



GUIA DE BOAS PRÁTICAS
GESTÃO DE EFLUENTES
PARA O SETOR DO
AGRONEGÓCIO

Título & Referência	Guia de boas práticas Gestão de Efluentes para o Setor do Agronegócio		Versão Final
Cliente	BID Invest 1350 New York Ave NW, Washington, DC 20005, Estados Unidos da América		http://www.idbinvest.org
Preparado por	Mauricio Morera, Especialista em Efluentes..... Mónica Salas, Especialista em Efluentes.....		ma.morera@gmail.com msalas@auroraingenieria.com
Revisado por	Natalia Benavides, Consultora Sênior, Futuris..... Emma Tristán, Diretora Geral, Futuris.....		natalia@futurisconsulting.com emma@futurisconsulting.com
Contato Futuris	Futuris Consultoria S.A Tres Ríos, Cartago, Costa Rica.....		@ http://www.futurisconsulting.com +506 2279-3501

Copyright © [2024] Corporación Interamericana de Inversiones ("BID Invest"). Esta obra está sujeta a la licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO. Los términos y condiciones indicados en el enlace de la URL deben cumplirse, y el debido reconocimiento debe ser concedido a BID Invest.

De acuerdo con la sección 8 de la licencia mencionada, cualquier mediación relacionada a disputas decorrientes de esta licencia será conducida de acuerdo con las Reglas de Mediación de la OMPI, vigentes en el momento de la disputa. Cualquier disputa relacionada al uso de las obras de BID Invest que no pueda resolverse amigablemente será sometida a arbitraje, de acuerdo con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Comercial Internacional (CNUDMI), vigentes en el momento de la disputa. El uso del nombre de BID Invest para cualquier finalidad diferente del debido reconocimiento, así como el uso del logotipo de BID Invest, estará sujeto a un acuerdo de licencia escrito separado entre BID Invest y el usuario, no estando autorizado como parte de esta licencia.

Nota que el enlace de la URL incluye términos y condiciones que son parte integrante de esta licencia.

DISCLAIMER

Este informe fue elaborado por Futuris Consulting SA con toda la competencia, cuidado y diligencia razonables en los términos del Contrato con el cliente, incorporando las nuestras Condiciones y Condiciones Generales de Trabajo, teniendo en cuenta los recursos que se le asignaron de acuerdo con el cliente. Nosotros nos eximimos de cualquier responsabilidad para con el cliente o tercero con relación a cualquier asunto fuera del alcance del pedido, conforme definido en el Contrato con el cliente. Este informe es confidencial para el cliente y terceros específicamente indicados en el contrato escrito entre Futuris Consulting SA y el cliente.

No aceptamos ninguna responsabilidad de cualquier naturaleza para con cualquier tercero que sea notificado con este informe, o partes de él. Queda a criterio exclusivo de tales terceros aceptar o no en el informe.

Sumário

1	Introdução		4	BWMPs de prevenção da poluição		7	Revisão de Business Case para Boas Práticas e Gestão de Efluentes no Setor do Agronegócio
1.1	Justificativa e Objetivos	6	4.1	O que englobam os BWMPs de prevenção da poluição e quais são os seus benefícios?	16	7.1	Antecedentes e justificativa para uma revisão de caso de negócios
1.2	Estrutura e Visão Geral do GBP	7	4.2	Implementação de um plano de prevenção da poluição BWMPs	17	7.2	Caso 1: Planta de processamento de suco de limão
1.3	Aplicabilidade e Público-Alvo	7	4.3	Exemplos de BWMPs de prevenção da poluição para o agronegócio	20	7.3	Caso 2: Empresa de processamento de aves
2	Revisão do Contexto Regulatório da América Latina e Caribe (ALC)		5	Tratamento de efluentes BWMPs		7.4	Caso 3: Melhoramento e produção de suínos
2.1	Visão geral	8	5.1	Quando aplicar BWMPs de tratamento de águas residuais	23	7.5	Resumo e aprendizados de estudos de caso
2.2	Contexto regulatório da ALC	8	5.2	Revisão das características e abordagem de tratamento de efluentes para diferentes agronegócios	27	8	Referências
2.3	Comparação das Regulamentações de Águas Residuais em Países da ALC	9	6	Gestão de Efluentes		A	Anexo
3	Melhores Práticas de Gerenciamento de Efluentes (BWMPs)		6.1	Gestão de Efluentes e Avaliação de Riscos	32	Anexo 1.	Referências regulatórias de águas residuais para a ALC a partir de maio de 2023
3.1	Melhores Práticas de Gestão de Efluentes	13	6.2	Considerações gerais sobre as descargas de águas residuais	32	Anexo 2.	Contexto regulatório de três países-chave
3.2	Gestão e Prestação de Contas dos BWMPs	14	6.3	Reúso de efluentes	35	Anexo 3.	Mais informações para o desenvolvimento de um procedimento de avaliação dos riscos de quitação
3.3	Principais Barreiras à Adoção de BWMPs	15	6.4	Avaliação baseada no risco da descarga de águas residuais	35	Anexo 4.	Orientações a ter em conta na contratação de consultores de avaliação de riscos ou de peritos no assunto
			6.5	Monitoramento de Efluentes	39	Anexo 5.	Pedido de avaliação dos riscos de descarga
						Anexo 6.	Glossário e termos-chave

Lista de Tabelas

TABELA 1 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em corpos hídricos para parâmetros de qualidade em países da ALC.....	12
TABELA 2 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em zonas costeiras para parâmetros de qualidade em países da ALC.....	13
TABELA 3 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em sistemas de esgotamento sanitário em países da ALC.....	14
TABELA 4 Comparação dos limites de lançamento de efluentes para o reúso de águas residuárias tratadas através da irrigação, fertirrigação ou infiltração da paisagem em países da ALC	15
TABELA 5 Biorreatores utilizados para tratamento de efluentes e produção de biogás (H2 e CH4).....	31
TABELA 6 Resumo comparativo das cargas de poluentes em águas residuárias de diferentes indústrias	37
TABELA 7 Resumo das tecnologias comuns de tratamento para processos agroindustriais	38
TABELA 8 Métodos padrão convencionais para análise e teste de parâmetros de águas residuais.....	49
TABELA 9 Descrição dos pontos de amostragem e dos requisitos analíticos para as amostras de águas de processo e de águas residuais (a utilizar em conjunto com a figura A-4.1).....	51

Lista de Figuras

FIGURA 1 Implementação de um plano de prevenção da poluição BWMPs (OCETA, 2005).....	24
FIGURA 2 Etapas para implementação de BWMPs de tratamento de efluentes.....	29
FIGURA 3 Revisão do procedimento hierárquico de análise de risco para as vias de descarga.....	46
FIGURA 4 Exemplo de revisão de receptores sensíveis à via para irrigação de águas residuais.....	47
FIGURA 5 Exemplo de estressor e definição de risco para uma descarga direta em um rio.....	47
FIGURA 6 Fluxograma genérico para identificação dos pontos de monitoramento de água de processo e efluentes	50

Acrônimos

ALC	América Latina e Caribe	FOGs	Gorduras, Óleos e Graxas	P	Fósforo
AGV	Ácidos graxos voláteis	GIIP	Boas Práticas Internacionais da Indústria	PE	Poluentes Emergentes
AOX	Halógenos orgânicos adsorvíveis	GEE	Gases de Efeito Estufa	P&E	Processos e Equipamentos
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento	GBP	Guia de Boas Práticas	R.B.	Baseado em Risco
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio	IDA	Indicador de Desempenho Ambiental	SAR	Razão de Adsorção de Sódio
BMP	Melhores Práticas de Gestão	K	Potássio	SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
BWMP	Melhores Práticas de Gestão de Efluentes	NMP	Número mais provável	SM	Métodos Padrão
CIP	Limpeza no local	N	Nitrogênio	SSed	Sólidos Sedimentáveis
DMZ	Zona de mistura de descarga	N.R.	Não Regulado	SST	Sólidos Suspensos Totais
DQO	Demanda Química de Oxigênio	NTU	Unidades de Turbidez Nefelométrica	UASB	Manta de lodo anaeróbico de fluxo ascendente
EHS	Meio Ambiente, Saúde e Segurança	OD	Oxigênio Dissolvido	UV	Ultravioleta
EPA	Agência de Proteção Ambiental	ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	WBG	Grupo Banco Mundial
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes	OMS	Organização Mundial da Saúde	IQA	Índice de Qualidade da Água
FAD	Flotação por ar dissolvido	ONU	Organização das Nações Unidas		
FDS	Fichas de dados de segurança				

7 Introdução



1.1 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

A indústria do agronegócio desempenha um papel vital na economia global, pois fornece alimentos, bebidas e produtos essenciais para a população mundial. Garantir a segurança alimentar e atender às necessidades de uma população global em crescimento amplia a importância de sua função. À medida que a demanda mundial por produtos agrícolas continua, lidar com o impacto ambiental do setor torna-se cada vez mais urgente.

Além disso, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas enfatizam a importância da sustentabilidade em todos os setores, incluindo o agronegócio. A gestão adequada dos aspectos ambientais desse setor está alinhada com vários ODS, como a promoção da água limpa e saneamento, consumo e produção responsáveis e adoção de ações claras para enfrentar as mudanças climáticas.

Um dos principais desafios ambientais ligados ao agronegócio é a gestão inadequada dos efluentes das operações. Os efluentes agroindustriais possuem vários poluentes, incluindo altas concentrações de poluentes orgânicos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), gorduras, gordura, óleo e graxa (FOGs), sólidos suspensos totais (SST) e nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P). Além disso outros, como agentes de desinfecção, pesticidas, medicamentos veterinários ou componentes de produtos químicos comerciais, também podem estar presentes. Se não tratados adequadamente, esses poluentes podem ter efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde pública.

Este Guia de Boas Práticas (GBP) tem como objetivo fornecer orientações práticas sobre a gestão adequada de águas residuais no setor do agronegócio. Além disso, tem outros três objetivos:

- 1) Compilar exemplos de boas práticas de gestão de efluentes em projetos agroindustriais.
- 2) Fornecer orientação sobre o gerenciamento dos riscos de lançamento de efluentes em corpos d'água ou reúso em irrigação de paisagens, fertirrigação ou irrigação.
- 3) Auxiliar os profissionais ambientais na avaliação da correta implementação da gestão de águas residuais.

Ao alcançar esses objetivos, o GBP visa contribuir para a proteção ambiental, garantir a sustentabilidade de longo prazo e apoiar o alcance do ODS nº 6 para a região da América Latina e do Caribe (ALC).

No geral, é essencial notar que a gestão e a implementação de águas residuais podem variar muito, dependendo do contexto e dos fatores específicos do local. A gestão de águas residuais envolve uma ampla gama de fatores, incluindo a disponibilidade variável de recursos hídricos, os níveis de desenvolvimento econômico, as operações de processamento e as diversas condições climáticas, que podem representar desafios significativos para a gestão de águas residuais. É importante notar que este GBP é complementado por cartilha específicas da indústria para aquicultura, processamento de laticínios, alimentos e bebidas e processamento de carne. Essas cartilhas fornecem uma abordagem mais detalhada para o gerenciamento de águas residuais, considerando as características e desafios específicos de cada indústria.

1.2 ESTRUTURA E VISÃO GERAL DO GBP

Este GBP apresenta exemplos e referências de boas práticas de gestão de águas residuais na indústria do agronegócio, para que as empresas garantam a sustentabilidade a longo prazo. O GBP está organizado em seis seções:

A PRIMEIRA SEÇÃO

“Revisão do Contexto Regulatório da ALC”, fornece uma visão geral dos marcos regulatórios regionais e inclui informações de oito países diferentes para mostrar as diferentes melhorias em questões regulatórias. Também compara os valores da qualidade que os efluentes devem alcançar. É importante ressaltar que alguns países da região da ALC utilizam uma metodologia de avaliação de risco baseada na capacidade do corpo de água receptor para estabelecer parâmetros máximos de descarga, enquanto outros países ainda possuem legislação não tão desenvolvida, e os parâmetros dependem de limites máximos admissíveis estabelecidos.

A SEGUNDA SEÇÃO

“Revisão das Melhores Práticas de Gestão de Efluentes para o Agronegócio e Processadores de Alimentos”, discute as Melhores Práticas de Gerenciamento de Efluentes (BPA, na sigla em inglês) para o agronegócio. Os Planos de Gerenciamento de Águas Residuais (BWMP, na sigla em inglês) são práticas industriais que evitam a entrada de substâncias tóxicas ou perigosas no meio ambiente. A eficaz administração e responsabilidade sobre os BWMP são fundamentais para um gerenciamento sustentável e eficiente das águas residuais. A adoção de medidas de responsabilização, tais como divulgação de relatórios públicos e a implicação das partes interessadas, pode melhorar a visão pública e o respaldo às práticas de gestão de águas residuais. A responsabilidade pela implementação dos BWMP é compartilhada entre diversas partes interessadas ligadas à gestão de águas residuais, incluindo profissionais de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (EHS, na sigla em inglês), coordenadores de EHS, gestores locais e operadores de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). A seção também aborda os obstáculos para a adoção dos BWMP, como a necessidade de maior conscientização e compreensão, disponibilidade de tempo e recursos humanos, conhecimento técnico e experiência.

A TERCEIRA PARTE

concentra-se na aplicação de um plano de prevenção da poluição e destaca a necessidade de um compromisso de gestão por meio da aplicação dos BWMP. A seção começa com uma breve introdução sobre os BWMP de prevenção da poluição e os benefícios associados a eles. Em seguida, explora o processo de implementação do plano, enfatizando a importância de criar um plano personalizado e adaptado às exigências da indústria. Para ilustrar a aplicação prática, a seção também apresenta exemplos de BWMP de Prevenção da Poluição direcionados ao setor agroindustrial.

A QUARTA SEÇÃO

aborda a importância da aplicação de BWMP e oferece uma análise completa das características das águas residuais em várias agroindústrias, assim como abordagens de tratamento apropriadas. O processo de implementação dos BWMP para o tratamento de águas residuais é dividido em três fases cruciais: A primeira fase implica na categorização das etapas de tratamento dos efluentes, levando em consideração as características das águas residuais e o nível de contaminação; a segunda fase é a determinação do nível de tratamento adequado com base na classificação das águas residuais, nas regulamentações locais e na metodologia de descarga; a etapa final consiste em selecionar a tecnologia de tratamento específica que será utilizada para alcançar o nível de tratamento necessário.

A QUINTA SEÇÃO

enfoca o gerenciamento de efluentes e os riscos associados. Esta seção descreve as considerações gerais que as empresas devem ter em conta ao descarregar águas residuais, tais como a qualidade e a quantidade da descarga e o impacto potencial no ambiente. Esta seção também aborda o reúso de efluentes, tornando-se uma opção cada vez mais popular para empresas que buscam reduzir sua pegada hídrica. A avaliação baseada no risco da descarga de águas residuais é outro aspecto crítico desta seção, orientando a forma de avaliar o risco associado a diferentes tipos de descarga de águas residuais. A parte final desta seção compreende o monitoramento de efluentes, que é essencial para garantir a conformidade com os regulamentos relevantes e identificar quaisquer problemas potenciais de descarga de águas residuais.

A SEXTA PARTE

oferece uma contextualização e uma fundamentação para um estudo de viabilidade, apresentando três exemplos que demonstram boas práticas na administração de resíduos líquidos no setor agroindustrial. Esses exemplos incluem uma unidade de processamento de suco de limão, uma empresa de processamento avícola e uma instalação de criação e produção suína. A seção resume as principais lições aprendidas com esses casos.

1.3 APLICABILIDADE E PÚBLICO-ALVO

Este GBP foi desenvolvido para fornecer orientação e recomendações para clientes do BID Invest e tomadores de decisão responsáveis pelo planejamento, projeto e entrega de estratégias de gerenciamento de águas residuais, particularmente aqueles nos setores de aquicultura, processamento de laticínios, alimentos e bebidas e processamento de carne.

O público-alvo compreende profissionais ligados ao ramo do agronegócio e ao planejamento e execução de estratégias para controlar resíduos líquidos, visando mitigar impactos ambientais e cumprir com os requisitos aplicáveis.

2

Revisão do Contexto Regulatório da ALC



2.1 VISÃO GERAL

Esta seção fornece uma visão geral das regulamentações atuais relacionadas às águas residuais na ALC. Inicia-se descrevendo a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos na região. Em seguida, discutem-se os principais fatores que levaram ao desenvolvimento de regulamentações, como os acordos internacionais (Seção 2.2.2). A seção também enfatiza a importância de alinhar o tratamento de águas residuais com o conceito de economia circular. Finalmente, esta seção oferece uma avaliação comparativa da regulação de resíduos líquidos em oito nações da ALC: Argentina, Brasil, Chile, República Dominicana, Equador, Honduras, México e Peru.

A análise comparativa centra-se em quatro métodos de descarga: descarga direta em corpos d'água superficiais, zonas costeiras, esgotos sanitários e reúso para irrigação. É importante notar que todos os países em análise estabeleceram regulamentos para os parâmetros de descarga de águas residuais. Ainda assim, existem diferenças significativas nos valores de qualidade estabelecidos. Na seção 2.3, aborda-se uma análise comparativa das regulações de águas residuais em oito países da ALC. É crucial destacar que essa análise comparativa não é exaustiva e possui limitações. Por exemplo, incluir apenas oito países pode não refletir completamente a realidade de toda a região. Além disso, o estudo não leva em consideração a implementação das regulações de águas residuais, as quais podem variar consideravelmente entre os países e afetar a qualidade do descarte dessas águas. É importante observar que o BID Invest segue também os

padrões de referência das Diretrizes de EHS do Grupo Banco Mundial (WBG). Quando os regulamentos do país diferem dos níveis e medidas descritos nessas Diretrizes de EHS, os projetos devem cumprir as normas mais rigorosas estabelecidas por ambas as diretrizes.

Além da análise comparativa das regulamentações de águas residuais, o relatório incorpora dois anexos que oferecem contexto adicional como referência. No Anexo 1, é apresentado um esquema referencial das regulamentações de águas residuais (Esquema A-1) para a ALC, descrevendo a estrutura legislativa sobre águas residuais na ALC, bem como as principais entidades associadas ao contexto administrativo e institucional da gestão de águas residuais. O Anexo 2 oferece uma análise aprofundada do contexto regulatório em três países distintos: México, Brasil e Honduras.

2.2 CONTEXTO REGULATÓRIO DA ALC

2.2.1 QUALIDADE E DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

A escassez de água é um problema de relevância global que está afetando cada vez mais pessoas no mundo. Os países da ALC têm cerca de 35% dos recursos hídricos renováveis do mundo. No entanto, a gestão dos recursos hídricos, o acesso ao saneamento e a desigualdade na região tornaram a gestão da água um problema

de crescente interesse para os tomadores de decisão (Rodríguez et al., 2022). Para garantir a qualidade dos recursos hídricos, a melhoria do monitoramento das fontes de poluição e do controle das descargas deve ser reconhecida como uma solução sustentável para os aspectos quantitativos e qualitativos da crise hídrica em curso (Alabaster et al., 2021). Num cenário global em constante transformação, os países da ALC enfrentam crescentes pressões para combater a poluição ambiental, ao mesmo tempo em que buscam aumentar sua produtividade e competitividade econômica.

Essas circunstâncias conduziram a uma situação em que, no ano de 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas, no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabeleceu o objetivo de aprimorar o tratamento das águas residuais e promover a reutilização da água, com o propósito de impulsionar a transição para uma economia circular. Apesar dos progressos desiguais na região da América Latina e Caribe em direção ao alcance do acesso universal a um saneamento melhorado, subsistem desafios significativos para alcançar um estado sustentável (Benavides et al., 2019).

2.2.2 PRINCIPAIS MOTIVADORES PARA MUDANÇAS REGULATÓRIAS

Cada país tem uma história única, que inclui uma combinação particular de antecedentes históricos, estrutura legal e orientação política, implementando regulamentos altamente específicos do contexto (Allaoui et al., 2015). No entanto, a região da ALC tem experimentado um rápido e recente aumento no ímpeto

institucional em torno do tratamento e disposição de águas residuais, resultando em uma tendência para regulações e fiscalização mais rigorosas. Essa mudança foi impulsionada pela degradação ambiental, crescimento populacional, urbanização, pressão de organizações internacionais, acordos comerciais internacionais, requisitos financeiros internacionais e conscientização da sociedade civil. Além disso, as penalidades fiscais por infrações ambientais estão crescendo, e a aplicação das leis ambientais está aumentando (Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2016).

Uma série de iniciativas e conferências internacionais, como a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992, o Acordo de Paris, as Conferências das Partes sobre Mudanças Climáticas da ONU, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o Fórum Mundial da Água 2018, em Brasília, desempenharam um papel fundamental na promoção do controle da poluição e contribuíram para fomentar o acordo sobre programas e políticas internacionais, bem como o fortalecimento do arcabouço jurídico global que aborda as questões da gestão de águas residuais e do fornecimento de água potável segura e saneamento (Allaoui et al., 2015).

Da mesma forma, o ODS N° 6 destaca a necessidade de água limpa e saneamento, com o objetivo de melhorar a qualidade da água reduzindo a poluição, eliminando a vazão descontrolado, minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos e aumentando substancialmente a reutilização segura globalmente até 2030. Como muitos países da ALC adotaram esses objetivos como parte de suas estratégias nacionais de desenvolvimento, eles enfrentam o desafio de melhorar suas regulamentações e políticas para alcançá-los. Além disso, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável aponta promover uma transição para uma economia circular (Assembleia Geral das Nações Unidas, 2015).

PRINCIPAIS MOTIVADORES PARA MUDANÇAS REGULATÓRIAS NA ALC

- Pressão de organismos internacionais.
- Degradação ambiental.
- Crescimento populacional e urbanização.
- Acordos internacionais de comércio.
- Requisitos financeiros internacionais.
- Conscientização da sociedade civil.

2.2.3 MUDANÇA DE PARADIGMA E ECONOMIA CIRCULAR

Uma mudança de paradigma está ocorrendo atualmente na forma como as águas residuais são vistas na região da ALC. Ao invés de considerá-las meramente como resíduos, estamos começando a enxergá-las como recursos valiosos, com potencial para melhorar o uso sustentável da água. Essa nova abordagem está alinhada com o conceito de economia circular, que destaca a importância de reutilizar os recursos em vez de descartá-los após o uso. A eficiência desse modelo é fortemente determinada pelas políticas e regulamentações internas de cada país. Atualmente, as regras sobre o reúso de efluentes variam consideravelmente em toda a região. Alguns países, como Argentina e República Dominicana, têm regulamentações quase inexistentes, como detalhado na seção 2.3.5, enquanto outros permitem a reutilização em atividades específicas, como a irrigação agrícola.

Por exemplo, a Colômbia permite o reúso de águas residuais tratadas para irrigação agrícola. Ao mesmo tempo, a Guatemala e o México têm regulamentos que autorizam a reutilização para vários fins agrícolas e recreativos. A seção 2.3.5 resume os limites previstos nos marcos legais para o reúso de água. Apesar dos

progressos em algumas áreas, a região precisa de ajuda na transição para uma economia circular da água. Para isso, as instituições e a legislação devem ser fortalecidas para incentivar o investimento e o desenvolvimento de sistemas de tratamento de efluentes para revalorizar esse recurso e reduzir a pressão sobre os recursos hídricos.

2.3 COMPARAÇÃO DAS REGULAMENTAÇÕES DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE

2.3.1 REFERÊNCIAS AOS REGULAMENTOS DE ÁGUAS RESIDUAIS DA ALC

A maioria dos países da ALC possui disposições sobre recursos hídricos em suas constituições políticas. Além disso, a maioria desses países promulgou leis abrangentes sobre água para regular a gestão dos recursos hídricos e o saneamento. Embora haja variação nos regulamentos sobre a gestão das águas residuais entre esses países, todos têm o objetivo de proteger a saúde pública e o ambiente. Cada país tem suas próprias regras para a gestão e reutilização de águas residuais, incluindo regulamentos que estabelecem padrões de qualidade de água aceitáveis para diferentes situações, como descarga em corpos de água, zonas costeiras, sistemas de esgoto e reutilização de águas residuais tratadas. Nesta seção, serão comparados

os padrões de qualidade estabelecidos por oito países: Argentina, Chile, Brasil, Equador, República Dominicana, México, Peru e Honduras. Na Seção 2.3.2, serão abordadas e discutidas as distintas regulamentações relacionadas aos parâmetros de descarga.

Na Tabela A-1 no anexo 1 apresenta uma visão global do quadro legislativo para a gestão das águas residuais na região da ALC. A tabela enumera as principais instituições encarregadas de governar as águas residuais e as legislações e normas-chave em cada país, incluindo os links online correspondentes.

2.3.2 DESCARGA DIRETA PARA CORPOS D'ÁGUA SUPERFICIAIS

Na Tabela 1 ilustra que existem regulamentos para os parâmetros de descarga de águas residuais em todos os países, mas existem variações na forma como esses valores são estabelecidos.

No caso da Argentina, os limites de descarga permitidos estão detalhados na Tabela 1. No entanto, é importante notar que em situações em que um parâmetro excede a concentração permitida, são permitidos valores temporários. Esses valores temporários são calculados com base em diretrizes específicas para os corpos d'água estabelecidas no Decreto 674/89.

O Chile permite que as entidades emissoras aumentem as concentrações limite estabelecidas na tabela, aproveitando a capacidade de diluição do organismo receptor, seguindo uma metodologia padronizada. No Brasil, exceções aos parâmetros definidos na tabela são permitidas se estiverem em conformidade com o que é obtido em uma avaliação de risco do órgão receptor e atenderem a metas de melhoria progressiva. Em Honduras, foi recentemente aprovada uma lei em 2021 que implementa um processo de descarga

em fases. Esse processo leva em consideração a qualidade da água receptora, a tecnologia disponível e as capacidades de remoção, adotando assim uma abordagem baseada em risco.

Em relação à República Dominicana, os valores mencionados na Tabela 1 são aplicáveis às indústrias em geral. No entanto, atividades específicas, como produção de açúcar, fabricação de refrigerantes, processamento de café, cervejarias, destilarias, pecuária leiteira e abatedouros de animais, também são regulamentadas por valores específicos. No Equador, é adotada uma metodologia de balanço de massa para calcular

os limites de descarga, levando em consideração a qualidade do corpo hídrico e a carga de poluentes. Os parâmetros apresentados na Tabela 1 são utilizados quando não há informações disponíveis sobre o corpo receptor. No Peru, foi estabelecido em 2017 o "Guia para a Determinação da Zona de Mistura e Avaliação do Impacto da Descarga de Efluentes Tratados em um Corpo Receptor Natural". Esse guia serve como base para o cálculo dos parâmetros para a descarga de águas residuais tratadas no corpo receptor.

Em termos gerais, observa-se uma clara tendência em direção à implementação de zonas de mistura

e avaliação do impacto da descarga, conforme refletido na legislação recente de Honduras e nas orientações do Peru. Além disso, a maioria dos países da região aplica regulamentos tão rigorosos quanto os recomendados nas Diretrizes Gerais de EHS do Grupo Banco Mundial (WBG, na sigla em inglês) para parâmetros como DBO, DQO e valores de pH. No entanto, ainda há espaço para melhorias em algumas áreas, especialmente na regulação da concentração máxima de coliformes totais e outros parâmetros, como as concentrações de FOGs, SST, N e P. Esses têm regulamentações menos rígidas em alguns países, como Brasil, Chile, Equador, Honduras e México, em comparação com outros países da região.

TABELA 1 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em corpos hídricos para parâmetros de qualidade em países da ALC

País	Tipo de estabelecimento	As normas incluem avaliações de risco ou outras condições especiais para determinar parâmetros	Parâmetros							
			DBO	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	GyA (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	Coliformes totais (MPN/100 mL)
Argentina	Águas industriais e especiais	Valores orientadores da qualidade dos cursos d'água.	50	N.R.	N.R.	5,5-10	N.R.	N.R.	N.R.	5000
Brasil	Geral	Avaliações de risco	60% ²	N.R.	N.R.	5-9	50	20	³	N.R.
Chile	Geral	Capacidade de diluição de cursos d'água.	35	N.R.	80	6-8,5	20	50	10	1000
Equador	Geral ⁴	Valores orientadores da qualidade dos cursos d'água.	100	200	130	6-9	30	50	10	2000
Honduras	Geral	Avaliações de risco	100	200	100	6-9	10	30	5	5000
México	Geral	Avaliação de risco apenas para DBO.	Avaliação do risco	150	60	6-9	15	25	15	250 ⁵
Peru ⁶	Cervejarias ⁷	Avaliações de risco	30	50	30	6-9	3	N.R.	N.R.	N.R.
República Dominicana	Geral	Qualidade dos cursos d'água	50	250	50	6-9	10	10 (N-NH ₄)	2	1000
Diretrizes Gerais de EHS do WBG	Agronegócio	Valores padrão	50	250	50	6-9	10	10	2	400

¹ A norma regula as descargas nos rios: Luján, Tigre, Matanza, Riachuelo, Rio da Prata, Reconquista e todos os seus afluentes.

² O DBO deve ser reduzido em 60% da concentração do DBO da água de entrada da ETE.

³ Definido com base nos dados históricos de concentração de cianobactérias.

⁴ Os parâmetros apresentados são aqueles utilizados quando não há informações disponíveis do corpo hídrico.

⁵ Refere-se à concentração de E. Coli.

⁶ Não há parâmetros para efluentes industriais em geral, o Decreto nº 003-2010-MINAM regulamenta apenas as descargas municipais ou domésticas.

⁷ Foram utilizados valores de referência gerais para as descargas de águas residuais de qualquer fonte, o regulamento também tem valores para algumas indústrias específicas.

2.3.3 DESCARGA PARA ZONAS COSTEIRAS OU MARÍTIMAS

A Tabela 2 oferece um resumo comparativo dos valores máximos permitidos para a descarga de diversos parâmetros nos efluentes lançados em zonas costeiras ou no mar. Países como Chile, México, República Dominicana e Equador estabeleceram esses parâmetros para o descarte nessas áreas. Importante notar que tanto o Chile quanto a República Dominicana têm valores de parâmetros que variam conforme o uso planejado da área costeira onde o efluente é lançado. Por outro lado, Brasil, Honduras e Peru adotaram uma metodologia de avaliação de risco para determinar os parâmetros de qualidade, levando em consideração as características da zona costeira. Para os países que não possuem regulamentação sobre esse tema, é recomendável a implementação de uma abordagem de avaliação de risco, conforme detalhado na seção 6.

TABELA 2 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em zonas costeiras para parâmetros de qualidade em países da ALC

País	As normas incluem avaliações de risco ou outras condições especiais para determinar parâmetros	Parâmetros								
		DBO	DQO (mg/L)	SSed (mg/L)	SST (mg/L)	pH	GyA (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	Coliformes totales (MPN/100 mL)
Argentina	Não regulamentado	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Brasil	Avaliação do risco	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.
Chile	Depende do uso da zona costeira	60	N.R.	5	100	6-9	20	50	5	1000 - 70 ⁹
	Depende do uso da zona costeira	pH	FOGs	20	300	5,5-9	150	N.R.	N.R.	N.R.
Equador	Depende do uso da zona costeira	200	400	N.R.	250	6-9	30	40	N.R.	2000
	Depende do uso da zona costeira	P	600	N.R.	250	6-9	30	40	N.R.	2000
Honduras ¹²	Avaliação do risco	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.
México ¹³	Avaliação de risco apenas para o valor de DBO	R.B.	85	N.R.	20	6-9	15	25	15	250
Peru	Avaliação do risco	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.	R.B.
República Dominicana	Depende do uso da zona costeira ¹⁴	60	350	1	75	6-9	15	40	8	N.R.
	Depende do uso da zona costeira ¹⁵	200	350	2	200	6-9	25	N.R.	10	N.R.

2.3.4 DESCARGA PARA ESGOTOS SANITÁRIOS

No caso da descarga em esgotos sanitários, a maioria dos países possui regulamentos que especificam os parâmetros de descarga. Entretanto, é importante destacar que parâmetros específicos, como DQO e coliformes totais, não são regulamentados em países como Argentina, Chile

e México, conforme detalhado na Tabela 3. No Brasil, a regulamentação estabelece que na falta de legislação ou diretrizes específicas do sistema coletor e do operador de tratamento de esgoto, o lançamento indireto de efluentes no órgão receptor deve atender aos limites de lançamento direto.

⁸Descargas através de emissários submarinos.

⁹Em áreas adequadas para aquicultura e áreas de manejo e exploração de recursos bentônicos, o valor de 70 NMP/100 mL não deve ser excedido.

¹⁰Descargas na área de quebra-molas marítimos.

¹¹Descargas através de emissários submarinos.

¹²Eles são contemplados no guia de avaliação de risco usando os critérios baseados na qualidade da água e na melhor tecnologia disponível.

¹³Os valores apresentados são médias mensais. Os valores médios diários e instantâneos também são regulados e variam de acordo com o parâmetro.

¹⁴Descargas em águas costeiras destinadas à conservação de recursos naturais, como manguezais e áreas de reprodução e nutrição para organismos marinhos e áreas de aquicultura marinha, incluindo moluscos, crustáceos, peixes e pesca comercial.

¹⁵Descargas em águas costeiras utilizadas para atividades industriais, portuárias e atividades de navegação.

TABLA 3 Comparação dos limites de lançamento de efluentes em sistemas de esgotamento sanitário em países da ALC

País	Setor	Parâmetros								
		DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SSed (mg/L)	SST (mg/L)	pH	FOGs (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	Coliformes totais (MPN/100 mL)
Argentina	Industrial	200	N.R.	0	N.R.	5,5-10	N.R.	N.R.	N.R.	5000
Brasil	Geral	60%	N.R.	N.R.	5-9	50	20	N.R.	N.R.	60%
Chile	300	N.R.	20	300	5,5-9	150	80	10-15	N.R.	N.R.
Equador	250	500	20	220	6-9	70	60	15	N.R.	N.R.
Honduras	Geral	17	18	18	18	5-9	18	18	18	18
México ¹⁸	Geral	N.R.	N.R.	5	N.R.	5,5-10	50	N.R.	N.R.	N.R.
Peru	Industrial	500	1000	8.5	500	6-9	100	80	N.R.	N.R.
República Dominicana	Setor industrial	250	600	N.R.	400	6-9	N.R.	40	10	N.R.

2.3.5 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS NA IRRIGAÇÃO.

Devido à disponibilidade relativamente alta de recursos hídricos em comparação com outras regiões globais, a ALC tem dado menos prioridade à promoção do reúso de água (Wellestein & Makino, 2022). Nesta região, a regulamentação referente ao uso de águas residuais para irrigação e outros fins mais amplos de reúso de água é deficiente ou ambígua.

A Tabela 4 oferece uma visão geral das

diferentes posições nacionais sobre o reúso de águas residuais tratadas. Por exemplo, países como Argentina, Chile e República Dominicana não têm regulamentações específicas para esse tema. Em contraste, o Brasil permite o uso de efluentes industriais não tratados para fertirrigação mediante aprovação do órgão ambiental competente. No Equador, certos parâmetros de qualidade da água para irrigação e uso agrícola, como oxigênio dissolvido (OD), metais e sais, são regulamentados de forma específica, embora a maioria dos parâmetros na tabela esteja fora da norma. A regulamentação de Honduras se aplica exclusivamente à irrigação de cana-de-açúcar, enquanto a regulamentação do México descreve possibilidades de reutilização para infiltração e irrigação de culturas. No Peru, a avaliação do reúso de águas residuais tratadas depende de as autoridades considerarem valores setoriais específicos ou as diretrizes sanitárias

estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1989.

Apesar do amplo consenso sobre a lógica do uso de águas residuais na agricultura, levando em conta perspectivas agrônômicas, econômicas e de sustentabilidade, é fundamental reconhecer que as águas residuais apresentam qualidades únicas que podem gerar preocupações ambientais e de saúde. A viabilidade de substituir fontes convencionais de água ou outras fontes não convencionais para fertirrigação por águas residuais depende grandemente da manutenção dos riscos para a saúde e das consequências ambientais dentro de limites aceitáveis (FAO, 1992). Recomenda-se que todas as atividades relacionadas à fertirrigação ou reúso de água sejam supervisionadas por meio de uma avaliação de risco específica do local, que deve levar em consideração vários fatores, incluindo a composição das águas residuais, potenciais contaminantes, ecossistema local e interações

hidrogeológicas, bem como possíveis vias de exposição. Os principais aspectos a considerar ao decidir realizar uma avaliação de risco específica do local para irrigação, fertirrigação ou infiltração na paisagem, bem como como conduzi-la, estão detalhados no Capítulo 6.

Ao considerar o uso de águas residuais para irrigação, é essencial levar em conta alguns critérios. Esses critérios incluem parâmetros das águas residuais, como condutividade elétrica, concentrações de íons sódio, cálcio e magnésio, níveis de pH, SST, DBO5, bactérias patogênicas, bem como níveis de N, P e metais pesados. Uma explicação mais detalhada do raciocínio por trás dessas considerações pode ser encontrada na seção 6.2.4. Além disso, é recomendável consultar os limites prescritos descritos na Tabela A-3.1, Tabela A-3.2. e Tabela A-3.3 para orientações adicionais.

TABLA 4 Comparação dos limites de lançamento de efluentes para o reúso de águas residuais tratadas através da irrigação, fertirrigação ou infiltração da paisagem em países da ALC

País	Parâmetros								
	DBO	DQO (mg/L)	SSed (mg/L)	SST (mg/L)	pH	GyA (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	Coliformes totais (MPN/100 mL)
Brasil ¹⁹	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	5-9	20 ou 50 ²⁰	N.R.	N.R.	1000/10000 ²¹
Equador	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	6-9	ausente	N.R.	N.R.	1000
Honduras ²²	500	1000	20	300	6-9	10	30	N.R.	N.R.
México ²³	R.B.	150	N.R.	100	6-9	15	N.R.	N.R.	250 ²⁴

¹⁹passado por processos de estabilização para fertirrigação, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente.

²⁰Os FOGs são de 20 mg/l para óleos vegetais e 50 mg/l para gorduras animais.

²¹E. Coli. 1000 UFC para irrigação em culturas de consumo humano e 10000 UFC outras pastagens ou culturas.

²²Para irrigação de efluentes de usinas de açúcar em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

²³Dados para irrigação que não são para áreas verdes. Os valores apresentados correspondem aos valores médios mensais. Valores médios diários e valores instantâneos também são regulados.

²⁴O valor corresponde à concentração de E. Coli.

3 Melhores Práticas de Gerenciamento de Efluentes (BWMPs)



3.1 MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE EFLUENTES

'MELHOR' - RELACIONADO A TÉCNICAS

O mais eficaz disponível para alcançar um alto nível de proteção do meio ambiente

'GERENCIAMENTO' - RELACIONADO A TAREFAS

Meios eficazes e viáveis (incluindo considerações tecnológicas, econômicas e institucionais) para prevenir ou reduzir a poluição.

'PRÁTICAS' - RELACIONADAS A MÉTODOS DE TRABALHO OU INOVAÇÕES

Condições economicamente e tecnicamente viáveis, levando em consideração os custos e vantagens da implementação.

As BWMP são um conjunto de diretrizes formuladas especificamente para o gerenciamento de águas residuais, visando reduzir a quantidade de poluentes liberados nos corpos hídricos através do efluente. Essas práticas incluem métodos de limpeza, planos de manutenção, redução do consumo de água, melhorias na qualidade, monitoramento das águas residuais e aprimoramentos no tratamento (OCETA, 2005).

Essas práticas podem ser divididas em dois grandes grupos:

BWMPs de prevenção da poluição (consulte a Seção 4 deste Guia): São práticas voltadas para evitar a contaminação do efluente desde o início do processo, reduzindo a quantidade de poluentes gerados.

BWMPs de tratamento de águas residuais (consulte a Seção 5 deste Guia): São práticas voltadas para o tratamento do efluente já gerado, buscando melhorar sua qualidade antes do descarte.

3.2 GESTÃO E PRESTAÇÃO DE CONTAS DOS BWMPs

3.2.1 COMPROMETIMENTO E ESTRUTURA DE GESTÃO PARA MELHORIA DOS BWMPs

COMPROMISSO E RESPONSABILIDADE

A aplicação das BWMPs depende do compromisso explícito da alta administração em aprimorar as práticas de consumo de água e a qualidade dos efluentes. Isso visa garantir a conformidade com regulamentações e outras normas aplicáveis.

Para uma gestão eficaz e sustentável das águas residuais, é crucial gerenciar e responsabilizar-se pelos BWMPs. A prestação de contas, incluindo a comunicação de informações às partes interessadas-chave, é essencial para promover a transparência e construir confiança. Isso pode melhorar a percepção pública e apoiar boas práticas de gestão de águas residuais.

A responsabilidade pela implementação dos BWMPs recai sobre os diversos intervenientes envolvidos na gestão das águas residuais. Alguns dos principais intervenientes internos que devem ser considerados ao elaborar um plano de Melhores Práticas de Gerenciamento de Águas Residuais são descritos a seguir:

DIRETORES OU GERENTES DE EHS

Conformidade com as regulamentações e promovam ambientes de trabalho seguros. Os profissionais de EHS asseguram que o plano de Melhores Práticas de Gerenciamento de Águas Residuais esteja alinhado com todas as regulamentações, políticas ambientais e outras normas aplicáveis. Além disso, eles atuam como o ponto de contato principal para relatar o desempenho e a implementação do plano, além de possíveis violações, às partes interessadas.

COORDENADORES DE EHS

Os coordenadores de EHS têm a responsabilidade de coordenar a aplicação de procedimentos na organização. No âmbito da gestão de águas residuais, esses coordenadores garantem a implementação do plano de gestão de águas residuais em sua área de atuação. Eles também desenvolvem e oferecem treinamento aos colaboradores sobre práticas seguras e responsáveis de gestão de águas residuais. Além disso, orientam e apoiam os colaboradores na correta tratamento e eliminação das águas residuais, organizando a monitorização necessária, avaliações de risco e relatórios para garantir o cumprimento do plano de gestão de águas residuais.

GERENTES DE SITE

Os gerentes de cada local são encarregados de supervisionar o funcionamento diário das instalações. No que diz respeito à gestão de águas residuais, eles garantem que o plano de gestão correspondente seja aplicado em suas instalações. Isso envolve fornecer os recursos necessários e orientação aos funcionários para assegurar que o plano seja seguido, além de lidar, junto com os responsáveis e coordenadores de EHS, com quaisquer problemas relacionados à gestão de águas residuais em sua área.

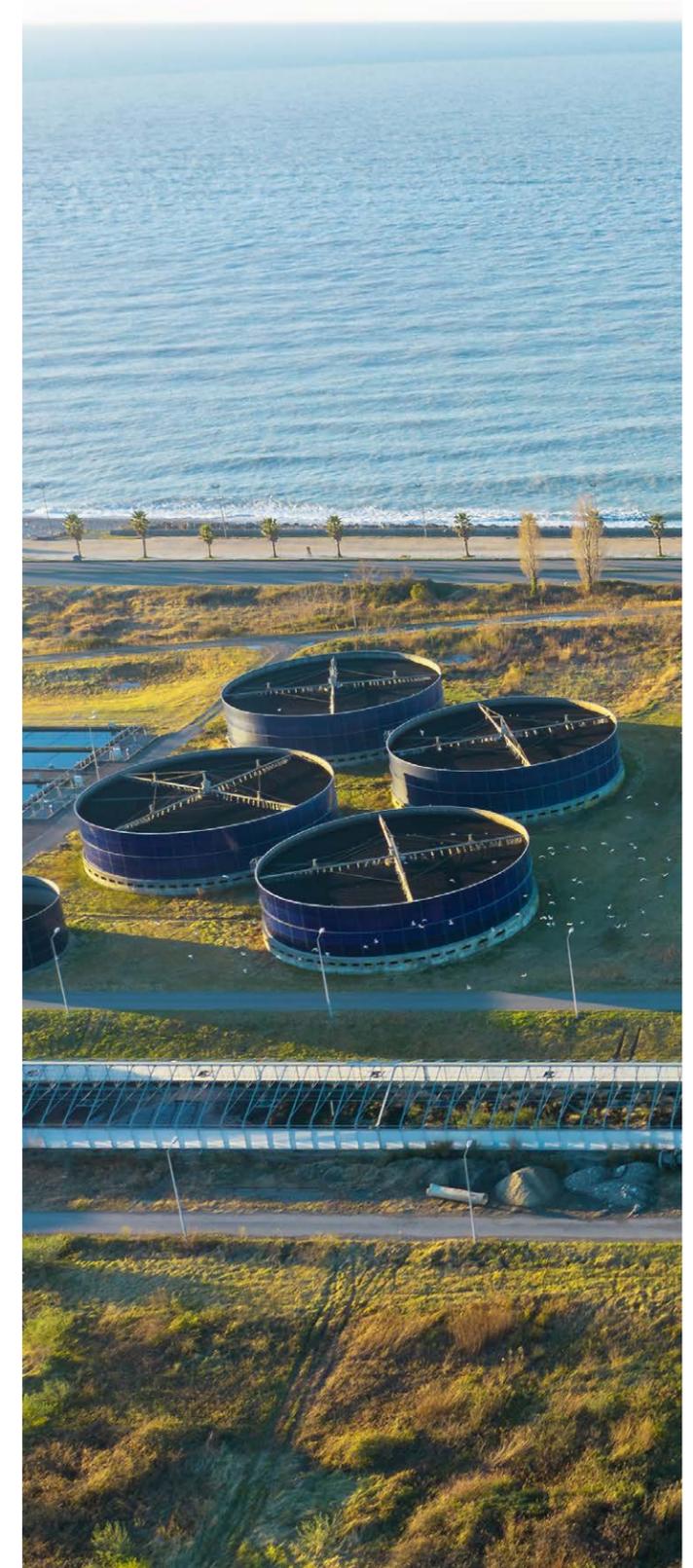
OPERADORES DE ETE

Os operadores de ETE são responsáveis por operar e manter as ETE de acordo com os manuais e procedimentos específicos da ETE. Suas responsabilidades incluem o monitoramento diário e a manutenção dos equipamentos usados no tratamento dos efluentes. Se ocorrerem problemas ou desvios em relação aos manuais ou procedimentos estabelecidos, os operadores reportam essas questões aos gerentes do local ou aos coordenadores do EHS.

3.2.2 IMPORTÂNCIA DE UM PLANO BWMP DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

Para otimizar a eficácia dos BWMPs, é essencial integrá-los em um plano amplo de Gerenciamento de Melhores Práticas de Águas Residuais. O primeiro passo crucial é criar um plano específico de BWMP de prevenção da poluição para cada local (conforme explicado na Seção 4.2). Esse plano compreende uma avaliação inicial e a implementação contínua de medidas para abordar possíveis fontes de poluição no local.

Essa fase inicial é de extrema importância, pois possibilita a identificação e mitigação de possíveis fontes de poluição. Isso, por sua vez, contribui para uma abordagem eficaz na implementação e gerenciamento da tecnologia de tratamento de águas residuais. Ao implementar um plano de BWMP de instalação bem-sucedido, as organizações podem reduzir seu impacto no meio ambiente, estar em conformidade com regulamentações e aprimorar sua reputação como entidades responsáveis e comprometidas com a sustentabilidade.

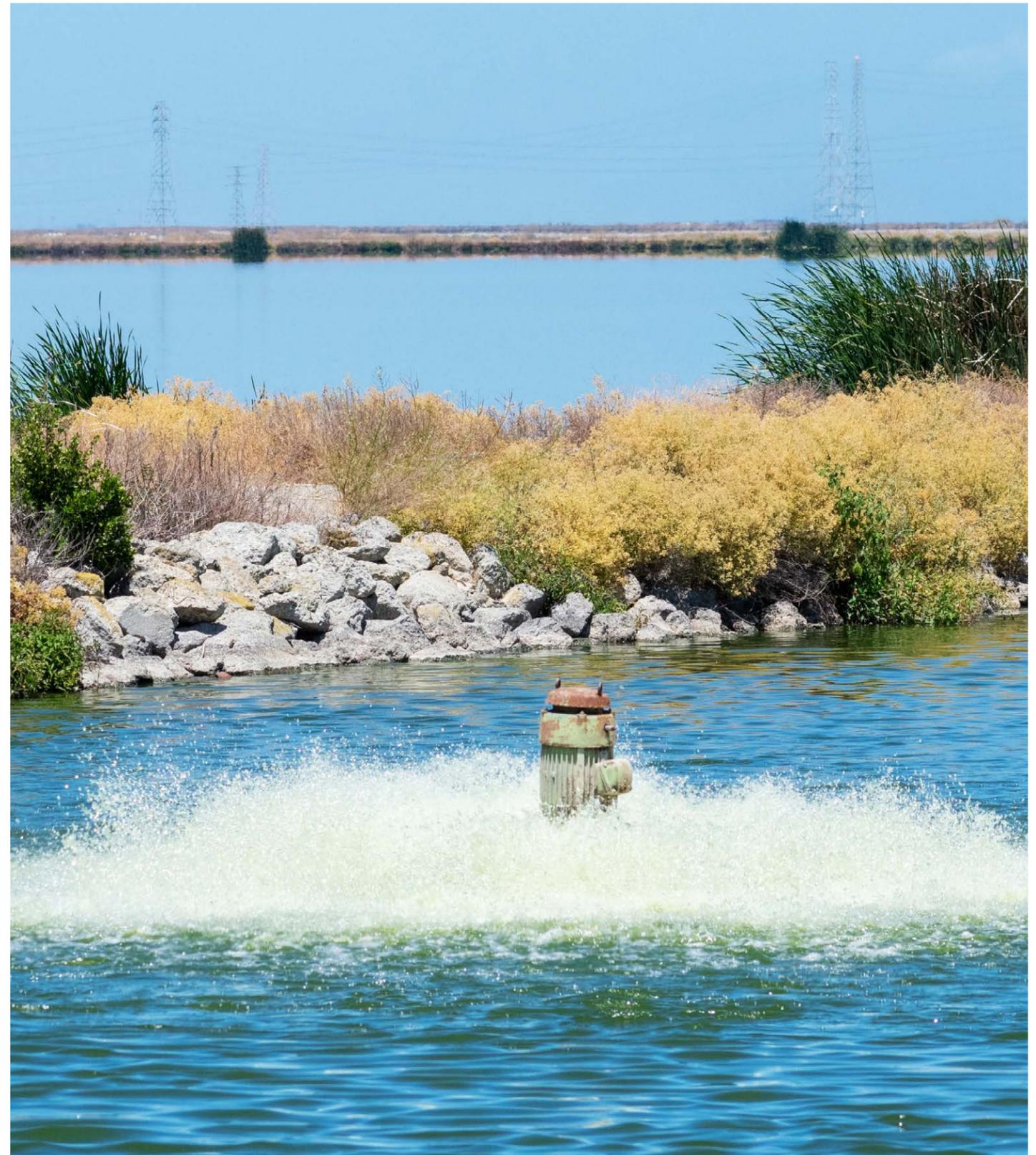


3.3 PRINCIPAIS BARREIRAS À ADOÇÃO DE BWMPs

Reconhecer a complexidade e a diversidade de seus processos. Isso pode tornar desafiador implementar práticas ideais de gestão. Compreender esses desafios é fundamental para desenvolver estratégias eficazes que enfrentem as dificuldades e promovam uma cultura de melhoria contínua.

Muitas das barreiras técnicas são abordadas neste documento, mas também existem barreiras não técnicas. Nesta seção, resumimos os desafios e obstáculos comuns enfrentados pelo agronegócio.

- ◆ **Consciência e visão:** As empresas têm a oportunidade de descobrir os inúmeros benefícios da adoção das melhores práticas. Reconhecer que a implementação de práticas ambientais pode se tornar uma oportunidade estratégica de negócios, levando a aumentar a lucratividade, mitigar responsabilidades, melhorar o acesso ao financiamento e minimizar riscos. É essencial reconhecer que mesmo empresas menores podem colher os frutos de tais práticas, tendo a noção de que as oportunidades de redução de custos são exclusivas de empresas maiores.
 - ◆ **Otimização de tempo e recursos humanos:** No setor do agronegócio, as empresas estão constantemente em busca de maneiras de aprimorar suas operações e eficiência. A alta administração se concentra tanto em garantir a sobrevivência e o crescimento a curto prazo dos negócios quanto em ativamente buscar maneiras de melhorar os processos. Na planta, a prioridade da equipe de engenharia está na eficiência da produção e busca por práticas mais eficazes. Embora haja limitações em termos de recursos humanos, a empresa
- está totalmente empenhada em superar os desafios, mas esse fator também contribui para a complexidade na implementação das melhores práticas.
- ◆ **Conhecimento técnico e especialização:** No agronegócio, é possível melhorar o conhecimento e a especialização para implementar as melhores práticas. Em algumas situações, as empresas podem estar cientes das oportunidades potenciais, mas podem não possuir as habilidades técnicas ou os recursos de engenharia necessários para conduzir uma avaliação abrangente. Isso é essencial para identificar, priorizar e implementar as melhores práticas de forma eficaz.
 - ◆ **Recursos financeiros:** No agronegócio, é comum enfrentar desafios ao tentar obter financiamento interno e capital para projetos voltados às melhores práticas. A maior parte do capital disponível é geralmente direcionada para a produção, expansão de instalações e atividades de marketing. As empresas estão atualmente explorando maneiras de alocar fundos para outras iniciativas igualmente importantes. Mesmo para empresas bem administradas, com fluxo de caixa suficiente para apoiar investimentos em melhores práticas, é necessário conscientizar e motivar os principais decisores financeiros para que deem prioridade a esses projetos. Reduzir a separação entre a gestão da fábrica e as finanças é uma meta essencial para garantir apoio aos investimentos que visam melhorar o desempenho ambiental.
 - ◆ **Informações relevantes e redes de apoio:** As empresas frequentemente não possuem informações sobre os benefícios financeiros e operacionais da implementação de melhores práticas no agronegócio. Elas necessitam de estudos de caso concretos que mostrem como essas melhorias podem ser aplicadas em suas operações e quantifiquem os benefícios. Com exemplos disponíveis, as empresas podem avaliar com segurança o valor potencial e optar pela implementação das melhores práticas, o que resulta em maior sucesso e crescimento.



4

BWMPs de Prevenção da Poluição



4.1. O QUE ENGLOBALAM OS BWMPs DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E QUAIS SÃO OS SEUS BENEFÍCIOS?

Impedir que poluentes entrem em uma estação de tratamento geralmente é mais econômico do que tratar a água depois de poluída. As definições e exemplos nas seções seguintes devem incentivar a prevenção da poluição na fonte. De um modo geral, os BWMPs de prevenção da poluição abrangem:

REDUÇÃO DO USO GERAL DE ÁGUA

Para reduzir a geração de efluentes, é possível seguir uma hierarquia que inclui a redução do volume de efluentes, a reciclagem da água dentro do processo operacional e o reúso dos efluentes tratados de maneira controlada e sustentável. As organizações podem adotar práticas para diminuir o uso de água, como minimizar o transporte com umidade e explorar opções de transporte mecânico viáveis. A reciclagem da água pode ser realizada usando condensados em vez de água doce para atividades de limpeza ou reciclando a água utilizada na limpeza, entre outras alternativas.

MODIFICAÇÕES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

Essas práticas estão relacionadas às estratégias e políticas das organizações de investir em novas tecnologias, o que requer um maior investimento financeiro. Exemplos dessas práticas incluem a modificação de equipamentos de processo para reduzir o consumo de água, como a adaptação de bicos de pulverização ou a troca de tanques abertos por sistemas de circuito fechado que reciclam a água. Outro exemplo é a utilização de sistemas de Limpeza no Local (CIP, na sigla em inglês) para higienizar equipamentos sem necessidade de grandes volumes de água. Adicionalmente, as organizações podem implementar equipamentos de controle automático, como válvulas solenoides, para interromper o fluxo de água quando o equipamento não está em uso, e instalar medidores de vazão para monitorar o consumo de água.

OPERACIONAL E ORGANIZAÇÃO INTERNA

Essas práticas são de baixo custo e relativamente fáceis de colocar em prática. Elas podem envolver a revisão periódica dos procedimentos operacionais, ajustes nos processos, treinamento contínuo dos funcionários, melhorias nas inspeções, desenvolvimento de práticas preventivas de manutenção e a substituição de equipamentos simples. Exemplos incluem o monitoramento regular da qualidade e do volume das águas residuais, implementação de manutenção e limpeza programadas para equipamentos e tubulações, e a adequada disposição de resíduos perigosos. Outros exemplos abrangem o uso de produtos de limpeza biodegradáveis e a prevenção do descarte de materiais não biodegradáveis em pias e vasos sanitários.

Os benefícios da implementação de BWMPs de prevenção da poluição incluem (OCETA, 2005):

- Aumentar o crescimento econômico por meio de uma produção mais eficiente.
- Diminuir os custos financeiros ao aprimorar a gestão e a manutenção.
- Reduzir o consumo total de água.
- Minimizar a liberação de poluentes no efluente final, garantindo uma conformidade mais estável.
- Diminuir a produção de resíduos e os custos associados à sua disposição.
- Aprimorar as condições de trabalho.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO BWMPs

4.2.1 IMPORTÂNCIA DO COMPROMETIMENTO DA GESTÃO E OUTROS ASPECTOS IMPORTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO

Conforme explicado na Seção 3.2, para implementar com sucesso um plano de BWMP é vital contar com um comprometimento sólido da administração e de outras partes interessadas. Esse compromisso da gestão é crucial, pois estabelece o padrão para a organização e ajuda a garantir que os recursos necessários e o suporte sejam providenciados. Outro ponto fundamental na implementação bem-sucedida dos BWMPs de prevenção da poluição é o estabelecimento de metas e objetivos claros.

Essas metas devem ser específicas e mensuráveis, alinhadas com a estratégia global de sustentabilidade da organização. É igualmente importante monitorar regularmente e comunicar os progressos alcançados em direção a esses objetivos, permitindo ajustes necessários para manter o plano no rumo certo.

As organizações também devem considerar a

implementação de incentivos e programas de reconhecimento para motivar os funcionários a adotarem práticas sustentáveis e contribuir para o sucesso do plano.

4.2.2 PASSOS PARA A PRODUÇÃO DE UM PLANO BWMP DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

PASSO 1 Elaborar um balanço hídrico

Como ilustrado na Figura 1, o primeiro passo para criar um Plano de BWMP é elaborar um balanço hídrico, o que requer um fluxograma de processo atualizado. Esse diagrama deve identificar todos os fluxos e usos de água em cada etapa, incluindo todas as entradas de água, e mostrar explicitamente onde as águas residuais são produzidas. Para cada fonte de água, é essencial identificar os dados disponíveis para ajudar a quantificar os usos.

Cada caminho do balanço hídrico deve ter um programa de monitoramento associado para facilitar a supervisão das vazões. Se houver pontos no sistema de água onde monitorar as vazões não é prático, é possível estimá-las por meio de cálculos de balanço de massa. A utilização do método volumétrico é uma maneira válida de realizar uma estimativa rápida e aproximada das vazões do equipamento, embora seja crucial observar as linhas de drenagem direcionadas aos ralos de piso, pois isso pode afetar as medições.

MÉTODO VOLUMÉTRICO

Para medir a vazão, comece usando um recipiente de volume conhecido, como um balde ou um béquer. Primeiro, encha o recipiente com a água da fonte que deseja medir. Em seguida, cronometre quanto tempo leva para o recipiente ficar completamente cheio.

Com o tempo registrado e o volume do recipiente em mãos, é possível calcular a taxa de fluxo de água. A taxa de fluxo representa a quantidade de água que passa por um ponto específico em um determinado período de tempo. Para calcular isso, divida o volume de água no recipiente pelo tempo que levou para enchê-lo:

$$\text{VAZÃO} = \text{VOLUME DE ÁGUA} / \text{TEMPO}$$

Ao criar um programa de monitoramento, é crucial levar em consideração os horários de produção e os turnos de limpeza. Também é aconselhável monitorar o uso de água fora dos períodos de produção para detectar possíveis vazamentos. Os dados de consumo de água devem ser acompanhados ao longo do tempo para entender as variações associadas à produção e às mudanças sazonais. Para áreas onde a água não é medida diretamente, é essencial fazer estimativas com base na capacidade dos equipamentos ou no conhecimento dos processos.

O balanço hídrico completo deve ser apresentado de forma fácil de atualizar com novas informações. É importante comparar a soma do consumo final de água (consumo) com o total de água fornecida (fornecimento). Qualquer diferença entre esses valores indica possíveis perdas no sistema (perda). Essas perdas podem ser causadas por vazamentos, estimativas imprecisas ou erros de medição, como medidores descalibrados.

BALANÇO HÍDRICO

$$\text{FORNECIMENTO} - \text{CONSUMO} = \text{PERDAS}$$

PASSO 2 Identificação das fontes de contaminação

Uma vez que o balanço hídrico esteja pronto, identifique para cada um dos fluxos de águas residuais quais poluentes estão presentes e as fontes potenciais de cada um desses poluentes. Essas informações devem ser documentadas em um diagrama de fluxo de água.

É fundamental usar métodos analíticos para medir as concentrações de poluentes, sempre que possível. Os fluxos de água devem ser estudados em termos de sua composição física, química e biológica para criar um balanço de massa poluente que possa ser integrado ao balanço hídrico global. Esta etapa é essencial para uma implementação eficaz do plano BWMPs de prevenção da poluição, pois permite às organizações identificar fontes de poluição e tomar medidas adequadas para evitar que sejam lançadas no ambiente. As informações obtidas ajudam as organizações a fazer escolhas fundamentadas sobre a seleção de tecnologias de tratamento adequadas e otimizar os processos de tratamento de águas residuais (consulte a Seção 5 para mais detalhes).

PASSO

3 Identificar e implementar atividades operacionais e de limpeza.

Uma vez que os balanços de água e poluentes estejam prontos, o próximo passo é identificar as atividades operacionais e de limpeza que contribuem para a adição de poluentes indesejáveis ao sistema hídrico. Para mais exemplos, consulte a Seção 4.3.

Um bom ponto de partida é a revisão da Ficha de Dados de Segurança (FDS) para a composição química e informações de perigo dos produtos químicos utilizados nas instalações. Os produtos químicos adquiridos que possam conter substâncias tóxicas ou outros poluentes não convencionais podem ser substituídos por produtos químicos ou substâncias menos perigosas. Na implementação de mudanças operacionais e de limpeza, é crucial validar quaisquer alterações propostas com o pessoal envolvido.

Isso inclui não apenas a equipe de produção, mas também a equipe de controle de qualidade, manutenção e outras partes interessadas relevantes. Ao envolver todas as partes interessadas no processo, pode-se garantir que quaisquer mudanças feitas não afetem negativamente a qualidade do produto ou a eficiência do processo.

PASSO

4 Identificar e implementar oportunidades de eficiência no uso da água.

Para economizar água de forma eficaz, é crucial desenvolver uma estratégia integrada com metas específicas de conservação. A análise detalhada da instalação local é um passo inicial essencial para identificar os principais processos que consomem água e suas características operacionais. Isso inclui a quantidade de água utilizada, a condição e o tipo de cada equipamento envolvido. Além disso, todas as áreas da instalação devem ser examinadas em busca de oportunidades de reciclagem e reutilização da água.

Durante essa análise, é fundamental estabelecer os padrões de qualidade da água necessários para cada processo, o que ajuda a determinar o potencial de reutilização da água. Os métodos de reciclagem devem considerar tanto a água tratada quanto a não tratada. É aconselhável manter a água menos contaminada separada, possibilitando sua reutilização futura após passar por processos adequados de tratamento.

PASSO

5 Identificar e implementar modificações de processos e equipamentos.

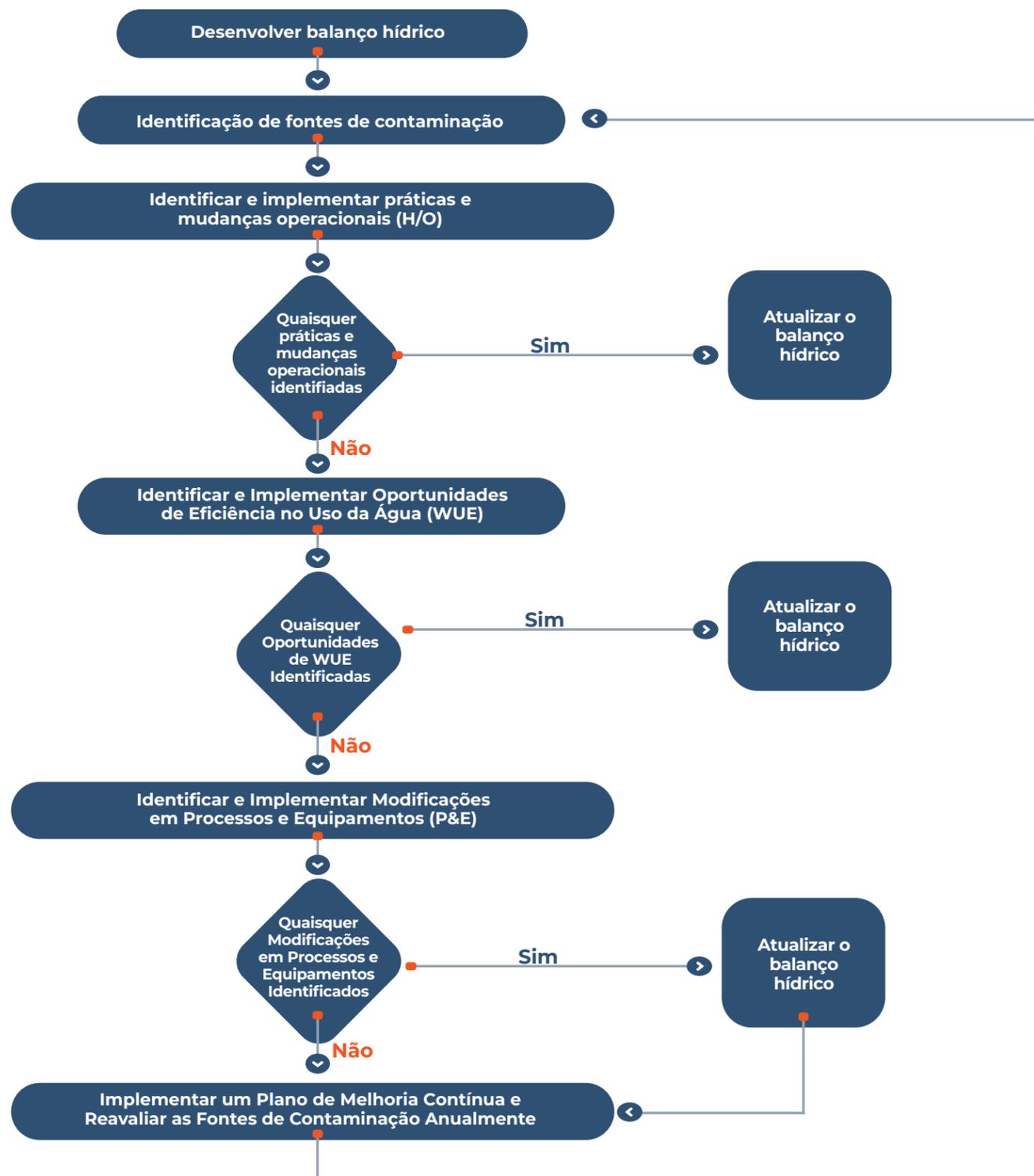
Avaliações do desempenho dos processos e equipamentos existentes são essenciais para identificar melhorias na qualidade e quantidade de efluentes. É fundamental considerar a adoção de novas tecnologias ou ajustes nos equipamentos atuais para otimizar os processos e minimizar a poluição.

Para cada opção considerada, é necessário conduzir uma análise custo-benefício abrangente. Isso envolve avaliar o impacto das modificações nos processos e equipamentos na eficiência geral e produtividade da instalação, bem como analisar possíveis aumentos nos custos operacionais e de manutenção. A implementação de modificações deve ser planejada e gerenciada com cautela para assegurar uma transição suave e alcançar os melhores resultados possíveis.

Ciclo de melhoria contínua

Um plano de prevenção da poluição inclui um ciclo iterativo de melhoria contínua. Isso significa que as medidas de prevenção da poluição, como melhores práticas operacionais e de limpeza, estratégias de eficiência no uso da água e modificações nos equipamentos existentes, devem ser priorizadas e implementadas de forma iterativa, como visto nas cinco etapas anteriores, antes da implementação de novos projetos de capital no nível de tratamento. Isso garantirá que a capacidade das instalações e equipamentos existentes seja otimizada antes que novos investimentos de capital sejam considerados. Se, em qualquer fase, o processo indicar que são necessárias despesas de capital, a alta administração deve garantir que os recursos fiquem disponíveis.

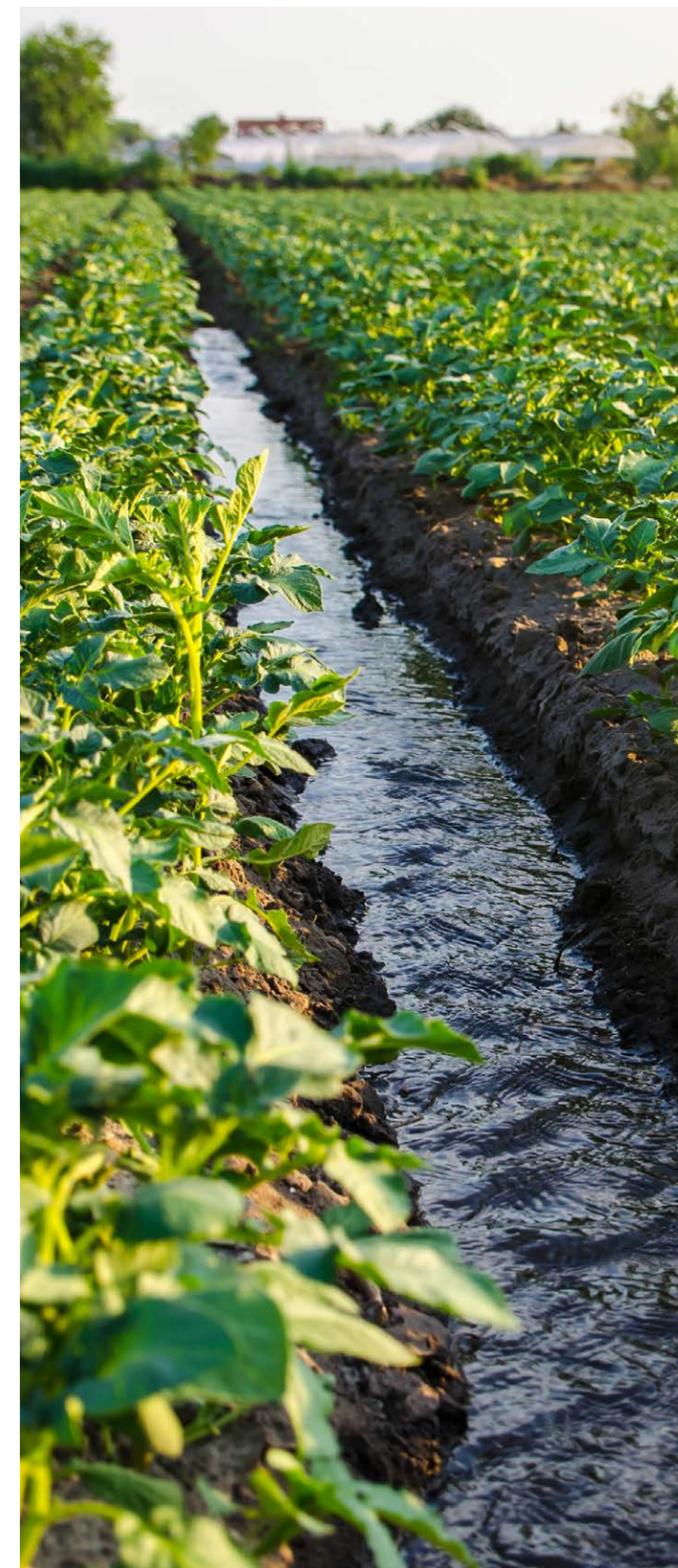
FIGURA 1 Implementação de um plano de prevenção da poluição BWMPs (OCETA, 2005).



4.3 EXEMPLOS DE BWMPs DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO PARA O AGRONEGÓCIO

4.3.1 PREFÁCIO

Os exemplos a seguir servirão como guia para as indústrias, ajudando-as a melhorar suas práticas de gestão com base nos requisitos do Padrão de Desempenho 3 da IFC, Boas Práticas Internacionais da Indústria (GIIP) e Manual de Prevenção da Poluição do Banco Mundial (Banco Mundial, 1999), bem como nas Diretrizes de EHS. Esses BWMPs oferecem um conjunto voluntário de padrões e procedimentos para aprimorar a produtividade, ao mesmo tempo em que reduzem a poluição no efluente. No entanto, é importante ressaltar que eles não são prescritivos. Cada indústria deve revisar suas condições de trabalho específicas e adaptar-se conforme necessário. As agroindústrias selecionadas para este propósito incluem: aquicultura (Seção 4.3.2), processamento de laticínios (Seção 4.3.3), alimentos e bebidas (Seção 4.3.4) e processamento de carne (Seção 4.3.5).



4.3.2 AQUICULTURA

PRÁTICAS OPERACIONAIS E DE LIMPEZA

- Garanta que a alimentação por pellets tenha a menor quantidade possível de finos ou poeira. Os finos não são consumidos pelas espécies aquáticas, o que pode aumentar as cargas nutricionais e orgânicas nas águas residuárias.
- Faça monitoramento da absorção de ração para determinar se está sendo completamente consumida e ajuste as taxas de alimentação com base nas observações de campo.
- Após a colheita, mantenha a água restante na lagoa por vários dias antes da descarga. Isso permitirá que os sólidos se estabeleçam novamente.
- Crie uma zona litorânea ao redor da lagoa para promover a vegetação aquática, o que pode auxiliar na redução de nutrientes e na captura de sólidos.
- Realize a limpeza de redes e gaiolas de forma manual. Evite o uso de produtos químicos, como anti-incrustantes, pois são altamente tóxicos e persistem no ambiente aquático. Consulte as Fichas de Dados de Segurança antes de considerar o uso de qualquer produto químico para limpeza.
- Prefira rações com menor conteúdo de N e P e maior digestibilidade para reduzir as concentrações de nutrientes no efluente.
- Mantenha a biomassa da cultura e a taxa de alimentação dentro da capacidade de suporte do corpo hídrico para evitar o acúmulo excessivo de nutrientes.

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

- Aplique técnicas de drenagem parcial para retirar parte da água das lagoas após a colheita, pois os últimos 15% da água contêm altos níveis de matéria orgânica. Alternativamente, reutilize essa água bombeando-a para lagoas próximas para ajudar a impulsionar a produtividade primária.

MODIFICAÇÕES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

- Empregue sistemas de descarga bem projetados e estratégias de controle de erosão no ponto de liberação para reduzir a concentração de sedimentos no efluente.
- Utilize aeração para aprimorar a qualidade da água, aumentando os níveis de oxigênio dissolvido e promovendo a mistura em lagoas profundas. A oxigenação também ajuda a minimizar a erosão do solo na lagoa e a turbidez da água.

4.3.3 PROCESSAMENTO DE LATICÍNIOS

PRÁTICAS OPERACIONAIS E DE LIMPEZA

- Evite a formação de espuma em produtos lácteos líquidos, pois a espuma contém altas concentrações de OD exigido e SST, afetando a eficiência do sistema de tratamento de efluentes.
- Utilize selos apropriados nas bombas e conexões adequadas para evitar a entrada de ar quando as linhas estiverem sob vácuo parcial.
- Reduza derramamentos de leite e produtos através da manutenção regular de conexões, válvulas e vedantes, além de equipamentos com protetores de gotejamento e derramamento. Resíduos sólidos derramados devem ser coletados e tratados como resíduos sólidos em vez de serem despejados pelo ralo.
- Na limpeza, utilize produtos químicos ou detergentes aprovados com impacto ambiental mínimo.
- Colete resíduos para uso em produtos de qualidade inferior, como alimentos para animais, sempre que possível, respeitando os limites de qualidade da alimentação dos bovinos.
- Limite a poluição permitindo que tubulações, tanques e caminhões-tanque tenham tempo adequado para drenar antes de serem enxaguados com água.

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

- Reutilize a água proveniente do processo de osmose reversa para a lavagem de equipamentos ou para purgar linhas, se disponível. Essa água é frequentemente usada para concentrar o soro de leite.
- Separe os efluentes das instalações sanitárias, dos sistemas de processamento e de refrigeração. Isso facilitará a reciclagem das correntes de água e a reutilização dos efluentes tratados.
- Utilize condensados em substituição à água potável para atividades de limpeza, garantindo conformidade com os padrões de qualidade da água onde pode haver contato com humanos e alimentos.

MODIFICAÇÕES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

- Coloque grades e peneiras nas instalações para impedir a entrada de sólidos brutos e outros materiais no sistema de tubulações de águas residuais.
- Utilize métodos de limpeza avançados, como sistemas CIP automatizados, seguindo as melhores práticas para a higienização das instalações.

4.3.4 ALIMENTOS E BEBIDAS

PRÁTICAS OPERACIONAIS E DE LIMPEZA

- Ao adquirir frutas e legumes crus, opte por aqueles já limpos, sempre que possível. Isso contribuirá para reduzir a presença de sujeira e agrotóxicos no efluente.
- Reduza vazamentos de água e o uso de água para resfriamento em bombas por meio da instalação de selos mecânicos e manutenção adequada das bombas.
- Estenda a durabilidade dos limpadores cáusticos coletando-os em um tanque de decantação isolado e reutilizando-os para a lavagem de equipamentos.
- Ao utilizar água, aplique técnicas de lavagem contracorrente para a limpeza inicial das matérias-primas, permitindo uma separação mais eficaz dos sólidos para possibilitar o reúso da água.
- Na etapa de fermentação, remova o farelo do atum utilizando métodos secos, como raspagem ou escovação. Limpe os tonéis, coberturas e hidromassagens com água proveniente de outras operações de limpeza, assegurando a manutenção das condições de higiene.
- Na fabricação de cerveja, aproveite os grãos usados como ração animal, seja com 80% de umidade ou secos após evaporação. Descarte o lúpulo úmido e os resíduos adicionando-os aos grãos usados.
- Em beneficiamento de café, se houver um equipamento de remoção de mucilagem, separe a mucilagem do fluxo de esgoto e explore alternativas para o seu tratamento ou utilização como subproduto.

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

- Minimizar o transporte úmido. Procure opções de transporte mecânico que sejam viáveis.
- Instale unidades de recirculação de água com filtros, especialmente para o processamento de água de lavagem.
- Separe e recircule a água de resfriamento dos fluxos de processo e efluentes.
- Reutilizar água de processo que não tenha sido filtrada ou tratada como primeiro enxágue em ciclos de lavagem, ou para limpeza primária de pisos e calhas.
- Use métodos secos, como vibração ou jatos de ar, para limpar frutas e vegetais crus em vez de água.
- Moinhos de açúcar: Utilizar excesso de condensado de água para derretimento, fabricação de magma, diluição de massa cozida, limpeza do sistema evaporador, etc. Além disso, o excesso condensado pode ser resfriado e usado para substituir a água doce, atendendo aos padrões de água potável se ocorrer contato humano ou de alimentos.
- Fermentação: Use a água de enxágue das garrafas para lavagem de caixas.

MODIFICAÇÕES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

- Instale filtros/peneiras em locais estratégicos das instalações para evitar que sólidos entrem no fluxo de esgoto.
- Instale o sistema de controle de nível automático na bomba de água de serviço para verificar o transbordamento dos tanques aéreos.
- Avaliar usando métodos CIP para descontaminação de equipamentos.
- Use mangueiras de alta pressão e baixo volume para limpeza do equipamento.
- Moinhos de Café Molhados: Sempre que possível, procure instalar equipamentos de despulpamento e remoção de mucilagem com eficiência hídrica.
- Moinhos de açúcar: Instalar tanques de retenção para armazenamento de água altamente poluída durante a limpeza do moinho para evitar o choque no carregamento da ETE.

4.3.5 PROCESSAMENTO DE CARNES

PRÁTICAS OPERACIONAIS E DE LIMPEZA

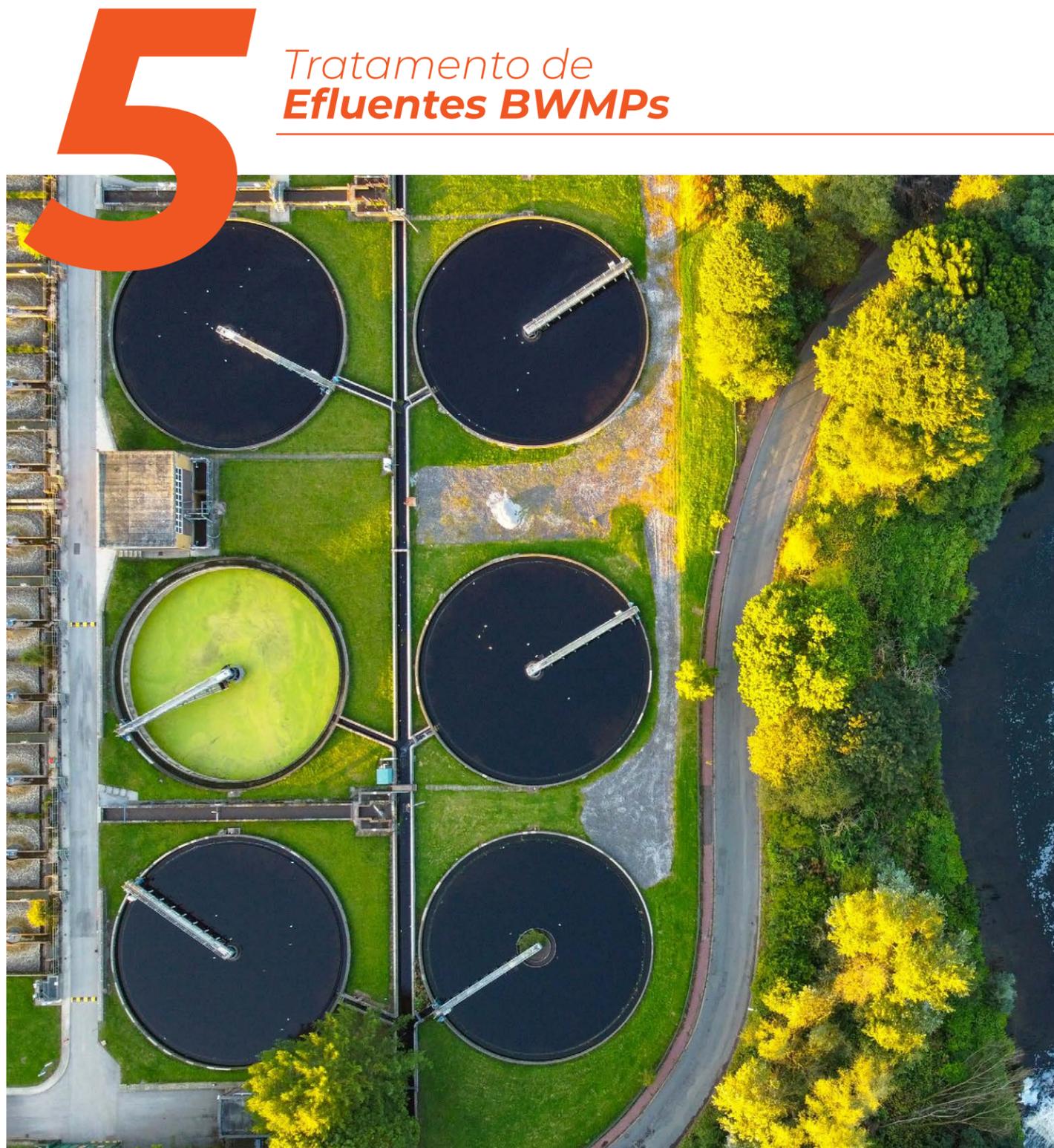
- Opte por utilizar água com temperatura abaixo de 30 °C na lavagem da carcaça para evitar a remoção excessiva de gordura das superfícies.
- Projete instalações de coleta de sangue adequadas para maximizar a separação entre sangue e água. Recupere o sangue para utilização em outras indústrias como um subproduto.
- Separe o estrume do fluxo principal de resíduos e trate-o como resíduo sólido.
- Retire os FOGs das águas residuais no início do processo de tratamento e trate-os como resíduos sólidos ou subprodutos.

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

- Evite o uso de cursos d'água como meio de transporte. Procure o transporte mecânico de sólidos e material particulado.
- Minimizar, tanto quanto possível, a água consumida na produção usando torneiras com desligamento automático, usando pressões de água mais altas e melhorando o layout do processo.
- Separe e recircule a água de resfriamento. Reutilizar águas residuais limpas de sistemas de refrigeração para lavar o gado, se possível.

MODIFICAÇÕES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS

- Utilize sistemas de controle automatizado para regular o fluxo de água nas estações de esterilização de facas e nas pias de lavagem das mãos.
- Antes da limpeza com água, realize uma pré-limpeza a seco dos equipamentos e áreas de produção.
- Evite que resíduos sólidos entrem no fluxo de esgoto removendo-os antecipadamente: empregue ralos de piso e canais de coleta equipados com grades, filtros ou armadilhas FOGs para reduzir a quantidade de sólidos que alcançam a estação de tratamento.



5 Tratamento de Efluentes BWMPs

5.1 QUANDO APLICAR BWMPs DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Após a implementação das práticas de prevenção da poluição, é crucial remover ou reduzir os poluentes remanescentes nas águas residuais para atender aos padrões de qualidade estabelecidos. Os BWMPs para o tratamento das águas residuais podem abarcar uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos destinados a essa finalidade. Esses métodos podem incluir sedimentação, filtração, tratamento químico, tratamento biológico e desinfecção. A seleção dos processos específicos de tratamento de águas residuais depende das características das águas residuais a serem tratadas e dos objetivos de qualidade que devem ser atingidos. Em certos casos, pode ser necessário utilizar tecnologias avançadas de tratamento para atender aos padrões de qualidade da água.

Para escolher as tecnologias de tratamento de efluentes dos BWMPs, é fundamental seguir as etapas delineadas na Figura 2 e descritas de forma mais detalhada nas Seções 5.1.1 a 5.1.3.

FIGURA 2 Etapas para implementação de BWMPs de tratamento de efluentes.

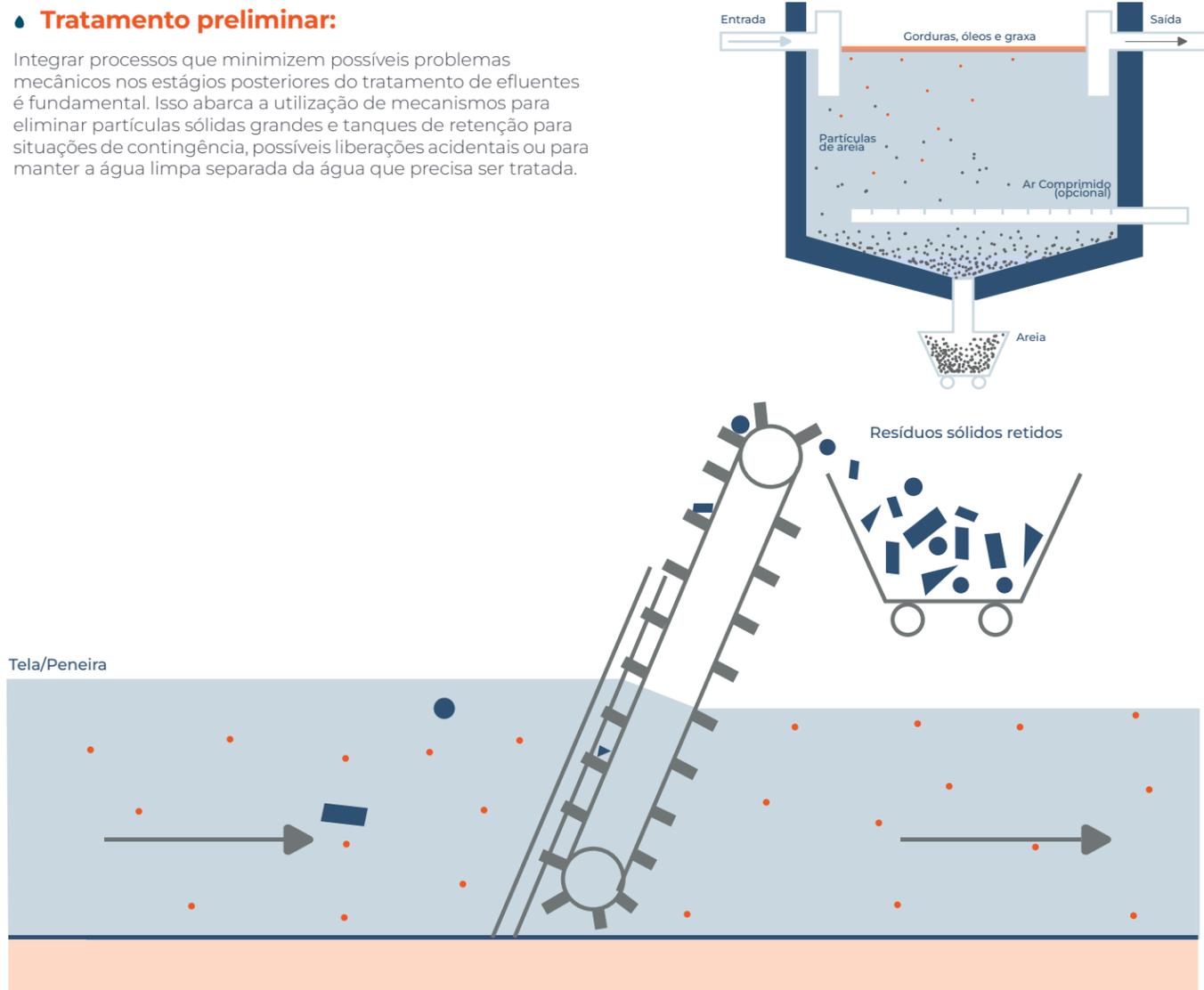


5.1.1 CLASSIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE TRATAMENTO

O tratamento de águas residuais divide-se em quatro categorias principais, cada uma delas resultará na remoção de poluentes específicos do fluxo de águas residuais:

Tratamento preliminar:

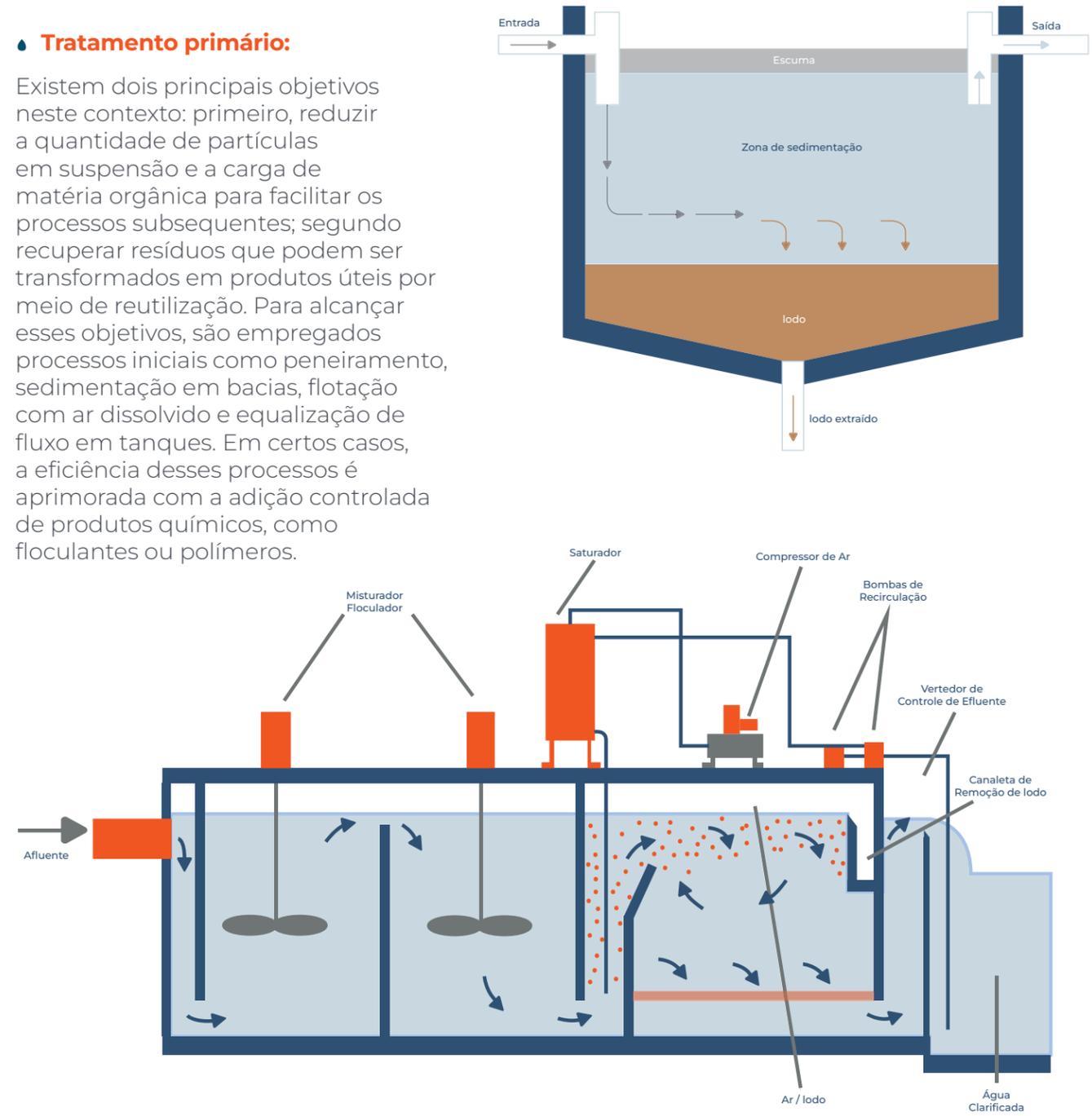
Integrar processos que minimizem possíveis problemas mecânicos nos estágios posteriores do tratamento de efluentes é fundamental. Isso abarca a utilização de mecanismos para eliminar partículas sólidas grandes e tanques de retenção para situações de contingência, possíveis liberações acidentais ou para manter a água limpa separada da água que precisa ser tratada.



Fonte: (Tilley et al., 2014)

Tratamento primário:

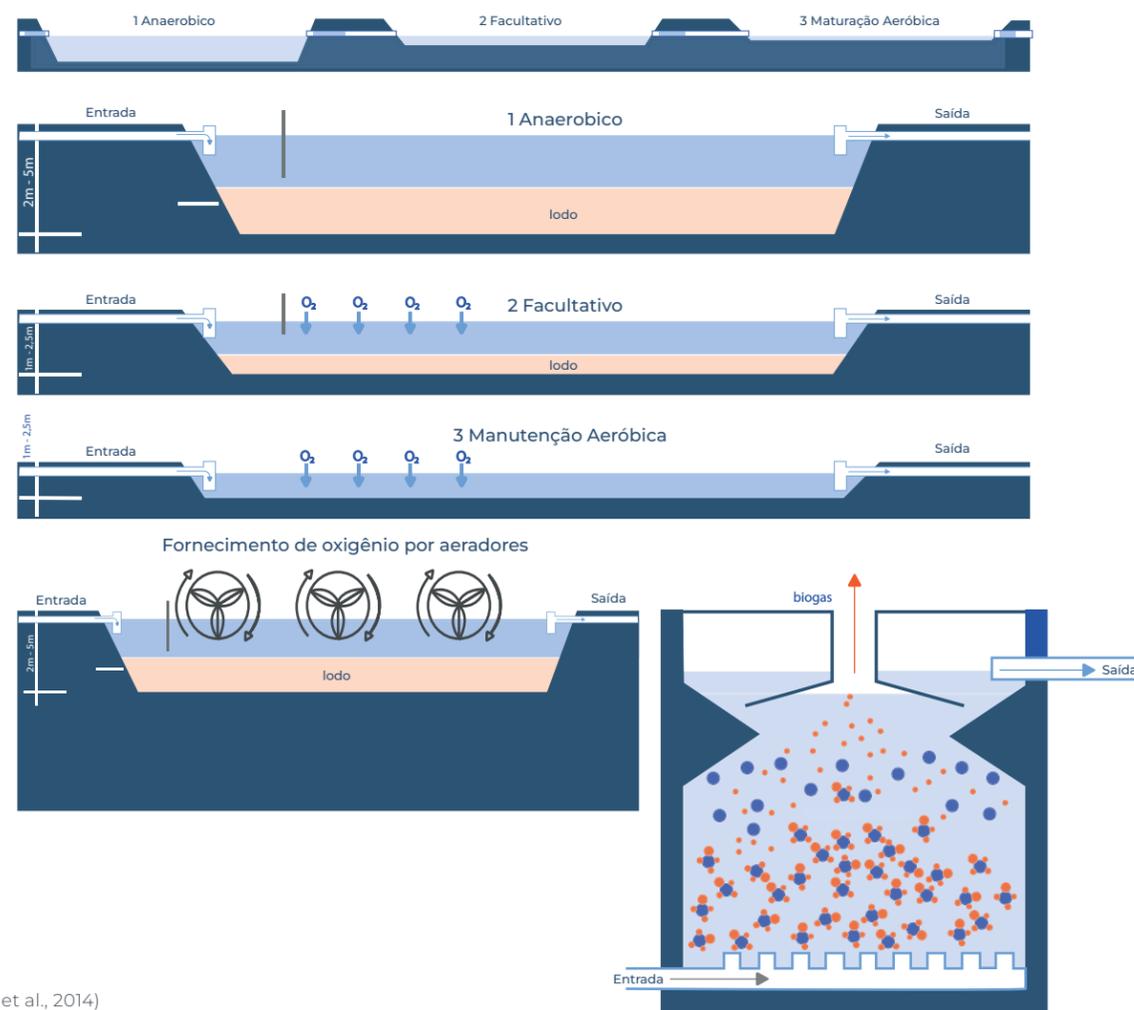
Existem dois principais objetivos neste contexto: primeiro, reduzir a quantidade de partículas em suspensão e a carga de matéria orgânica para facilitar os processos subsequentes; segundo recuperar resíduos que podem ser transformados em produtos úteis por meio de reutilização. Para alcançar esses objetivos, são empregados processos iniciais como peneiramento, sedimentação em bacias, flotação com ar dissolvido e equalização de fluxo em tanques. Em certos casos, a eficiência desses processos é aprimorada com a adição controlada de produtos químicos, como floculantes ou polímeros.



Fonte: (Tilley et al., 2014) | Fonte: Colic et al., 2005

Tratamento secundário:

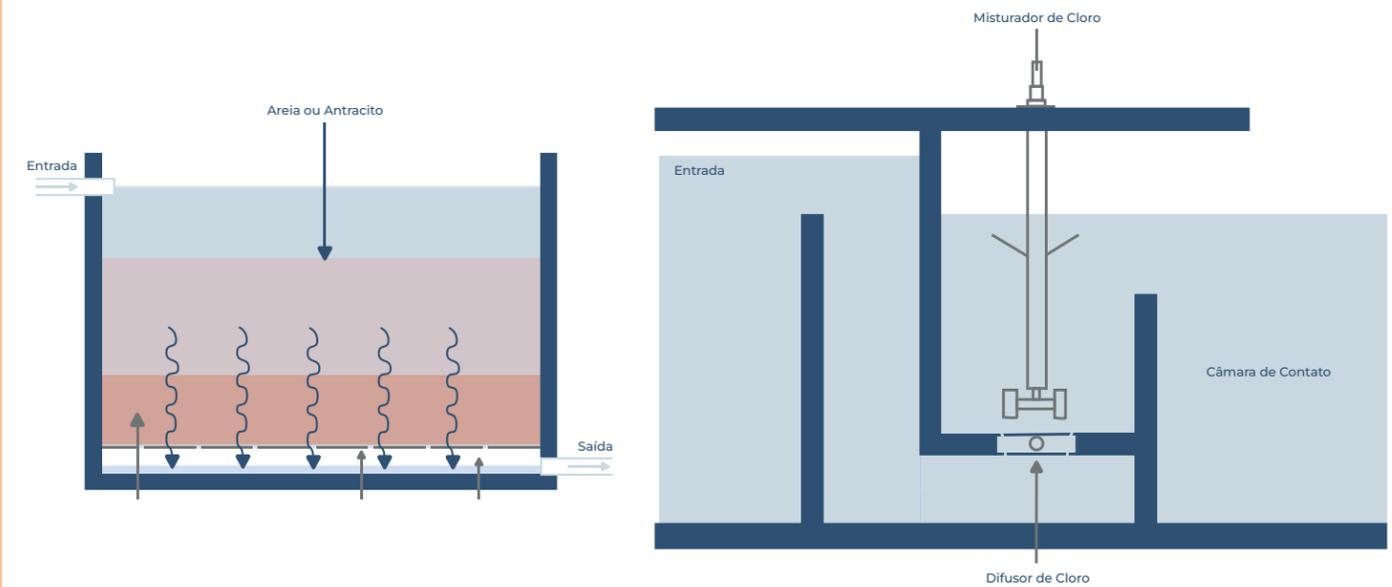
O tratamento secundário tem como principal objetivo reduzir a matéria orgânica remanescente, especialmente na forma de compostos orgânicos solúveis, após o tratamento primário. Embora possa envolver uma combinação de processos físicos e químicos, a abordagem biológica tem sido a preferida. Os processos biológicos podem alcançar altas eficiências, removendo mais de 90% dos poluentes presentes nas águas residuais, se gerenciados de forma adequada. Esses tratamentos podem ser anaeróbios ou aeróbios. Na fermentação anaeróbia, os resíduos líquidos produzem biogás, que é uma fonte alternativa de energia. A Tabela 5 resume de forma comparativa as vantagens e desvantagens dos diversos tipos de tratamento biológico, como lagoas de tratamento, sistemas de lodos ativados, aeração estendida, reatores em batelada de sequenciamento, reatores anaeróbios e outros.



Fonte: (Tilley et al., 2014)

Tratamento terciário

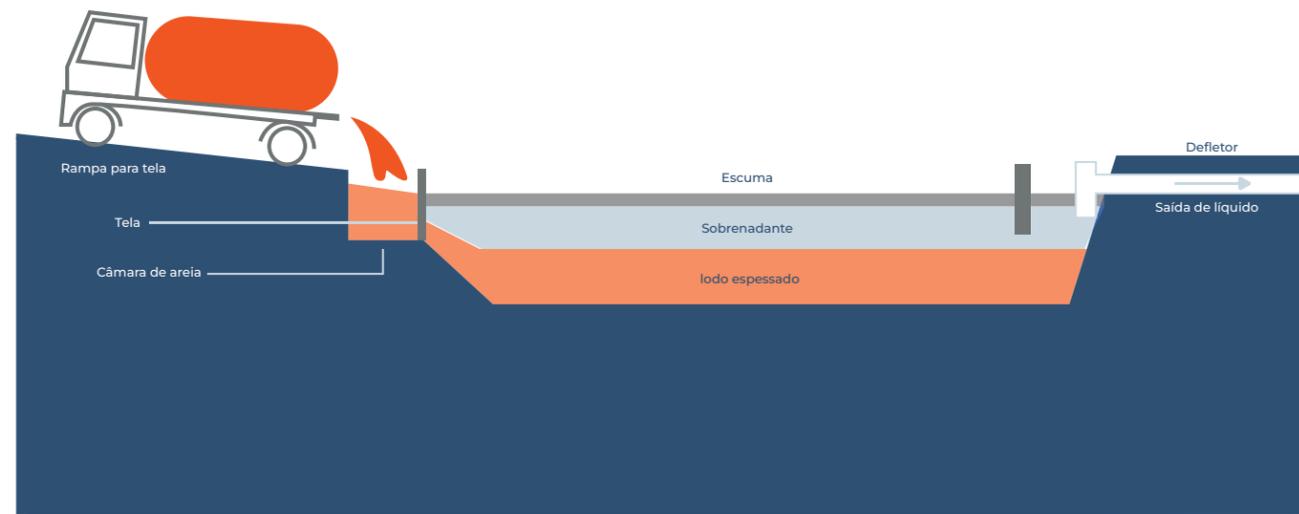
O tratamento terciário ou avançado de águas residuais refere-se a qualquer processo adicional além do tratamento secundário convencional. Seu propósito é remover outras substâncias suspensas ou dissolvidas, como substâncias solúveis resistentes, tóxicas, inorgânicas dissolvidas e outros poluentes menos comuns, conhecidos como poluentes emergentes (PE), que incluem metais, pesticidas, medicamentos veterinários e subprodutos de desinfecção. Além disso, a remoção de N e P é comumente realizada como parte dos objetivos do tratamento terciário de águas residuais. A desinfecção é outra componente do tratamento terciário, com o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos. O método mais comum de desinfecção é a injeção de cloro, embora a luz ultravioleta, a injeção de ozônio e combinações de UV e ozonização também sejam opções atraentes para a desinfecção.



Fonte: (Tilley et al., 2014)

Tratamento de lodo:

o lodo é uma mistura que contém sólidos e líquidos, sendo principalmente composta por matéria orgânica e água, juntamente com elementos como areia, metais, resíduos e diversos compostos químicos. Durante o tratamento de lodo, as etapas mais comuns são o espessamento e a desidratação, com o objetivo de reduzir o teor de água e, assim, diminuir o volume do lodo. O espessamento inicialmente depende da gravidade, mas também pode ser realizado usando correias móveis ou tambores giratórios. A etapa subsequente, a desidratação, envolve secagem em leitos ou processamento intensivo usando centrífugas ou prensas, como as prensas de filtro de correia ou de parafuso. Uma vez devidamente tratado, o lodo pode ser usado na agricultura ou encaminhado para um local de descarte (Tilley et al., 2014).



Fonte: (Tilley et al., 2014)

TABLA 5 Biorreatores utilizados para tratamento de efluentes e produção de biogás (CO2 e CH4)

Tipo de Biorreator	Características do biorreator	Tempo de retenção (dias)	Eficiência na remoção de DQO (%)	Vantagens	Desvantagens	Referências
Sistema de lagoas	Este sistema engloba até 12 lagoas que são utilizadas para resfriamento, mistura e tratamento, tanto anaeróbico quanto facultativo, conforme necessário para os efluentes.	20-200	97	Baixo custo, operação simples, concentração de CH ₄ até 55%	A produção de biogás depende das estações meteorológicas; grandes áreas necessárias; Difícil captura de gás.	(Poh & Chong, 2009)
Filtração anaeróbia	Biorreator com vaso hermético, digestor e controle de temperatura.	15	94	Concentração de CH ₄ até 63%; Controle de pH e T (°C)	Alto custo	(Borja e Banks, 1994)
Biorreator anaeróbio desconcertado modificado	Dispositivo com tanque de alimentação, agitador magnético, bomba peristáltica e camisa d'água.	5-10	93,3 ± 3,8	Concentração de CH ₄ 67-71%, controle de T e pH	Alto custo	(Sung et al., 2019)
Reator de leito fluidizado	Sistema de cama compacta com fluxo ascendente ou descendente.	70	98-80	Altas taxas de carga orgânica, boa área de contato, alta velocidade de fluxo.	Precisa de grandes quantidades de energia de entrada.	(Borja et al., 2001)
Manta anaeróbia de lodo de fluxo ascendente (UASB)	Sistema com bomba, manta de lodo, separador de gás, coletor de gás	Até 200	60-97	Equipamento versátil, capaz de lidar com sólidos suspensos elevados	Longo período de arranque (2-4 meses)	(Ohimain & Izah, 2017)
Reator anaeróbio compartimentado	Conjunto de defletores verticais para escoamento de efluentes, sem partes móveis ou dispositivos de mistura.	3-5	82-92	Simple e econômico, concentração de CH ₄ 50-75%	Inconveniente com efluentes de alta viscosidade	(Faisal & Unno, 2001; Wang et al., 2004)
Lodo anaeróbio de fluxo ascendente filme fixo	Híbrido de UASB e filme fixo up-flow, com bombas, tanques de alimentação, separadores de gás, suportes.	4-40	89-97	Biotransformação rápida da matéria orgânica, concentração de CH ₄ 62-82%	Sistema complexo que requer grande potência de entrada.	(Najafpour et al., 2006)
Reator de tanque agitado contínuo (CSTR)	Reator de tanque fechado mecanicamente agitado para aumentar a área de contato com biomassa.	4	60-83	Fácil operação, concentração de CH ₄ 65-67%	Contém sistemas mecânicos, requer entrada de energia significativa.	(Ohimain & Izah, 2017)

Fonte: Adaptado de Martinez-Burgos et al., 2021, p. 6.)

5.1.2 NÍVEL DE TRATAMENTO NECESSÁRIO

Como mencionado anteriormente, as categorias de tratamento de águas residuais mencionadas têm o propósito de eliminar poluentes específicos presentes no fluxo de águas residuais. A combinação dessas quatro categorias é adaptada para atender aos requisitos de qualidade dos efluentes. Cada tecnologia foi desenvolvida para eliminar certos poluentes, visando diferentes níveis de redução para várias substâncias.

Conforme detalhado na Seção 1.2 e no Anexo 1, cada país possui suas próprias normas regulatórias, e diferentes instituições são responsáveis por estabelecer os critérios de tratamento para os parâmetros de qualidade. A avaliação e os critérios são determinados com base nas políticas de gestão das águas de cada país. Além disso, são definidas as taxas de eficiência de remoção do tratamento conforme a destinação final do efluente. Por exemplo, os parâmetros dependem da capacidade do corpo receptor de água ou da habilidade de o solo infiltrar o efluente durante a reutilização para fertirrigação (consulte a Seção 6.1 para mais informações).

5.1.3 SELEÇÃO DO TRATAMENTO

A concentração dos poluentes-alvo e das cargas orgânicas nos efluentes varia amplamente, não se limita a uma faixa estreita de concentrações e vazões. O perfil do efluente é influenciado pelos poluentes gerados em cada processo

industrial, suas concentrações e vazões individuais, e a vazão dos efluentes engloba tanto o volume gerado quanto as flutuações ao longo do tempo. Essas flutuações são significativas devido aos turnos diários, horários de operação e variações estacionais na produção.

As estimativas de redução de poluentes para cada processo industrial são baseadas numa combinação de informações disponíveis na literatura e na experiência da equipe de estudo. As eficiências de redução reportadas para as tecnologias de tratamento primário e secundário nesses setores geralmente compreendem DBO, DQO, sólidos suspensos totais, nutrientes e gorduras, FOGs. A variedade de eficiências de redução é ampla, refletindo diferenças nas capacidades de projeto, variações nas cargas iniciais de poluentes, experiência dos operadores e sistemas de gerenciamento de águas residuais de cada instalação. Quando se opta pelo nível adequado de tratamento de águas residuais, é fundamental considerar tanto a viabilidade técnica quanto a econômica das opções disponíveis. A análise de custo-benefício ajuda na determinação da opção de tratamento mais econômica que atenda aos requisitos de qualidade do efluente. Além disso, é crucial considerar as possíveis emissões de GEE associadas ao processo de tratamento. A seleção de tecnologias e processos de tratamento deve visar minimizar essas emissões de GEE. Tecnologias de tratamento de águas residuais, como reatores anaeróbios, podem contribuir substancialmente para as emissões globais de GEE se não forem gerenciadas adequadamente.

5.2 REVISÃO DAS

CARACTERÍSTICAS E ABORDAGEM DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA DIFERENTES AGRONEGÓCIOS

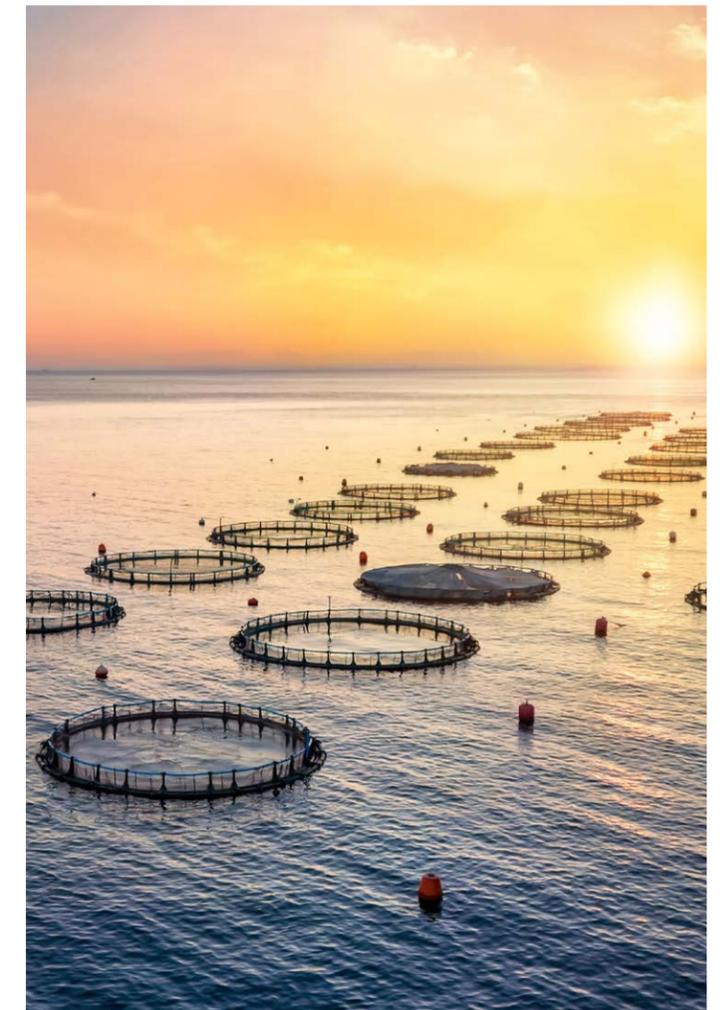
5.2.1 AQUICULTURA

POLUENTES ALVO E CARGAS ORGÂNICAS

A aquicultura gera grandes quantidades de águas residuais contendo compostos como matéria orgânica, altas concentrações de DQO, SST, N e P, conforme apresentado em Tabela 6. Estes dois últimos são considerados importantes componentes residuais da piscicultura, que podem causar sérios problemas ambientais. As altas características orgânicas vêm das sobras de alimentos, fezes de peixes e cadáveres de organismos. Além disso, a presença de hormônios e suplementos usados para aumentar a produtividade como antibióticos são muito comuns (Turcios & Papenbrock, 2014). A melhor maneira de reduzir a quantidade de resíduos descartados é melhorar a gestão de rações (Conselho Coordenador de Aquicultura de Maryland, 2007).

O QUE ESPERAR DO EFLUENTE GERADO

As altas concentrações de matéria orgânica originam-se de restos de alimentos, fezes e organismos mortos, enquanto a proteína provém do uso de hormônios ou suplementos para aumentar a produtividade. A DQO geralmente varia de 500 a 800 mg/L. Nas águas residuais não tratadas de fazendas, as concentrações típicas de sólidos estão em torno de 50 a 80 mg/L. Esses sólidos costumam carregar entre 7% e 32% do N e 30% a 84% do P presentes nas águas residuais. Além disso, nas águas residuais da aquicultura, encontramos outros compostos e PE provenientes de resíduos de ração, antibióticos e alguns hormônios (Turcios & Papenbrock, 2014).



MÉTODOS DE TRATAMENTO ACORDADOS EM COMUM PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA AQUICULTURA

O tratamento de água na aquicultura envolve a remoção de sólidos, oxidação da matéria orgânica e nitrificação. Processos biológicos, como biofiltros submersos, filtros de gotejamento, contadores biológicos rotativos e reatores de leito fluidizado, são amplamente utilizados para a oxidação da matéria orgânica e nitrificação. Além disso, os biofiltros granulares expansíveis podem funcionar tanto como filtros mecânicos quanto biológicos, sendo assim aplicados em sistemas de recirculação (Turcios & Papenbrock, 2014).

Uma abordagem estabelecida e econômica é a tecnologia de zonas úmidas, que emprega plantas halofíticas e é cada vez mais crucial nos sistemas aquícolas de recirculação. É aceitável permitir que as águas residuais passem por uma faixa filtrante construída ou vegetada natural antes de serem reutilizadas em outra lagoa. Essa faixa possibilita a captura de sedimentos, matéria orgânica e outros poluentes através de deposição, infiltração, absorção pela vegetação e decomposição.

Outras opções de tratamento, como lagoas e bacias de decantação, têm demonstrado eficácia (Maryland Aquaculture Coordinating Council, 2007). Estudos têm evidenciado que os sistemas de zonas úmidas são eficazes na remoção considerável de sólidos em suspensão, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, oligoelementos e microrganismos presentes nas águas residuais. As zonas úmidas construídas oferecem vantagens como custos de capital moderados, baixo consumo de energia, baixa necessidade de manutenção, melhoria na estética paisagística e incremento do habitat para a vida selvagem. Tratar os efluentes através da passagem por uma faixa filtrante construída ou vegetada antes do reúso em outra lagoa é uma prática aceitável em um sistema de aquicultura de recirculação, permitindo a captura de sedimentos, matéria orgânica e outros poluentes por deposição, infiltração, absorção pela vegetação, decomposição e volatilização (Maryland Aquaculture Coordinating Council, 2007).

5.2.2 PROCESSAMENTO DE LATICÍNIOS

POLUENTES ALVO E CARGAS ORGÂNICAS

O processamento de laticínios gera águas residuais contendo níveis elevados de DBO, DQO, partículas inorgânicas e orgânicas como carboidratos, açúcares dissolvidos, proteínas, FOG e nutrientes como N, P e K, e possivelmente resíduos de aditivos (Qasim & Mane, 2013). As águas residuais também podem conter uma carga microbiológica, vírus patogênicos e bactérias, de materiais contaminados ou processos de produção. Altos níveis de FOG podem estar presentes devido ao processamento de leite e derivados, o que pode causar problemas com linhas de esgoto e sistemas de tratamento de efluentes.

As águas residuais podem muitas vezes gerar odores que precisam de ser controlados. As fontes dessas substâncias provêm do leite ou derivados perdidos no processo, por exemplo, leite derramado, culturas iniciadoras usadas na fabricação de produtos lácteos, reagentes químicos aplicados em procedimentos de CIP e necessidades sanitárias. Outras fontes de substâncias poluentes podem vir de aditivos usados durante a fabricação, como o processo de salga na produção de queijos, que pode levar a níveis elevados de salinidade nas águas residuais. O principal poluente encontrado nas águas residuais do processamento de laticínios é o soro de leite, atribuído ao seu alto teor orgânico (Kolev Slavov, 2017).



O QUE ESPERAR DO EFLUENTE GERADO

Os pontos cruciais para avaliar uma instalação de processamento de leite ou produção de leite em pó são definidos por alguns parâmetros-chave. Primeiramente, a DBO apresenta uma média de 1.200 mg/L e pode atingir até 4.000 mg/L. Em seguida, a DQO, geralmente é cerca de 1,5 vezes o valor da DBO, com uma média de 2.000 mg/L, podendo chegar até 6.000 mg/L. Além disso, é importante considerar os SST, que podem alcançar até 1.000 mg/L, e a presença de P, que pode variar entre 50-60 mg/L, principalmente proveniente de detergentes e resíduos de produtos de limpeza. A concentração de N é aproximadamente 5-6% do nível de DBO. FOG comumente encontrados nas águas residuais de fábricas de laticínios, suas concentrações variam de 100 a 500 mg/L. É relevante mencionar que os valores de qualidade das águas residuais das fábricas de laticínios podem variar de acordo com os processos específicos utilizados e o tipo de produtos lácteos sendo produzidos, conforme detalhado na Tabela 6.

MÉTODOS DE TRATAMENTO ACORDADOS EM COMUM PARA TRATAR ÁGUAS RESIDUAIS DO PROCESSAMENTO DE LACTICÍNIOS

Os procedimentos de tratamento de água na indústria de laticínios utilizam métodos mecânicos, físico-químicos e biológicos, como mencionado na Tabela 7. O tratamento mecânico, incluindo clarificação, é crucial para equilibrar as variações de volume e fluxo de água, reduzindo a quantidade de partículas em suspensão. Para separar sólidos flutuantes, são empregados dispositivos como caixas de gordura, escumadeiras ou separadores água-óleo. Os métodos físico-químicos são eficazes na remoção de compostos emulsionados, reduzindo a gordura e os colóides proteicos do leite. No entanto, a adição de reagentes aumenta os custos do tratamento. A flotação por ar dissolvido é uma técnica eficaz, pois desestabiliza colóides de proteínas e gorduras, reduzindo a carga orgânica com o uso de coagulantes e floculantes. Entretanto, este método envolve o uso de produtos químicos caros e sintéticos, podendo causar danos ambientais, como a liberação de substâncias nocivas, poluindo corpos d'água e prejudicando a vida aquática (Kolev Slavov, 2017).

Os sistemas biológicos de tratamento de efluentes, como reatores anaeróbios e aeróbios, são preferenciais devido à sua confiabilidade e eficácia na degradação de poluentes biodegradáveis. É importante notar que os ácidos graxos provenientes da gordura do leite na água residual podem inibir o tratamento anaeróbio devido à redução do pH. Os processos aeróbios consomem muita energia e são muitas vezes combinados com processos anaeróbios para atender aos padrões de descarga. O UASB é uma configuração adequada devido à sua capacidade de tratar grandes volumes em um curto período de tempo. Além disso, filtros anaeróbios são comumente usados na fase anaeróbia (Hassan & Nelson, 2012). Os reatores sequenciais e os reatores de bioleito móvel são comuns no tratamento aeróbico devido à sua flexibilidade e capacidade de lidar com diferentes cargas de efluentes (Kolev Slavov, 2017). Os processos de membrana, como microfiltração, eletrodialise e osmose reversa, também são altamente promissores, oferecendo uma separação eficaz entre sólidos e líquidos, altos rendimentos de efluentes, menor tamanho das instalações e menor produção de lodo (Yonar, Sivrioğlu e Özençin, 2018).

5.2.3 ALIMENTOS E BEBIDAS

POLUENTES ALVO E CARGAS ORGÂNICAS

Os efluentes provenientes das indústrias de alimentos e bebidas são compostos principalmente por altos níveis de açúcar, aromatizantes, aditivos corantes e agentes de branqueamento de limpeza, além de conter sais e SST, como fibras e partículas de solo. Em alguns casos, esses efluentes podem conter vestígios de agrotóxicos provenientes da lavagem de matérias-primas (OCETA, 2005). Especificamente nas instalações de processamento de refrigerantes, cervejarias, vinícolas e destilarias, os efluentes são caracterizados por altas concentrações de DBO, SST, P e N.

Outras indústrias, como usinas de açúcar e café, geram efluentes com grande carga de matéria orgânica do processo, como açúcar, bagaço e melaço (usinas de açúcar) e polpa e mucilagem (usinas úmidas de café). A presença desses tipos de matéria orgânica resulta em níveis significativamente altos de DBO e SST, bem como níveis elevados de nutrientes, especialmente N e P. Devido à natureza desses efluentes, é crucial tratar adequadamente as águas residuais, que frequentemente apresentam coloração escura e são ácidas, antes de serem lançadas no meio ambiente.

O QUE ESPERAR DO EFLUENTE GERADO

As águas residuais provenientes do processamento de alimentos congelados, bem como das instalações de frutas e hortaliças, apresentam, em média, níveis de DBO entre 100 e 3.500 mg/L, DQO entre 500 e 5.000 mg/L, e concentrações de sólidos suspensos totais (SST) entre 50 e 1.500 mg/L.

No caso das cervejarias, os efluentes contêm DBO variando de 1.000 a 30.000 mg/L, DQO na faixa de 2.000 a 40.000 mg/L, nitrogênio (N) entre 30 e 100 mg/L, fósforo (P) em concentrações entre 5 e 100 mg/L, e valores de SST variando de 10 a 500 mg/L.

Por outro lado, os efluentes gerados durante a produção de açúcar e café, que são mais úmidos, tipicamente apresentam valores de DQO entre 110.000 e 190.000 mg/L, DBO entre 50.000 e 60.000 mg/L, SST entre 13.000 e 15.000 mg/L, nitrogênio (N) variando de 5.000 a 7.000 mg/L, fósforo (P) na faixa de 2.500 a 2.700 mg/L, com valores de pH oscilando entre 3,0 e 4,0. A Tabela 6 oferece um resumo dessas cargas de poluentes para referência.

MÉTODOS DE TRATAMENTO ACORDADOS EM COMUM PARA TRATAR ÁGUAS RESIDUAIS DE ALIMENTOS E BEBIDAS

A variabilidade na qualidade e quantidade de águas residuais dos processadores de alimentos e bebidas torna impraticável recomendar um processo genérico específico de tratamento de águas residuais como o BWMP para as indústrias de alimentos e bebidas ou seus subsetores. Dependendo do tipo de indústria de processamento de alimentos, as águas residuais contêm carboidratos, proteínas, sais inorgânicos e orgânicos, graxas, óleos e gorduras. O processo específico de tratamento de águas residuais numa instalação deve ser determinado com base no perfil de águas residuais da instalação e no nível de tratamento necessário, para definir tecnologias é normalmente utilizado um processo iterativo para determinar a configuração ótima das etapas de tratamento. Esse processo considera fatores como perfis basais de águas residuais, eficiências de remoção de etapas individuais de tratamento, a capacidade dos equipamentos de tratamento existentes e as especificações finais dos efluentes (OCETA, 2005). Factores como o manuseamento e a eliminação das lamas também podem ter de ser incluídos na análise.

Uma ou um grupo de tecnologias pode ser utilizado em conjunto para atender aos critérios de descarga estabelecidos para os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos. A Tabela 7 mostra uma lista de tecnologias de tratamento comuns usadas em alimentos e bebidas Indústrias. Um tratamento preliminar que consiste em uma tela e vasos de neutralização de pH é comumente necessário. Além disso, um trem de tratamento combinando técnicas físicas, químicas e biológicas (especialmente reatores anaeróbios/digestão ou áreas úmidas) permite altas porcentagens de redução dos principais contaminantes. Sistemas de flotação por ar dissolvido podem ser implementados, pois permitem altas taxas de remoção de DQO, cor e turbidez, mas é importante considerar seus altos custos de energia e possível disposição limitada de lodo devido à sua toxicidade. Eletroquímica, oxidação química e eletro-oxidação, microfiltração e osmose reversa são outras tecnologias de tratamento emergentes relatadas nas indústrias de alimentos e bebidas que alcançam altas eficiências de remoção de DQO, DBO e SST (Shrivastava et al., 2022).

Muitas indústrias de alimentos e bebidas também usam lagoas de tratamento, pois elas podem ser uma maneira econômica de tratar a água, no entanto, é aconselhável que elas incluam um projeto, monitoramento e manutenção adequados para garantir o desempenho contínuo da lagoa de tratamento e evitar impactos negativos no meio ambiente.



5.2.4 PROCESSAMENTO DE CARNES

POLUENTES ALVO E CARGAS ORGÂNICAS

A composição dos efluentes de outras indústrias de proteína animal depende em grande parte do tipo de animal abatido. As águas residuais contêm poluentes como sangue, bolsa (estômago e intestino), esterco, urina, aparas de carne, pelos, penas, gordura, desinfetantes, etc. (Kharat, 2019). As águas residuais geradas como resultado de unidades de abate e processamento têm uma quantidade elevada de matéria orgânica, FOGs, nutrientes, patógenos (especialmente *E. coli* e *Salmonella*) e, às vezes, antibióticos e metais pesados como cobre, cromo, molibdênio, níquel, titânio, zinco e vanádio (World Bank Group, 2007).

A qualidade das águas residuais é significativamente influenciada pela transformação na unidade de processamento de carne. O processo de renderização contribui com cerca de 60% da carga orgânica total de uma planta. A eficácia da coleta de sangue é um fator significativo na determinação da concentração de DBO em águas residuárias de processamento de carne. O grau em que o esterco (urina e fezes), especialmente das áreas receptoras, é tratado separadamente como resíduos sólidos é um fator significativo que determina o DBO das águas residuárias do processamento de carne (US EPA, 2002).

O QUE ESPERAR DO EFLUENTE GERADO

Em instalações de processamento de carne, considerando a separação do sangue no processo, a DBO pode estar entre 150-5.500 mg/L, a DQO pode estar entre 500 – 16.000 mg/L e os níveis de SST podem estar entre 0,1-10.000 mg/L. O N pode estar entre 50-850 e o P pode estar entre 25-200; Tabela 6 mostra um resumo dos valores dos poluentes. Patógenos como *Salmonella*, *E. coli*, *Shigella* bactérias, ovos de parasitas e cistos amebianos também podem estar presentes. Resíduos de pesticidas podem estar presentes a partir do tratamento dos animais ou de seus alimentos. Maus odores também estão comumente presentes. A presença e concentração de patógenos dependerão da eficácia das práticas de higienização e desinfecção utilizadas durante as operações de processamento.

METODOLOGIA DE TRATAMENTO ACORDADA EM COMUM PARA TRATAR ÁGUAS RESIDUAIS DE PROCESSAMENTO DE CARNE.

O tipo de tratamento depende das características do efluente, da disponibilidade de instalações de tratamento e dos padrões de descarga do efluente. A Tabela 7 apresenta uma lista de tecnologias de tratamento utilizadas em instalações de processamento de carne. Em geral, o tratamento biológico (especialmente digestores/reatores anaeróbicos) é geralmente empregado em relação a outras opções de tratamento, como eletrocoagulação, separação por membrana e oxidação avançada para o efluente do processo de abate.

Tratamentos químicos, especialmente os não biodegradáveis, não são recomendados, pois a adição de produtos químicos aumenta o custo do tratamento e a dificuldade na disposição do lodo químico torna esse processo economicamente desfavorável. Priorizar as etapas de peneiramento e sedimentação dessas instalações para reduzir as cargas orgânicas e sólidos grosseiros o máximo possível é importante. A maioria das instalações de tratamento também deve implementar estágios de desinfecção para matar ou inativar patógenos nocivos no efluente antes de descarregá-lo no meio ambiente (Kharat, 2019). Sistemas de flotação por ar dissolvido podem ser implementados, pois permitem altas taxas de remoção de DQO, cor e turbidez. No entanto, é importante considerar seus altos custos de energia e possível disposição limitada de lodo devido à sua toxicidade (Bustillo-Lecompte et al., 2016).

Ao implementar biodigestores, é importante considerar que a entrada de efluente deve ser cuidadosamente controlada para evitar altos níveis de substâncias inibitórias, como metais pesados e antibióticos. A saída de água do biodigestor (digestato) deve ser tratada posteriormente, pois ainda contém matéria orgânica, patógenos, odor e nutrientes como N e P que podem poluir a água se não forem gerenciados adequadamente. É recomendável continuar o tratamento do digestato com reatores aeróbicos e sistemas de filtração. Se a saída de biogás for considerada para geração de energia ou aplicações de aquecimento, a dessulfurização e a remoção de umidade devem ser feitas. A Tabela 6 mostra um resumo comparativo das cargas poluentes no efluente das quatro indústrias mencionadas acima, e a Tabela 7 resume as tecnologias de tratamento comuns para esses diferentes processos agroindustriais.

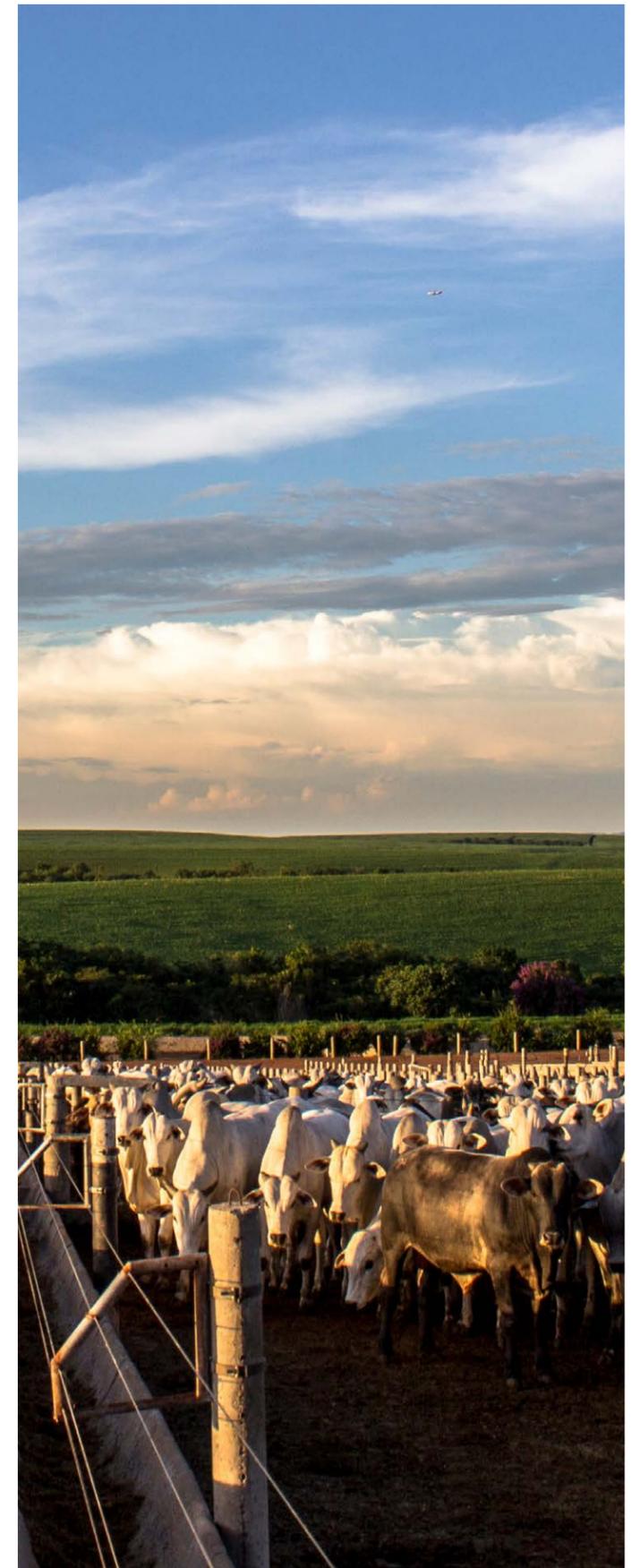


TABELA 6 Resumo comparativo das cargas de poluentes em águas residuárias de diferentes indústrias. **TABELA 7** Resumo das tecnologias comuns de tratamento para processos agroindustriais

Setor	Exemplo	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	pH
AQUICULTURA	Instalação de processamento de aquicultura (Igwegbe & Onukwuli, 2019).	50-350	500-800	50-80	5,0-20	18-50	6,0-8,0
PROCESSAMENTO DE LATICÍNIOS	Indústrias de produção de queijo (Hung & Britz, 2006).	5,000-60,000	2,300-30,000	2,000-12,000	100-170	40-100	3,5-5,5
	Instalações de processamento de leite/produção de leite em pó (Hung & Britz, 2006)	2,000-6,000	1,200-4,000	350-1,000	100-170	50-60	8,0-11,0
	Instalações de processamento de soro de leite (Hung & Britz, 2006).	68,800	35,000	1,300	1,400	370-640	4,6
PROCESSAMENTO DE CARNES	Abatedouro **(Bustillo-Lecompte et al., 2016).	500-16,000	150-8,500	0,1-10,000	50-850	25-200	4,9-8,1
ALIMENTOS E BEBIDAS	Engenhos de açúcar com destilarias gastam água de lavagem (Dhote et al., 2021).	110,000 - 190,000	50,000-60,000	13,000 - 15,000	5,000 - 7,000	2,500 - 2,700	3,0-4,0

**Os valores máximos mostrados dependem da separação do sangue e do esterco, o sangue tem uma DQO de aproximadamente 375.000 mg/L e uma DBO de aproximadamente 150.000-200.000 (Yetilmezsoy et al., 2022).

Indústria	Tratamento preliminar	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Tratamento das lamas
AQUICULTURA	Peneiras, filtros mecânicos.	Bacia de sedimentação, clarificador, centrífuga.	Biofiltros submersos, filtros de gotejamento, contadores biológicos rotativos, reatores de leito fluidizado.	Áreas úmidas construídas.	O lodo resultante do tratamento inicial e subsequente precisa passar por desidratação antes de ser descartado. Isso pode ser feito utilizando leitos de secagem de lodo, centrífugas ou decantadores. Recomenda-se levar a desidratação adiante para transformar o lodo em bio sólidos que possam ser reutilizados.
PROCESSAMENTO DE LATICÍNIOS	Equalização de vazão, peneiras, filtros mecânicos, caixas de gordura, ou separadores de água de óleo.	Coagulação e floculação, FAD e regulação do pH (se necessário).	Os tratamentos biológicos aeróbios/anaeróbios incluem lagoas revestidas aeróbias/anaeróbias, reatores aeróbios, filtros anaeróbios, UASB e biofiltros.	Cloro, UV (se patógenos estiverem presentes).	
PROCESSAMENTO DE CARNES	Equalização de fluxo, telas e filtros mecânicos.	Bacia de sedimentação, FAD e regulação do pH (se necessário).	O tratamento anaeróbio, como filtros anaeróbios e UASB, é seguido por reatores aeróbios ou lagoas.	Cloro, UV (se patógenos estiverem presentes, especialmente se as águas residuais forem irrigadas).	
ALIMENTOS E BEBIDAS	Equalização de fluxo, telas e filtros mecânicos.	Bacia de sedimentação, FAD e regulação do pH (se necessário).	Os tratamentos biológicos aeróbios/anaeróbios incluem lagoas revestidas aeróbias/anaeróbias, reatores aeróbios, filtros anaeróbios, UASB e biofiltros.	Cloro, UV (se patógenos estiverem presentes, especialmente se as águas residuais forem irrigadas). Filtro multimídia, filtro de areia, filtro de tecido, ultrafiltração, microfiltração.	

6

Gestão de Efluentes



6.1 GESTÃO DE EFLUENTES E AVALIAÇÃO DE RISCOS

Na hora de decidir como descartar as águas residuais, alguns fatores importantes costumam ser levados em consideração: a proximidade de corpos d'água receptores, a disponibilidade de sistemas de esgoto e a conveniência do processo. Esse processo geralmente implica na análise de diferentes opções de descarte, levando em conta os padrões de descarga menos rigorosos aplicáveis àquela indústria específica.

Embora a proximidade de corpos d'água e a disponibilidade de sistemas de esgoto sejam aspectos cruciais para a escolha do local de vazão das águas residuais, é fundamental que as instalações estejam cientes dos possíveis impactos ambientais que suas descargas podem ocasionar. Para lidar com essa questão, é recomendado que todas as instalações que realizam descarte de águas residuais conduzam uma avaliação de risco dessa descarga e possivelmente utilizem uma metodologia de avaliação de risco para gerenciar eficazmente esses potenciais riscos. A Seção 6.4 oferece diretrizes gerais sobre como realizar essa avaliação de risco de descarga.

Nesse contexto, o risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável, sendo comumente avaliado ao optar por diferentes cursos de ação. Várias indústrias e organizações, como engenharia, economia, saúde

pública, medicina, gestão de recursos naturais, irrigação e biossegurança, fazem uso da avaliação de risco. A avaliação de riscos ambientais abrange a análise das interações entre os valores ambientais, os estressores e as ações de gestão para proteger esses valores. Seu objetivo é avaliar os potenciais impactos dos estressores sobre os valores ambientais.

6.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS DESCARGAS DE ÁGUAS RESIDUAIS

6.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA DESCARGA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

- Antes de serem descartadas, as águas residuais não devem aumentar a temperatura na borda da zona de mistura de descarga (DMZ) em mais de 3°C em relação à temperatura ambiente. Essa DMZ é uma área cientificamente definida, levando em conta a qualidade da água ambiente, o uso da água receptora e sua capacidade de assimilação, e outros fatores.
- Não descarregar nas águas superficiais as lamas produzidas no tratamento de águas residuais

6.2.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA DESCARGA EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (DESCARGA INDIRETA)

- A descarga não deve interferir, direta ou indiretamente, na operação e manutenção dos sistemas de coleta e tratamento, representar risco à saúde ou segurança dos trabalhadores ou impactar negativamente as características dos resíduos das operações de tratamento de águas residuais.
- As águas residuais devem ser direcionadas para sistemas de tratamento municipal ou centralizados que possuam capacidade suficiente para atender aos padrões regulatórios locais para o tratamento das águas residuais geradas pelo projeto.
- Mesmo que os sistemas de tratamento de águas residuais municipais ou centralizados que recebem águas residuais do projeto tenham capacidade adequada para manter a conformidade regulamentar, o pré-tratamento de águas residuais para atender aos requisitos regulamentares antes da descarga do local do projeto deve ser implementado.
- Não descarregar nenhum lodo produzido no tratamento de efluentes nos sistemas de esgoto sanitário.

6.2.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA DESCARGA EM ÁGUAS COSTEIRAS (ESTUÁRIOS, BAÍAS) OU MAR ABERTO

- Evite áreas com altas taxas de erosão costeira para evitar a degradação do solo e a destruição do habitat.
- Escolha um local de descarga que esteja longe de áreas sensíveis, como recifes de coral, reservas marinhas e áreas de pesca.
- Esteja ciente de que os estuários são menos capazes de aceitar e dispersar efluentes devido à sua natureza rasa e confinada, e também podem reter partículas onde as águas doces e salinas se encontram, potencialmente levando ao acúmulo tóxico (Conselho Nacional de Pesquisa (EUA), 1993).
- Não descarregar nas águas costeiras ou nos portos as lamas produzidas no tratamento de águas residuais.
- Normalmente, não existem parâmetros de descarga específicos para a descarga de águas residuais em águas costeiras no quadro de regulamentação da ALC. Por conseguinte, é importante realizar um estudo de avaliação do risco de descarga que considere a DMZ (ver secção 6.4) para assegurar práticas responsáveis de descarga de águas residuais e minimizar o seu impacto nos ecossistemas costeiros.

QUANDO APLICAR A AVALIAÇÃO DE RISCO DE DESCARGA EM ÁGUAS COSTEIRAS

- A DMZ é uma área ou volume de água específico no ambiente receptivo de um lançamento de efluentes, onde ocorre a primeira diluição do efluente. Nesta zona, é possível aceitar uma ultrapassagem dos padrões e limites de qualidade da água, contribuindo para uma gestão sustentável das atividades de descarga e minimizando seus impactos no meio ambiente e na saúde humana (Campos et al., 2022).
- A intensidade e o alcance dos efeitos das águas residuais na DMZ dependem de vários fatores (Campos et al., 2022), como a qualidade e quantidade dos efluentes liberados, a saúde do ambiente receptor antes da mistura dos efluentes (no caso de novas descargas, essas características prévias são determinadas antes da permissão), a proximidade da descarga para receptores “sensíveis”, incluindo habitats protegidos e outros recursos naturais, bem como as atividades humanas no ambiente. A hidrodinâmica da massa de água, incluindo aquelas na zona de mistura, e as interações físicas, químicas e biológicas entre a descarga e o meio receptor, além da capacidade do ambiente receptor em absorver os poluentes presentes na descarga, também são determinantes na avaliação.

6.2.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA IRRIGAÇÃO DA PAISAGEM, FERTIRRIGAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS PARA FINS AGRÍCOLAS.

- Tal como acontece com a descarga para águas costeiras, devido à falta de regulamentos conclusivos sobre a irrigação de águas residuais em muitos países da ALC, é crucial realizar uma avaliação abrangente do risco da via de descarga.
- Como diretriz, recomenda-se selecionar um local de referência por 0,1 km² dentro da área de irrigação, pois o solo nessa área serve como um indicador abrangente de todos os materiais aplicados. Para monitorar o acúmulo de metais e a potencial contaminação de águas superficiais ou subterrâneas, amostras de solo devem ser coletadas antes do início da irrigação e anualmente no início da época de aplicação. De acordo com PNUMA (2005), para sistemas com um fluxo diário de água superior a 567.000 L, é aconselhável coletar amostras de solo duas vezes por ano. Testar consistentemente o solo do mesmo local anualmente pode servir como um sistema de alerta precoce para potenciais riscos ambientais.
- De acordo com as diretrizes da FAO (1992), uma série de parâmetros essenciais e potenciais consequências associadas à fertirrigação, irrigação da paisagem ou infiltração são detalhados a seguir. Para especificações adicionais relativas a estes parâmetros, consultar o Anexo 3.

FATORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

- ◆ **Condutividade Elétrica (CE) e Concentrações de Íons:** Parâmetros como as concentrações de íons sódio, cálcio e magnésio, juntamente com a condutividade elétrica (CE), são fundamentais na avaliação da qualidade da água para irrigação. Valores altos de CE indicam maior presença de sais na água. O acúmulo excessivo de sais no solo pode prejudicar o crescimento das plantas, dificultar a absorção de água e resultar na degradação do solo, como a salinização. O sódio, sendo um cátion, quando presente em excesso, pode causar dispersão do solo e subsequente compactação. Isso impacta a estrutura do solo, reduzindo a infiltração de água e a penetração das raízes das plantas.
- ◆ **Sólidos em Suspensão:** Essas partículas sólidas têm a tendência de se acumular no solo, exigindo secagem periódica para uma adequada recuperação da capacidade de infiltração. Em solos com diferentes texturas, a profundidade em que os sólidos em suspensão penetram varia. Os solos mais granulares permitem uma penetração mais profunda de partículas finas e coloidais. Contudo, na maioria dos casos, os solos funcionam como filtros eficazes, removendo os sólidos em suspensão do efluente de esgoto após a percolação através da zona de vadosa.
- ◆ **DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio):** Os sistemas de irrigação, fertirrigação e infiltração da paisagem podem gerenciar altas cargas de DBO, muitas vezes reduzindo os níveis de DBO a quantidades insignificantes após uma distância relativamente curta de percolação através do solo. Quando águas residuais não tratadas com níveis elevados de DBO5 são usadas para irrigação, fertirrigação ou infiltração, podem levar a efeitos adversos, como desequilíbrios de nutrientes, contaminação de águas subterrâneas, redução da infiltração de água e aumento da suscetibilidade a doenças nas culturas.
- ◆ **Microrganismos patogênicos:** As águas residuais podem conter bactérias prejudiciais, como Salmonella, Shigella, micobactérias e E. Coli. O solo atua como um filtro natural, efetivamente removendo esses microrganismos dos efluentes de águas residuais. As bactérias são fisicamente retidas, enquanto os vírus são adsorvidos, sendo que fatores como pH, concentração de sal e cátions específicos influenciam esse processo de adsorção. Medidas eficazes incluem a redução dos níveis de bactérias no efluente de esgoto antes da infiltração e a garantia de características adequadas do solo no sistema de irrigação.

NUTRIENTES

- ◆ **Nitrogênio:** As águas residuais contêm várias formas de N, incluindo nitrogênio orgânico, amônio e nitrato. A composição depende de processos de tratamento prévios. A forma e a concentração adequadas de N nas águas residuais tratadas devem estar alinhadas com as necessidades das culturas, a proteção das águas subterrâneas e os usos alternativos potenciais. O manejo controlado da forma e concentração de nitrogênio pode ser alcançado através de taxas de carregamento hidráulico e ciclos de infiltração inundaçãoseca.
- ◆ **Fósforo:** Os efluentes de processos agroindustriais podem conter um teor significativo de P. Este elemento pode sofrer conversão biológica em fosfato. Sua mobilidade e disponibilidade no solo são influenciadas por fatores como pH e composição do solo. Em solos calcários, o fosfato pode precipitar-se com cálcio, enquanto em solos ácidos, reage com óxidos de ferro e alumínio para formar compostos insolúveis. A mobilidade do fosfato varia nos diferentes tipos de solo.

OLIGOELEMENTOS

- ◆ **Metais pesados:** Elementos como metais pesados, flúor e boro são considerados oligoelementos. Na maioria dos casos, os metais ficam retidos no solo, com o pH desempenhando um papel na sua imobilização. O flúor interage com os componentes do solo, formando compostos insolúveis como o fluoreto de cálcio. A mobilidade do boro é influenciada pela textura do solo, com adsorção sobre partículas argilosas.

Ao se envolver em irrigação ou fertirrigação de águas residuais tratadas, é importante considerar ter uma capacidade de armazenamento de águas residuais antes da irrigação. O armazenamento é muito importante devido à irrigação durante as estações não agrícolas, onde o método de aplicação não é contínuo. O percentual de segurança recomendado para o armazenamento de água nesse contexto pode variar com base em vários fatores, incluindo o clima local, os tipos de culturas, as condições do solo e as práticas específicas de irrigação/fertirrigação empregadas. Geralmente, uma porcentagem de segurança de cerca de 20-30% do armazenamento poderia servir como ponto de partida. Isso permite flutuações imprevistas na demanda e na oferta de água, dando um amortecedor contra variações em fatores como precipitação, evaporação e mudanças nas necessidades de água das culturas.

QUANDO APLICAR A AVALIAÇÃO DE RISCO DE DESCARGA PARA IRRIGAÇÃO COM EFLUENTES TRATADOS

- A avaliação do risco na descarga auxilia na determinação da capacidade adequada do campo de irrigação para receber as águas residuais. É crucial notar que utilizar águas residuais para irrigação tem suas vantagens, como a melhoria nos níveis de nutrientes (N, P, K), matéria orgânica do solo, aumento da atividade microbiana e melhor estrutura física do solo. Contudo, é igualmente fundamental reconhecer as desvantagens potenciais, como o aumento da contaminação do solo e dos alimentos, elevação nos níveis de patógenos, presença de antibióticos e concentração elevada de metais pesados no solo e nos produtos vegetais (Singh, 2021).
- Durante a análise de avaliação de risco, é fundamental levar em consideração diversos elementos, como a avaliação da Razão de Adsorção de Sódio (SAR) (consulte o Anexo 3 e o Tabela A-3.2 para informações detalhadas), modelos de transporte de carga de DBO e estudos de infiltração. Com uma avaliação de risco abrangente, torna-se possível identificar possíveis riscos e implementar medidas eficazes para mitigá-los.
- Vários resultados essenciais derivados da avaliação de risco orientarão a definição do volume máximo permitido de águas residuais para irrigação ou infiltração, estabelecerão a qualidade aceitável dessas águas para esses usos, auxiliarão na criação de um cronograma apropriado para a irrigação ou infiltração, ajudarão na escolha da técnica adequada para esses processos, fixarão limites superiores para as concentrações de sal, regulamentarão os níveis do lençol freático e possibilitarão a implementação de um eficiente sistema de monitoramento.
- Em geral, como medida de controle padrão, é aconselhável garantir que os sistemas de irrigação/infiltração não contaminem as águas subterrâneas; O monitoramento das áreas de gradiente ascendente e descendente é crucial. Devem ser instalados poços de monitorização e devem ser colhidas amostras de água no início e no final da época de irrigação para verificar se existem sinais de contaminação das águas residuais. (PNUMA, 2005). Nota: Para a construção e monitoramento de poços, recomenda-se a adesão à norma ASTM D5092/D5092M-16. Esta norma fornece diretrizes e melhores práticas para projetar, construir e monitorar poços de monitoramento de águas subterrâneas.

6.3 REÚSO DE EFLUENTES

Embora o lançamento de águas residuais seja uma prática comumente aceita e regulamentada, é importante notar que a promoção de medidas de reutilização de águas residuais tratadas está se tornando cada vez mais reconhecida como um passo positivo para alcançar os ODS e promover práticas sustentáveis. Além disso, é fundamental reconhecer que a utilização de águas residuais tratadas, seja ela reintroduzida no processo produtivo ou empregada para outras atividades humanas, é uma prática significativa e benéfica, em contraste com o lançamento direto em cursos

d'água sem finalidade aparente. Quando políticas, tecnologias e incentivos financeiros apropriados são implementados, as águas residuais podem ser um recurso valioso.

Alguns benefícios potenciais da reutilização de águas residuais tratadas são os seguintes:

- Conservação de água: O reúso de efluentes tratados reduz a demanda por água potável.
- Gestão ambiental: A reutilização de águas residuais tratadas pode ajudar a reduzir a poluição dos corpos hídricos e evitar a liberação de substâncias nocivas para o ambiente.

- Uso industrial: As águas residuais tratadas podem ser utilizadas em alguns processos industriais, como sistemas de refrigeração ou para fins de limpeza, o que pode reduzir a necessidade de água doce e reduzir os custos operacionais.
- Uso agrícola: As águas residuais tratadas podem ser usadas para irrigação, fertirrigação e outros fins agrícolas, reduzindo a necessidade de água doce.
- Economia de custos: A reutilização de águas residuais tratadas pode ser rentável em comparação com outras fontes de água, especialmente em áreas onde a água doce é escassa ou cara.
- Economia de energia: O tratamento e o transporte de água doce exigem energia, e a reutilização de águas residuais tratadas pode ajudar a reduzir o consumo de energia e as emissões de GEE.

Algumas considerações importantes na reutilização de efluentes tratados são:

- Saúde e segurança: Para garantir a segurança, as águas residuais tratadas podem precisar de desinfecção, dependendo da sua finalidade.
- Qualidade do tratamento de águas residuais: O tratamento deve atender aos padrões necessários para o uso pretendido.
- Disponibilidade e demanda de água: A reutilização de águas residuais tratadas pode ajudar a preservar os recursos de água doce. No entanto, é crucial não depender excessivamente delas ou prejudicar outros usos essenciais da água, como o abastecimento humano.
- Percepção pública: O reúso de águas residuais tratadas pode gerar preocupações públicas sobre a sua atratividade e higiene. Comunicar claramente os benefícios e medidas de segurança do uso de águas residuais tratadas é essencial para obter a aceitação pública.

- Requisitos regulamentares e legais: A utilização de águas residuais tratadas está sujeita a normas e leis que variam conforme o local e a finalidade de uso. É relevante observar que alguns países estão em processo de desenvolvimento de diretrizes ou regulamentos para garantir o reúso seguro das águas residuais, levando em consideração a saúde tanto do meio ambiente quanto das pessoas.
- Monitoramento e manutenção: O monitoramento e a manutenção contínuos dos sistemas de tratamento e reúso de efluentes são necessários para garantir a qualidade e a segurança dos efluentes tratados e evitar falhas ou mau funcionamento do sistema.

6.4 AVALIAÇÃO BASEADA NO RISCO DA DESCARGA DE ÁGUAS RESIDUAIS

6.4.1 DECISÃO DE REALIZAR UMA AVALIAÇÃO DE RISCO

La selección de rutas de descarga de aguas A seleção baseada no risco das vias de descarga de águas residuais deve considerar vários fatores, tais como o volume e a qualidade das águas residuais, a sensibilidade do ambiente receptor e os impactos potenciais na saúde humana e na vida aquática. Além disso, uma metodologia de avaliação de riscos, como a desenvolvida pela EPA Victoria (2009), pode ser usada para identificar e avaliar os perigos e riscos potenciais associados à descarga de águas residuais e desenvolver medidas de mitigação adequadas.

Ao considerar a irrigação, fertirrigação ou infiltração de águas residuárias tratadas para uso agrícola ou paisagístico, é crucial reconhecer a possibilidade da presença de água subterrânea e sua sensibilidade às características da água. Assim, devem ser tomadas medidas adequadas para garantir que qualquer potencial contaminação das águas subterrâneas seja devidamente gerida. Figura 4 resume uma rápida revisão de um receptor sensível à via para irrigação de águas residuais.

A decisão de realizar uma avaliação dos riscos deve, na maioria dos casos, ser iniciada diretamente pelo descarregador de águas residuais quando (EPA Vitória, 2009):

- Não existem regulamentos estabelecidos sobre a descarga de águas residuais numa determinada massa de água ou para fins como a irrigação.
- O corpo de água no qual as águas residuais serão lançadas tem uma importância ecológica significativa e pode ser facilmente identificado como tal, como sendo uma reserva aquática, uma zona húmida RAMSAR, um rio patrimonial, um plano costeiro ou um rio comunitário local. Certos tipos de corpos d'água, como estuários, lagos e áreas úmidas, são altamente vulneráveis a impactos e devem ser cuidadosamente considerados em termos de sua suscetibilidade a danos ambientais.
- O nível potencial de impacto de acordo com os constituintes da descarga, suas concentrações, nível de toxicidade e persistência no ambiente, e a capacidade de diluição do corpo d'água em condições de baixa vazão. Isso é particularmente importante se as condições de baixo fluxo forem previstas para aumentar devido às mudanças climáticas, impactando o tamanho da zona de mistura.

Quando não está claro qual nível de avaliação é necessário, pode-se adotar uma abordagem hierárquica. Isso significa começar com uma

análise menos complexa e aumentar gradualmente a profundidade da análise conforme necessário, como explicado com mais detalhes na Seção 6.4.2. Através dessa progressão, é possível obter informações suficientes. Essa abordagem assegura que os recursos e o tempo sejam utilizados de forma eficaz para obter o conhecimento essencial para tomar decisões gerenciais bem fundamentadas.

6.4.2 REALIZAÇÃO DE UMA AVALIAÇÃO DE RISCO

Se optar por fazer uma avaliação de riscos, é recomendável contar com um consultor ou uma empresa especializada com experiência técnica para conduzi-la. No Anexo 4, encontram-se diretrizes abordando os principais critérios a considerar ao escolher um consultor ou especialista em avaliação de riscos. O processo envolve quatro etapas, ilustradas na Figura 3 e descritas minuciosamente a seguir. O Anexo 5 oferece um exemplo prático de aplicação da avaliação de riscos.

NÍVEL 1 - COLETA DE INFORMAÇÕES E DEFINIÇÃO DE RISCOS POTENCIAIS

Coleta e compilação de todas as informações e dados disponíveis sobre as utilizações benéficas e características de um corpo hídrico, bem como os fatores que podem impactar essas utilizações devido às descargas. Esse processo envolve monitoramento do efluente, modelagem do efluente, revisão da literatura e análise dos planos locais. Dentro da avaliação de nível 1, uma etapa fundamental é a avaliação do possível impacto no corpo d'água resultante dos fatores estressantes provenientes das descargas. Essa avaliação é essencial para entender e quantificar os riscos associados às atividades de maior impacto. Durante esse processo, é crucial considerar vários usos sensíveis do corpo d'água, como ecossistemas aquáticos, atividades recreativas principais ou secundárias, valores culturais e espirituais indígenas, e aquicultura. Para representar de maneira abrangente a complexa interação entre parâmetros, ameaças e fatores contribuintes, a representação visual dessa relação pode ser útil. As Figuras 4 e 5 apresentam exemplos ilustrativos dessas relações, auxiliando em uma compreensão mais clara das complexidades envolvidas.

Quando as descargas vizinhas ou outros fatores de influência são claramente identificáveis, é recomendável considerar uma abordagem de avaliação de risco cumulativo. Isso segue as diretrizes estabelecidas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA no "Framework for Cumulative Risk Assessment" (EPA, 2003).

NÍVEL 2 - SCREENING

Incluindo como padrão o cumprimento dos parâmetros de descarga estabelecidos ou calculados aplicáveis, se houver, e pode incluir divulgações específicas da empresa, como manter um ecossistema aquático saudável (ou seja, comunidades de macro invertebrados, biodiversidade ou populações de peixes nativos) ou garantir que não haja impacto significativo no curso d'água, causado pela descarga.

NÍVEL 3 - COLETA DE INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Se existir um plano de descarga direta em águas superficiais ou costeiras, pode ser necessário realizar estudos de zona de mistura de descarga ou testes iniciais de qualidade da água. Por outro lado, para fins de irrigação, recomenda-se a realização de vários testes, como testes de permeabilidade, medições de lençol freático e avaliações da cobertura do solo.

NÍVEL 4 - ESCOPO

Avaliar o nível de risco utilizando as informações coletadas para avaliar os riscos potenciais associados à via de descarga. Priorizar os caminhos com base no nível de risco identificado. Se os dados indicarem que o nível de risco é aceitável, o local pode ser utilizado para descarga de águas residuais ou irrigação. O pessoal responsável pelo local deve assegurar a aplicação das medidas de controlo necessárias, o que inclui medidas de monitorização e controlo identificadas durante a fase de definição do âmbito, para além das específicas do local. No entanto, se os dados revelarem que o nível de risco é inaceitável, o pessoal do local deve considerar vias de descarga alternativas ou realizar estudos de modelização mais avançados.

MEDIDAS DE COMUNICAÇÃO E MONITORIZAÇÃO

Após a conclusão da avaliação de riscos, é necessário compilar um relatório que descreva os riscos identificados e as estratégias de gerenciamento de riscos para mitigá-los. Essas estratégias podem envolver a modificação do processo de tratamento de efluentes ou a implementação de medidas de controle para minimizar a exposição.

É igualmente crucial monitorizar e rever regularmente a eficácia das estratégias de gestão dos riscos e atualizar a avaliação dos riscos, se necessário. Além dos parâmetros de monitoramento da qualidade da água, o monitoramento pode incluir avaliações de águas subterrâneas e salinidade (no caso de irrigação de águas residuais), análise e interpretação de dados biológicos, cálculo da mudança do índice de qualidade da água do rio para rastrear quaisquer mudanças ao longo do tempo, realização de testes de ecotoxicidade e monitoramento da diversidade de comunidades de macro invertebrados ou plânctons.

FIGURA 3 Revisão do procedimento hierárquico de análise de risco para as vias de descarga

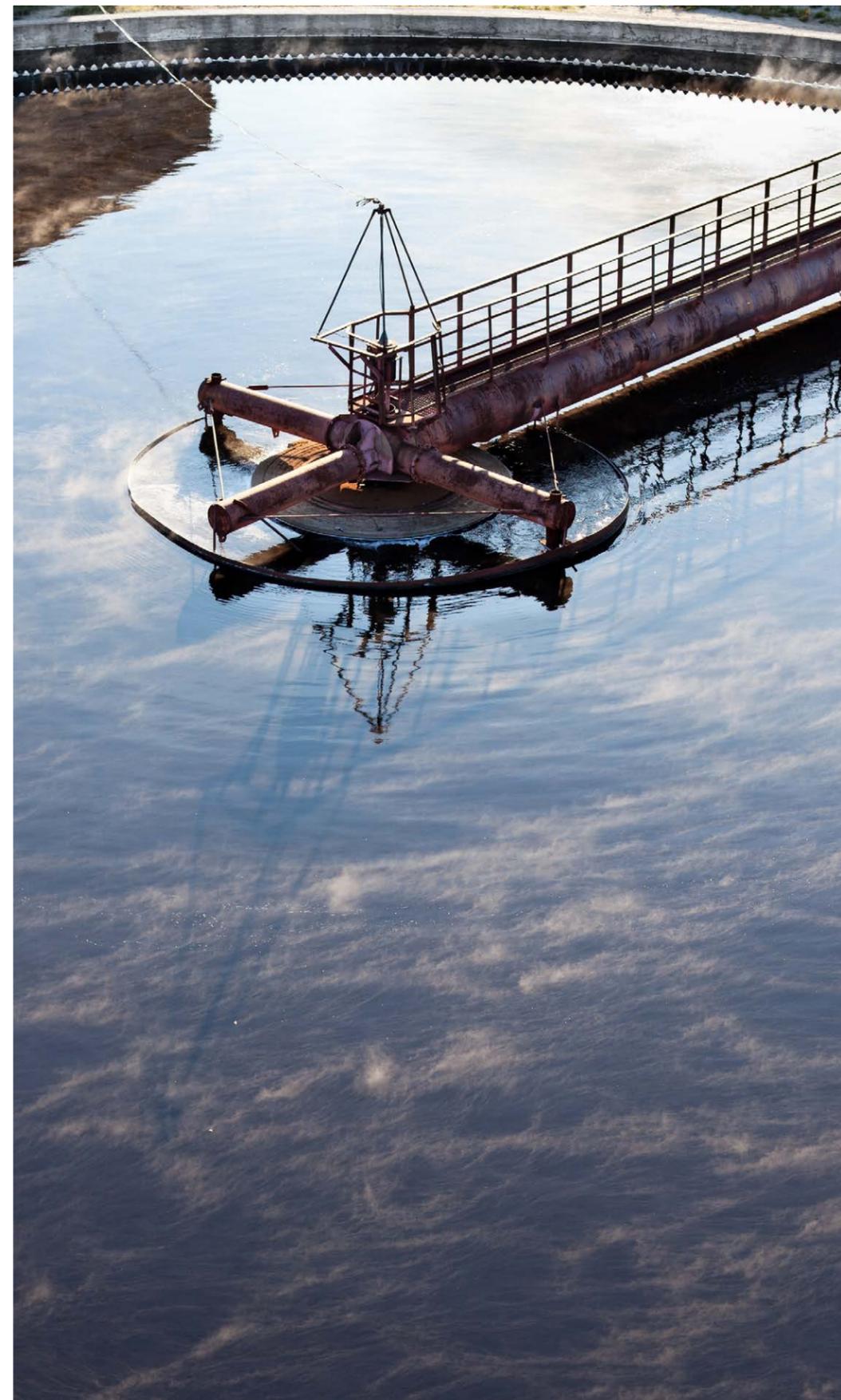


FIGURA 4 Exemplo de revisão de receptores sensíveis à via para irrigação de águas residuais

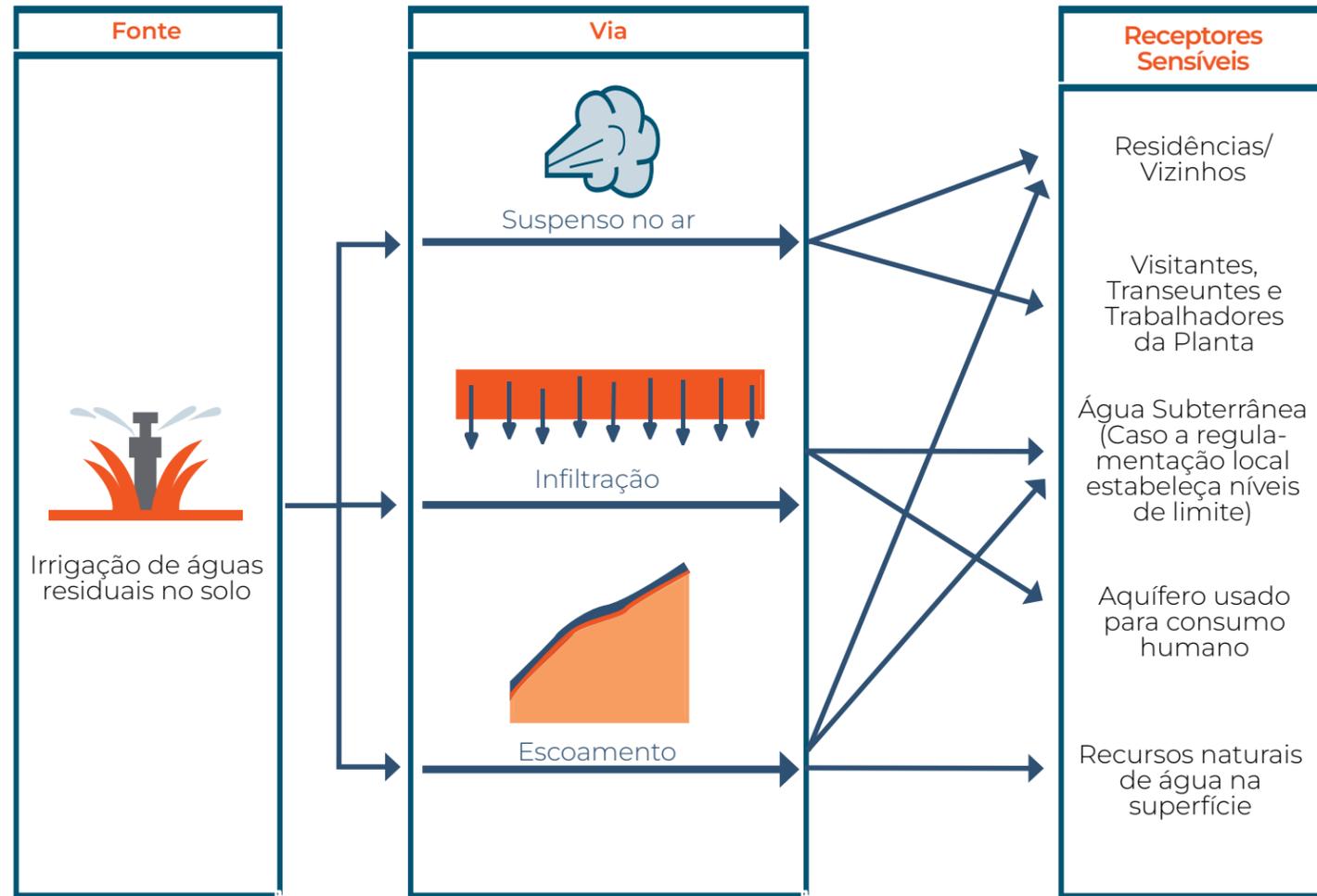
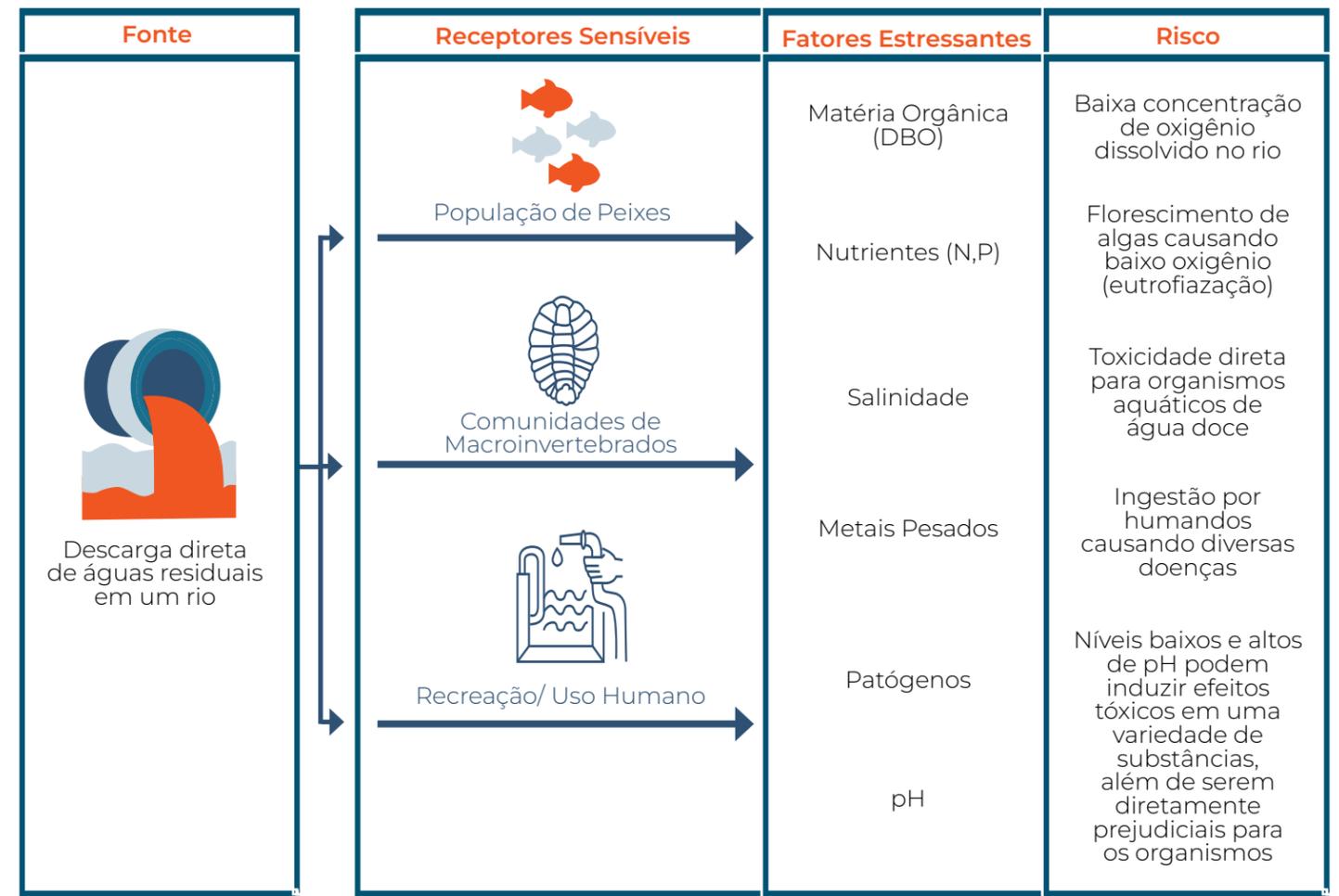


FIGURA 5 Exemplo de estressor e definição de risco para uma descarga direta em um rio



6.5 MONITORAMENTO DE EFLUENTES

6.5.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Para atingir o(s) objetivo(s) de um programa de monitoramento da qualidade das águas residuais e da água, é essencial desenvolver e implementar um programa com recursos suficientes e supervisão da gestão. O programa deve abranger os elementos descritos nas seguintes seções:

QUALIDADE DOS DADOS

Recomenda-se que os programas de monitoramento sigam protocolos de coleta, preservação e análise de amostras sancionados internacionalmente. Globalmente, os métodos normalizados para o exame da água e das águas residuais. 24^a ed. Washington DC: APHA Press; 2023 são sugeridos como a melhor metodologia analítica para parâmetros de águas residuais. Os principais parâmetros e métodos analíticos para águas residuais são resumidos em Tabela 8 Parâmetros convencionais para águas residuais adaptados de (ZDHC Wastewater Guidelines, 2022).

A colheita de amostras deve ser efetuada por pessoal treinado ou sob a sua supervisão. Além disso, a análise das amostras deve ser realizada por laboratórios autorizados ou certificados para este fim específico.

SELEÇÃO DE PARÂMETROS

Ao selecionar os parâmetros de monitoramento, é crucial escolher aqueles que são indicativos dos poluentes de preocupação do processo. Isso inclui parâmetros que são regulamentados sob requisitos de conformidade.

AMOSTRAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

O monitoramento das águas residuais deve levar em conta as características de descarga do processo ao longo do tempo. Ao monitorar descargas de processos que envolvem fabricação em lote ou variações sazonais do processo, as variações dependentes do tempo nas descargas devem ser levadas em consideração (por exemplo, benefícios de café e engenhos de açúcar). Como tal, o monitoramento dessas descargas é mais intrincado do que o monitoramento de descargas contínuas.

Efluentes de processos altamente variáveis podem necessitar de amostragem mais frequente ou métodos compostos. Para obter uma melhor compreensão das concentrações médias dos poluentes ao longo de 24 horas, amostras de captura ou, se houver equipamento automatizado disponível, amostras compostas podem ser utilizadas. No entanto, os amostradores compostos podem não ser adequados para analitos preocupantes de curta duração, como aqueles que são rapidamente degradados ou voláteis (por exemplo, FOGs e coliformes fecais).

Os regulamentos locais e outros requisitos para a monitorização das águas residuais e da qualidade da água devem ser sempre a principal prioridade e devem substituir quaisquer orientações ou recomendações gerais. Embora a frequência sugerida de amostragem possa ser um bom ponto de partida, é essencial entender e cumprir as regulamentações e exigências locais estabelecidas pelas agências reguladoras. Uma referência rápida para parâmetros de desempenho e controle sugeridos para estações de tratamento é resumida em Tabela 8.

TABELA 8 Métodos padrão convencionais para análise e teste de parâmetros de águas residuais

Parâmetro	Unidade	Métodos-padrão (ME) para análise e teste
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	SM 2320
Nitrogênio Amônio (NH ₄ -N)	mg/L	SM 4500 NH ₃ - D/E/F/G/H
Demanda Bioquímica de Oxigênio concentração de 5 dias (DBO ₅)	mg/L	SM 5210-B
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	SM 5220-D
Cor (436nm; 525nm; 620nm)	m-1	SM 2120B/C/D/E
Condutividade Elétrica	µS/cm	SM 2510
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	SM 4500-O-G
<i>Escherichia coli</i> d (<i>E. Coli</i>)	NMP/100mL	SM 9221-F/G
Coliformes Totais	NMP /100mL	SM 9221-B
Óleo & Graxa	mg/L	SM 5520-B/C
Nitratos	mg (N-NO ₃)/L	
pH	ph	SM 4500-NO ₃ - B/C/D/E/F/H/I/J
Sólidos sedimentáveis	mL/L	SM 4500-H+
Sódio (Na+), Cálcio (Ca++) e Magnésio (Mg++)	mg/L	SM 2540F
Diferença de temperatura	°C	SM 3500-Na, 3500-CA, 3500-MG
Fenóis Totais / Índice de Fenóis	mg/L	SM 2550
Cloro Total	mg/L	SM 5530-B/C
Sólidos Dissolvidos Totais (TDS)	mg/L	SM4500-CI-G
Nitrogênio Total (TN)	mg/L	SM 2540-C
Fósforo Total (TP)	mg/L	SM 4500P/J SM 4500N/B SM 4500N/C
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	SM 4500P-J
Total de sólidos voláteis suspensos	mg/L	
Turbidez	NTU	SM 2540D
Ácidos graxos voláteis (VFAs)	mg/L	SM 2540E

LOCAIS DE AMOSTRAGEM

A seleção do local de monitoramento deve ter como objetivo fornecer dados representativos de toda a descarga de águas residuais. Podem ser instaladas estações de amostragem de efluentes no ponto de descarga final e em locais estratégicos a montante, antes da fusão de diferentes descargas. As descargas do processo não devem ser diluídas antes ou depois do tratamento para cumprir os padrões de descarga ou de qualidade ambiental da água. A Figura 6 resume uma referência rápida para a localização da amostragem em toda a ETE.

FIGURA 6 Fluxograma genérico para identificação dos pontos de monitoramento de água de processo e efluentes.

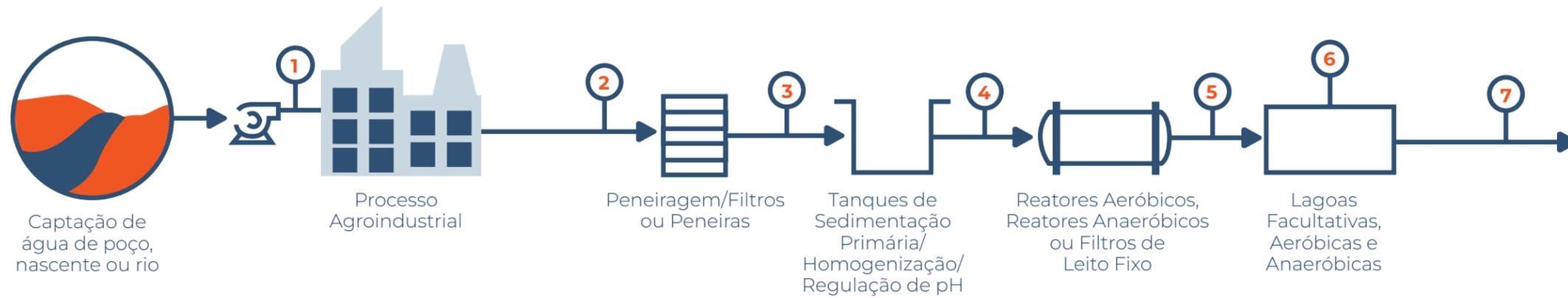


TABELA 9 Descrição dos pontos de amostragem e dos requisitos analíticos para as amostras de águas de processo e de águas residuais (a utilizar em conjunto com a figura A-4.1).

Ponto de monitoramento	Descrição do ponto de monitoramento	Análise de Desempenho*			Análise de Controle (On Site) ***			
		Parâmetros	Tipo de amostragem	Frequência Sugerida	Parâmetros	Tipo de Amostragem	Frequência Sugerida	Equipamento sugerido
1) Entrada de água de processo	A principal fonte de água para o processo, por exemplo, água de rio ou água de um poço.	Temperatura (in-situ), condutividade (in situ) e pH (in situ).	Amostra simples (Pelo menos 6 durante a campanha de monitoramento)	Trimestral*	Vazão (m ³ /dia)	Medição direta	Diário	Hidrômetro
		DQO, DBO, SST, TP e TN.	Composto (Pelo menos 6 subamostras)		pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Medidor de pH digital
		Coliformes fecais e FOGs	Amostra simples (1 amostra durante a campanha de monitoramento).		Turbidez (NTU)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Turbidimetria
					SDT (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Medidor SDT digital ou medidor portátil
					Cloro residual (ppm)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Verificador de cloro residual
2) Águas residuais não tratadas.	Entrada de águas residuais para o sistema de tratamento (geralmente antes do peneiramento ou em tanques de armazenamento de águas residuais) ou antes da eliminação (se não houver tratamento)	pH (in-situ)	Simple (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	Vazão (m ³ /dia)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Hidrômetro
		DQO, DBO, SST, Sólidos Voláteis Suspensos Totais e Alcalinidade.	Composto (6 subamostras)		pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor de pH digital
		Coliformes fecais e FOGs	Simple		Sólidos Fixáveis (mL/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Cone de Imhoff
					DQO (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Espectrofotômetro
3) Após telas, peneiras rotativas ou filtros*	Saída de águas residuais de peneiras, peneiras rotativas ou filtros	pH (in-situ) e Sólidos Sedimentáveis (in-situ).	Simple (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	Sólidos Fixáveis (mL/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor de pH digital
		DQO, DBO e SST.	Composto (6 subamostras)		SDT (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Cone de Imhoff

Punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Análisis de rendimiento*			Análisis de control (in situ)**			
		Parámetros	Tipo de muestreo	Frecuencia sugerida	Parámetros	Tipo de muestreo	Frecuencia sugerida	Equipo sugerido
4) Tanques de homogeneização, tanques de regulação de pH e tanques de sedimentação primária*	Saída de águas residuais dos tanques de homogeneização, tanques de regulação de pH e tanques de sedimentação primária	Temperatura (in-situ), pH (in-situ) e sólidos fixáveis (in-situ).	Simples (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor de pH digital
		DQO, DBO, SST, nitratos e alcalinidade.	Composto (6 subamostras)		Sólidos Fixáveis (mL/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Cone de Imhoff
5) Reatores aeróbios, anaeróbios ou filtros de leito*	Saída de águas residuais de reatores aeróbios, reatores anaeróbios ou filtros de leito gotejante.	pH (in-situ)	Simples (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Medidor de pH digital
		OD (Reatores aeróbios), DQO, DBO, SST e VFAs (reatores anaeróbios)	Composto (6 subamostras)		DQO (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Espectrofotômetro
					OD (mg/L ou %)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor DO
					Temperatura (°C)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Termômetro Digital
					Fluxo de biogás (reatores anaeróbios) (m ³ /dia)	Medição direta	Diário	Medidor de biogás
6) Lagoas aeróbias, lagoas anaeróbias ou lagoas facultativas	Produção de águas residuais de Lagoas Aeróbias, Lagoas Anaeróbias ou Lagoas Facultativas.	pH (in-situ)	Simples (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Medidor de pH digital
		OD (Reatores aeróbios), DQO, DBO, SST e VFAs (reatores anaeróbios)	Composto (6 subamostras)		DQO (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Espectrofotômetro
					OD (mg/L ou %)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor DO
					Temperatura (°C)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Termômetro Digital
7) Efluentes de águas residuais	Na descarga de águas residuais.	Temperatura (in-situ), condutividade (in situ) e pH (in situ),	Simples (para cada uma das 6 subamostras)	Trimestral*	Vazão (m ³ /dia)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Hidrômetro
		DQO, DBO, SST, Fósforo Total e Nitrogênio Total.	Composto (6 subamostras)		pH	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor de pH digital
		Se a água for usada para irrigação ou infiltração, inclua as seguintes análises: Sódio (Na ⁺), Cálcio (Ca ⁺⁺) e Magnésio (Mg ⁺⁺)	Simples		Turbidez (NTU)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Semanalmente	Turbidimetria
					SDT (mg/L)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Medidor SDT digital ou medidor portátil
					Cloro residual (ppm)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Verificador de cloro residual
					CE (uS/cm)	Amostras pontuais de curta duração (grab samples)	Diário	Conduvímeter eletrônico

* Deve ser amostrado e analisado por um laboratório certificado por terceiros. ** Para processos que estão parados considere fazer o acompanhamento mensal durante o período de trabalho. Parâmetros mínimos sugeridos de análise de controle, outros parâmetros como SST (mg/L) podem ser adicionados se houver equipamentos disponíveis, também considere adicionar testes de umidade de lodo se necessário.

7

Revisão de Estudo de Caso para Boas Práticas de Gestão de Efluentes no Setor do Agronegócio



7.1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA PARA UMA REVISÃO DE ESTUDO DE CASO

Os processos na indústria agroindustrial geram grandes volumes de efluentes com características altamente poluentes, conforme observado na última seção. Isso destaca a necessidade crucial de implementar as melhores práticas de gestão de águas residuais para aprimorar a sustentabilidade ambiental, cumprir os regulamentos, proteger a saúde pública e garantir o sucesso a longo prazo dos empreendimentos. O propósito desta seção é oferecer uma visão compreensiva do estado atual da gestão de águas residuais nessas indústrias e identificar áreas de aprimoramento. Através dessa análise de estudos de caso, o GBP tem o objetivo de fornecer informações úteis para os stakeholders do setor do agronegócio, incluindo proprietários de empresas, visando incentivar a adoção das BWMPs e promover melhorias contínuas em alinhamento com práticas operacionais sustentáveis.

Cada estudo de caso apresenta uma breve descrição do processo, uma lista de BWMPs bem-sucedidas para prevenção da poluição e tratamento de águas residuais, uma descrição dos controles críticos no processo e outras oportunidades identificadas durante esta avaliação.

7.2 CASO 1: PLANTA DE PROCESSAMENTO DE SUCO DE LIMÃO

7.2.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Uma unidade de processamento de suco de limão processa aproximadamente 250 mil toneladas de limões por ano durante o período de março a agosto. Essa indústria produz diversos produtos industrializados, incluindo óleo, suco, polpa e casca. O processo de produção envolve diversas etapas que consomem água, tais como lavagem, extração de suco, extração de óleo, separação de polpa e suco, além da limpeza dos equipamentos por meio do processo Clean-in-Place (CIP). Durante essas atividades, são geradas quantidades consideráveis de águas residuais contendo matéria orgânica, açúcares, ácidos e outros contaminantes. Para tratar esses efluentes, a indústria opera uma estação de tratamento com capacidade máxima de 8.500 m³/dia, operando 24 horas por dia, sete dias por semana.

7.2.2 MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE EFLUENTES

PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO BWMP EM VIGOR

- Utilização de técnicas CIP para higienização dos equipamentos.
- Reutilização da água proveniente do condensado dos frutos, do rejeito dos equipamentos de osmose e da água de resfriamento empregada em torres e tanques, dentro do processo, a fim de minimizar a produção de efluentes.
- Implementação de equipamentos de controle automático na estação de tratamento de efluentes para monitorar, analisar e apresentar em tempo real dados referentes aos níveis de água, vazão, pH e temperatura.
- Realização de inspeções periódicas na ETE por meio de medições diárias dos parâmetros de qualidade da água para garantir o controle interno, demandando a presença de pessoal dedicado.
- Utilização de medidores de vazão para monitorar o consumo de água e instalação de válvulas solenoides para interromper o fluxo de água quando os equipamentos não estão em operação e não há necessidade de água.
- Reaproveitamento do efluente para irrigação dos campos onde estão cultivados os limoeiros.

TRATAMENTO DE EFLUENTES BWMP NO LOCAL

- Inicialmente, a Estação de Tratamento de Águas Residuais começou suas operações utilizando apenas as etapas preliminar e primária. Nessa fase, os sólidos foram separados usando filtros estáticos, e depois foi aplicado um processo físico-químico com equipamentos de flotação por ar dissolvido (FAD) para diminuir os SST e as cargas de DBO. Contudo, a necessidade de aprimorar ainda mais a qualidade do efluente levou à adição de duas etapas extras, resultando na implementação da fase de tratamento secundário.
- Para melhorar a eficiência na remoção de poluentes, foi fundamental instalar um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) com capacidade de 7.500 m³ (tratamento secundário).
- Posteriormente, uma terceira etapa foi incorporada, incluindo a instalação de um sistema de lodos ativados com capacidade de 10.000 m³. Isso contribuiu para aprimorar a eficiência do tratamento e expandir a área de irrigação. Além disso, foi implementada uma caldeira a biogás, que elevou a eficácia da remoção de DQO no UASB, pois o reator foi aquecido.

7.2.3 CONTROLES E MONITORAMENTO CRÍTICOS

- Dado que a água sem tratamento possui um pH muito baixo, é fundamental utilizar grandes quantidades de água de cal para neutralizá-la antes de entrar na fase anaeróbica.
- O processo de tratamento biológico é significativamente impactado por perturbações frequentes e consideráveis no fluxo e nas cargas de entrada. Portanto, controlar a saída do processo FAD é uma etapa crucial para assegurar um tratamento eficaz na Unidade de UASB.
- Como a água é reaproveitada para irrigar os limoeiros, monitorar diariamente a qualidade do efluente é essencial para prevenir a contaminação do solo.

- A análise de parâmetros como salinidade, permeabilidade e níveis de água subterrânea é apropriada para garantir que o efluente não esteja causando efeitos adversos na composição do solo.

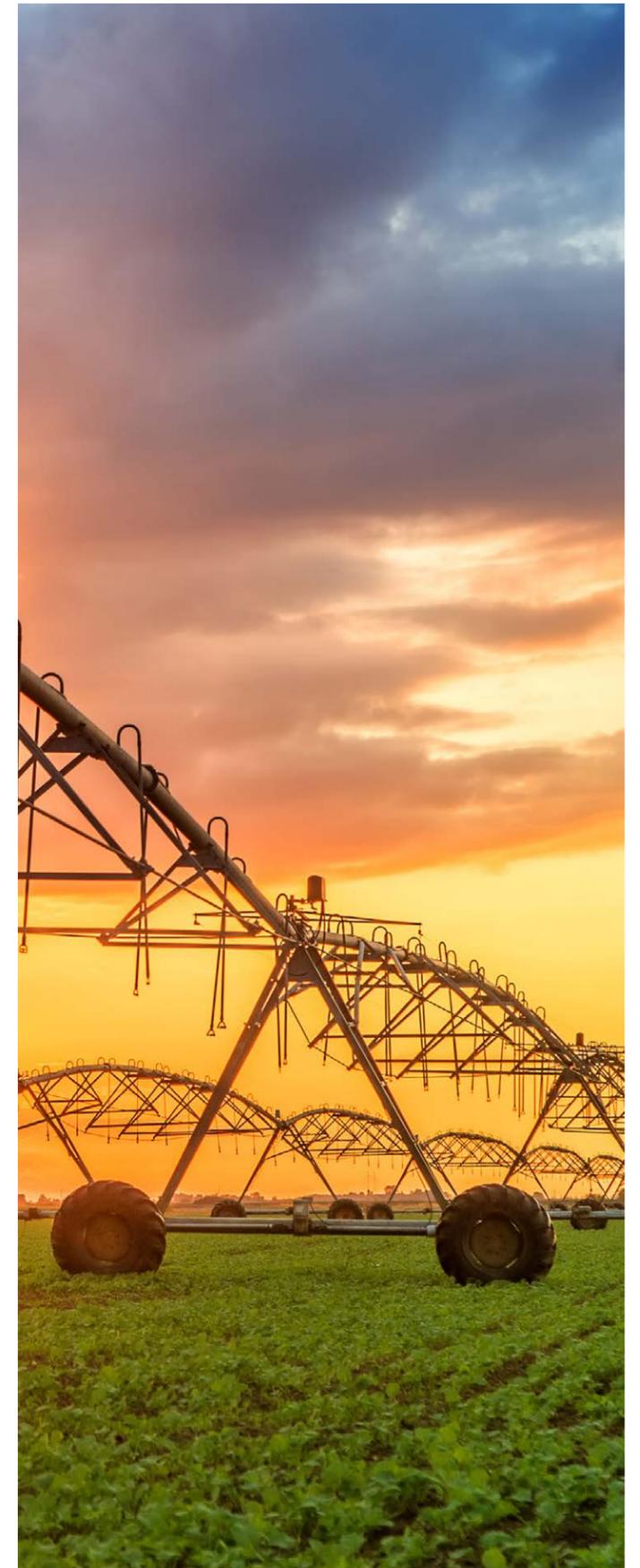
7.2.4 OUTRAS OPORTUNIDADES

- Em um sistema de tratamento de água, onde o FAD desempenha um papel crucial como etapa físico-química, a devida dosagem de coagulante e floculante, juntamente com a seleção apropriada de produtos químicos, são essenciais para garantir a sedimentação adequada das partículas sólidas em suspensão. Avaliar a viabilidade de utilizar produtos orgânicos alternativos ou menos nocivos pode ser considerado como medida preventiva para mitigar a poluição.
- No reator aeróbio, alcançar condições operacionais ideais é crucial, e isso envolve controlar a vazão de ar, a recirculação do lodo e o fluxo de purga do lodo.
- Recomenda-se minimizar o transporte úmido nas instalações por meio do uso de transporte mecânico.
- É aconselhável instalar unidades de recirculação de água com filtros, especialmente durante o processamento da água de lavagem.
- A implementação de mangueiras de alta pressão e baixo volume para a limpeza dos equipamentos é uma prática recomendada.

7.3 CASO 2: EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE AVES

7.3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Uma empresa líder no processamento de aves gera águas residuais durante várias etapas, incluindo



recepção, abate, evisceração, desinfecção/resfriamento, embalagem e armazenamento de frangos vivos. Além disso, a empresa opera uma fábrica de farinhas que transforma diversos resíduos do processamento de aves, como sangue, penas, produtos não conformes e vísceras não comestíveis, em ração animal. O consumo de água na empresa é aproximadamente 70.000 m³/mês, sendo parte dessa água reciclada para a limpeza da área de recepção dos frangos vivos. ETE tem uma capacidade máxima de 3.000 m³/dia.

7.3.2 MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE EFLUENTES

PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO BWMP EM VIGOR

- A instalação tem recirculação de água no processo, para reutilizá-la em atividades de limpeza.
- Os subprodutos e resíduos sólidos são adequadamente separados da corrente de água antes de entrarem na ETE.
- A instalação tem pessoal dedicado para supervisionar a planta e contratou um analista de laboratório para melhorar o monitoramento das operações da planta.
- Melhorias de novos equipamentos ao longo do tempo, incluindo a instalação de um FAD e a mudança do filtro de placa para um filtro de correia.

TRATAMENTO DE EFLUENTES BWMP NO LOCAL

- Tanque de equalização com misturador recebe efluentes da instalação.
- Um tratamento preliminar conformado por uma tela grossa elimina sólidos e uma caixa separa FOGs flutuantes que são limpos manualmente.
- Um sistema secundário de três lagoas aeradas com capacidades variadas ajuda a reduzir as cargas orgânicas.
- Um sistema primário, especificamente, um tanque de FAD, recebe a água e elimina os sólidos em suspensão.
- Um tratamento terciário composto por desinfecção com cloro ajuda o efluente a atender aos padrões internacionais antes de ser descartado.
- O lodo é separado e concentrado para descarte.

7.3.3 CONTROLES E MONITORAMENTO CRÍTICOS

- Para garantir o funcionamento eficaz da estação de tratamento, é essencial realizar uma limpeza frequente dos filtros e do coletor de gordura, removendo poluentes como FOGs antes do tratamento biológico nas lagoas.
- É crucial monitorar diariamente a concentração de oxigênio dissolvido nas lagoas aeradas para assegurar os níveis adequados de oxigênio e evitar consumo desnecessário de energia elétrica.
- O controle diário do pH e da temperatura é fundamental para evitar valores indesejáveis que possam afetar os microrganismos no tratamento secundário.

- Controlar com precisão a dosagem de coagulante e floculante, além da escolha adequada de produtos químicos, é fundamental para manter a estabilidade adequada dos sólidos em suspensão no equipamento FAD.

7.3.4 OUTRAS OPORTUNIDADES

- A realização dos tratamentos biológicos é fortemente afetada pelas frequentes e grandes perturbações no fluxo afluente. O controle de uma homogeneização correta no equalizador e o valor de pH pode ajudar a obter condições ótimas de operação nas lagoas.
- A instalação poderia avaliar a seleção de produtos orgânicos alternativos ou menos perigosos como medida de prevenção da poluição.

7.4 CASO 3: MELHORAMENTO E PRODUÇÃO DE SUÍNOS

7.4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O complexo industrial é composto por duas granjas de criação de suínos com uma população total de 8.000 suínos, além de uma fazenda de criação com capacidade máxima para cerca de 16.000 leitões. Nas três instalações, são realizadas atividades relacionadas à biossegurança, como a desinfecção de caminhões e chuveiros, bem como a limpeza e desinfecção dos galpões.

Para a limpeza, soltura de fezes e lavagem, utiliza-se amônio quaternário. As atividades de limpeza geram um efluente com um volume aproximado de 900 m³/dia, contendo altas cargas orgânicas, nutrientes e patógenos. As fezes e a água de limpeza

são inicialmente armazenadas em tanques e, posteriormente, são bombeadas para a ETE.

7.4.2 MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

BWMPs DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO EM VIGOR

- Automatização do controle de diversos equipamentos, como bombas, eletroválvulas, misturadores e compressores.
- Implementação de um processo de limpeza a seco nos galpões, onde os sólidos são coletados e gerenciados separadamente, resultando em uma redução do consumo de água para limpeza subsequente.
- Alocação de uma equipe específica para realizar medições mensais dos parâmetros de qualidade da água para controle interno.

TRATAMENTO DE EFLUENTES BWMP NO LOCAL

- A fase inicial envolve um pré-tratamento destinado à separação de sólidos, compreendendo canais de sedimentação e equipamentos de filtração mecânica.
- As etapas de tratamento primário e secundário consistem em um biodigestor que gera biogás, dois lagoas anaeróbias, dois processos físico-químicos, dois decantadores e um tanque de nitrificação-desnitrificação aerado. Adicionalmente, há um estágio terciário que envolve um sistema de cloração.
- A água tratada está em conformidade com os padrões regulatórios de qualidade e é adequada para a irrigação de 38 hectares de pastagem.

7.4.3 CONTROLES CRÍTICOS E MONITORAMENTO

- A remoção inicial de sólidos volumosos e areia das águas residuais nas unidades de pré-tratamento é crucial para prevenir danos ao equipamento e minimizar impactos nos processos subsequentes.
- É essencial fazer o monitoramento diário do OD para garantir a ocorrência da nitrificação (a oxidação biológica da amônia para nitrito e, subsequentemente, para nitrato).
- Monitorar com precisão a dosagem do desinfetante e o tempo de contato é fundamental para garantir uma desinfecção eficaz ao reutilizar as águas residuais para irrigação.
- A análise dos parâmetros como salinidade, permeabilidade e os níveis de água subterrânea é apropriada para garantir que o efluente não esteja afetando negativamente a composição do solo.

7.4.4 OUTRAS OPORTUNIDADES

- Controlar o valor de pH, o nível de água e o nível de gás no biodigestor é vital para garantir o funcionamento correto do sistema.
- Ter o controle da qualidade do efluente pelo menos uma vez por semana ajuda a tomar ações corretivas no curto prazo.

7.5 RESUMO E APRENDIZADOS DE ESTUDOS DE CASO

Métodos híbridos de tratamento combinados com processos de tratamento biológico e físico-químico têm sido adotados com alta eficiência em estações de tratamento de efluentes do agronegócio. Geralmente, tratamentos preliminares, primários, secundários e terciários são implementados para garantir que a qualidade do efluente atenda aos critérios de descarte ou reúso.

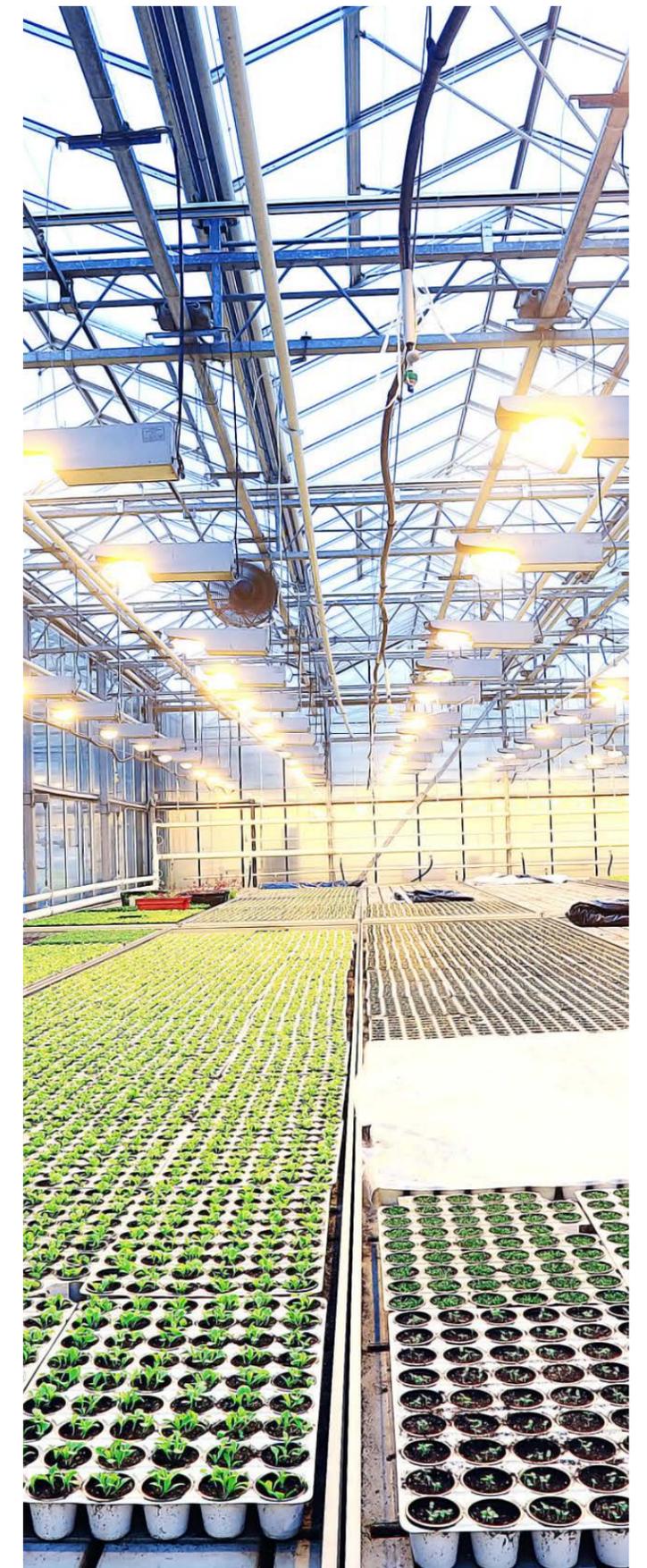
O método de Flotação por Ar Dissolvido (FAD) tem sido altamente eficaz no tratamento de efluentes com várias características provenientes das atividades agroindustriais. Sua tecnologia de borbulhas auxilia na eliminação de poluentes, como gorduras, óleos e graxas (FOGs), matéria orgânica e partículas finas, que podem ser problemáticas em processos de recirculação de água. Contudo, a aplicação de tratamentos físico-químicos em águas com altas cargas orgânicas podem demandar grandes volumes de coagulantes e polímeros floculantes, resultando em alto consumo de produtos químicos e na geração de lodo não biodegradável. Nesse contexto, considerar o uso de coagulantes biodegradáveis pode ser uma oportunidade, contribuindo para práticas de prevenção da poluição.

Aproveitar o biogás gerado nos sistemas anaeróbios para aquecer os reatores é uma estratégia para aprimorar a eficiência global do sistema. Isso resulta em maior remoção de DQO, reduz a dependência de fontes externas de energia, gera economia de custos e adota a economia circular ao transformar resíduos em uma fonte adicional de energia.

A medição precisa de parâmetros-chave, como pH,

oxigênio dissolvido, temperatura, vazões e sólidos em suspensão, nas estações de tratamento é crucial. Essas informações fornecem dados cruciais sobre a eficiência operacional e a qualidade do efluente, permitindo a identificação precoce de possíveis problemas, como excesso de nutrientes ou compostos tóxicos no efluente.

Dado que essas águas residuais contêm elevados níveis de poluentes, é viável reutilizar a água tratada através de um sistema eficaz de tratamento de águas residuais. Ao usar essa água para irrigação, é fundamental monitorar de perto a salinidade do solo, a permeabilidade e os níveis de água subterrânea. Investir em equipamentos e pessoal para obter e interpretar esses dados é essencial para tomar medidas adequadas quando necessário.



8 Referências

- Alabaster, G., Johnston, R., Thevenon, F., & Shantz, A. (2021). Progress on Wastewater Treatment. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) and World Health Organization (WHO).
- Benavides, L., Avellán, T., Caucci, S., Hahn, A., Kirschke, S., & Müller, A. (2019). Assessing Sustainability of Wastewater Management Systems in a Multi-Scalar, Transdisciplinary Manner in Latin America. *Water*, 11(2), 249. <https://doi.org/10.3390/w11020249>
- Borja, R., & Banks, C. J. (1994). Anaerobic digestion of palm oil mill effluent using an up-flow anaerobic sludge blanket reactor. *Biomass and Bioenergy*, 6(5), 381–389. [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(94\)E0028-Q](https://doi.org/10.1016/0961-9534(94)E0028-Q)
- Bustillo-Lecompte, C., Mehrvar, M., & Quiñones-Bolaños, E. (2016). Slaughterhouse Wastewater Characterization and Treatment: An Economic and Public Health Necessity of the Meat Processing Industry in Ontario, Canada. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 04(04), 175–186. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.44021>
- Campos, C. J. A., Morrisey, D. J., & Barter, P. (2022). Principles and Technical Application of Mixing Zones for Wastewater Discharges to Freshwater and Marine Environments. *Water*, 14(8), 1201. <https://doi.org/10.3390/w14081201>
- Dhote, L., Kumar, S., Singh, L., & Kumar, R. (2021). A systematic review on options for sustainable treatment and resource recovery of distillery sludge. *Chemosphere*, 263, 128225. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128225>
- EPA. (2003). Framework for Cumulative Risk Assessment. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/frmwrk_cum_risk_assmnt.pdf
- EPA. (2012). 2012 Guidelines for Water Reuse (EPA/600/R-12/618; p. 643). U.S. Environmental Protection Agency. <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>
- EPA Victoria. (2009). Guidelines For Risk Assessment of Wastewater Discharges to Waterways.
- Faisal, M., & Unno, H. (2001). Kinetic analysis of palm oil mill wastewater treatment by a modified anaerobic baffled reactor. *Biochemical Engineering Journal*, 9(1), 25–31. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(01\)00122-X](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(01)00122-X)
- FAO. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hung, Y.-T., & Britz, T. J. (2006). Treatment of Dairy Processing Wastewaters.
- Igwegbe, C. A., & Onukwuli, O. D. (2019). Removal of Total Dissolved Solids (TDS) from Aquaculture Wastewater by Coagulation-Flocculation Process using Sesamum indicum extract: Effect of Operating Parameters and Coagulation-Flocculation Kinetics.
- Martinez-Burgos, W. J., Bittencourt Sydney, E., Bianchi Pedroni Medeiros, A., Magalhães, A. I., de Carvalho, J. C., Karp, S. G., Porto de Souza Vandenberghe, L., Junior Letti, L. A., Thomaz Soccol, V., de Melo Pereira, G. V., Rodrigues, C., Lorenci Woiciechowski, A., & Soccol, C. R. (2021). Agro-industrial wastewater in a circular economy: Characteristics, impacts, and applications for bioenergy and biochemicals. *Bioresource Technology*, 341, 125795. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125795>
- Maryland Aquaculture Coordinating Council. (2007). Best Management Practices: A Manual for Maryland Aquaculture.
- Najafpour, G. D., Zinatizadeh, A. A. L., Mohamed, A. R., Hasnain Isa, M., & Nasrollahzadeh, H. (2006). High-rate anaerobic digestion of palm oil mill effluent in an upflow anaerobic sludge-fixed film bioreactor. *Process Biochemistry*, 41(2), 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.06.031>
- National Research Council (U.S.) (Ed.). (1993). Managing wastewater in coastal urban areas. National Academy Press.
- OCETA. (2005). A review of Wastewater Management and Best Practices for Dischargers in the Food Processing Sector. Ontario Ministry of the Environment.
- OECD. (2021). Evaluating Brazil's progress in implementing Environmental Performance Review recommendations and promoting its alignment with OECD core acquis on the environment.
- Ohimain, E. I., & Izah, S. C. (2017). A review of biogas production from palm oil mill effluents using different configurations of bioreactors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 242–253. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.221>
- Poh, P. E., & Chong, M. F. (2009). Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment. *Bioresource Technology*, 100(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.022>
- Rodríguez, C., García, B., Pinto, C., Sánchez, R., Serrano, J., & Leiva, E. (2022). Water Context in Latin America and the Caribbean: Distribution, Regulations, and Prospects for

Water Reuse and Reclamation. *Water*, 14(21), 3589. <https://doi.org/10.3390/w14213589>

Singh, A. (2021). A review of wastewater irrigation: Environmental implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105454. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105454>

Sung, H.-N., Katsou, E., Statoris, E., Anguilano, L., & Malamis, S. (2019). Operation of a modified anaerobic baffled reactor coupled with a membrane bioreactor for the treatment of municipal wastewater in Taiwan. *Environmental Technology*, 40(10), 1233–1238. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1420102>

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies* (2nd Ed). Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

UNEP. (2005). *GUIDANCE FOR TREATED WASTEWATER USE IN IRRIGATION*.

US EPA. (1993). *Guidance Manual for Developing Best Management Practices*. Environmental Protection Agency.

Wang, J., Huang, Y., & Zhao, X. (2004). Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor. *Bioresource Technology*, 93(2), 205–208. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.06.004>

Wellestein, A., & Makino, M. (2022, November 14). The Latin American climate crisis is also a water crisis. How do we move forward? <https://blogs.worldbank.org/latinamerica/latin-american-climate-crisis-also-water-crisis-how-do-we-move-forward#:~:text=This%20means%20preserving%20watersheds%2C%20safeguarding,more%20effective%20and%20efficient%20use>.

World Bank. (1999). *Pollution prevention and abatement handbook, 1998: Toward cleaner production*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-3638-X>

World Bank Group. (2019). *Wastewater? From Waste to Resource in a Circular Economy Context: Latin America and the Caribbean Region*.

Yetilmezsoy, K., Ilhan, F., Kiyan, E., & Bahramian, M. (2022). A comprehensive techno-economic analysis of income-generating sources on the conversion of real sheep slaughterhouse waste stream into valorized by-products. *Journal of Environmental Management*, 306, 114464. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114464>

A

Anexo 1 Referências Regulatórias de Águas Residuais para ALC a partir de Maio de 2023

TABELA A-1 Quadro legislativo em matéria de águas residuais na América Latina e no Caribe e principais autoridades relacionadas com o quadro administrativo institucional da gestão das águas residuais.

País	Normas e Regulamentações de Efluentes	Instituição
Argentina	Decreto N° 674/89 - Vertidos de Aguas Residuales (1989): Establece un régimen al que se acogen las industrias y establecimientos especiales que produzcan de manera continua o discontinua vertidos de aguas residuales o lodos originados por el tratamiento de los mismos a las alcantarillas, conductos pluviales o a un curso de agua. ; Referencia: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-674-1989-16713/texto . Resolución N° 242/93 - Normas para las descargas de establecimientos industriales o especiales amparados por el Decreto N° 674/89 que contengan sustancias peligrosas de naturaleza ecotóxica (1993): Establece las normas que deben regir las descargas de establecimientos industriales o especiales que contengan sustancias peligrosas sustancias que son de naturaleza ecotóxica; Referencia: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-242-1993-34562/texto Resolución 79179/1990 Referencia: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-79179-1990-93051/actualizacion	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible
Belize	SI No. 102 Reglamento de Protección Ambiental (Limitaciones de Efluentes) (Enmienda) (2009): Establece estándares y limitaciones de efluentes para industrias y actividades comerciales; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/blz129031.pdf	Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente
Bolivia	Ley N° 2066 - Ley de Provisión de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (2000): Establece las normas que regulan la prestación y uso de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/bol28709.pdf Decreto Supremo N° 24176 - Reglamento de la Ley Ambiental. Reglamento sobre contaminación del agua (1995); Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/bol179887.pdf	Ministerio de Ambiente y Agua
Brasil	Resolución N° 503 (2021): Define criterios y procedimientos para la reutilización en sistemas de fertirrigación de efluentes de alimentos, bebidas y lácteos; Referencia: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=archivo.download&id=813 Resolución No 430 (2011): Establece las condiciones y reglas de liberación de efluentes, complementa y modifica la resolución 357 del 17 de marzo; Referencia: https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf Modificación de la resolución Conama 357/05 para la Disposición al Mar de Efluentes Sanitarios. Arte. 20. O lançamento de efluentes efetuado por meio de emissários submarinos. Referencia: http://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=21963	Agencia Nacional del Agua (ANA) Ministerio del Ambiente (CONAMA)
Chile	Decreto No. 90 - Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de desechos líquidos a aguas superficiales marinas y continentales (2000): Busca prevenir la contaminación de las aguas marinas superficiales y continentales mediante el control de los contaminantes asociados a los desechos líquidos que se vierten a estos cuerpos receptores; Referencia: https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/Documents/DTO_90_07_MAR_2001.pdf Decreto N° 609 - Regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado (2004): Establece norma de emisión para regular los contaminantes asociados a la descarga de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado; Referencia: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=230064&idVersion=2004-09-08 Decreto N° 3 - Reglamento para el manejo de lodos de plantas de tratamiento de efluentes de la industria procesadora de frutas y hortalizas (2012): Reglamenta el manejo de lodos de plantas de tratamiento de efluentes; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/chi112978.pdf Decreto N° 46/02 Norma para la Emisión de Residuos Líquidos a las Aguas Subterráneas (2003): Determina las concentraciones máximas de contaminantes que permite descargar la fuente emisora, a través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras diseñadas para infiltrarse en él; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/chi50299.pdf	Dirección General del Agua (DGA)

País	Normas e Regulamentações de Efluentes	Instituição
Colômbia	<p>Decreto N° 3930 - Regula los usos del agua y las descargas de residuos líquidos (2010): Disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, la ordenación del recurso hídrico y las descargas al recurso hídrico, al suelo y al alcantarillado; Referencia: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40620#:~:text=Fija%20las%20zonas%20en%20las,superficiales%2C%20subterr%C3%A1neas%2C%20o%20puertos%20deportivos</p> <p>Resolución N° 631 - Parámetros y valores límite máximos permisibles en descargas puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas públicos de alcantarillado (2015): Establece parámetros y valores límite máximos permisibles de descargas a cuerpos de agua y sistemas públicos de alcantarillado y dicta otras disposiciones; Referencia: https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolucion-631-2015.pdf</p> <p>Resolución N° 330 - Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento (2017); Referencia: https://minvivienda.gov.co/hormativa/resolucion-0330-2017-0</p> <p>Resolución N° 1256 Regula el uso de aguas residuales y adopta otras disposiciones (2021) por la cual se regula el uso de aguas residuales y se adoptan otras medidas; Referencia: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf</p>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Costa Rica	<p>Decreto N° 33601-S-MINAE - Reglamento de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales (2006): Tiene como objetivo proteger la salud pública y el ambiente, a través de una gestión ambientalmente racional de las aguas residuales; Referencia: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=59524</p> <p>Decreto N° 42128 - Reglamento del Canon Ambiental de Descargas a Aguas (2019): Regula la tarifa por el uso del recurso hídrico para la descarga de sustancias contaminantes que se denominará Canon Ambiental de Descargas; Referencia: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=90961&nValor3=120004&strTipM=TC</p>	<p>Ministerio de Ambiente y Energía</p> <p>Ministerio de Salud</p>
República Dominicana	<p>Reglamento ambiental sobre control de vertidos a aguas superficiales, alcantarillado sanitario y aguas costeras (2012); Referencia: https://ambiente.gob.do/files/Norma-Ambiental-sobre-Control-de-Descargas-a-Aguas-Superficiales-alcantarillado-sanitario-y-aguas-costeras.pdf</p> <p>Normativa ambiental sobre la calidad de las aguas superficiales y costeras (2012); Referencia: https://ambiente.gob.do/files/Norma-Ambiental-de-Calidad-de-Aguas-Superficiales-y-Zonas-Costeras.pdf</p>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ecuador	<p>Texto unificado de Legislación Secundaria de Ambiente - Decreto Ejecutivo N° 3516: Establece las políticas ambientales básicas del Ecuador; Anexo 1. del Libro VI del texto unificado de la legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Calidad ambiental y vertido de efluentes a los recursos hídricos Norma (2015): Establece reglas generales para el vertido de efluentes al sistema de alcantarillado e incluye límites máximos, también regula los criterios de calidad del agua para uso agrícola o de riego. Referencia: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf</p> <p>Acuerdo Ministerial N° 097/A: Anexo I. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Establece los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua Referencia: http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf</p>	Ministerio de Ambiente
El Salvador	<p>Acuerdo N° 249 - NSO 13.49.01:09 sobre características de las aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor (2009): Establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que deben presentar las aguas residuales para proteger y rescatar el cuerpo receptor. cuerpos; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/els87596.pdf</p> <p>Decreto No. 39 - Reglamento especial de aguas residuales (2019): Tiene por objeto garantizar que las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores para contribuir a la recuperación, protección y uso sostenible de los recursos hídricos frente a los efectos de la contaminación; Referencia: https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/reglamento-especial-de-aguas-residuales-decreto-n-39/</p> <p>RTS 13.05.01:18 Aguas residuales, parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y gestión de lodos de depuradora (2020): Establece límites permisibles para los parámetros de calidad de aguas residuales y sus lodos; Referencia: https://members.wto.org/crnattachments/2018/SPS/SLV/18_6511_00_s.pdf</p>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Guatemala	<p>Acuerdo Gubernativo N° 236/06 (2006) - Regulación de los Vertidos y Reúso de Aguas Residuales y disposición de lodos: Autoriza y define los límites de reúso de agua para riego agrícola, riego de cultivos comestibles, riego de acuicultura, pastos y otros cultivos y reutilización recreativa; Referencia: https://www.anacafe.org/uploads/file/04e16f7fbff3466584ed340e5be0d362/Acuerdo-Gubernativo-236-2006.pdf</p> <p>Acuerdo Ministerial N° 105-2008 - Manual General para la Regulación de la descarga y reúso de aguas residuales y disposición de lodos (2008): Tiene por objeto la implementación del Reglamento establecido por el Acuerdo N° 236/06; Referencia: https://www.vestex.com.gt/uploads/rmedioambiente/regulaciones/Manual-General-del-RARL.pdf</p> <p>Acuerdo Gubernativo No. 51 (2010) - Regulación de la descarga de aguas residuales en la cuenca del Lago Atitlán y sus alrededores: Establece los parámetros y límites máximos permisibles para la descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua de la cuenca del Lago Atitlán, ya sea directa o indirectamente para salvamento, proteger y prevenir la contaminación del sistema hídrico; Referencia: https://www.anacafe.org/uploads/file/e35acc5284e344748928ad5d283e6a67/Acuerdo-Gubernativo_12-2011.pdf</p>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Honduras	<p>Acuerdo No. 58-96 - Normas técnicas para descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario (1997): Regula las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua y alcantarillado sanitario; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon175670.pdf</p> <p>Acuerdo N° 467-2017 - Norma Técnica Transitoria para el reúso de aguas residuales generadas por la agroindustria azucarera para riego en cultivos de caña de azúcar (2017): Establece los valores límite máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales generadas en procesos de industrialización de la caña de azúcar que son reutilizadas en riego de áreas cultivadas de caña de azúcar; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon176145.pdf</p> <p>Decreto N° 003-2020 - Reglamento nacional de descarga y reúso de aguas residuales (2020): Regula a toda entidad que opera en el territorio nacional que realiza actividades que generan descargas de aguas residuales y lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales; Referencia: https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Acuerdo_Ejecutivo-003-2020.pdf</p>	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)

País	Normas e Regulamentações de Efluentes	Instituição
Jamaica	Reglamento 2013 (SI No. 69A de 2013): Proporciona el marco para la operación de las instalaciones de tratamiento, su monitoreo y los mecanismos de presentación de informes requeridos, así como cuestiones relacionadas con el cumplimiento y un sistema de tarifas de descarga; Referencia: https://www.nepa.gov.jm/sites/default/files/2021-12/Wastewater-and-Sludge-Regulations-2013.pdf	Ministerio de Agua, Tierra, Ambiente y Cambio Climático
México	Normas para los Programas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento y Tratamiento de Aguas Residuales de la Comisión Nacional del Agua (2016). Referencia: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421649&fecha=29/12/2015#gsc.tab=0 Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996: Establece límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales vertidas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal (1998); Referencia: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881304&fecha=03/06/1998#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%20D002,que%20dice%3A%20Estados%20Unidos%20Mexicanos. Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes de aguas residuales tratadas y reutilizadas en servicios públicos para proteger el ambiente y la salud de la población; Referencia: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311363/NOM_003_SEMARNAT.pdf Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 (2021): Establece los límites permisibles para efluentes los cuales se basan en la naturaleza del cuerpo receptor donde se descargarán: ríos, arroyos, canales y drenajes; embalses, lagos y lagunas, zonas y fondos marinos; Referencia: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5645374	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
Nicaragua	Decreto No 21-2017 - Reglamento que establece las disposiciones para la descarga de aguas residuales (2017): Regula y establece límites máximos de calidad del agua para descargar a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua, dependiendo de la actividad que produce los residuos; Referencia: http://www.inaa.gob.ni/sites/default/files/inline-files/Decreto%2021-2017.pdf Norma técnica N° NTON 05 031-07 - Norma técnica para el reaprovechamiento de efluentes de aguas residuales de la industria azucarera y destilerías de alcohol para el riego de plantaciones de caña de azúcar (2007); Referencia: http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/(\$All)/B648272FD35AB76D062577A6005C6332?OpenDocument Norma técnica N° NTON 05 028-06 - Norma técnica ambiental para la protección de cuerpos de agua afectados por derrames de líquidos y sólidos provenientes del beneficio húmedo de café procesado (2006); Referencia: http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/363673e06aa24f4b0625757e0061d6d2?OpenDocument Norma Técnica Nicaragüense Obligatoria sobre el diseño de lagunas de precisión y lagunas aireadas (1999): Establece los criterios y las bases técnicas para el diseño de lagunas de estabilización y lagunas aireadas para el tratamiento de aguas residuales de origen municipal; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/nic23128.pdf	Autoridad Nacional del Agua (ANA) El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Panamá	Resolución No. 49 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99 Reúso de Aguas Residuales Tratadas (2000): Establece los límites máximos microbiológicos, físicos y químicos, requisitos y los procesos de tratamiento a utilizar en aguas para consumo animal, riego, recreación y estética, vida acuática y acuicultura, uso urbano, recarga de acuíferos, restauración de hábitat y uso industrial y minero; Referencia: https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_24-99.pdf Resolución No. 350 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 sobre descarga de efluentes líquidos directamente a los sistemas de alcantarillado (2000): Aprueba el reglamento técnico que establece las características que deben cumplir las descargas de efluentes líquidos de actividades domésticas, comerciales e industriales, directamente a los sistemas de alcantarillado de aguas residuales; Referencia: https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_39-2000.pdf Resolución No. 351 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000- Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos de agua y masas de agua superficiales y subterráneas (2000): Establece las características que deben cumplir los efluentes para descargarlos a sistemas de alcantarillado colector, generados a partir de aguas domésticas, actividades comerciales e industriales; Referencia: https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_35-2000.pdf sus modificaciones realizadas en la Resolución No. 10, Resolución No. 193, Resolución No. 332 y Resolución No. 276. Resolución No. 352 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000- Uso y Disposición Final de Lodos (2000): Establece los límites máximos permisibles, los requisitos para los métodos de tratamiento, y el confinamiento, muestreo y tipo de análisis para lodos; Referencia: https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_47-2000.pdf	Ministerio de Comercio e Industrias
Paraguay	Ley N° 5428 - De efluentes cloacales (2015): Regula el tratamiento, depuración, descarga, control y supervisión de los efluentes cloacales antes de su descarga final a los cuerpos receptores; Referencia: https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/8189/ley-n-5428-de-efluentes-cloacales Resolución N° 770/14 - Normas y Procedimientos para los Sistemas de Gestión y Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales de Obligatorio Cumplimiento para Complejos Industriales (2014): Normas que regulan el funcionamiento de los sistemas de gestión y tratamiento de efluentes líquidos industriales, cuyo cumplimiento es de obligatorio cumplimiento para la industria. Referencia: http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/05/Resoluci%C3%B3n-N%C2%BA-770_14-Efluentes-Liquidos-Industriales.pdf	Secretaría del Ambiente Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)
Perú	Decreto Supremo N° 001-2010-AG (2010): Regula el reúso de aguas residuales. Referencia: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2010/ds01-2010-ag.pdf Resolución N° 274-2010-ANA - Medidas para la implementación del Programa de Adecuación y Reúso de Descargas de Aguas Residuales (2010): Establece las medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Descargas y Reúso de Aguas Residuales (PAVER), cuyo objeto es la adecuación a las disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos de las descargas y reúso de aguas residuales; Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/per94255.pdf Decreto Supremo N° 005-2011-AG (2011): Reglamenta el reúso de aguas residuales tratadas por persona distinta al propietario del sistema de tratamiento para proteger y preservar la calidad de las fuentes naturales de agua; Referencia: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2011/ds05-2011-ag.pdf N° 004-2017-MINAM (2017): Reglamenta las normas de calidad ambiental del agua; Referencia: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf	Autoridad Nacional del Agua (ANA) Ministerio de Ambiente Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
Trinidad y Tobago	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, CAPÍTULO 35:05 - REGLAS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA (2019): Estas Reglas establecen los procedimientos y principios de solicitud de un permiso para liberar contaminantes del agua dentro de los niveles permisibles y la evaluación de la solicitud de solicitud por parte de la Autoridad. Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/tri209647.pdf	Ministro de Planificación y Desarrollo
Uruguay	Decreto N° 253/979 - Reglamento para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas (1979): Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación del agua. Referencia: https://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979	Dirección Nacional del Agua (DINAGUA)
Venezuela	Decreto N° 883 - Dicta las Normas para la clasificación y control de calidad de los cuerpos de agua y descargas líquidas o efluentes (1995): Establece las normas para la calidad de los cuerpos de agua y descargas líquidas. Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven174040.pdf Resolución No. 31 - Normas sobre efluentes líquidos (1985): Dicta dos grupos diferentes de normas de calidad que deben cumplir los efluentes de un número determinado de fuentes bien identificadas si son vertidos a) a cuerpos de agua ob) a redes de alcantarillado. Referencia: https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven3797.pdf	Ministerio del Poder Popular para el Ambiente

A

Anexo 2

Contexto Regulatório de Três Países- Chave

México, Brasil e Honduras são três países latino-americanos que fizeram progressos significativos na regulamentação de águas residuais nas últimas décadas. Uma visão geral dos progressos de cada país nesta área é fornecida na seção a seguir.

A. México

No México, a regulamentação das águas residuais é derivada de leis relacionadas à água e ao meio ambiente. A Lei Nacional das Águas, estabelecida em 1992 e revisada pela última vez em 2020, é a legislação primária que controla o uso e o descarte de águas residuais, focando na prevenção e controle da poluição da água. A Comissão Nacional de Água (CONAGUA) é a entidade encarregada de fazer cumprir os regulamentos relacionados ao descarte de águas residuais, bem como regulamentar, controlar, proteger e promover o uso sustentável da água no México. O Programa Nacional de Gestão Integral dos Recursos Hídricos inclui medidas para aprimorar o tratamento e a reutilização dos efluentes. O Marco Institucional da Gestão da Água é composto por várias entidades públicas em níveis federal, estadual e municipal. Em 2012, a Constituição mexicana foi alterada para reconhecer o direito fundamental à regulamentação das águas residuais.

O México implementou um programa de monitoramento abrangente e detalhado das águas residuais. Além de coletar dados e relatar o progresso anual, as autoridades mexicanas utilizaram essas informações para orientar as estratégias, investimentos, foco e planejamento no setor. Como resultado, houve um avanço notável e contínuo na expansão da cobertura de sistemas de esgoto e tratamento seguro de águas residuais (Alabaster et al., 2021).

Recentemente, houve uma revisão do regulamento federal NOM-001-SEMARNAT para ampliar seus conceitos e alcance. A nova norma, publicada em março de 2023, abrange diversas melhorias, abordando especificações, métodos de teste, procedimentos de amostragem, parâmetros de temperatura, medição de toxicidade, avaliação de conformidade, classificação de receptores e abordagem para uso subsequente. Essas atualizações têm como objetivo aprimorar a gestão e proteção dos corpos d'água, garantindo o cumprimento da lei que assegura a todos o direito de acesso, tratamento e utilização de água para consumo pessoal e doméstico de maneira adequada, saudável, aceitável e acessível (SEMARNAT, 2022). Os limites aceitáveis para DBO, sólidos sedimentáveis e coliformes fecais agora variam de acordo com a natureza do receptor. Além disso, a norma estabelece critérios para o descarte de efluentes em águas costeiras e no solo, incluindo práticas de infiltração e reutilização para fins de irrigação.

B. Brasil

No Brasil, foram estabelecidas leis abrangentes que abordam informações ambientais, gestão de água, resíduos e biodiversidade. No âmbito federal, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a entidade encarregada de aplicar os regulamentos referentes à gestão de águas residuais e supervisiona várias leis e regulamentos que regem essa gestão. Essas leis incluem a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, a Política Nacional de Saneamento, a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional do Meio Ambiente. Essas leis definem claramente as responsabilidades relacionadas à formulação de políticas de água em todos os níveis de governo e estabelecem mecanismos de coordenação e envolvimento público (OCDE, 2021). O Marco Institucional para a gestão da água envolve uma série de órgãos públicos em níveis federal, estadual e municipal.

Na última década, ocorreu um avanço significativo no Brasil. Em 2007, a Lei Nacional de Saneamento foi revisada, estabelecendo diretrizes para os planos municipais de saneamento e tornando obrigatório que os municípios oferecessem serviços essenciais de saneamento, incluindo o tratamento de esgoto. Além disso, em 2015, o Brasil adotou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com o compromisso de alcançar o acesso universal a

água potável e saneamento seguro e acessível até 2030. Para cumprir esse objetivo, o Brasil lançou diversos programas e iniciativas, como o programa "Saneamento para Todos". Em 2017, o país estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, promovendo a gestão integrada dos recursos hídricos e fornecendo uma estrutura para a alocação e utilização de recursos hídricos, incluindo o tratamento de águas residuais (OCDE, 2021).

Apesar de o Brasil ter definido limites máximos para o despejo de águas residuais na Resolução CONAMA nº 430 de 2011, existem possíveis exceções baseadas em metas progressivas e em uma avaliação de risco do corpo receptor, que inclui a análise de sua capacidade e a concentração de efeitos não observados. Quanto ao reúso de efluentes para irrigação, isso é regulamentado pela Resolução nº 503 de 2021, que estabelece a necessidade de atender a critérios específicos e conduzir estudos prévios à irrigação, como a análise da capacidade de infiltração do solo e a avaliação do índice de SAR.

O Brasil também aprimorou suas regulamentações em relação aos resíduos sólidos. Em 2010, foi promulgada a Política de Resíduos Sólidos, que estabelece a necessidade de uma gestão ambientalmente responsável dos resíduos sólidos, incluindo

o lodo de efluentes. Há vários anos, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), que é responsável pelos serviços de água e esgoto na capital brasileira, tem vindo a reutilizar os bio sólidos provenientes das operações de suas estações de tratamento de esgoto para a recuperação de áreas degradadas em suas operações ferroviárias e agrícolas (Grupo Banco Mundial, 2019, p. 019).

C. Honduras

Honduras passou por mudanças substanciais na gestão de águas residuais ao longo das últimas duas décadas. O país introduziu novas leis, regulamentações e políticas para abordar de forma mais eficaz a gestão de águas residuais. Em 2003, Honduras adotou a Lei para o Setor de Água e Saneamento, que desempenhou um papel fundamental na modernização do setor. Essa legislação redesenhou o quadro legal e institucional do setor, separando as principais funções (regulação, planejamento e assistência técnica) da prestação de serviços. Além disso, a lei estabeleceu o Conselho Nacional de Água e Saneamento (CONASA) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Água Potável e Saneamento (ERSAPS). Esse processo legislativo também incluiu uma descentralização estadual, transferindo a responsabilidade pela prestação de serviços dos serviços de água e saneamento para os municípios, em vez de continuar sob o controle do governo central por meio da ANASA (Mairena et al., 2011).

Em 2010, a República de Honduras implementou uma abrangente legislação sobre água com o objetivo de proteger seus recursos hídricos e garantir sua

sustentabilidade a longo prazo. Essa legislação estabeleceu as bases para um sistema integrado de gestão de recursos hídricos, abrangendo também o tratamento de águas residuais. Posteriormente, em 2016, o governo hondurenho desenvolveu a Política Nacional de Águas Residuais, com o propósito de aprimorar a gestão das águas residuais em todo o país. Além disso, Honduras dedicou esforços significativos ao fortalecimento institucional para melhorar sua capacidade de gerenciamento de águas residuais. Mais recentemente, em 2020, foi aprovado o Regulamento Nacional de Descarga e Reutilização de Águas Residuais, com o intuito de regulamentar as entidades envolvidas na geração de águas residuais e lodos a partir de sistemas de tratamento de águas residuais.

Em 2021, um acordo legislativo foi alcançado para permitir a implementação do processo em fases, com prazos para a adoção de medidas preventivas. Quanto aos limites de descarga, três métodos foram estabelecidos: considerando o risco com base na qualidade da água a ser descartada, a adoção da melhor tecnologia disponível e o percentual de remoção alcançado. Além disso, o acordo esclareceu que a autoridade competente terá a última palavra na definição dos padrões de qualidade necessários para a reutilização de águas residuais. Essas medidas refletem o compromisso do governo hondurenho em fortalecer suas instituições para uma gestão sustentável dos recursos hídricos, minimizando o impacto ambiental das atividades econômicas.

A Anexo 3

Mais Informações para o desenvolvimento de um procedimento de avaliação de riscos de irrigação

TABELA A-3.1 Principais critérios de qualidade das águas residuais para a avaliação dos riscos e justificação da utilização para irrigação

Critérios-chave	Condição de conformidade	Referência	Lógica
Qualidade das águas residuais			
pH do efluente	6.5-8.4	(EPA, 2012)	O pH afeta a disponibilidade de nutrientes e reduz os problemas de estrutura do solo.
Remoção de FOGs	< 5 mg/L	N.A.	Evitar o entupimento do solo e danos na vegetação
Remoção de sólidos brutos	Nenhum	(EPA, 2012)	Evita o entupimento do solo. Uma malha de 5mm é padrão.
Concentrações de metais pesados	Cloreto < 30 mg/L Amônia, < 30 mg/L na forma de N Alumínio, < 5 mg/l Arsênio, < 0,1 mg/l Berílio, < 0,1 mg/l Boro, < 0,5 mg/l Cádmio, < 0,01 mg/l Cromo, < 0,1 mg/l Cobalto, < 0,05mg/l Cobre, < 0,2 mg/l Flúor < 1 mg/L Iron, < 5 mg/l Chumbo, <5 mg/l Lítio, < 2,5 mg/l Manganês, < 0,4 mg/l Molibdênio, < 0,01 mg/l Níquel, < 0,2 mg/L Selênio, < 0,02 mg/l Vanádio, < 0,01 mg/l Zinco, < 4 mg/l	(EPA, 2012; PNUMA, 2005)	Evite contaminar irreversivelmente o local de irrigação a longo prazo.
Condutividade Elétrica e Razão de Adsorção de Salinidade			
Condutividade Elétrica e Razão de Adsorção de Salinidade	Depende do tipo de solo e de outras características do local que precisam ser avaliadas individualmente. Como referência, de acordo com a EPA, uma CE máxima para evitar a redução da infiltração é de 3,0 Deci siemens por metro (dS/m), juntamente com uma SAR máxima entre 20-30.	(EPA, 2012)	Previne a perda de permeabilidade do solo.
Carregamento de DBO	Depende do tipo de solo e de outras características do local e precisa ser avaliado por meio de modelagem de transporte de contaminantes para locais específicos.	N.A.	Evita o entupimento do solo. Indicação da eficácia do tratamento biológico e potencial indireto para rebrota bacteriana em sistemas de distribuição.

TABELA A-3.2 Diretrizes para Interpretação da Qualidade de Efluentes para Irrigação (PNUMA, 2005)

Potencial problema de irrigação	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Grave
Salinidade				
ECW	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou				
SDT	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltração				
SAR = 0 - 3 e EC	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	> 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 - 0.3	> 0.3
6 - 12		> 1.9	1.9 - 0.5	> 0.5
12 - 20		> 2.9	2.9 - 1.3	> 1.3
20 - 40		> 5.0	5.0 - 2.9	> 2.9
Toxicidade iônica específica				
Sódio (Na)				
Irrigação superficial	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por aspersão	eu/eu	< 3	> 3	
Cloreto (Cl)				
Irrigação superficial	eu/eu	< 4	4 - 10	> 10
Irrigação por aspersão	eu/l	< 3	> 3	
Boro (B)	mg/L	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Efeitos diversos				
Nitrogênio (NO ₃ -N) ³	mg/L	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃)	eu/eu	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5

TABELA A-3.3 Diretrizes de Qualidade Microbiológica Recomendadas para a Utilização de Águas Residuais na Agricultura (OMS, 1989)

Categoria	Condição de reutilização	Grupo exposto	Nematoides intestinais (média aritmética não. de ovos por litro)	Coliformes fecais (média geométrica por 100 mL)	Espera-se que o tratamento de águas residuais atinja a qualidade microbiológica requerida
A	Irrigação em culturas que são consumidas em seu estado natural, campos esportivos e parques públicos	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤ 1000	Um conjunto de lagoas de estabilização projetado para alcançar um nível microbiológico específico ou um processo de tratamento comparável
B	Irrigação em plantações de grãos, culturas industriais, culturas de forragem, pastagens e árvores	Trabalhadores	≤ 1	Nenhum padrão recomendado	Manter as águas em lagoas de estabilização por 8-10 dias ou realizar um processo equivalente para eliminar helmintos (parasitas intestinais) e coliformes fecais
C	Irrigação direcionada para culturas da categoria B, desde que não haja risco de exposição para os trabalhadores e o público em geral	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Realizar o pré-tratamento de acordo com as necessidades da tecnologia de irrigação, o qual deve incluir, no mínimo, a etapa de sedimentação primária.

A

Anexo 4 Orientações a ter em Conta na Contratação de Consultores de Avaliação de Riscos ou de Peritos do Assunto

Ao contratar um consultor terceirizado ou especialistas no assunto para conduzir a avaliação de risco de descargas de águas residuais, há várias considerações importantes a ter em mente. Uma avaliação de riscos abrangente e bem executada é crucial para identificar perigos potenciais, avaliar sua importância e desenvolver estratégias eficazes de gerenciamento de riscos. Algumas considerações gerais para garantir uma avaliação de risco bem-sucedida estão listadas abaixo:

EXPERTISE E QUALIFICAÇÕES:

É fundamental garantir que a equipe de consultoria possua as competências e qualificações necessárias em campos como engenharia ambiental, gestão de águas residuais, toxicologia, hidrogeologia e métodos de avaliação de risco. Para avaliações de risco com um âmbito mais restrito e bem definido, pode ser suficiente um único profissional treinado para conduzir a avaliação. No entanto, em avaliações de risco mais complexas, um único indivíduo raramente terá a amplitude de conhecimento ou experiência necessária, tornando indispensável a formação de uma equipe de avaliação de risco (EPA Victoria, 2009). No mínimo, a equipe de consultoria deve contar com um especialista competente, experiente na supervisão de processos de avaliação de risco. Além disso, a equipe pode se beneficiar com a inclusão de especialistas em áreas como hidrogeologia, hidrologia, geologia e biologia, cujo conhecimento contribuirá para uma avaliação abrangente. A equipe de consultoria deve demonstrar experiência em práticas de produção mais limpa e na redução da poluição no contexto do processo agroindustrial, com foco especial na gestão de águas residuais, tecnologias de tratamento de águas residuais e disposição de resíduos sólidos. Conhecimento das políticas e padrões de desempenho do Banco Mundial é vantajoso, assim como a capacidade de usar modelagem para projetar cenários de exposição. Além disso, um histórico sólido de sucesso em projetos semelhantes complementa as qualificações da equipe. A equipe de consultoria deve mostrar experiência em produção mais limpa e mitigação da poluição dentro do processo agroindustrial, com foco específico na gestão de águas residuais, tecnologias de tratamento de águas residuais e disposição de lodo. A proficiência em políticas e padrões de desempenho do Banco Mundial seria vantajosa, assim como a capacidade de empregar modelagem para projetar cenários de exposição. Além disso, um forte histórico de envolvimento bem-sucedido em projetos análogos aumentaria ainda mais as qualificações da equipe.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A equipe de avaliação de risco deve ter um plano robusto para coletar dados e analisá-los eficazmente, a fim de identificar possíveis riscos. No caso de avaliar os riscos associados ao lançamento de águas residuais em corpos d'água, é fundamental reunir e consolidar todas as informações disponíveis sobre o uso e a importância da água, bem como quaisquer ameaças que as águas residuais possam representar. Isso envolve a coleta de dados de monitoramento, informações de modelos, pesquisas anteriores, revisões de literatura existente, registros de incidentes passados de poluição e planos e estratégias locais. No contexto de avaliar os riscos do uso de efluentes tratados na irrigação ou infiltração, a equipe deve reunir e integrar todas as informações disponíveis para determinar se o local escolhido para irrigação é apropriado para o efluente. Isso pode incluir dados de modelos de águas subterrâneas, resultados de pesquisas anteriores, revisões de literatura existente e, em alguns casos, investigações no próprio local para compreender as condições das águas subterrâneas e a qualidade do solo na área específica. Essas investigações podem abranger a análise do perfil do solo, testes de infiltração e a instalação de poços de monitoramento. A equipe precisa ser capaz de identificar os potenciais perigos relacionados aos despejos de águas residuais, como produtos químicos poluentes, contaminantes biológicos e impactos físicos nos ecossistemas. Todas essas informações devem servir como base sólida para a identificação e definição dos riscos em potencial.

ENGAJAMENTO DE PARTES INTERESSADAS

Uma avaliação de risco eficaz deve envolver ativamente diversas partes interessadas, como comunidades locais, agências reguladoras, gestores de recursos naturais, organizações não governamentais (ONGs) e representantes do setor agroindustrial. A equipe de consultoria deve seguir uma abordagem estruturada e manter um diálogo constante com essas partes interessadas, a fim de colaborar e levar em consideração suas preocupações (EPA Victoria, 2009).

CONFORMIDADE REGULATÓRIA

A equipe de consultoria deve ter um profundo conhecimento das regulamentações ambientais locais e nacionais na região em que a avaliação está sendo realizada, incluindo as normas que regem o descarte de águas residuais. Esse entendimento é essencial para garantir que a avaliação esteja em conformidade com os requisitos locais.

ESTRATÉGIAS DE COMUNICAÇÃO E MITIGAÇÃO

A comunicação eficaz é vital para a equipe de consultoria, pois é crucial transmitir de maneira clara e acessível os resultados da avaliação aos stakeholders relevantes. Além disso, a equipe deve ser capaz de explicar informações científicas complexas de forma compreensível para pessoas que não sejam especialistas na área. Adicionalmente, é responsabilidade da equipe de consultoria apresentar estratégias práticas e realizáveis para gerenciar e mitigar os riscos com base nos resultados da avaliação. O objetivo principal dessas estratégias é efetivamente reduzir ou eliminar os riscos identificados.

A

Anexo 5 Pedido de Avaliação dos Riscos de Descarga

PLANTA DE PROCESSAMENTO DE CARNE, ESTUDO DE CASO: EFEITO DO DESCARTE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA COSTEIRA (ESTUDO REALIZADO POR CAMPOS ET AL., 2022).

Uma avaliação de risco da via de descarga foi conduzida para determinar o impacto da descarga de águas residuais de uma fábrica de processamento de carne na qualidade das águas costeiras. A avaliação incluiu uma revisão da qualidade da água da descarga e uma área amostrada da DMZ de 1500 m autorizada, que é a zona de mistura designada. Os parâmetros analisados incluíram pH, salinidade, cor, concentração de coliformes fecais, sólidos suspensos totais, fósforo total, nitrogênio total e oxigênio

dissolvido.

O estudo não revelou nenhum impacto detectável consistente da descarga na qualidade da água superficial, exceto por efeitos menores na temperatura da água dentro da DMZ. A variação de temperatura entre a borda da zona de mistura e a temperatura ambiente da água nos limites da DMZ foi de 1 °C e não excedeu 2 °C em nenhuma amostragem.

Para avaliar a atividade biológica potencial resultante da descarga, marcadores nutricionais (fósforo reativo dissolvido, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl total) foram revisados na área amostrada dentro da DMZ. Os picos de nutrientes observados não tiveram impacto significativo na atividade biológica medida, como a clorofila-a. No entanto, mudanças na atividade biológica não seriam imediatamente perceptíveis perto do local do emissário devido ao intervalo de tempo entre a exposição ao aumento das concentrações de nutrientes e o crescimento e reprodução do fitoplâncton. A contaminação bacteriana mostrou-se alta e estendeu-se além do limite de 1500 m da DMZ. As concentrações de coliformes fecais e enterococos foram consistentemente maiores na corrente descendente do emissário e ainda mais altas no limite da corrente descendente da zona de mistura do que no limite da corrente ascendente, sugerindo que o impacto do emissário sobre essas variáveis se estende além da DMZ.

Um estudo visual da pluma também foi realizado, que mostrou que os efeitos visuais da pluma eram frequentemente visíveis em imagens de satélite e aéreas e foram observados para além

da zona de mistura em várias ocasiões. Embora o próprio monitoramento da cor Hazen pela planta de processamento não tenha detectado efeitos visuais, uma pluma ainda era visível em imagens de satélite e aéreas em pelo menos 40% das imagens analisadas. A pluma visível foi altamente variável e, em três das 33 imagens analisadas, estendeu-se além da borda da zona de mistura. As imagens sugerem que a qualidade óptica da água dentro da pluma de descarga pode não ser efetivamente representada pelo monitoramento próximo à costa.

FIGURA A-4.1 Concentrações de fósforo reativo dissolvido na água do mar (DRP) na zona de mistura da descarga da unidade de transformação de carne sob fluxo norte (Esquerda) e de fluxo sul (Direita) atual. Fluxos. Parcelas de caixa e bigodes (Início) indicam valores medianos e quartis superior e inferior (caixa cinza). Bigodes foram ajustados com um valor fatorial de 1,5 (Campos et al., 2022)

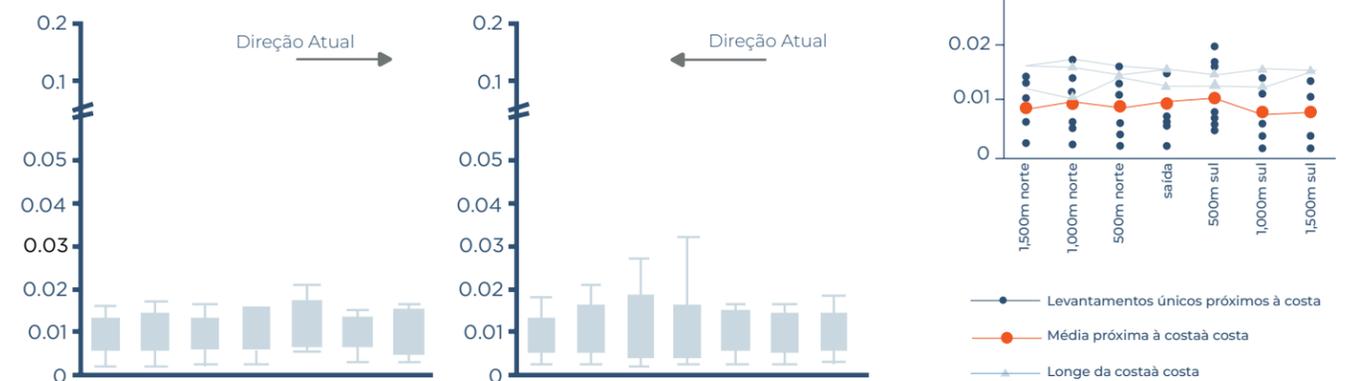


FIGURA A-4.2 Imagem de satélite Landsat 8 (capturada no horário dos EUA: 19 de fevereiro de 2015) mostrando pluma difusa estendendo-se para o sul, ligeiramente além do limite da zona de mistura.



A

Glossário e Termos-Chave

Redução: Reduzir o grau ou a intensidade da poluição ou eliminá-la.

Aeração: Adição de ar ou oxigênio à água ou efluentes, geralmente por meios mecânicos, para aumentar os níveis de oxigênio dissolvido e manter as condições aeróbicas.

Tratamento aeróbio: Processo pelo qual os micro-organismos decompõem compostos orgânicos complexos na presença de oxigênio e utilizam a energia liberada para reprodução e crescimento

Aeróbico: Condição caracterizada pela presença de oxigênio livre.

Digestão anaeróbia: Processo de estabilização de lodo onde o material orgânico em lodos biológicos é convertido em metano e dióxido de carbono em um reator hermético.

Anaeróbico: Condição caracterizada pela ausência de oxigênio livre.

Aquicultura: Produção manejada de peixes ou mariscos em lagoa ou lagoa

Aquífero: Uma formação geológica subsuperficial contendo uma grande quantidade de água.

Vazão média diária (FDA): O fluxo total que passa de um ponto durante um período dividido pelo número de dias nesse período.

Vazão média: A média aritmética dos fluxos medidos em um determinado ponto.

Base: (1) Uma substância que pode aceitar um próton. (2) Uma substância que pode reagir com um ácido para formar um sal. (3) Uma substância alcalina.

Linha de base: Uma amostra usada como ponto

de referência comparativo ao realizar testes ou cálculos adicionais.

Melhores práticas de gestão de águas residuais (BPA): Os cronogramas de atividades, métodos, medidas e outras práticas de gestão da indústria para prevenir a poluição das águas e facilitar o cumprimento dos regulamentos aplicáveis.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) Uma medida padrão da água residuária que quantifica o oxigênio consumido em um determinado período, geralmente 5 dias e a 20°C.

Biogás: Gases produzidos pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica.

Filtro biológico: Um leito de areia, pedra ou outro meio através do qual fluem águas residuais que dependem da ação biológica para sua eficácia.

Processo biológico: Processo pelo qual as atividades metabólicas de bactérias e outros microrganismos decompõem materiais orgânicos complexos em substâncias simples e mais estáveis.

Tratamento biológico: Tecnologia de tratamento que utiliza bactérias para consumir resíduos orgânicos.

Bio gotejamento filtro: Sistema de tratamento de odor onde o ar é esfregado com líquido recirculante fluindo sobre materiais de embalagem de alta porosidade cobertos com uma fina película de micróbios oxidantes de enxofre.

DBO5: DBO inibida por nitrificação ou carbonácea por cinco dias.

Demanda química de oxigênio (DQO): Medida de matéria orgânica biodegradável e não biodegradável (refratária), amplamente utilizada para medir a resistência de efluentes domésticos e industriais.

Clarificador: Tanque quiescente utilizado para remoção de sólidos em suspensão por sedimentação por gravidade. Também chamadas de bacias de sedimentação ou decantação, elas geralmente são equipadas com uma corrente acionada por motor e mecanismo de voo ou ancinho para coletar lodo sedimentado e movê-lo para um ponto final de remoção.

Clean-in-place (CIP): Um método de limpeza de um meio filtrante ou membrana para restaurar seu desempenho sem removê-lo do sistema.

Coagulante: Um produto químico adicionado para inicialmente desestabilizar, agregar e ligar colóides e emulsões para melhorar a capacidade de decantação, filtrabilidade ou drenabilidade.

Coagulação: Desestabilização e agregação inicial de sólidos suspensos finamente divididos pela adição de um polieletrólito ou de um processo biológico.

Bactérias coliformes: Um grupo de bactérias em forma de bastonete que vivem nos intestinos de humanos e outros animais de sangue quente e derramadas em seu material fecal, e cuja presença na água indica que a água recebeu contaminação de origem intestinal.

Coloide: Sólido suspenso com diâmetro inferior a um micron que não pode ser removido apenas por sedimentação.

Compostagem: Processo de estabilização baseado na decomposição aeróbia da matéria orgânica em lodo por bactérias e fungos.

Contaminante: Qualquer componente estranho presente em outra substância.

Torre de resfriamento: Dispositivo de recirculação de água aberta que utiliza ventiladores ou correntes

de ar naturais para aspirar ou forçar o ar ambiente através do dispositivo para resfriar água quente por contato direto.

Detergente: Agente de lavagem sintético que ajuda a remover sujeira e óleo e pode conter compostos que matam bactérias úteis e estimulam o crescimento de algas quando presentes em águas residuais que chegam às águas receptoras.

Descarregador direto: Instalação municipal ou industrial que introduz poluição através de um transporte ou sistema definido, como tubos de saída, uma fonte pontual.

Descarga: Lançamento de qualquer poluente, por qualquer meio, para o meio ambiente.

Eliminação: Descarga, depósito, injeção, despejo, derramamento, vazamento ou colocação de qualquer resíduo líquido ou sólido em terra ou água para que possa entrar no meio ambiente ou ser emitido no ar.

Flotação por ar dissolvido (FAD): Clarificação do material floculado pelo contato com minúsculas bolhas fazendo com que a massa de ar/flocos seja impulsionada para a superfície, abandonando água clarificada. O uso de um gás que não seja o ar é referido como “flotação de gás dissolvido” ou “DGF”.

Oxigênio dissolvido (OD): o oxigênio dissolvido em um líquido.

Sólidos dissolvidos: Sólidos em uma solução que não pode ser removida por filtração com um filtro de 0,45 micron.

Efluentes: Água ou efluentes parcial ou totalmente tratados de uma bacia ou estação de tratamento.

Eletrocoagulação: Processo de tratamento de efluentes com corrente contínua para precipitar metais pesados com hidróxidos ferrosos como hidróxidos metálicos.

Escherichia coli (E. coli): As bactérias coliformes de origem fecal são utilizadas como organismo indicador na determinação da poluição das águas residuais.

Eutrofização: Enriquecimento de nutrientes da água, causando crescimento excessivo de plantas aquáticas e eventual desoxigenação do corpo d'água.

Lagoa de evaporação: Uma lagoa natural ou artificial usada para converter energia solar em calor para realizar a evaporação.

Evaporação: Processo no qual a água é convertida em vapor que pode ser condensado.

Lagoa facultativa: Lagoa ou lagoa na qual ocorre a estabilização de águas residuais devido a bactérias aeróbias, anaeróbias e facultativas.

Ácidos gordos: Qualquer de uma classe de lípidos constituída por ácidos orgânicos com a fórmula geral R. COOH.

Fertirrigação: Injeção de fertilizantes, utilizados para corretivos de solo, corretivos de água e outros produtos solúveis em água em um sistema de irrigação.

Filtro: Um dispositivo que utiliza um material granular, tecido ou outro meio para remover sólidos suspensos da água, águas residuais ou ar.

Efluente final: O efluente do processo de tratamento da unidade final de uma estação de tratamento de efluentes.

Floculante: Polieletrólito orgânico usado sozinho ou com sais metálicos para aumentar a formação de flocos e aumentar a resistência da estrutura dos flocos.

Floculação: Agitação ou agitação suave para acelerar a aglomeração de partículas para aumentar a sedimentação ou flutuação.

Flora: Plantas e plantas de uma determinada região ou período.

Equalização de vazão: Armazenamento transitório de águas residuais para lançamento

em um sistema de esgoto ou processo de tratamento a uma taxa controlada para fornecer um fluxo razoavelmente uniforme.

Tanque de descarga: Um tanque no qual a água é armazenada para liberação rápida.

FOG: Gorduras, óleos e graxas.

Água cinza: Toda a água doméstica não sanitária, incluindo pias, banheiras e chuveiros.

Caixa de gordura: Um recipiente recolhe a graxa e a separa do fluxo de águas residuais.

Câmara de granulação: Uma câmara de decantação que remove a areia dos sólidos orgânicos através da sedimentação ou de uma agitação espiral induzida pelo ar.

Água subterrânea: Água subsuperficial encontrada em estratos rochosos porosos e solo.

Metais pesados: Metais que podem ser precipitados por sulfeto de hidrogênio em uma solução ácida e podem ser tóxicos para os seres humanos acima de certas concentrações.

Sulfeto de hidrogênio: Gás tóxico formado pela decomposição anaeróbia de matéria orgânica contendo enxofre. A fórmula química é H₂S.

In situ: Métodos de tratamento ou disposição que não exigem a movimentação de material contaminado.

Reúso indireto: Uso benéfico da água de reúso após liberá-la para armazenamento ou diluição em águas superficiais naturais ou subterrâneas.

Infiltração: (1) A água que entra em uma rede de esgoto através de tubulações de esgoto quebradas ou defeituosas, conexões de serviço ou paredes de bueiros. (2) Movimento do ar induzido pelo vento em um edifício através de aberturas em paredes, portas ou janelas.

Afluente: Água ou efluentes que fluem para uma bacia ou estação de tratamento

Inibidor: Produto químico que interfere em uma reação química.

Irrigação: Aplicação artificial de água para atender às necessidades de plantas em crescimento ou gramíneas que não são atendidas apenas pela chuva.

Aplicação no solo: A eliminação de águas

residuais ou sólidos urbanos no solo em condições controladas.

Vazamento: (1) A presença de uma espécie iônica em um efluente de trocador de íons geralmente indica exaustão do leito. (2) A perda descontrolada de água de um tanque ou aquífero.

Aeração mecânica: A agitação mecânica da água para promover a mistura com o ar atmosférico.

Biorreator de membrana (MBR): Uma modificação do processo de tratamento de águas residuais de lodos ativados empregando filtração por membrana em vez de clarificadores secundários convencionais.

Micrograma (µg): Unidade de massa igual a um milionésimo de grama.

Miligramas por litro (mg/L): Unidade de medida comum da concentração de um material em solução.

Poço de monitoramento: poço utilizado para obtenção de amostras de análise ou medição de níveis de água subterrânea.

Nitrato: Uma forma estável e oxidada de azoto com a fórmula NO₃⁻.

Nitrogênio: Um elemento incolor, inodoro e gasoso que compõe 78% da atmosfera terrestre e é um constituinte de todos os tecidos vivos combinados. A fórmula química é N.

Eliminação oceânica: Descarga ou eliminação de resíduos ou lamas na água do oceano.

Carga orgânica: A quantidade de matéria orgânica aplicada a um processo de tratamento osmose Movimento de água de uma solução diluída para uma solução mais concentrada através de uma membrana permeável que separa as duas soluções.

Oxidação: (1) Reação química na qual um elemento ou íon perde elétrons. (2) A conversão biológica ou química da matéria orgânica em formas mais simples e estáveis.

Ensaio de percolação: Ensaio utilizado para determinar a capacidade de absorção de água do solo em que a queda do nível de água num orifício de ensaio é medida durante um período de tempo fixo. Também chamado de “teste de perc”. Permeabilidade: A propriedade de um meio filtrante permitir que um fluido passe através dele

sob a influência da pressão.

Fósforo: (1) Um elemento químico não metálico com o símbolo químico P. (2) Um nutriente essencial para todas as formas de vida cuja superabundância pode contribuir para a eutrofização de um corpo de água.

Tratamento físico: Processo de tratamento de água ou efluentes que utiliza apenas métodos físicos, como filtração ou sedimentação.

Poluente: Substância, organismo ou forma de energia presente em quantidades que prejudicam ou ameaçam um ecossistema na medida em que seus usos atuais ou futuros são impedidos.

Pós-tratamento: Tratamento de águas acabadas ou efluentes para melhorar ainda mais a sua qualidade.

Avaliação preliminar: O processo de coleta e revisão de informações disponíveis sobre um local ou lançamento de resíduos conhecido ou suspeito.

Pré-tratamento: (1) O processo inicial de tratamento de água ou efluentes que precede os processos de tratamento primário. (2) Tratamento de resíduos industriais para reduzir ou alterar as características dos poluentes antes da descarga para um POTW.

Reator: O recipiente ou tanque no qual uma reação química ou biológica é realizada.

Residual: Quantidade de poluente remanescente no ambiente após a ocorrência de um processo natural ou tecnológico, incluindo o lodo remanescente após o tratamento inicial de águas residuais e as partículas remanescentes no ar após passar por um processo de lavagem ou outro processo de tratamento.

Avaliação de risco Avaliação qualitativa e quantitativa do risco que representa para a saúde humana e/ou para o ambiente a presença e/ou utilização real ou potencial de poluentes específicos.

Salmonella: Uma bactéria aeróbica patogênica em humanos e principalmente associada a intoxicação alimentar.

Triagem (1) Processo de tratamento utilizando um dispositivo com aberturas uniformes para reter sólidos grosseiros. (2) Um método de ensaio preliminar utilizado para separar de acordo com características comuns.

Tratamento secundário: Tratamento de efluentes através da oxidação biológica após tratamento primário.

Sedimentação: Remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis da água ou efluentes por gravidade em uma bacia quiescente ou clarificador.

Séptico: Condição caracterizada pela decomposição bacteriana em condições anaeróbias.

Tanque de decantação: Um tanque quiescente usado para remover sólidos suspensos por sedimentação por gravidade. Também chamados de clarificadores ou bacias de sedimentação, eles geralmente são equipados com um mecanismo de ancinho acionado por motor para coletar lodo sedimentado e movê-lo para um ponto de descarga central.

Escoamento superficial: precipitação, derretimento da neve ou irrigação mais do que o que pode se infiltrar na superfície do solo e ser armazenado em pequenas depressões superficiais.

Sólidos em suspensão (SS): Sólidos capturados por filtração através de uma manta de lã de vidro ou membrana filtrante de 0,45 microm.

Sólidos totais (ST): Soma dos sólidos dissolvidos e em suspensão em água ou efluentes. Matéria remanescente como resíduo após evaporação a 103 a 105°C.

Sólidos suspensos totais (SST): Medida de material particulado em suspensão em uma amostra de água ou efluentes. Depois de filtrar uma amostra de um volume conhecido, o filtro é seco e pesado para determinar o resíduo retido.

Turbidez: Medida qualitativa da claridade da água resultante da matéria em suspensão que espalha ou interfere de outra forma com a passagem da luz através da água.

Compostos orgânicos voláteis (COV): Compostos

orgânicos altamente evaporativos frequentemente encontrados em tintas, solventes e produtos similares.

Sólidos suspensos voláteis (SSV): Teor orgânico de sólidos em suspensão em água ou efluentes. Determinado após aquecimento de uma amostra a 600°C.

Índice de Qualidade da Água: WQI O Índice de Qualidade da Água Doce, às vezes chamado de WQI, resume e apresenta os dados de qualidade da água como um número que varia de 1 a 100, com um número maior indicando melhor qualidade da água.

Monitoramento de poços: Medição por instrumentos no local ou métodos laboratoriais da qualidade da água em um poço.

Poço: Um eixo ou furo furado, perfurado ou acionado cuja profundidade é maior do que a maior dimensão da superfície.

Zonas húmidas: Áreas superficiais, incluindo pântanos, pântanos e pântanos, inundadas ou saturadas por águas subterrâneas com frequência suficiente para suportar uma prevalência de vegetação adaptada à vida em condições de solo saturado.

