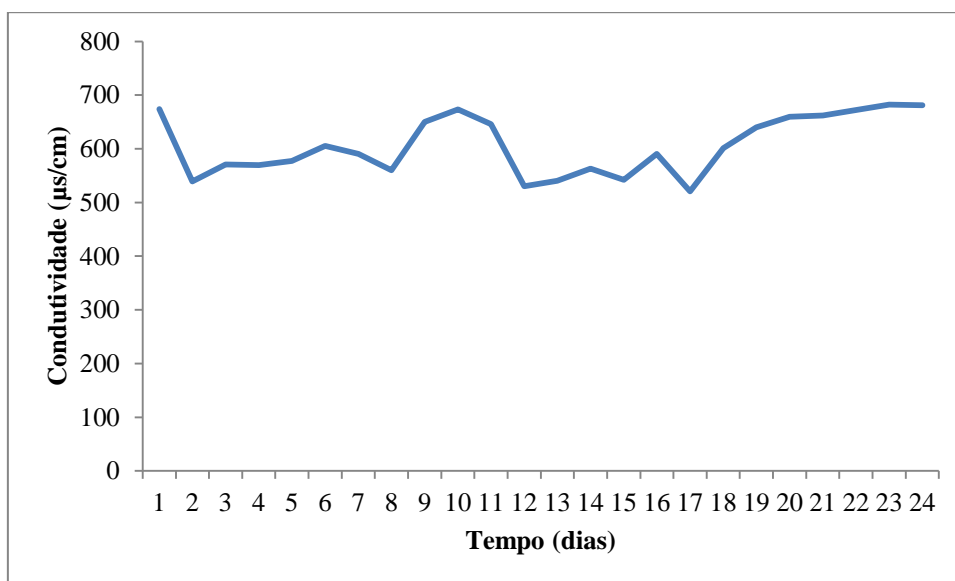
Fonte: autor (2018).

Figura 39 - Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente à segunda carreira de filtração.



Fonte autor (2018).

Figura 40 - Valores de condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) nas amostras tratadas por filtração lenta referente a terceira carreira de filtração



Fonte: autor (2018).

4.2.5 Valores de Coliformes fecais e totais (UFC/mL)

As análises de coliformes termotolerante e totais do efluente foram efetuadas no local e no momento da coleta, seguindo os procedimentos citados acima. Na Figura 41 têm-se o resultado da primeira análise do efluente antes do tratamento, sendo: coliformes termotolerantes 12.800 UFC/mL, coliformes totais, 32.800 UFC/mL.

Figura 41 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes do processo de filtração lenta.



Fonte: autor (2018).

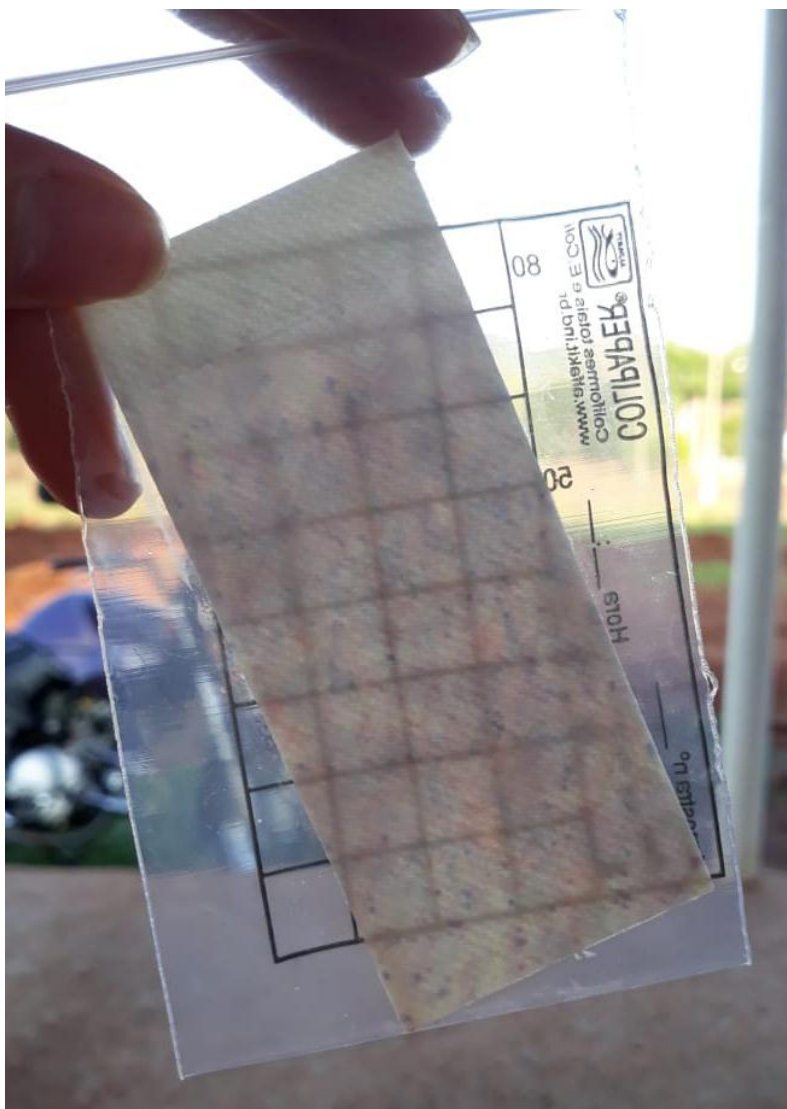
Quando a primeira carreira de filtração atingiu a maturidade, no segundo dia, foi efetuada novamente análise de coliformes. Na Figura 42 é possível ver o resultado, sendo coliformes termotolerantes 1.760 UFC/mL, e coliformes totais 3.600 UFC/mL, havendo uma redução de aproximadamente 86 % para os coliformes termotolerantes e de 89 % para os coliformes totais, mostrando valores ainda altos.

Figura 42 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a primeira carreira do processo de filtração lenta.



Fonte: autor (2018).

Figura 43 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes da segunda carreira do processo de filtração lenta



Fonte: autor (2018).

Antes de começar a segunda carreira de filtração, foi efetuada novamente a análise (Figura 43) de coliformes para o efluente, obtendo valores de coliformes termotolerantes 86.400 UFC/mL, coliformes totais 41.600 UFC/mL. Após o tratamento novamente, quando o filtro atingiu maturidade, realizou-se novamente a análise, obtendo valores mais baixos, como pode ser observado na Figura 44, não sendo observado pontos roxos de coliformes termotolerantes, e somente 4 pontos róseas de coliformes totais totalizando 1.600 UFC/mL, Ou seja, remoção de 100 % dos coliformes termotolerantes e remoção de 96 % dos coliformes totais.

Figura 44 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a segunda carreira do processo de filtração lenta.



Fonte: autor (2018).

No início da terceira carreira a análise de coliformes (Figura 45) teve como resultados, coliformes termotolerantes 46.933,33 UFC/mL, totais 57.600 UFC/mL. No oitavo dia de operação do filtro foi realizada novamente uma análise (Figura 46), obtendo como resultado 400 UFC/mL de coliformes fecais, e 6.400 UFC/mL para os totais, ou seja, uma remoção de 99 % e 88 %, respectivamente. Ao final da terceira carreira os resultados obtidos para coliformes totais foi 800 UFC/mL, não havendo pontos de coliformes fecais (Figura 47), ou seja remoção de 100 % dos coliformes termotolerantes e de 98 % dos coliformes totais.

Figura 45 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, antes da terceira carreira do processo de filtração lenta.



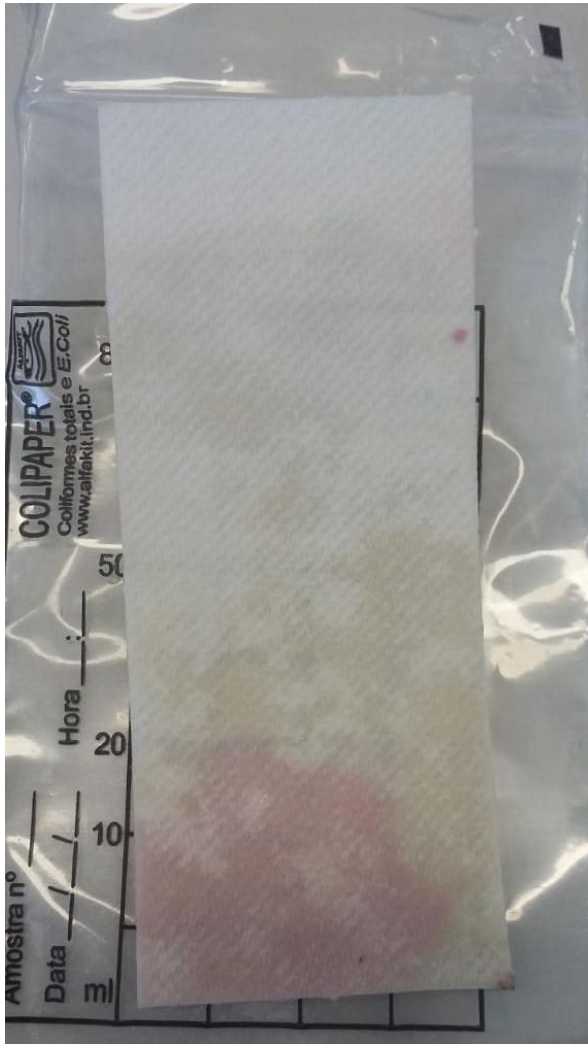
Fonte: autor (2018).

Figura 46 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, no oitavo dia da terceira carreira do processo de filtração lenta.



Fonte: autor (2018)

Figura 47 - Análise de coliformes do efluente da lavagem dos animais do FrigoButiá, após a terceira carreira do processo de filtração lenta



Fonte: autor (2018).

5 CONCLUSÃO

Foi observado que efluente após o tratamento têm potencialidade de reúso, contudo, preservando a água potável exclusivamente para atender as necessidades mais nobres, como o abastecimento humano. Considerando assim o reúso da água como parte de uma ação mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual também está incluso o controle de perdas e desperdícios e a minimização da produção de efluentes gerados.

Foi analisado o efluente antes e após a filtração lenta e obteve-se a sua caracterização, resultando em valores de pH entre 7 e 8 a uma temperatura de 23 a 27 °C. Houve uma grande redução da cor aparente após o tratamento, atingindo índices de até 94,7 % de remoção. A turbidez apresentou até 96 % de remoção. A condutividade obteve uma redução de até 68 %.

Diante dos resultados obtidos nas análises de coliformes totais e termotolerantes, a remoção foi de até 100 % dos coliformes termotolerantes e remoção de até 98 % dos coliformes totais. Na última carreira de filtração, ficou evidenciado a potenciabilidade do sistema de filtração lenta apresentando eliminação de coliformes totais e termotolerantes no efluente provindo da lavagem dos animais no FrigoButiá.

Através disso é possível a instalação do Filtro Lento no FrigoButiá para a limpeza dos currais, pocilgas, corredores, limpeza dos caminhões e demais ambientes onde não é necessária uma água com padrão de qualidade potável, apenas quando ocorre a última lavagem do dia recomenda-se o uso da água do poço artesiano, onde é realizada a desinfecção do local.

Portanto este estudo foi de suma importância para o frigorífico FrigoButiá, devido à caracterização do efluente gerado na lavagem dos animais e sua possibilidade de reutilização, minimizando a poluição, contribuindo para a proteção do meio ambiente e conservação dos recursos hídricos. A tecnologia proposta é simples, econômica e de fácil manutenção como apresentado no trabalho.

Para trabalhos futuros recomenda-se a instalação de um pré-filtro melhorando a qualidade do efluente antes de entrar no sistema de Filtro Lento e aumentando assim a qualidade dos parâmetros finais. Para sua reutilização no processo de lavagem dos animais seria necessário a instalação de um sistema de desinfecção após todo o tratamento.

REFERÊNCIAS

ABIPECS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Site corporativo. Disponível em <<http://www.abipecs.org.br> > Acesso em: 03 de novembro de 2017.

AMARAL, Patricia H. do. **Programas de autocontrole em um matadouro-frigorífico de bovinos.** 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/concursos/em_andamento/instrucoes>. Acesso em: 03 de novembro de 2017.

BELAMY, W. D., SILVERMAN, G.P., HENDRICKS, D. ., and LOGSDON, G. S. **Removing Giardia Cysts- ith Slow Sand Filtration.** Journal of the American Water Work Association- Research And Tecnology. New York 1985

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. RIISPOA - **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** Diário Oficial da União Decreto nº 30.691, de 29/03/52, Brasília, 1952

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, Pecuária e Abastecimento. **Circular nº 175, de 16 de maio de 2005.** Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacal=visualizar&id=18810> . Acesso em: 03 de novembro de 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resolução nº 10, de 31 de julho de 1984.** Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacal=visualizar&id=3015> . Acesso em: 03 de novembro de 2017.

CIRRA/FCTH, **Manual de Conservação e Reuso de Água Para a Indústria.** Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acessado em 01 de Junho de 2018.

CONAMA- RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >Acessado em 22 de novembro de 2018

CONAMA- RESOLUÇÃO No 430, DE 13 DE MAIO DE 2011 Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> .Acessado em 22 de novembro de 2018

CONAMA- RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 Disponível em:<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf> Acessado em 22 de novembro de 2018

DI BERNARDO, L. **Tratamento de águas para Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas.** ABES/ PROSAB. Rio de Janeiro. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n1/a14v13n1/>. Acessado em 01 de Junho de 2018.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II.** ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.

DI BERNARDO, L. & Razaboni, J. D. **Influência da realização de descargas de fundo durante a carreira de filtração no comportamento de sistemas de filtração direta ascendente** REVISTA DAE, v. 44, n. 139, p. 340-345, dez. 1984.

DINIZ, L. Só 1% das indústrias reutiliza água. Jornal “**O Estado de São Paulo**”. 05 de janeiro de 2005. Disponível em : <http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

HYMNO, Fernando de Souza. **Influência do Diâmetro do Meio Filtrante em Filtros Lentos Retro laváveis**. Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico-Florianópolis 2013 Disponível em : <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125159/Fernando%20Hymno%20TCC2.pdf?sequence=1>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

FURB, CAPTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO INDUSTRIAL REA – **Revista de estudos ambientais** v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007 Disponível em : <http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno) / José Wagner Pacheco [e] Hélio Tadashi Yamanaka. - - São Paulo : CETESB, 2006. 98p. (1 CD) : il. ; 21 cm. - (Série P + L) Disponível em : <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/726>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

MALDANER, T.L. **Levantamento das alternativas de minimização de impactos gerados pelos efluentes de abatedouros e frigoríficos**. 2008. 69f. Monografia (Pós graduação em lato sensu em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) – Universidade Castelo Branco, Brasília, 2008. Disponível em : <https://docplayer.com.br/1071835-Levantamento-das-alternativas-de-minimizacao-dos-impactos-gerados-pelos-efluentes-de-abatedouros-e-frigorificos.html>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

HUISMAN, L. **Slow sand filtration**. Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration. AIDIS Congres Held in Panamá: AIDIS 1982 Disponível em : <https://www.fastonline.org/CD3WD_40/JF/422/16-376.pdf > Acesso em: 03 de novembro de 2017.

MARTINS, C.; et al. Diagnóstico ambiental: uma pesquisa exploratória na região fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v. 11, n. 11, p. 2389-2399, jan. 2013. Disponível em : <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/7594/pdf>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

MORELI, G. Realidade da Pecuária Brasileira. **Revista Tecnologia de Gestão Pecuária**, n. 14, p. 22-27, nov., 2002. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/Mono_Rafael_Gomes.pdf> Acesso em 03 de novembro de 2017.

MURTHA, Ney, Albert. **Avaliação da Influência de Variáveis Hidráulicas, Parâmetros de Projeto e das Características da Água Bruta na Eficiência de Filtros Lentos de Areia**, Universidade Federal de Minas Gerais- Belo Horizonte, 1998. Disponível em< https://www.researchgate.net/profile/Ney_Murtha/publication/298425939_Avaliacao_da_influencia_de_variaveis_hidraulicas_parametros_de_projeto_e_das_caracteristicas_da_agua_brut

a_na_eficiencia_de_filtros_lentos_de_areia/links/5887551392851c21ff52b264/Avaliacao-da-influencia-de-variaveis-hidraulicas-parametros-de-projeto-e-das-caracteristicas-da-agua-bruta-na-eficiencia-de-filtros-lentos-de-areia.pdf> Acesso em 03 de novembro de 2017.

MURTHA, N.A; HELLER L. **Avaliação da eficiência da filtração lenta em areia segundo a profundidade do leito filtrante** . 20º Congresso Brasileiro de Engenharias Sanitarias e Ambiental. ABES 1999. Disponível em : <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/7594/pdf>> Acesso em 03 de novembro de 2017.

MURTHA, N.A; HELLER L; LIBÂNO, M. **A Filtração Lenta em Areia como Alternativa Para o Tratamento de Águas de Abastecimento no Brasil**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental II, ABES 1997.

PACHECO, J. W. Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína). São Paulo : CETESB (Série P + L), 2008.

REBELLO, C. A. **Desenvolvimento E Avaliação De Protótipos De Filtro Lento Para Tratamento De Água Em Domicílios Rurais**. Projeto Final Em Engenharia Ambiental 2-BRASÍLIA/DF, 08 de dezembro de 2016 Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16926/1/2016_CamilaRebelloAmui_RaissaMariaMoruzzi_tcc.pdf. Acesso em: 03 de novembro de 2017.

RESENDE, Luciana Londe. **Eficiência da Filtração Lenta no Tratamento de Efluentes de Leitões Cultivados**. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola-Campinas abril de 2002.

ROSA, Ediane. Projeto de Sistema de Abastecimento de Água. 2007 (Apostila da Disciplina)-Universidade Luterana do Brasil, Canoas/RS.

SEGALLA, Bruno Pizzolatti. **Estudos de Limpeza de Filtro Lento por Raspagem e Retrolavagem**.- Florianópolis, 2010.

SEGALLA,. Bruno Pizzolatti. **Influência da técnica de limpeza de filtros lentos e diâmetro dos grãos sobre a qualidade da água produzida, com destaque para a remoção de carbonatos e oocistos de *Cryptosporidium* (simulados por microesferas)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitaria e Ambiental. Florianopolis, 2014.

SERTOLI, Anelise Lopes Gil . **Caracterização do Efluente de Abatedouro Visando o Reúso**. Universidade de Passo Fundo Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental-Passo Fundo, 2010.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARÁ. ÁGUAPARÁ - Educação Ambiental para Conservação dos Recursos Hídricos [II]: REUSO DA ÁGUA DA CHUVA. Belém: Série Relatórios Técnicos Nº 4, 2005.

SCHENINI, P. C.; ROSA, A.L.M.; RIBEIRO, M.M.A. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como Atrativo ao Investimento Ambiental: Estudo de Caso em um Frigorífico de Bovinos. In: SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 3, 2014, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2014.

SIC - SERVIÇO DE INFORMAÇÃO DA CARNE. Produção de carne. Site corporativo. Disponível em <http://www.sic.org.br/producao.asp>

SNA. Brasil será o maior produtor mundial de carne bovina em cinco anos. Disponível em: <http://sna.agr.br/brasil-sera-o-maior-produtor-mundial-de-carne-bovina-em-5-anos-preve-abiec/> . Acesso em: 03 de novembro de 2017.

TAVARES, E.T; WEBER, M.I. **Impactos ambientais e tratamentos gerados pelos efluentes de abatedouros de bovinos**. 2014. 17f. Artigo (Pós-graduação MBA em sustentabilidade e gerenciamento ambiental/empresarial) - Universidade Tuiuti do Paraná, Paraná, 2014

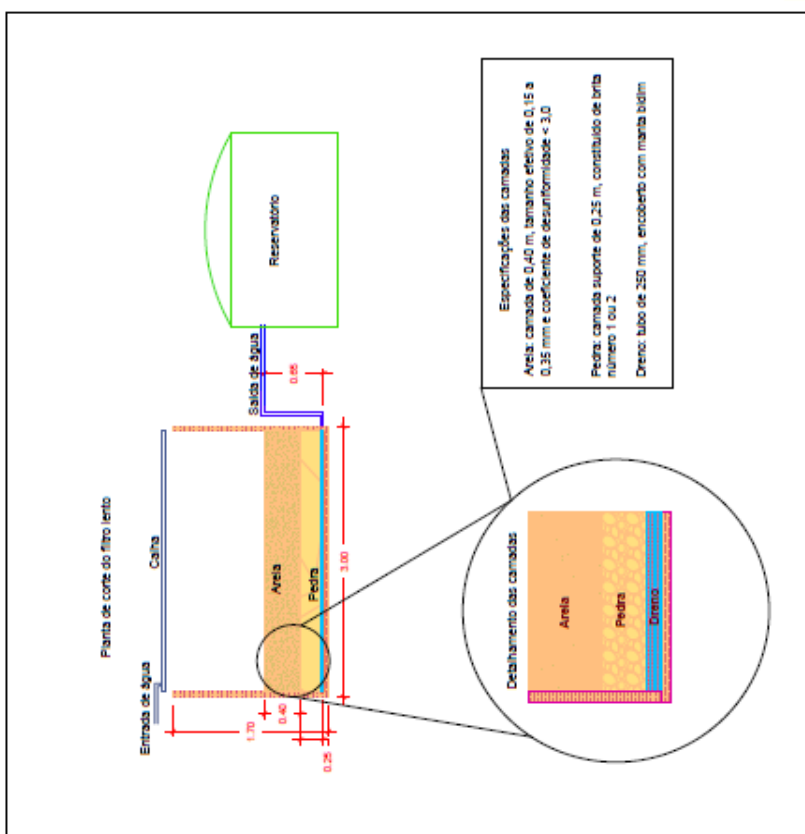
TIMMS, S., SLADE, J.S. AND FRICKER,C.R. Removal of Cryptosporidium by slow sand filtration, “Water Science and Technology” 1995

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento da Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003. Disponível em <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/07leonardo.pdf>> Acesso em: 18 de fevereiro de 2018

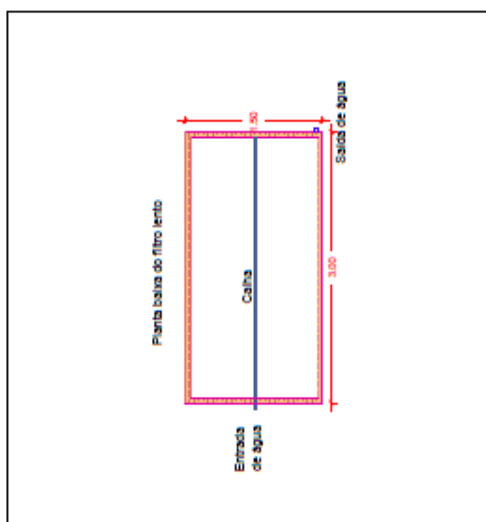
WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo De Captação E Aproveitamento De Água Da Chuva Na Indústria Moveleira Bento Móveis De Alvorada – Rs**. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, Canoas, Novembro, 2008. Disponível em <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/07leonardo.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2018

WESTERHOFF, G. P. **Un update of research needs for water reuse**. In: Water reuse symposium, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984

Apêndice 1- Planta do Filtro Lento



Planta de corte
E: 1:75



Planta baixa
E: 1:75

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL- CERRO LARGO Engenharia Ambiental e Sanitária</p> <p>Solicitante: FrigoButiá- Frigorífico São Pedro do Butiá</p> <p>Acadêmica: Edinéia Krenzke da Silveira</p> <p>Professora Orientadora: Juliana Schöntag Marques</p> <p>PROJETO: FILTRO LENTO Trabalho de Conclusão de Curso e Relatório de Estágio Supervisionado</p>		<p>Unidade: metros</p> <p>Data: 01/03/2018</p> <p>Escala: 1:75</p>
		<p>PRANCHA 01</p>