



EPAMIG

Tratamento de águas residuárias/efluentes de queijaria com utilização de Sistemas Alagados Construídos



O que são águas residuárias/efluentes gerados em queijarias?

Os efluentes em queijarias são as águas residuárias geradas durante a realização das atividades de produção de queijos e limpeza. Utiliza-se água para lavar equipamentos, limpar o local, vasilhames, lavar os queijos, etc. Essa água acaba ficando suja com resíduos do leite, gorduras, proteínas (poluentes orgânicos), produtos de higienização, produtos químicos, e outros materiais envolvidos no processo (Fig. 1). Essa água residuária/efluente não pode ser devolvida ao meio ambiente sem ser tratada.

É importante entender que o soro de leite gerado nas queijarias é altamente poluente e não deve ser misturado com o efluente. A sugestão é que o soro, quando possível, seja utilizado para alimentação animal, contribuindo para o melhor aproveitamento de seus nutrientes, ou para elaboração de outros produtos, alguns de grande valor comercial.

Figura 1 - Efluente de uma queijaria artesanal



Marcelo Ribeiro

Desafio ambiental: tratar os efluentes

Quando o efluente da queijaria (com resíduos de leite, gorduras, proteínas, etc.) é lançado sem tratamento nos rios ou outros corpos d'água, os microrganismos naturalmente presentes nesse meio começam a decompor a matéria orgânica (MO), consumindo o oxigênio (O) dissolvido dos recursos hídricos, e prejudicando toda a vida aquática, resultando na mortandade de peixes. Além disso, o efluente também pode conter outros produtos químicos tóxicos, que poluem e afetam a vida aquática, tornando a água imprópria para o consumo humano e para o uso de outras espécies que desta dependem. O excesso de nutrientes pode causar “esverdeamento” de represas e lagoas, indicativo de desequilíbrio da vida aquática, além de poder causar odores e prejuízos ao uso da água.



Sistema Alagado Construído: solução sustentável

Os Sistemas Alagados Construídos (SACs), também conhecidos como jardins filtrantes ou *wetlands* construídos, é uma solução de tratamento eficiente, sustentável e com potencial para tratar os efluentes das queijarias. Esse Sistema imita os Sistemas Alagados Naturais (pântanos, brejos, planícies de alagamento e manguezais) sem a necessidade de produtos químicos agressivos, o que o torna amigável ao meio ambiente, além de possuir baixo custo e maior simplicidade de instalação e acompanhamento. A Figura 2 apresenta um SAC implantado em uma queijaria artesanal.

Figura 2 - Sistema Alagado Construído de fluxo horizontal



Marcelo Ribeiro

Tipos de Sistemas Alagados Construídos

Os SACs podem ser classificados em diferentes tipos de acordo com o fluxo do efluente, sendo:

Vertical: o efluente flui verticalmente por meio do material filtrante, interagindo com os microrganismos e as raízes das plantas. O Sistema é alimentado de forma intermitente (batelada), ou seja, a água residuária é aplicada por um período, enquanto em outro, a unidade “descansa” (não recebe efluente).

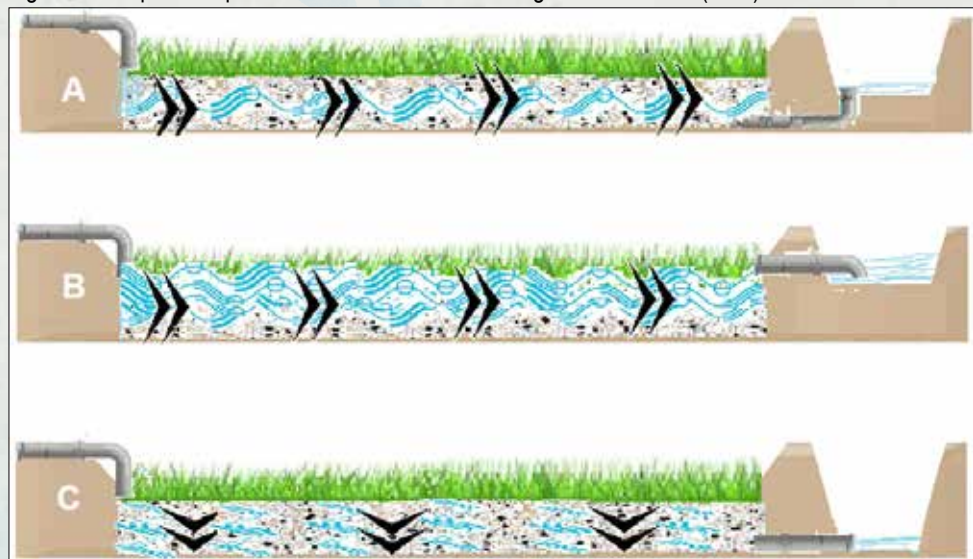
Horizontal: o efluente flui horizontalmente por meio do material filtrante, interagindo com os microrganismos e as raízes das plantas. O Sistema é alimentado de forma contínua, com efluente sempre chegando na unidade de tratamento.

Ainda em relação ao fluxo horizontal, este pode ser subdividido em:

Subsuperficial: o efluente flui horizontalmente, abaixo da camada superficial do material filtrante. Não se vê o efluente, podendo acessar a área de tratamento sem risco de contato com o líquido.

Superficial: o efluente flui horizontalmente, e fica visível na parte superior do material filtrante.

Figura 3 - Esquema representativo de um Sistema Alagado Construído (SAC)



Nota: A - SAC de fluxo horizontal subsuperficial; B - SAC de fluxo horizontal superficial; C - SAC de fluxo vertical.

Partes que compõem o Sistema Alagado Construído

Tanque: O tanque é onde o efluente entra para ser tratado. É dimensionado por meio de critérios técnicos e de engenharia. Pode ser construído em escavação feita no chão ou sob o solo, de blocos de alvenaria ou de uma espécie de plástico muito resistente (polipropileno), para que não ocorra nenhuma infiltração. É apresentado na Figura 4, o tanque utilizado em uma queijaria.

Figura 4 - Tanque de polipropileno com 8 mm de espessura das placas



Claudethy Saraiva

Plantas: Uma grande diversidade de plantas pode ser utilizada em SACs, algumas naturais de áreas alagadas (de fácil adaptação) e outras de maior interesse de aproveitamento, como capins, flores (espécies ornamentais), entre outras. As plantas podem auxiliar na remoção de nutrientes/poluentes, resultando em uma melhoria na qualidade do tratamento, além disso, proporcionam um aspecto paisagístico agradável ao Sistema. Algumas espécies cultivadas em SACs estão apresentadas nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Figura 5 - Copos-de-leite



Blog Biologiapantasav

Figura 6 - Papiro



Enciclopedia Global

Figura 7 - Lírios de água



Freepik.com

Figura 8 - Capim-elefante



Embrapa

Figura 9 - Taboa



ambientelegal.com.br

Figura 10 - Junco



Opilala Uerzy

Material filtrante: O tanque é preenchido com um material filtrante, por exemplo areia ou cascalho, que ajuda a filtrar a água, dar suporte às raízes das plantas e promover a adesão de biofilmes. Alguns tipos de materiais filtrantes que podem ser utilizados estão apresentados na Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16.

Figura 11 - Brita



Freepik.com

Figura 12 - Mídias plásticas



Tecnicpar Ambiental

Figura 13 - Areia



Serfáozinho Construlder

Figura 14 - Cascalho



Freepik.com

Figura 15 - Garrafas PET



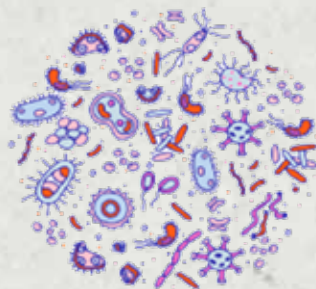
Freepik.com

Figura 16 - Tampinhas de garrafas



Freepik.com

Microrganismos: Os microrganismos aderem ao material filtrante e às rizosferas das plantas (camada próxima ao sistema radicular), formando uma camada espessa, chamada biofilme. Os biofilmes são comunidades de microrganismos que degradam a MO presente no efluente, diminuindo o risco de efeitos prejudiciais ao meio ambiente.



Vantagens e desvantagens

Como todos os sistemas de tratamento, os SACs também apresentam vantagens e desvantagens. É importante considerar esses aspectos ao escolher o sistema mais adequado para cada situação.



VANTAGENS DO SISTEMA

- Baixo custo de operação e manutenção.
- Visualmente atraente.
- Oportunidade de promover a imagem ambientalmente responsável.
- Possibilidade de aproveitamento da biomassa produzida.
- Não precisa de eletricidade ou produtos químicos.
- Não há lodo a ser tratado.
- A biomassa das plantas pode ser usada como fertilizante, alimentação animal, artesanato e para extração de óleos e álcool.
- Capacidade de controlar e melhorar a qualidade da água.

DESvantagens DO SISTEMA

- Requer áreas de implantação amplas.
- Existe a possibilidade de entupimento do sistema em decorrência do tempo de utilização.
- É necessário realizar o manejo das plantas.
- Pode haver presença de mosquitos e odores indesejáveis, se o líquido estiver visível.
- As plantas podem levar um tempo maior para adaptar-se.
- Podem não atingir critérios de legislação, por problemas de projeto ou construção.

Como realizar a manutenção

Mesmo sendo um sistema simples e natural, os SACs requerem cuidados na operação e na manutenção, para garantir que funcionem corretamente e de forma eficiente ao longo do tempo. A seguir estão algumas medidas importantes para assegurar o bom funcionamento do Sistema.

Limpeza: Remover regularmente qualquer acúmulo de materiais ou detritos que possam obstruir o fluxo da água.

Vegetação: Manter o crescimento das plantas sob controle por meio de podas periódicas, e, se precisar, fazer replantio de algumas mudas.

Controle de pragas e plantas invasoras: Lidar com eventuais pragas ou insetos que possam prejudicar o Sistema.

Reposição de material filtrante: Se necessário, adicionar mais material filtrante (areia, cascalho, etc.) para garantir sua eficácia.

Verificação da saída de água: Assegurar que a água tratada esteja saindo adequadamente, sem obstruções. Realizar análises físico-químicas do efluente tratado, para acompanhar a eficiência do Sistema na remoção dos poluentes.

Reparos e ajustes: Realizar reparos e ajustes, sempre que necessário, para manter o Sistema em pleno funcionamento.

Registro de dados: Manter registros das atividades de manutenção e das condições do Sistema para auxiliar em futuras melhorias.

Eficiência do Sistema

É importante lembrar que a eficiência do Sistema pode ser influenciada por vários fatores, como o tempo de retenção hidráulica (tempo em que o efluente fica no sistema de tratamento), tipo de vegetação presente, temperatura e outros parâmetros ambientais.



Quadro 1 - Eficiências típicas de remoção para diferentes poluentes

Matéria orgânica	Pode remover de 70% a 90% da matéria orgânica presente na água.
Nutrientes	Pode remover de 50% a 90% dos nutrientes, incluindo nitrogênio total, nitrato, amônia e fósforo.
Metais pesados	Varia de 50% a 90%, dependendo do metal e das condições específicas do sistema.
Patógenos	Cerca de 99% das bactérias do grupo coliformes podem ser removidas.
Sólidos suspensos	Em média, pode remover de 50% a 90% dos sólidos suspensos na água.
DBO _{5,20}	A eficiência na remoção da DBO _{5,20} geralmente varia de 70% a 90%.
DQO	Os Sistemas Alagados Construídos podem remover de 60% a 90% da DQO.

Nota: DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO - Demanda Química de Oxigênio. São análises que indicam o quanto tem de matéria orgânica no efluente/água residual.

Custos na implantação

Os custos podem variar dependendo do tamanho do Sistema, do tipo de poluentes a ser removidos, das condições do local, do tipo de vegetação utilizada, da disponibilidade de materiais, da mão de obra necessária e da localização. Geralmente, os custos associados a esses Sistemas podem incluir:

Custos de projeto: Especialistas precisam desenvolver um projeto detalhado para o Sistema, o que pode envolver análises de solo, planejamento hidráulico, seleção de vegetação adequada, entre outros.

Custos de construção: A instalação física do Sistema, incluindo escavação, impermeabilização (se necessário), construção de lagoas e canais, instalação de tubos, vegetação, entre outros.

Custos de materiais: Inclui materiais necessários para a construção do Sistema, como tubos, telas, impermeabilizantes, plantas, material filtrante, entre outros.

Custos de mão de obra: Para construir, instalar, e, posteriormente, operar e fazer a manutenção do Sistema.

Custos de manutenção: Os Sistemas requerem manutenção regular, incluindo limpeza de canais, controle de plantas invasoras, monitoramento do sistema e análises do efluente. Esses custos são recorrentes.

Projeto: Uso de Sistema Alagado Construído para tratar efluente gerado em queijaria artesanal – exemplo prático

Este Projeto teve como objetivo construir uma Unidade Experimental de SAC de fluxo horizontal subsuperficial para tratar efluente de uma queijaria artesanal (Fig. 17). Para isso, foram adquiridos dois tanques de polipropileno de 8 mm (espessura da chapa), projetados sob medida para receber uma taxa de 74 g de DBO/m²/dia (Fig. 18 e 19). Para uma vazão diária de 2 m³/dia, os tanques foram confeccionados com as seguintes dimensões: 5,5 m de comprimento, 2,5 m de largura e 0,60 m de altura. Foram instalados conforme apresentado na Figura 19, e, como material filtrante, preenchidos com brita Hn^o 1 até 0,45 m de altura (Fig. 23). Um dos tanques foi plantado com copos-de-leite, enquanto o outro permaneceu sem vegetação (Fig. 24). Além de cumprir os objetivos científicos, essa Unidade Experimental serve como exemplo para outros produtores de queijos artesanais para difundir a técnica.

Figura 17 - Queijaria



Clarice Coimbra

Figura 18 - Tanque de polipropileno de 8mm (espessura da chapa)



Claudely Saraiva

Figura 19 - Assentamento dos tanques no solo



Claudely Saraiva

Figura 20 - Caixa de armazenamento/ equalização



Claudely Saraiva

Figura 21 - Caixa de gordura



Claudely Saraiva

Figura 22 - Tubulação de saída do Sistema



Claudely Saraiva

Figura 23 - Tubulação de saída do efluente



Claudely Saraiva

Figura 24 - Após plantio das mudas de copos-de-leite



Claudely Saraiva

Figura 25 - Coleta de amostra de efluente



Claudely Saraiva

Figura 26 - Sistema cultivado em processo de estabilização



Claudely Saraiva

Figura 27 - Sistema Alagado Construído para tratar efluente de uma queijaria artesanal



De acordo com a pesquisa realizada pela EPAMIG-ILCT, os resultados apontam a redução de carga orgânica de 84% no tratamento com copos-de-leite e 53% sem copos-de-leite.

O SAC vegetado com copos-de-leite está em processo de estabilização (adaptação das plantas no meio), indicando que o desempenho pode aumentar e permitir alcançar a legislação para lançamento em cursos d'água.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa e concessão das bolsas BDCTI e PIBIC.

PROJETO

Uso de Sistema Alagado Construído para tratar efluente gerado em queijaria artesanal (APQ-04000-17).
Queijo Artesanal: Tecnologias para o seu aprimoramento, 2023.

Cartilha. Tratamento de água residuária de queijaria com utilização de Sistemas Alagados Construídos, 2023

AUTORES

Claudety Barbosa Saraiva
Pesq./Prof^ª EPAMIG - ILCT
claudety@epamig.br

Isis Rodrigues Toledo Renhe
Pesq./Prof^ª EPAMIG - ILCT
isis@epamig.br

Edgard Henrique Oliveira Dias
Pesq./Prof. UFJF
edgard.dias@ufjf.br

Mateus Pimentel de Matos
Prof./Pesq. da UFLA-MG
mateus.matos@ufla.br

Clarice Coimbra Pinto
Bolsista BDCTI EPAMIG - ILCT
claricecoimbrap@gmail.com

Liz Marques Souza Duque
Bolsista Iniciação Científica/CNPq
liz.duque@engenharia.ufjf.br

Mariana Campos Lima
Bolsista Iniciação Científica
FAPEMIG
mariana.lima@engenharia.ufjf.br

EQUIPE TÉCNICA

Claudety Barbosa Saraiva
Isis Rodrigues Toledo Renhe
Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior
Luiza Carvalhaes de Albuquerque - Convidada
EPAMIG - ILCT

Edgard Henrique Oliveira Dias
UFJF

Mateus Pimentel de Matos
UFLA

PRODUÇÃO

Departamento de Informação Tecnológica
Vânia Lúcia Alves Lacerda

Divisão de Produção Editorial
Fabriciano Chaves Amaral

Revisão Linguística e Gráfica
Rosely A. Ribeiro Battista Pereira
Maria Luiza Almeida Dias Trotta

Projeto Gráfico e Diagramação
Ângela Batista P. Carvalho



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

EPAMIG - ILCT

Instituto de Laticínios Cândido Tostes
Rua Tenente Luiz de Freitas, 116 – Santa Terezinha – CEP 36045-560 – Juiz de Fora – MG
www.epamig.br – ilct@epamig.br – (32) 3224 3116