

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO LUCAS DOS SANTOS

**FITORREMEDIÇÃO DE SORO DE LEITE NO SISTEMA DE WETLANDS
CONSTRUÍDAS - TESTE DE CONCEITO**

**FRANCISCO BELTRÃO
2023**

BRUNO LUCAS DOS SANTOS

**FITORREMEDIAÇÃO DE SORO DE LEITE NO SISTEMA DE *WETLANDS*
CONSTRUÍDAS - TESTE DE CONCEITO**

Phytoremediation of Whey In the Constructed *wetlands* - Proof-of-concept

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof^a Dr^a. Denise Andreia Szymczak
Coorientador(a): Prof^a. Dr^a Fabiane Castro Cislaghi

**FRANCISCO BELTRÃO
2023**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO LUCAS DOS SANTOS

**FITORREMEDIAÇÃO DE SORO DE LEITE NO SISTEMA DE WETLANDS
CONSTRUÍDAS - TESTE DE CONCEITO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 03/Julho/2023

Denise Andreia Szymczak
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ticiane Sauer Pokrywiecki
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Bortoli
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO
2023**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao meu lado e acreditaram em mim durante esta jornada desafiadora e enriquecedora.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais, Paulo Rogério dos Santos e Maria Aparecida Lucas Ferreira por seu amor incondicional, por sempre me incentivarem a buscar meus objetivos, por todo o apoio prestado mesmo muitas vezes não tendo condições, por serem minha fortaleza e fonte de inspiração. Agradeço também ao meu irmão Filipe e a minha irmã Maria Beatriz, por todo carinho e amor, agradeço a minha namorada Josceane Knob que esteve ao meu lado em muitos momentos dessa jornada, me motivando e me encorajando a seguir em frente.

Gostaria de agradecer a minha orientadora professora Dr^a Denise Symczack, a minha coorientadora professora Dr^a Fabiane Castro Cislighi, aos professores que complementaram a banca, professor Dr^o Marcelo Bortoli e prof^a Dr^a Ticiane Pokrywiecki e aos demais professores que dedicaram o seu tempo para ensinar e com certeza foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Todo seu conhecimento compartilhado e suas sugestões foram de grande importância para o meu desenvolvimento e para aprimorar a qualidade deste trabalho, gostaria de fazer um agradecimento especial para Kaoani e a Yasmin que ajudaram desde o começo na montagem e execução do projeto.

Não posso deixar de mencionar meus amigos e colegas de estudo, que tornaram essa jornada acadêmica mais leve e divertida. Vocês estiveram ao meu lado em momentos de dificuldade, compartilhamos muitas risadas, noites de estudo e também muitas festas. Agradeço por todas as memórias preciosas que criamos.

Além disso, sou grato a todos os membros da minha família, a minha avó que se foi durante a minha graduação e com certeza torceu muito para o meu sonho se realizar, ao meu avô por todo apoio prestado, aos meus tios, tias, primos e primas que acreditaram em mim desde o início e me encorajaram a persistir nos meus objetivos.

Por último, mas não menos importante, gostaria de expressar minha gratidão à instituição de ensino, aos professores e funcionários que contribuíram para a minha formação acadêmica. Obrigado por fornecerem um ambiente propício para o aprendizado e por todas as oportunidades e recursos disponibilizados ao longo dessa jornada.

A todos vocês, minha mais sincera gratidão. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio, amor e incentivo que recebi de cada um de vocês.

RESUMO

O sudoeste do Paraná além de ser um grande produtor de leite, é também um grande produtor de queijos, sendo responsável por boa parte da produção nacional. Na produção do queijo são geradas grandes quantidades de soro de leite que pelo ponto de vista ambiental pode ser considerado prejudicial devido a sua alta carga poluidora e pela dificuldade de tratar esse efluente. Já dentro do ponto de vista alimentício, o soro de leite pode ser visto como benéfico, pelo fato de ser utilizado como matéria prima para produção de diversos produtos lácteos como iogurtes e *whey protein*. Principalmente nas pequenas queijarias e na agricultura familiar não há como utilizar o soro de leite como matéria prima devido à falta de tecnologias, equipamentos e estrutura, a alternativa encontrada é o descarte quase sempre inadequado. Com base nisso, o presente trabalho realizou um teste de conceito e propôs um tratamento do soro de leite diluído, através da fitorremediação em sistemas de *wetland* construído de escoamento subsuperficial com o cultivo do capim vetiver, visando uma alternativa de tratamento economicamente viável aos pequenos produtores. A proposta se mostrou eficiente e apresentou reduções moderadas em alguns parâmetros como a DQO e os sólidos totais presentes no soro de leite, entretanto as reduções não foram suficientes para atender os limites de lançamento de efluentes estabelecidos pela CONAMA 430/2011, sendo necessário outras etapas de tratamento.

Palavras-chave: carga poluidora; efluente; tratamento; capim-vetiver.

ABSTRACT

The southwest of Paraná, besides being a large producer of milk, is also a large producer of cheese, being responsible for much of the national production. In the production of cheese, large amounts of whey are generated, which from the environmental point of view can be considered harmful due to its high pollution load and the difficulty in treating this effluent. From a food standpoint, whey can be seen as beneficial, since it can be used as raw material for the production of several dairy products, such as yogurts and whey protein. Mainly in small cheese dairies and family farms, there is no way to use whey as raw material due to the lack of technology, equipment and structure, and the alternative found is the inadequate disposal. Based on this, the present work performed a proof-of-concept test and proposed a treatment of diluted whey, through phytoremediation in constructed wetland systems of subsurface flow with the cultivation of vetiver grass, aiming for an economically feasible treatment alternative for small producers. The proposal proved to be efficient and showed moderate reductions in some parameters such as COD and total solids present in the whey, however the reductions were not sufficient to meet the effluent discharge limits established by CONAMA 430/2011, requiring further treatment steps.

Keywords: polluting load; effluent; treatment; vetiver grass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Legislação nacional de descarte de efluentes | 20 |
| Figura 1 - Montagem dos protótipos de <i>wetlands</i> construídas | 22 |
| Figura 2 - Protótipos de <i>wetlands</i> construídas..... | 23 |
| Figura 3 - Soro antes do pré-tratamento | 24 |
| Figura 4 - Soro após o pré-tratamento | 24 |
| Figura 5 - Carregamento das <i>wetlands</i> construídas | 24 |
| Figura 6 - Coleta da amostra do efluente | 25 |
| Figura 7 - Amostras do efluente..... | 25 |
| Quadro 2 - Comparativo dos resultados da fitorremediação com a legislação de descarte de efluentes..... | 31 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Resultados da caracterização do soro de leite..... | 26 |
| Tabela 2 – Resultados da análise após o tratamento nas <i>Wetlands</i> | 28 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVO | 12 |
| 2.1 | Objetivo Geral | 12 |
| 2.2 | Objetivos Específicos | 12 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| 3.1 | Produção de leite e derivados do Brasil | 13 |
| 3.1.1 | Produção de leite e derivados no Sudoeste do Paraná..... | 13 |
| 3.2 | Soro de leite | 14 |
| 3.2.1 | Tratamento convencional | 15 |
| 3.2.2 | Alternativas de tratamento do soro de leite..... | 16 |
| 3.3 | Agricultura familiar..... | 16 |
| 3.4 | <i>Wetlands</i> construídas | 17 |
| 3.5 | Capim Vetiver..... | 19 |
| 3.6 | Legislação de descarte de efluentes | 19 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 | Local do estudo | 21 |
| 4.2 | Protótipos de <i>wetlands</i> construídas | 21 |
| 4.3 | Caracterização do soro de leite..... | 23 |
| 4.4 | Pré-tratamento | 23 |
| 4.5 | Tratamento | 24 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| 5.1 | Caracterização do soro de leite..... | 26 |
| 5.2 | Análise das amostras..... | 28 |
| 5.3 | Comparativo com a legislação | 30 |
| 6 | CONCLUSÃO | 32 |
| | REFERENCIAS..... | 33 |

1 INTRODUÇÃO

A preservação da água e o tratamento adequado dos efluentes têm se tornado preocupações cada vez mais relevantes na sociedade. Com o crescimento populacional, o desenvolvimento industrial, a demanda por água limpa tanto na sociedade quanto nas indústrias aumenta significativamente, com isso, aumenta também a geração de efluentes. O descarte de efluentes líquidos contendo poluentes característicos provoca alterações na qualidade dos corpos hídricos receptores, contribuindo diretamente para a poluição desses ambientes (BORGES et al., 2019; GIORDANO, 2004)

De acordo com Matos *et al.* (2012), a utilização da água no processo de produção de alimentos como o queijo, gera quantidades significativas de efluente líquido que devem passar por processos de tratamento antes de serem lançados em corpos hídricos. Seu volume pode ser até 5 vezes maior que o leite processado dependendo do produto e da tecnologia implementada.

A dificuldade no descarte correto do soro de leite é uma problemática que ocasiona prejuízos principalmente nas pequenas queijarias e aos produtores de queijo da agricultura familiar. A alta carga poluidora do soro de leite torna o seu tratamento custoso e por muitas vezes a solução mais barata encontrada pelos produtores acaba sendo o descarte incorreto. Essa prática causa um impacto ambiental significativo, contaminando corpos hídricos e o solo, portanto, se faz necessário buscar alternativas para lidar com essa questão e minimizar os danos ao meio ambiente.

Existem diversos métodos de tratamento de efluentes, como os físico-químicos, os processos oxidativos avançados e o tratamento biológico. Dentro do tratamento biológico uma alternativa que tem se mostrado eficaz no tratamento de águas residuárias e na diminuição da carga poluidora de efluentes é a fitorremediação em sistemas de *wetlands* construídas (MARQUES; AMERICO-PINHEIRO, 2018). As *wetlands* construídas são sistemas artificiais que simulam o ecossistema das *wetlands* naturais, utilizando diversas tecnologias e tem como princípio básico a alteração da qualidade da água (SALATI, 2006). Um dos principais fatores para a redução de contaminantes em *wetlands* é a escolha da espécie vegetal utilizada, que combinada com outras variáveis de dimensionamento, influenciam no sucesso do tratamento das águas residuárias (MATOS *et al.*, 2012).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência de *wetlands* construídas para o tratamento de soro de leite oriundo de pequenas queijarias no Sudoeste do Paraná.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades físico-químicas do soro antes e após o tratamento com *wetland*;
- Analisar a eficiência da *wetland* para o tratamento do soro de leite;
- Comparar os parâmetros físico-químicos pós-tratamento com a legislação vigente para o lançamento de efluentes;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de leite e derivados no Brasil

Uma das atividades agropecuárias mais influentes do país é a produção de leite e em 2013 o Brasil se tornou o quarto maior produtor de leite *in-natura* do mundo, produzindo aproximadamente 35 toneladas de leite *in-natura* (LIMA *et al.*, 2017). Segundo Martins *et al.* (2016), o Brasil tem uma importância extremamente significativa na produção de leite e derivados estando presente em quase todo o território nacional, além disso, esse setor tem expandido a sua produção e consumo, gerando renda para diversas famílias.

A atividade leiteira vem se destacando nos últimos anos no Brasil, por se configurar como uma das principais atividades econômicas geradoras de emprego e renda (WINCK *et al.*, 2011). De 1997 até o ano de 2014 a produção de leite no Brasil aumentou em média 4% ao ano, de 18,7 bilhões de litros de leite para 35,124 bilhões, houve então uma regressão na produção que só foi revertida no ano de 2018 quando a produção retornou a casa dos 33 bilhões de litros de leite (DA ROCHA *et al.*, 2020).

O aumento da produção do leite no Brasil se deu principalmente pelo incentivo de políticas públicas relacionadas à qualidade do leite e sua regularização, com isso a agricultura familiar teve que se adaptar a esse novo padrão estabelecido, ocorreu então no setor lácteo a implementação de um modo de trabalho mais tecnicista (SCHMITZ; SANTOS, 2013).

Atualmente a quantidade de leite produzida no Brasil continua aumentando e segundo Martins *et al.* (2016) para que essa progressão continue, se faz necessário a implementação de novas tecnologias no ramo de alimentos derivados do leite, como os iogurtes e outros lácteos, a fim de aumentar o interesse e o consumo desses produtos e consequentemente a sua produção.

3.1.1 Produção de leite e derivados no Sudoeste do Paraná

O Sudoeste do Paraná possui grande relevância na economia regional devido ao setor agropecuário, que está intimamente ligado à agricultura familiar. Uma grande parte da população dessa região retira da produção de leite e derivados a sua renda e o seu sustento (EDUARDO, 2008).

Segundo o Departamento de Economia Rural (DERAL), o Sudoeste foi uma das regiões que mais cresceu nos últimos 10 anos, sendo a região que mais produz leite em volume do estado do Paraná. No ano de 2017 a região produziu 1 bilhão de litros de leite, com um aumento de 98% se comparado ao ano de 2007 quando produziu quase 550 milhões de litros (MEZZADRI, 2019).

Na região Sul do Paraná, houve algumas mudanças institucionais no sistema de produção leiteira, como o aumento da produção em larga escala, o desenvolvimento tecnológico no setor e uma menor possibilidade de usos alternativos da terra, tiveram uma grande influência na manutenção e no crescimento do setor leiteiro (BÁNKUTI, 2018).

Segundo Cislighi (2019), um dos derivados do leite mais produzidos no Sudoeste do Paraná é o queijo Colonial, muito consumido devido a questões culturais dos moradores dessa região, o alimento surgiu com intuito de complementar a renda e agregar valor à produção do leite.

Diferentemente da produção de queijo Colonial, na elaboração de queijos industriais é possível produzir um produto padronizado e com suas características bem definidas, isso se dá devido aos processos utilizados, como a pasteurização e padronização do leite que são obtidos de diversos produtores e a utilização de fermentos comerciais (CISLAGHI; BADARÓ, 2021).

3.2 Soro do leite

O soro de leite é um subproduto da produção de queijos que contém grande parte dos nutrientes do leite e representa de 80 a 90% do volume de leite utilizado, isso quer dizer que para fazer 1 kg de queijo são necessários aproximadamente 10 litros de leite, esse subproduto contém proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e baixa quantidade de gordura, tornando-o fonte de matéria prima para outros produtos, como bebida láctea (ALVES *et al.*, 2014).

De acordo com Trindade (2018) o soro de leite pode ser classificado como soro ácido ou soro doce e o que vai diferenciar os dois é a sua composição nutricional, o tipo de queijo que será produzido e a tecnologia implementada em seu processo de produção.

Apesar do soro de leite ser utilizado como matéria prima na indústria alimentícia para a produção de diversos alimentos, ele ainda representa um grave problema ambiental devido principalmente a sua alta carga poluidora (TRINDADE, 2018). O soro de leite possui uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que varia de 30 a 50 mil mg de oxigênio por litro de soro, esse valor pode ser até 100 vezes maior que o de um esgoto doméstico, o que o torna um potencial agente poluidor, sendo assim, seu descarte de forma inadequada e sem o devido tratamento pode levar a destruição da fauna e da flora da região onde será descartada (MOREIRA *et al.*, 2010).

Há uma grande dificuldade em relação ao reaproveitamento do soro de leite nas pequenas indústrias de laticínios, principalmente pelo fato do soro ser visto como resíduo descartável e não como matéria prima para obtenção de outros produtos. Com isso não há interesse em sua utilização, tão pouco investimento em técnicas que poderiam garantir a sua qualidade (MARQUARDT, 2011).

3.2.1 Tratamentos convencionais

Os métodos convencionais de tratamento, são processos altamente conhecidos e amplamente utilizados para remover poluentes e melhorar a qualidade das águas. Os métodos físico-químicos de agregação mais conhecidos são os processos de coagulação e floculação, nesse processo ocorre primeiramente a coagulação, com a adição de coagulantes e logo após a floculação com o auxílio de produto químicos floculantes, na última etapa ocorre a separação física do agregado através da decantação ou sedimentação (AZEVEDO *et al.*, 2020).

Uma alternativa de tratamento biológico disseminada na área de tratamento de efluentes são os processos envolvendo lodos ativados que são conhecidos possuem um grau de redução satisfatório de diversos compostos orgânicos. Nesse tratamento, a matéria orgânica é convertida, por meio da atividade dos micro-organismos aeróbicos e anaeróbicos, em dióxido de carbono e água ou em gás carbônico e metano, respectivamente e a eficiência do tratamento é definida pelo teor da matéria orgânica, disponibilidade de micro-organismos, a presença ou não de oxigênio, o método de alimentação dos reatores e o tempo de retenção da biomassa (QUEIROZ *et al.*, 2019).

3.2.2 Alternativas de tratamento do soro de leite

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, é quem regulamenta os níveis de padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores, através da resolução CONAMA 430/2011 que veio para complementar a resolução 357/2005. Nesse sentido, surge a necessidade de formas de tratamento com a finalidade de diminuir os contaminantes dos efluentes (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Os efluentes de laticínios podem ser considerados como águas residuais, que são todas as águas descartadas provenientes do processo de fabricação, da lavagem dos equipamentos e das demais atividades desenvolvidas no processo produtivo da empresa. Esse efluente não pode ser descartado em lugares como na rede pública de esgoto, tampouco em sistemas receptores sem o seu devido tratamento (NUNES, 2018).

Os tratamentos para águas residuais provenientes do soro de queijo podem ser divididos em três tipos principais: tratamento biológico (aeróbio ou anaeróbio), tratamento físico-químico e tratamento através de *wetlands* construídas. O tratamento biológico envolve processos que utilizam organismos vivos para decompor e remover poluentes. Já o tratamento físico-químico abrange diferentes técnicas, desde processos mais caros, como os oxidativos avançados, até opções mais comuns, como coagulação e floculação que se destacam principalmente pelo seu baixo custo de implementação, ou ainda o tratamento através dos pântanos construídos ou *wetlands* construídos que são considerados processos de fácil implementação e baixo custo (CARVALHO, 2013).

3.3 Agricultura familiar

A agricultura familiar é um elemento fundamental da modernização agrícola e das cadeias agroindustriais, devido a essa importância, o seu assunto tem ganhado força nos debates relacionados ao desenvolvimento econômico e sustentável do país, além de ajudar na geração de empregos e de renda no meio rural (PADUA, 2006). Não há uma definição rigorosa quando nos referimos a agricultura familiar, então de modo geral pode-se dizer que a agricultura familiar é todo agricultor que desenvolve uma atividade ou trabalho dentro da zona rural juntamente com a sua família

(SCHNEIDER, 2008). Devido ao tradicionalismo, a agricultura familiar ainda sofre com a modernização e a necessidade de implementar novas técnicas na produção principalmente do leite e derivados.

Apesar disso, para Altafin (2007) a agricultura familiar é tida como um importante ator social, sendo responsável pelas dinâmicas rurais e na articulação rural-urbana, especialmente em pequenos municípios. Ou seja, a agricultura familiar é um componente cultural específico do modo de vida rural, que possui grande relevância na busca pelo desenvolvimento, pela produção de alimentos e de matéria prima, tendo um papel de destaque na valorização da tradição e na geração de oportunidades de emprego no âmbito rural.

Nos últimos anos estão sendo realizado diversos estudos, visando um maior desenvolvimento e melhor definição e compreensão das características do grupo social formado pelos pequenos proprietários de terra que vivem em comunidades na área rural e usam da força de trabalho dos membros de suas famílias para gerar produtos comercializáveis e para o seu autoconsumo. Entretanto, o conceito de desenvolvimento rural muitas vezes é tratado com sentidos distorcidos ou sem a devida precisão. (SCHEUER & VASSALO, 2019; SCHNEIDER, 2013).

De acordo com KONZGEN & MANTELLI (2020), é evidente a relevância da agricultura familiar para o desenvolvimento econômico e social do país. Entretanto, é fundamental destacar que ainda é necessário um maior apoio governamental para essa categoria, visto que as políticas públicas voltadas para a agricultura, trazem retornos significativos em diversos aspectos, como os econômicos, ambientais e sociais, que contribuem tanto para a segurança alimentar, como também para a preservação dos recursos naturais envolvidos no processo.

3.4 *Wetlands* construídas

As *wetlands* construídas (WC) são sistemas desenvolvidos para tratamento de águas residuárias (esgotos sanitários de origem doméstica e efluentes industriais). Nestes sistemas estão envolvidos processos naturais de remoção de contaminantes e patógenos utilizando solo, vegetação e microrganismos na sua configuração básica (KADLEC; WALLACE, 2009).

De acordo com Santiago *et al.* (2005) não há uma única definição quando se trata de *wetlands*, isso porque existem diversos fatores que influenciam nesses ecossistemas, como por exemplo, o tipo de solo, clima, vegetação de cada região entre outros fatores. De um modo geral, esses tipos de sistemas são como canais preenchidos por um meio poroso com alta condutividade hidráulica podendo ser cascalho, areia ou brita, abrindo margem para o crescimento de macrófitas que irão criar um biofilme que age como um filtro para certos poluentes (CALIJURI, 2009).

Segundo Salati (2006) a classificação do wetland pode variar de acordo com as plantas presentes, sendo elas flutuantes ou emergentes, macrófitas fixas ou submersas, ou ainda de acordo com o seu fluxo, podendo ser de fluxo vertical, horizontal superficial, horizontal subsuperficial.

Kadlec e Wallace (2009), definiram os *wetlands* conforme o seu escoamento, podendo ser um escoamento de fluxo vertical, onde o sistema é composto por pedra brita e macrófitas, nesse processo a água entra na parte superior do sistema e o tratamento vai acontecendo através da percolação do líquido e das zonas de raízes, um escoamento de fluxo horizontal subsuperficial livre que se assemelham aos brejos naturais e pântanos e os de fluxo subsuperficial horizontal, onde a água passa horizontalmente abaixo da superfície do sistema que é geralmente composto por pedra brita e macrófitas aquáticas.

Definir quais as espécies de plantas que melhor se adequam ao sistema pode aumentar em muito a chance de sucesso no tratamento em *wetlands*. De acordo com Matos *et al.* (2012) para o seu desenvolvimento as plantas utilizam os nutrientes do meio em que estão presentes, agindo como extratora de uma grande fração tanto dos macronutrientes como nitrogênio, fósforo, quanto dos micronutrientes como alguns metais. Segundo os estudos realizados por Matos *et al.* (2012) o uso de *wetlands* para o tratamento de águas residuárias de laticínios tem boa eficiência para a redução da demanda bioquímica de oxigênio e da demanda química de oxigênio, com destaque para o capim tifton 85 e o capim elefante que demonstraram redução na faixa de 84,7 % e 97,1 % para a análise de DQO e redução na faixa de 78,5 % e 96,3 % para a análise de DBO.

Houve um crescimento substancial na utilização dos *wetlands* para o tratamento de efluentes ao redor do mundo, principalmente em instalações de pequeno porte (CALIJURI, 2009), isso se dá pela sua alta capacidade de redução dos agentes contaminadores e pela necessidade de tecnologias mais avançadas.

3.5 Capim Vetiver

As macrófitas são muito utilizadas em wetlands construídas e a escolha de cada espécie está relacionada diretamente à sua tolerância quanto a ambientes saturados, o seu potencial de crescimento e desenvolvimento e a presença dessas mesmas plantas nas áreas vizinhas ao sistema de tratamento que será implantado, pois dessa forma as macrófitas estarão adaptadas às condições climáticas do local (SEZERINO et al., 2015).

O capim Vetiver é uma espécie que teve origem na Índia e pertence à família *Poacea* (ant. Graminae), primeiramente a espécie foi classificada como *Vetiveria zizanoides* (L) Nash e posteriormente foi reclassificada como *Chrysopogon zizanoide* (L) Roberty, porém diversos autores ainda utilizam a primeira classificação (CHAVES & ANDRADE, 2013). Essa espécie possui um sistema radicular profundo e abundante, além de possuir uma elevada resistência a variações climáticas e serem tolerantes a contaminantes (UCKER et al., 2012).

Dentre as características morfológicas, pode-se dar destaque principalmente à sua altura, essa espécie quando adulta pode medir até 2 metros de altura, com colmos eretos e resistentes. O Vetiver possui uma grande resistência a geadas, ao fogo e ao pisoteio de animais, devido ao fato de sua coroa se encontrar abaixo do solo. Além disso, uma de suas peculiaridades é não produzir rizomas e, apesar de produzir flores, possuem sementes estéreis, tornando-a uma planta não invasora. Outro ponto positivo do capim vetiver diz respeito às suas raízes, que podem alcançar até 5 metros de profundidade, a variar pelo meio em que for plantado (CHAVES & ANDRADE, 2013). Essas raízes profundas podem desempenhar um papel importante na estabilização do solo e na infiltração da água.

3.6 Legislação de descarte de efluentes

Visando uma padronização dos parâmetros e para se obter um controle e monitoramento referente ao descarte de efluentes foi criada a Resolução CONAMA nº430/2011, que veio para complementar a Resolução CONAMA 357/2005, essa resolução dispõe sobre as condições, diretrizes e padrões dos parâmetros de descarte de efluentes (BRASIL, 2011). Dessa forma o quadro 2 apresenta as condições que devem ser obedecidas para o lançamento de efluentes em corpos receptores.

Quadro 1 – Legislação nacional de descarte de efluentes

| CONAMA 430/2011 | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Parâmetros | Valores | |
| pH | 5-9 | |
| Temperatura | 40°C | |
| Materiais sedimentáveis | Até 1mL/L | |
| Vazão máxima | Até 1,5 x a vazão média | |
| Óleos e graxas | Óleos minerais | Óleos vegetais e Gordura animal |
| | Até 20mg/L | Até 50 mg/L |
| Materiais flutuantes | 0 | |
| DBO | Redução de 60% ou 120mg/L | |

Fonte: Adaptado de Brasil (2011)

Além disso, segundo a CONAMA 430/2011 o efluente tratado deve respeitar os parâmetros de lançamento e não deve comprometer a qualidade da água nem alterar a classe de enquadramento do corpo hídrico. Sua abrangência é de nível nacional, porém pode sofrer alterações caso o órgão ambiental competente estabeleça novos critérios de lançamento (BRASIL, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do estudo

Os protótipos de *wetland* foram desenvolvidos na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no município de Francisco Beltrão-PR, localizado nas coordenadas geográficas 26°04'20"S e longitude 53°03'20"W. As temperaturas médias do município no inverno, são menores que 18 °C e no verão são maiores que 22 °C, ou com uma média anual de 18,1°C a 19°C, as precipitações ficam em uma média que varia de 2000 milímetros a 2200 milímetros por ano (IAPAR, 2019).

4.2 Protótipos de *wetlands* construídas

Para realizar o estudo em escala de protótipo, foi utilizado o soro de leite proveniente de uma queijaria do Município de Francisco Beltrão-PR, vinculada à Associação dos Produtores de Queijos Artesanais do Sudoeste do Paraná.

O experimento foi conduzido em 3 protótipos de *wetlands* construídas (WC) com escoamento subsuperficial horizontal para tratamento do efluente. Cada WC constituiu-se de um tanque de polietileno de 0,30 m de altura, por 0,75 m de largura e 1,00 m de comprimento, preenchido com substrato de brita, declividade de base de 0,5% no sentido longitudinal do tanque e profundidade do leito filtrante de 0,25 m. A figura 1 mostra a montagem dos protótipos de *wetlands* construídas.

Figura 1: Montagem dos protótipos de *wetlands* construídas



Fonte: Autoria própria

Os sistemas foram submetidos a taxas de carregamento de soro de leite em forma de batelada de 2 litros, totalizando 8 litros em cada *wetland*, inseridos através de um cano instalado no final do sistema. Inicialmente foram utilizadas duas espécies para cultivo, o capim vetiver e o lírio do brejo, sendo plantados na W1 o lírio do brejo e na W2 o capim vetiver, porém o lírio do brejo não sobreviveu, por conta disso, a espécie selecionada para cultivo nos dois sistemas foi o capim vetiver, o qual foi plantado no mês de outubro de 2022 na W1 e em novembro de 2022 na W2. Já na W3 não foi cultivada nenhuma espécie para que fosse possível ter uma *wetland* controle apenas com brita e assim avaliar a influência do capim vetiver.

Desse modo os protótipos W1 e W2 foram preenchidos pelo substrato brita zero com granulometria de 4,8mm a 9mm + capim vetiver e na W3 apenas o substrato brita zero, sem o cultivo do capim vetiver. A figura 2 mostra como ficou a disposição dos protótipos de *wetlands* construídas.

Figura 2 – Protótipos de wetlands construídas



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Caracterização do efluente

Para caracterizar o efluente foram realizadas as seguintes análises: pH, temperatura, DQO, DBO, sólidos totais, cor, turbidez, fósforo e nitrogênio. A metodologia para análise de cada parâmetro seguiu o apresentado no *Standard Methods* (2005).

As análises foram realizadas antes do início do processo de tratamento nos laboratórios da UTFPR – Campus Francisco Beltrão para caracterizar o soro de leite em seu estado inicial.

4.4 Pré-tratamento

Considerando as condições do meio de cultivo do capim vetiver, foi necessário realizar um pré-tratamento por desnatação do soro de leite, a fim de reduzir a carga orgânica e melhorar a adaptação da espécie ao sistema. Esse processo consistiu em duas etapas de remoção dos resíduos sobrenadantes. O soro foi estabilizado por 24 horas e, em seguida com a utilização de uma peneira, realizou-se a primeira retirada. Após mais 24 horas, foi realizada a segunda retirada. As figuras 3 e 4 apresentadas a seguir demonstram como foi realizado esse processo.

Figura 3: Soro antes do pré-tratamento

Fonte: A autoria própria (2023)

Figura 4: Soro após pré-tratamento

Fonte: A autoria própria (2023)

4.5 Tratamento

Após o pré-tratamento, foi necessário realizar uma diluição do efluente de soro de leite na proporção de 1:50, a escolha da diluição foi realizada de modo que a DBO do efluente de entrada fosse próxima a 1.000 mg/L. Através da diluição foi possível reduzir o nível de carga orgânica no sistema de modo que as plantas conseguissem sobreviver e conseqüentemente gerar condições mais favoráveis para as espécies. A figura 5 apresenta o carregamento das wetlands construídas.

Figura 5 – Carregamento das wetlands construídas

Fonte: A autoria própria (2023)

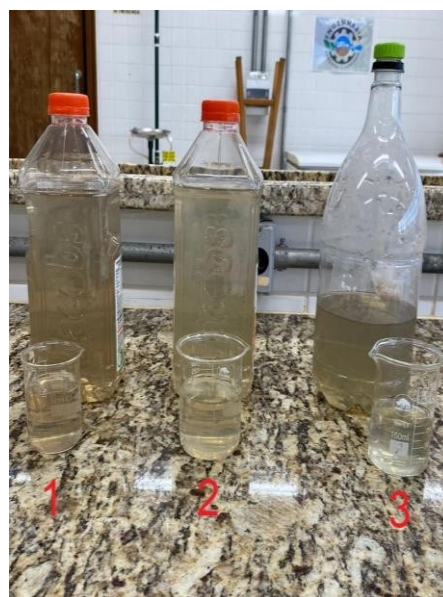
Os sistemas operaram durante 10 dias e após a passagem pela *wetland* foram coletadas amostras do efluente para verificar o comportamento do sistema, totalizando 3 amostras. Essas amostras foram levadas ao laboratório e realizadas análises de pH, temperatura, DQO, DBO, sólidos totais, cor, turbidez, fósforo e NTK.

Figura 6: Coleta da amostra do efluente



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 7: Amostras do efluente



Fonte: Autoria própria (2023)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do efluente

A caracterização físico-química do soro de leite foi realizada visando obter informações relevantes para o seu tratamento, além de identificar quais os principais constituintes do soro de leite que precisam ser removidos para a diminuição da carga orgânica.

Tabela 1 – Resultados da caracterização efluente bruto

| Parâmetro | Valor | Unidade |
|----------------|----------|---------|
| pH | 5,48 | mg/L |
| Temperatura | 34 | °C |
| DQO | 89.364,6 | mg/L |
| DBO | 46.460 | mg/L |
| Cor | 48.823,1 | UnPtCo |
| Turbidez | 12.653 | NTU |
| Fósforo | 148,3 | mg/L |
| Nitrogênio | 2.303,7 | mg/L |
| Sólidos Totais | 65.622 | mg/L |

Fonte: Autoria própria (2023)

O efluente de soro de leite avaliado apresentou temperatura de 34°C e pH na faixa de 5,48, indicando uma leve acidez. Essa condição ácida pode influenciar na eficiência dos processos biológicos dentro das *wetlands*, uma vez que muitos micro-organismos são sensíveis a variações de pH, essa condição ácida também pode influenciar nas propriedades físico-químicas do efluente.

Em relação a carga orgânica, a determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) resultou em um valor elevado de 89364,6 mg/L, o que indica uma carga orgânica significativa no soro de leite. Esse alto valor pode indicar uma quantidade relevante de compostos orgânicos oxidáveis, como lactose, proteínas e gorduras no efluente. No processo de degradação da matéria orgânica são consumidos grandes quantidade de oxigênio, por conta disso, existe a preocupação de reduzir esse parâmetro para o descarte do efluente. Esse dado é relevante para o monitoramento da qualidade do soro, pois efluentes com altas concentrações de DQO quando descartadas sem tratamento prévio podem causar muitos danos ao meio ambiente.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente de soro de leite também é um indicador da quantidade de matéria orgânica, porém identifica somente a parte biodegradável do efluente. Após a análise, o valor de DBO obtido foi de 46.460 mg/L, esse valor elevado de DBO representa uma quantidade de matéria orgânica altamente biodegradável, sugerindo uma carga poluente considerável. Nesse sentido, as *wetlands* construídas são opções promissoras para o tratamento do soro de leite, uma vez que proporcionam condições favoráveis para a atividade microbiana e a remoção eficiente da carga orgânica (Matos et al., 2012). Com base no valor da DBO obtido, fica evidente a necessidade de um tratamento eficiente para reduzir a carga orgânica do efluente.

No que diz respeito às características sensoriais, a cor do soro de leite foi avaliada e apresentou um valor de 48.823,2 unPtCo, essa tonalidade indica uma coloração mais intensa do que as desejadas para evitar interferências visuais nas *wetlands* construídas e do que os parâmetros exigidos pela legislação referente ao descarte de efluentes. A turbidez do soro de leite foi medida em 12.653 NTU, indicando a presença elevada de partículas em suspensão que podem dificultar a passagem do líquido pelos leitos filtrantes das *wetlands* e até mesmo ficarem retidas no sistema.

No que se refere aos componentes nutricionais, a concentração de fósforo obtida foi de 148,3 mg/L. O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento do capim vetiver presente na *wetland*, por conta desse fator, pode ocorrer a diminuição na quantidade desse poluente através do processo de absorção vegetal do capim. A concentração de nitrogênio foi encontrada em 2.303 mg/L, sua presença pode representar uma fonte adicional de nutrientes para o desenvolvimento das plantas presentes no sistema e assim como o fósforo também pode ser reduzido através da absorção pelo capim. Porém, em concentrações elevadas, indica um grave problema ambiental, sugerindo então a necessidade de um bom tratamento, essa quantidade de nitrogênio pode estar relacionada a presença de proteínas e aminoácidos livres no meio.

A análise dos sólidos totais revelou uma concentração elevada de 65.622 mg/L no soro de leite, esse valor elevado corroborou para justificar os valores altos encontrados na determinação de turbidez e de cor.

Os resultados obtidos nesta caracterização do soro de leite fornecem informações valiosas para o desenvolvimento de sistemas de tratamento utilizando *wetlands* construídas. As características físico-químicas do soro de leite podem influenciar diretamente na eficiência do tratamento e o crescimento das plantas presentes no sistema. Com base nesses dados, foi possível observar uma alta concentração em quase todos os parâmetros, ajustes adequados no projeto e operação das *wetlands* como a diluição do soro na entrada do sistema foram propostas, para otimizar o processo de tratamento, visando a adaptação das plantas e alcançar melhores resultados.

5.2 Análise do efluente pós-tratamento na wetland

Os valores obtidos nas análises do efluente após a passagem pela *wetland* estão apresentados na tabela 2, juntamente com os valores obtidos na caracterização do efluente. Para garantir uma comparação adequada, foi realizado um ajuste nos valores da caracterização, dividindo-os por 50. Esse ajuste considerou o fator de diluição do efluente na entrada do sistema, permitindo que os valores fossem comparados de forma proporcional.

Tabela 2 – Resultados das análises após o tratamento nas *wetlands*

| Parâmetro | Efluente bruto | Wetland 1 | Wetland 2 | Wetland 3 | Unidade |
|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| pH | 5,4 | 6,1 | 6,2 | 6,2 | |
| Temperatura | 34 | 21,1 | 21,3 | 21,4 | °C |
| DQO | 1.787,3 | 1.012,4 | 905,6 | 1.156,7 | mg/L |
| DBO | 929,2 | 863,1 | 799,36 | 882,63 | mg/L |
| Cor | 989,8 | 347,68 | 183,7 | 307,52 | UnPtCo |
| Turbidez | 253,1 | 78,5 | 72,75 | 87,3 | NTU |
| Fósforo | 2,9 | 1,5 | 1,4 | 1,6 | mg/L |
| Nitrogênio | 46,1 | 9,1 | 8,2 | 18,23 | mg/L |
| Sólidos Totais | 1374,2 | 790 | 580 | 1290 | mg/L |

Fonte: Autoria própria (2023)

Os valores de pH e temperatura obtidos após o tratamento estavam de acordo com o que a legislação exige para o descarte, os pH's ficaram próximos à neutralidade entre 6,1 e 6,2 em todos os sistemas de tratamento, enquanto a temperatura apresentou valores entre 21,1°C e 21,4°C. Os valores obtidos na determinação de DQO foram de 1.012,4 mg/L, 905,6 mg/L e 1156,7 mg/L nas *wetlands* 1, 2 e 3

respectivamente, apresentando uma redução de 43,4% para W1, 49,3% para W2 e 35,28% para W3. A determinação de DBO no sistema W1 após o tratamento apresentou valor de 863,1 mg/L o que correspondeu a uma redução de 7,11%, a *wetland* 2 obteve redução de 13,9% e apresentou valor de 799,36 mg/L e na W3 a amostra apresentou redução de apenas 5% com valor de DBO de 882,36 mg/L. Os valores de redução de DQO para o efluente diluído foram satisfatórios para a parte experimental do trabalho por conta da redução média de 45% nos sistemas, porém ainda é considerado um valor elevado para esse parâmetro, sendo necessário uma redução ainda maior, já a DBO não obteve reduções significativas em nenhum dos sistemas, essa baixa redução nos valores da DBO pode estar ligada ao fato dos sistemas terem operado por um período curto, não sendo possível eliminar a fração biodegradável do efluente.

A análise de cor do soro de leite após a fitorremediação revelou resultados promissores em todos os sistemas, houve uma redução de 64,8% na W1, 81,4% na W2 e redução de 68,9% na W3. Os dados apresentados na determinação de cor evidenciam a eficácia dos sistemas de *wetlands* construídos na redução desse parâmetro.

Os valores de turbidez encontrados após o tratamento foram de 78,5 NTU para W1, uma redução de 68,9%, 72,7 NTU para W2, com redução de 71,2% e 87,3 NTU para W3, uma redução de 65,5%. A justificativa para essa redução na turbidez pode ser devido a uma maior eficiência do sistema radicular da W2, visto que esse sistema possui o capim vetiver mais maduro quando comparado a W1, isso explica o fato da W3 ter o menor desempenho dentre os três sistemas.

Sabe-se que o fósforo é um nutriente que quando em excesso é um dos principais responsáveis pela eutrofização dos sistemas aquáticos, portanto, a determinação de fósforo é de extrema importância para avaliar a qualidade do efluente tratado, os sistemas apresentaram valores de 1,5 mg/L, 1,4 mg/L e 1,6 mg/L para W1, W2 e W3 respectivamente, esses valores estão de acordo com os limites regulatórios para lançamento em corpos hídricos estabelecidos pela CONAMA 430/2011.

Assim como o fósforo, o NTK também é um elemento que quando em excesso pode prejudicar o meio ambiente em especial os ambientes aquáticos, por conta disso a sua determinação em um efluente é extremamente necessária. Os sistemas com plantas obtiveram reduções de nitrogênio na faixa de 80% após a passagem pelas *wetlands*, já o sistema sem plantas apresentou redução de 60,4%, evidenciando a

importância da presença de plantas nesse tipo de tratamento. Essas reduções podem ser explicadas devido a capacidade das plantas de absorver nitrogênio e fósforo como nutrientes para o seu desenvolvimento através de diversos processos. Essa diferença de redução em relação aos sistemas vegetados e não vegetados se assemelha com o encontrado no trabalho de Matos et al., (2012), quando estudou a remoção do NTK em efluentes de laticínio utilizando SAC's e obteve remoção média de 70 % nos sistemas vegetados e 29 % nos sistemas sem vegetação.

Houve redução na quantidade de sólidos totais do soro de leite após o tratamento nos três sistemas, porém a redução obtida na W1 e na W2 foram mais significativas do que a redução obtida na W3. A W2 apresentou menor valor de sólidos dentre os 3 sistemas, a W1 obteve valores de mg/L com redução de 42,5% e na W3 a redução foi de apenas 6,13%. A justificativa para esses valores é que as raízes podem ter uma maior influência no sistema, de forma a reter os sólidos presentes no efluente, já no sistema sem cultivo de plantas e que não possuem raízes para realizar a retenção desses sólidos a redução foi extremamente baixa.

De maneira geral pode-se dizer que após o tratamento do efluente de soro de leite diluído através das *wetlands*, o sistema que mais teve redução dos parâmetros estudados foram os que haviam sido cultivadas plantas em seu meio, sendo a W2 o sistema com maior eficiência na remoção dos parâmetros, seguida da W1 e posteriormente a W3, o que sugere que a utilização de plantas no sistema traz melhorias nos processos de tratamento do soro diluído, além disso, quanto mais desenvolvidas as espécies estiverem no sistema maior será redução dos parâmetros, o leite filtrante também apresentou reduções mesmo que em menores quantidades.

5.3 Comparativo com a legislação

Devido à dificuldade de se trabalhar com o soro de leite, há ainda poucos trabalhos acadêmicos relacionados ao seu tratamento, o que torna o presente trabalho um estudo inovador. Porém aliado a isso, surge a dificuldade de realizar comparações com outros estudos. Desse modo, foi comparado os valores obtidos no pós-tratamento com a legislação que, apesar de não especificar os valores para descarte do efluente de soro de leite, apresenta alguns limites de parâmetros para efluentes oriundos de laticínio.

O quadro 2 apresenta um comparativo dos valores obtidos após a fitorremediação com a legislação de descarte de efluentes nacional, a legislação estadual do Paraná e a portaria 888/2021. Observou-se que, dos parâmetros avaliados no efluente de soro de leite diluído, apenas o pH e a temperatura estiveram em conformidade com os limites estabelecidos. No entanto, os demais parâmetros, apesar de apresentarem redução, não atenderam aos requisitos das legislações mencionadas, isso ressalta a necessidade de adotar um processo de remoção de contaminantes mais eficiente e de realizar novos testes para buscar soluções que atendam aos padrões regulatórios exigidos.

Quadro 2 – Comparativo dos resultados da fitorremediação com a legislação de descarte de efluentes

| Parâmetros | W1 | W2 | W3 | CONAMA 430/2011 | Portaria 888/2021 | SEMA 21/2009 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| pH | 6,1 | 6,2 | 6,2 | 5-9 | - | - |
| Temperatura(°C) | 21,1 | 21,2 | 21,4 | Até 40 | - | - |
| DQO (mg/L) | 1012,4 | 905,6 | 1156,7 | - | - | 225 |
| DBO (mg/L) | 863,1 | 799,3 | 882,6 | 120 ou redução de 60% | - | 90 |
| Cor (UnPtCo) | 989,8 | 347,6 | 307,5 | - | 15 | - |
| Turbidez (NTU) | 78,5 | 72,75 | 87,3 | - | 5 | - |
| Fósforo (mg/L) | 1,5 | 1,4 | 1,6 | - | - | - |
| Nitrogênio (mg/L) | 9,1 | 8,2 | 18,2 | - | - | - |
| Sólidos Totais (mg/L) | 790 | 580 | 1290 | - | 500 | - |

Fonte: Autoria própria (2023)

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na caracterização físico-química do efluente de soro de leite, conclui-se que o resíduo apresenta características que exigem um tratamento adequado antes de ser descartado em qualquer corpo receptor. Os parâmetros avaliados, como DQO, DBO, cor, turbidez, fósforo, nitrogênio e sólidos totais, demonstraram a presença de altas concentrações de compostos orgânicos, nutrientes e sólidos. Esses valores precisam ser reduzidos para se enquadrar na legislação CONAMA 430/2011 que define os parâmetros para descarte de efluentes.

A proposta apresentada neste trabalho obteve resultados satisfatórios a nível de protótipo, com redução média de 48 % na DQO e 70 % na turbidez, entretanto, não conseguiu satisfazer as diretrizes da legislação nacional em relação a DBO que no melhor sistema (W2), apresentou redução de apenas 13,9 %. Alguns parâmetros como NTK e cor não são especificados pela legislação, contudo, apesar de apresentarem uma redução razoável, ainda permaneceram em quantidades elevadas no efluente de soro de leite diluído após o tratamento.

Os sistemas de *wetlands* construídas em que foram cultivados o capim vetiver obtiveram melhores resultados de redução do que o sistema sem o cultivo do capim, evidenciando a relevância da espécie e a influência das plantas no aumento da eficiência do sistema, além disso, um dos fatores que pode ter contribuído para a redução dos parâmetros foi a etapa do pré-tratamento.

Tendo como base o que foi discutido, estudos futuros podem ser direcionados, buscando aprimorar ainda mais a eficiência em testes de conceitos relacionados a fitorremediação do soro de leite diluído em *wetlands*. Devido ao soro ser extremamente concentrado, pode ser interessante a utilização de um tratamento terciário como complementação ou ainda organizar o sistema de modo que o efluente passe por duas *wetlands*, dessa maneira pode-se obter maiores reduções dos parâmetros no tratamento, além disso, testar diferentes diluições e configurações do sistema podem aumentar a eficiência do tratamento.

REFERÊNCIAS

ALTAFIN, Iara. Reflexões sobre o conceito de agricultura familiar. **Brasília: CDS/UnB**, p. 1-23, 2007.

ALVES, Maura Pinheiro et al. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Baltimore: Port City Press, 2005.

AZEVEDO, Paulo Gabriel Ferreira de; OLIVEIRA, Débora Carvalho da Silva; CAVALCANTI, Luiz Antonio Pimentel. Processos físicos e químicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1667-1678, 2020.

BÁNKUTI, Ferenc Istvan; CALDAS, Marcellus Marques. Geographical milk redistribution in Paraná State, Brazil: Consequences of institutional and market changes. **Journal of Rural Studies**, v. 64, p. 63-72, 2018.

BORGES, Thayná Nunes; COSTA, Raíssa Miranda; GONTIJO, Hebert Medeiros. Caracterização do efluente de uma indústria de laticínios: proposta de tratamento. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1, p. e5081742, 2019.

Brasil. Ministério da Saúde. (2021). **Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União, (85), 127-127.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2011). **Resolução nº430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no DOU, de 16 de maio de 2011. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 26 de junho de 2023.

CALIJURI, Maria Lúcia et al. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/*wetlands* construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 421-430, 2009.

CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. **Cheese whey wastewater: Characterization and treatment**. Science of the Total Environment, v. 445-446, 2013.

CHAVES, T.; ANDRADE, A. **Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas**. Manual Técnico, 39. Niterói – RJ: Programa Rio Rural, 2013.

CISLAGHI, F. P. C.; BADARÓ, A. C. L. Dilemas da produção de queijo Colonial artesanal do Sudoeste do Paraná. **Faz Ciência**, Francisco Beltrão, v. 23, n. 37, p. 108-124, 2021.

CISLAGHI, F. P. C.; FIEBIG, M. S.; SILVA, T. C.; ABREU, Y. S. M.; BADARÓ, A. C. L. Mapeamento dos produtores e aspectos de qualidade do queijo colonial artesanal da região sudoeste Paranaense. In: REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFSC, 2019, Santa Catarina. Anais [...]. Santa Catarina: UFSC, 2019.

DA ROCHA, D. T.; CARVALHO, Glauco Rodrigues; DE RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. **Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.

EDUARDO, Márcio Freitas. **A dinâmica territorial das agroindústrias artesanais de Francisco Beltrão/PR**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cadeia produtiva do leite no Brasil**: produção primária. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164236/1/Pecuaria-deleite-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. Treatment *wetlands*. CRC Press Taylor & Francis Group. **Boca Raton, London, New York**, p. 267-347, 2009.

KONZGEN, Q. R.; MANTELLI, J. As estratégias de reprodução social e econômica da agricultura familiar: um estudo sobre as perspectivas de permanência e continuidade do grupo agroecológico do Remanso-Canguçu/RS. **Revista Nera**, n. 55, p. 243-268, 2020.

LIMA, G.; LUCCA, E.; TRENNEPOHL, Dilson. Expansão da cadeia produtiva do leite e seu potencial de impacto no desenvolvimento da região Noroeste Rio-Grandense. **Encontro de Economia Gaúcha**, v. 7, 2014.

MARQUARDT, Liliane et al. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 79-83, 2011.

MARQUES, Márjori Brenda Leite; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Wetlands: uma alternativa ecológica para o tratamento de efluentes. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 6, n. 41, 2018.

MARTINS, Marcelo Costa; BEDUSCHI, Gustavo; DE ALVARENGA MOSQUIM, Maria Cristina. A contribuição da indústria de laticínios no desenvolvimento da pecuária de leite. **Pecuária**, p. 47, 2016.

MATO GROSSO DO SUL. (2012). **Deliberação CECA/MS nº 36, de 27 de junho de 2012**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Campo Grande: Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul.

MATOS, Antonio T.; ABRAHÃO, Sérgio S.; LO MONACO, Paola AV. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias de indústria de laticínios. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 1144-1155, 2012.

MENDONÇA, Henrique Vieira De. Avaliação da eficiência de sistemas alagados construídos em operação por bateladas no tratamento de efluentes da indústria de laticínios. 2011.

MEZZADRI, F. P. **Panorama da Bovinocultura de Corte**. Departamento de Economia Rural - DERAL. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB PR. 2019. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-09/leite_2019_v1.pdf. Acesso em: 12 de junho de 2023.

MOREIRA, Ricardo Wagner Mori et al. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010.

NUNES, Luane Alcântara et al. O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2018.

PADUA, Juliana Benites; SCHLINDWEIN, Madalena Maria; GOMES, Eder Pereira. Agricultura familiar e produção orgânica: uma análise comparativa considerando os dados dos censos de 1996 e 2006. **Interações (Campo Grande)**, v. 14, n. 2, p. 225-235, 2013.

SALATI, Eneida; SALATI FILHO, Eneas; SALATI, Eneida. Utilização de sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas. **Biológico, São Paulo**, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, 2003.

SANTIAGO, A.F.; CALIJURI, M. L.; LUÍS, P.G.; Potencial para a Utilização de Sistemas de *wetlands* no Tratamento de Águas Residuárias: Uma Contribuição à Sustentabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil. **Natureza e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 29-39, 2005.

SCHNEIDER, Sergio; CASSOL, Abel. A agricultura familiar no Brasil. **Serie documentos de trabajo**, n. 145, 2013.

SCHNEIDER, Sergio; NIEDERLE, Paulo André. Agricultura familiar e teoria social: a diversidade das formas familiares de produção na agricultura. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 989-1014, 2008.

UCKER, Fernando Ernesto; ALMEIDA, Rogério de Araújo; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Remoção de nitrogênio e fósforo do esgoto sanitário em um sistema de alagados construídos utilizando o capim vetiver. **Revista ambiente & água**, v. 7, p. 87-98, 2012.

WINCK, César Augustus et al. Produção de leite no Brasil: qualidade, mercado internacional e agricultura familiar. **Pubvet**, v. 5, p. Art. 1205-1211, 2011.