

Gestão de Resíduos de Saneamento e Prevenção de Acidentes de Trabalho em Estações de Tratamento de Efluentes

Waste Management And Accident Prevention In Wastewater Treatment Plants

Amanda Bedoni Rodrigues
Paulo César Pires Neves Filho
Déborah Neide de Magalhães Praxedes

RESUMO

A gestão de resíduos de saneamento insere-se no contexto contemporâneo da segurança do trabalho e da sustentabilidade, ao considerar a necessidade de conciliar a proteção da saúde dos trabalhadores, a preservação ambiental e a conformidade legal nas atividades industriais. O objetivo geral do trabalho foi analisar a importância da gestão de resíduos de saneamento e das práticas de prevenção de acidentes de trabalho para a redução de contaminações e acidentes ocupacionais em estações de tratamento de efluentes. A metodologia consistiu em uma revisão narrativa da literatura, baseada em livros, dissertações e artigos científicos publicados entre 2010 e 2025, selecionados nas bases Scielo e Google Acadêmico, com organização dos achados por meio de análise de conteúdo e categorização temática. Os resultados evidenciam que a gestão adequada dos resíduos industriais, em especial aqueles associados ao saneamento, é fundamental para reduzir impactos ambientais, atender às exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos e minimizar riscos ocupacionais. Verificou-se que o manejo inadequado de efluentes e resíduos expõe os trabalhadores a riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos, especialmente nas operações e manutenções de estações de tratamento. A literatura analisada aponta que a adoção de sistemas integrados de gestão, o cumprimento das normas regulamentadoras, com destaque para a NR-25, e a atuação de profissionais habilitados contribuem para maior controle dos riscos e para a sustentabilidade dos processos. Constatou-se ainda que treinamentos contínuos, aliados ao uso correto de Equipamentos de Proteção Individual e à priorização de medidas de proteção coletiva, são determinantes para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. Por fim, destaca-se que a consolidação de uma cultura organizacional de segurança fortalece a responsabilidade compartilhada entre gestão e trabalhadores, promovendo ambientes industriais mais seguros, eficientes e ambientalmente responsáveis.

Palavras-chave: Resíduos de saneamento. Efluentes. Acidentes de Trabalho. Segurança no Trabalho.

1 INTRODUÇÃO

As diversas atividades industriais, comerciais e os serviços públicos passaram a incorporar de modo efetivo os conceitos inerentes à segurança no trabalho, bem como de sustentabilidade, compreendendo a necessidade de minimização dos riscos intrínsecos às atividades cotidianas, bem como observando que o resultado da omissão até então caracterizada pode ser sentida a partir dos elevados índices de acidentes, com consequências significativas para os trabalhadores, para as empresas e para a sociedade.

A gestão de resíduos e a prevenção de acidentes de trabalho são aspectos fundamentais para garantir um ambiente laboral seguro, sustentável e em conformidade com as legislações ambientais e de segurança. As atividades industriais e as demais atividades econômicas, bem como a ação humana no cotidiano, geram diferentes tipos de resíduos, muitos deles perigosos, que podem causar sérios impactos ao meio ambiente e à saúde humana se não forem tratados e descartados adequadamente. Nesse contexto, a adoção de práticas de gerenciamento eficiente e o investimento em capacitação dos trabalhadores tornam-se indispensáveis para reduzir riscos de contaminação, poluição e acidentes ocupacionais.

Trazendo como exemplo a gestão adequada dos resíduos industriais, esta envolve um conjunto de ações integradas, que vão desde a identificação e segregação até o armazenamento, transporte e destinação final ambientalmente correta. Essa abordagem sistemática busca minimizar os efeitos negativos dos resíduos sobre o ecossistema e sobre as comunidades próximas às indústrias. Além disso, o cumprimento das normas legais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), reforça a necessidade de responsabilidade compartilhada entre empresas, governo e sociedade para a preservação ambiental (Brasil, 2010).

No âmbito da segurança do trabalho, a prevenção de acidentes está diretamente relacionada à adoção de medidas de controle e à conscientização dos trabalhadores sobre

os riscos inerentes às atividades industriais. Uma das áreas cuja atenção se torna necessária trata-se do gerenciamento dos resíduos oriundos dos processos industriais e que se correlacionam ao saneamento.

De modo geral, o saneamento compreende ações voltadas à proteção da saúde pública e do meio ambiente, incluindo o controle da poluição, o tratamento de efluentes, a gestão de resíduos e a mitigação de impactos ambientais. Nesse contexto, as atividades industriais estão diretamente relacionadas ao saneamento quando envolvem, por exemplo, tratamento de efluentes industriais, controle de emissões, manejo de resíduos industriais e prevenção da contaminação do solo e da água (Rocha; Kligerman; Oliveira, 2019). O saneamento básico, por sua definição legal, não se refere diretamente às atividades industriais, pois está restrito aos serviços públicos essenciais.

Conforme a PNRS, os planos municipais de gestão de resíduos devem estabelecer diretrizes específicas para os geradores, com destaque para a indústria, que é responsável pelos resíduos oriundos de seus processos produtivos e instalações. Nesse sentido, as atividades industriais são obrigadas a elaborar e cumprir o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, assegurando o manejo adequado, o atendimento à legislação ambiental e a minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública (Brasil, 2010).

Abordando os resíduos industriais de saneamento, provenientes de estações de tratamento de efluentes (ETE) são materiais sólidos, semissólidos ou pastosos gerados nos processos técnicos e operacionais dos serviços de saneamento, como o tratamento de água e esgoto, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos. Esses resíduos resultam das etapas físico-químicas e biológicas utilizadas para garantir a qualidade da água e o controle da poluição, não estando diretamente ligados à atividade produtiva industrial convencional. Nesse sentido, Scandelai et al. (2018) afirmam que os trabalhadores que lidam com esses resíduos, incluindo equipes terceirizadas responsáveis por manutenção e transporte de efluentes, estão sujeitos a perigos associados ao manuseio de máquinas, equipamentos e subprodutos do tratamento, o que reforça a importância da identificação e avaliação dos riscos ambientais como ferramenta essencial para subsidiar ações preventivas e propor melhorias em situações de risco ainda não controladas, especialmente diante da escassez de estudos publicados sobre o tema.

O objetivo geral do trabalho foi analisar a importância da gestão de resíduos de saneamento e das práticas de prevenção de acidentes de trabalho para a redução de contaminações e acidentes ocupacionais em estações de tratamento de efluentes. Os

objetivos específicos foram identificar os principais tipos de resíduos gerados em estações de tratamentos de efluentes e os riscos que representam à saúde humana e ao meio ambiente, avaliar as práticas de gestão e descarte desses resíduos adotadas pelas indústrias e compreender a importância dos treinamentos e do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) na prevenção de acidentes e contaminações no ambiente de trabalho.

O primeiro tópico aborda a gestão de resíduos e seus impactos ambientais e ocupacionais, discutindo a importância do manejo adequado dos resíduos gerados, destacando como práticas inadequadas podem comprometer o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores. O segundo tópico diz respeito à prevenção de acidentes de trabalho no contexto industrial, tratando das estratégias e medidas preventivas voltadas à redução dos riscos ocupacionais, enfatizando a necessidade de políticas internas e de uma cultura organizacional voltada à segurança.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Atualmente, a indústria enfrenta pressões simultâneas decorrentes da competitividade do comércio internacional e das exigências ambientais, incluindo os condicionantes legais relacionados à gestão de recursos hídricos e à cobrança pelo uso da água. Para se adequar a esse cenário, o setor industrial tem investido no aprimoramento de processos produtivos e na implantação de sistemas de gestão ambiental, com foco no uso racional da água e na redução da geração de efluentes, reconhecendo que, conforme o tipo de processo, a água pode atuar como insumo essencial, auxiliar operacional ou meio de limpeza, o que torna a atividade industrial uma das maiores consumidoras desse recurso (Costa, 2016).

A variedade de atividades do setor industrial resulta na geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, que podem representar riscos de poluição ao solo, à água e ao ar, embora nem todos os processos industriais produzam resíduos ou efluentes com elevado potencial de impacto ambiental. Diante das diferentes características físicas, químicas e biológicas, dos volumes gerados, do grau de toxicidade e dos múltiplos pontos de geração em uma mesma unidade produtiva, torna-se essencial a adoção de tecnologias adequadas para a caracterização, quantificação e tratamento dos efluentes antes de sua disposição

final; nesse contexto, a NBR 9800 define os efluentes líquidos industriais como os despejos oriundos das atividades industriais, abrangendo efluentes de processo, águas de refrigeração e pluviais contaminadas, além de esgotos domésticos (Costa, 2016).

Nesse cenário, o gerenciamento de resíduos sólidos industriais (RSI) tornou-se uma questão estratégica para as organizações, tanto pelo cumprimento das exigências legais quanto pelos elevados investimentos requeridos na área ambiental e pelas responsabilidades socioambientais junto às comunidades onde atuam. Quando as indústrias assumem essa gestão de forma isolada, os desafios se intensificam, sobretudo em função dos custos associados à adequação legal, à logística e ao tratamento dos resíduos gerados (Müller et al., 2022).

Nesse sentido, destaca-se que o plano de gestão de resíduos sob responsabilidade dos geradores deve contar com um técnico legalmente habilitado, encarregado de elaborar, implementar, operacionalizar e monitorar todas as suas etapas, assegurando o controle e a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos, em conformidade com as exigências legais e ambientais (CNI, 2014).

No contexto brasileiro, marcado por grande extensão territorial, a gestão adequada dos RSI enfrenta obstáculos adicionais, como as longas distâncias até centros com tecnologias mais avançadas e o aumento dos custos de transporte e da complexidade logística, especialmente em iniciativas como a logística reversa. Muitas empresas também carecem de espaço físico para o armazenamento temporário dos resíduos, o que dificulta a consolidação de cargas. Diante disso, recomenda-se priorizar estratégias preventivas, como ecodesign, ecoeficiência e redução da geração de resíduos, recorrendo à reciclagem sempre que possível. Nesse cenário, o gerenciamento integrado de RSI apresenta-se como uma alternativa eficaz, ao permitir a redução de custos, a centralização do atendimento às normas legais e a adaptação às demandas das partes envolvidas (Müller et al., 2022).

De modo geral, a gestão de resíduos sólidos e efluentes nas atividades industriais deve obedecer rigorosamente à legislação vigente, cabendo ao empregador assegurar a correta medição, segregação, manejo, transporte e destinação final desses materiais, bem como a minimização da captação de água doce e da geração de efluentes. Além disso, é responsabilidade da empresa gerenciar o consumo hídrico e os efluentes produzidos, identificando pontos e fontes de descarga e avaliando os riscos ambientais e ocupacionais associados, de modo a prevenir impactos ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores (OIT, 2023). Além dos desafios técnicos, logísticos e ambientais, a gestão de resíduos de

saneamento impõe riscos significativos à saúde e à segurança dos trabalhadores, o que torna imprescindível a adoção de políticas específicas de prevenção de acidentes de trabalho.

2.2 AS INICIATIVAS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO NO CONTEXTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO EM GERAL

No entendimento contemporâneo, o saneamento envolve um conjunto de ações que inclui o abastecimento de água, a gestão de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, a drenagem urbana, o uso adequado do solo e o controle de doenças transmissíveis. Essas medidas são fundamentais para garantir a saúde física, mental e social da população, de modo que a ausência de qualquer uma delas pode gerar impactos negativos tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Entre esses componentes, a coleta e o tratamento de efluentes se destacam pelos efeitos diretos na qualidade de vida, sendo preocupantes os dados nacionais que evidenciam baixos índices de tratamento de esgotos, resultando no lançamento de grandes volumes de esgoto doméstico sem tratamento nos corpos d'água (Rocha; Kligerman; Oliveira, 2019).

Nesse cenário, o gerenciamento adequado dos efluentes industriais é essencial para reduzir ou evitar impactos ambientais, exigindo a adoção de medidas e procedimentos específicos de coleta, identificação e tratamento. Os resíduos líquidos gerados pelas indústrias devem ser analisados conforme os processos produtivos e as formas de uso da água, seja como matéria-prima ou insumo auxiliar, uma vez que o descarte inadequado pode provocar a contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos, alterando suas características físicas, químicas e biológicas, resultando na morte de organismos aquáticos e na exposição humana a substâncias tóxicas, como metais pesados, associadas ao surgimento de diversas doenças (Prado; Fé Junior, 2023).

Considerando o tratamento de efluentes de modo geral, em uma amostra dos 100 municípios mais populosos do Brasil, são 27 municípios que tratam menos de 40% de seu esgoto. Menos de um terço da amostra, formada por 29 municípios, tratam ao menos 80% do esgoto que produzem. A média nacional para o tratamento dos esgotos gerados foi de 51,8% e o indicador médio de tratamento de esgoto dos 100 maiores municípios foi de 65,11% (Trata Brasil, 2025).

Ressalta-se, no entanto, que as disparidades são significativas. Em alguns municípios, inclusive de médio e grande porte, praticamente não existe tratamento de esgoto. Cinco capitais da região Norte e três da região Nordeste tratam menos de 35% do esgoto gerado (Costa, 2024). Além disso, nenhuma região do Brasil alcançou a meta estabelecida pela NBR 9649, que determina o tratamento de esgoto em relação a 80% da água consumida, até 2033. Em 2023, o Sudeste apresentou o melhor desempenho, atingindo 62,24% e registrando o maior crescimento, com aumento de 6,72 pontos percentuais. Por outro lado, Norte e Nordeste tiveram os índices mais baixos, com 22,88% e 34,67%, respectivamente, além de apresentarem retrocesso em vez da evolução esperada (Boletim do Saneamento, 2025).

A responsabilidade pela coleta e pelo tratamento dos efluentes domésticos cabe ao poder público, podendo ser delegada a empresas privadas sob fiscalização dos órgãos competentes. Em contrapartida, os efluentes industriais demandam atenção especial, pois sua gestão é atribuída diretamente ao gerador. O destino desses efluentes, seja a rede pública de coleta ou corpos receptores, deve obedecer às condições estabelecidas no licenciamento ambiental, considerando seus potenciais impactos ambientais e à saúde pública (Rocha; Kligerman; Oliveira, 2019).

Um modelo de economia circular, ao promover o reaproveitamento de materiais que anteriormente seriam descartados, pode ser incorporado aos arranjos produtivos como estratégia de fomento ao desenvolvimento sustentável, conciliando justiça social, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental. Além disso, essa abordagem contribui para a redução de custos operacionais, a simplificação de processos, o cumprimento das exigências legais e o compartilhamento de experiências relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos industriais (Müller et al., 2022). Nesse cenário, inclui-se o tratamento de efluentes industriais.

O tratamento de efluentes vai além da prevenção de impactos ambientais, constituindo também uma estratégia para reduzir problemas operacionais, como corrosão e incrustações, além de possibilitar o reuso da água. Considerando que as indústrias, especialmente as do setor de óleo e gás, apresentam elevado consumo hídrico e significativa geração de efluentes, a otimização do manejo desses resíduos líquidos, com foco no reaproveitamento, torna-se uma medida essencial para a eficiência ambiental e operacional (Maia; Jambo; Gomes, 2017).

Segundo Battistelli, Jeranoski e Camilo (2024), as atividades de operação e manutenção de estações de tratamento de efluentes (ETEs) envolvem múltiplos riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores, embora não exista uma Norma Regulamentadora específica que discipline as condições de trabalho nesse setor.

Ainda que diante da citada inexistência de norma específica que regule o trabalho de tratamento de resíduos sólidos e líquidos industriais, a Norma Regulamentadora nº 25 (NR-25), que trata da segurança e da saúde no trabalho no gerenciamento de resíduos industriais, foi atualizada pelo Ministério do Trabalho e Previdência por meio da Portaria nº 3.994/22, publicada em dezembro de 2022, com vigência a partir de janeiro de 2023. De acordo com a nova redação, a NR-25 estabelece requisitos aplicáveis às atividades de gerenciamento de resíduos oriundos de processos industriais, definidos como materiais sólidos, líquidos ou gasosos com características físicas, químicas ou microbiológicas distintas dos resíduos domésticos (Brasil, 2022).

A norma atribui à fonte geradora a responsabilidade pelo correto manejo desses resíduos em todas as etapas, desde a coleta até a destinação final, observando a legislação vigente, a adoção de boas práticas, a capacitação dos trabalhadores e a classificação conforme a ABNT NBR 10004, com o objetivo de reduzir riscos ocupacionais e proteger a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente (Brasil, 2022).

Segundo Scandelai et al. (2018), os efluentes provenientes de diferentes processos industriais podem apresentar elevadas concentrações de matéria orgânica, microrganismos patogênicos, metais e substâncias tóxicas, tanto dissolvidas quanto em suspensão, representando riscos significativos à saúde e à segurança humana quando não há proteção adequada contra o contato. O principal objetivo das estações de tratamento de efluentes é remover, dentro de limites técnicos e econômicos, a maior quantidade possível desses contaminantes, processo que frequentemente envolve o uso de produtos químicos potencialmente tóxicos, ou microrganismos, capazes de expor os operadores a diversos riscos.

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) apresentam características específicas e geram subprodutos que, quando mal gerenciados, tornam seus processos suscetíveis a diversos problemas, como acidentes decorrentes do uso inadequado de produtos químicos, riscos de vazamentos, atração de vetores, emissão de odores e outros impactos relevantes à saúde pública e ao meio ambiente. As diferentes etapas do tratamento exigem medidas de

segurança para proteger os trabalhadores, a comunidade do entorno e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais (Silva Júnior et al., 2025).

Os corpos d'água que recebem esgotos passam a concentrar diversos agentes patogênicos, o que pode não afetar diretamente a biota, mas compromete usos como abastecimento de água, irrigação e atividades recreativas. Nesse contexto, a prevenção e a análise de acidentes são fundamentais nas atividades de tratamento de esgoto, pois contribuem para evitar danos como mortandade de peixes, eutrofização, contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de incêndios e explosões, ao mesmo tempo em que subsidiam a elaboração de planos de ação e procedimentos operacionais voltados à antecipação, resposta e mitigação de eventos indesejáveis em empreendimentos potencialmente poluidores (Silva Júnior et al., 2025).

No que se refere aos riscos químicos, destacam-se a exposição direta a produtos utilizados no tratamento de efluentes, como cloro, ácidos, bases, coagulantes, além de reagentes laboratoriais e óleos lubrificantes, cujas vias de exposição podem ser cutânea, respiratória ou por ingestão, causando desde irritações até doenças pulmonares graves (Battistelli; Jeranoski; Camilo, 2024).

De modo geral, as ETEs são constituídas por tanques e piscinas semiabertos com equipamentos elétricos, como bombas, peneiras, raspadores de lodo e transportadores, que demandam manutenção frequente, expondo os trabalhadores a atividades de risco, como desmontagem de máquinas, entrada em espaços confinados e movimentação de cargas pesadas (Huang; Tsai; Lu, 2021).

Mesmo que variem quanto ao tipo de equipamentos e à escala operacional, as estações de tratamento de esgoto ou efluentes apresentam riscos ocupacionais semelhantes, como quedas, aprisionamento em máquinas, choques elétricos, incêndios, explosões, afogamento e hipóxia. Ambientes como lagoas e tanques já registraram acidentes graves e fatais, associados principalmente à intoxicação por sulfeto de hidrogênio (H_2S), hipóxia, explosões e choques elétricos, geralmente decorrentes do descumprimento de protocolos de segurança e da falha gerencial na supervisão, inspeção, treinamento e promoção da cultura de segurança (Huang; Tsai; Lu, 2021).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa baseou-se numa revisão narrativa da literatura, realizada em livros, dissertações e artigos científicos selecionados por meio de buscas nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico. Os critérios de inclusão consideram publicações em português ou inglês, que apresentem relação direta com o tema proposto e que tenham sido publicadas entre 2010 e 2025. Como critérios de exclusão, foram desconsiderados trabalhos de graduação, estudos bibliométricos e pesquisas divulgadas de forma parcial. Após a seleção e leitura do material, os resultados foram organizados por meio de categorização temática, permitindo identificar e agrupar os principais eixos de discussão presentes na literatura. Essa categorização buscou evidenciar aspectos recorrentes e relevantes relacionados ao saneamento básico e à infraestrutura urbana, facilitando a interpretação crítica das abordagens.

As categorias de análise foram definidas a partir da aplicação da análise de conteúdo, considerando a literatura científica, documentos legais e normativos, bem como estudos de caso relacionados ao tema. As categorias analíticas abordaram: (1) gestão de resíduos industriais de saneamento, com ênfase nos processos de identificação, segregação, armazenamento, tratamento e destinação final ambientalmente adequada; (2) riscos ocupacionais associados às atividades de manejo de resíduos e operação de sistemas de tratamento de água e efluentes, abrangendo riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos; e (3) práticas de prevenção de acidentes de trabalho, com destaque para o cumprimento das normas regulamentadoras, a adoção de medidas de proteção coletiva, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e a realização de treinamentos contínuos.

Essa organização permitiu sistematizar os achados de forma estruturada, possibilitando a compreensão integrada da relação entre gestão de resíduos industriais de saneamento, segurança do trabalho e sustentabilidade. Tal análise considerou os desafios técnicos, operacionais e normativos identificados na implementação e na execução dos processos industriais, evidenciando como a gestão eficiente dos resíduos e a prevenção de acidentes contribuem para a proteção da saúde dos trabalhadores, a redução de impactos ambientais e a promoção de ambientes laborais mais seguros e sustentáveis.

Foram utilizados os descritores “gestão de resíduos industriais”, “saneamento”, “segurança do trabalho”, “resíduos de estações de tratamento de esgoto” e “acidentes ocupacionais”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. Inicialmente, foram identificados 160 estudos, dos quais 17 foram selecionados após leitura de títulos,

resumos e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Além disso, foram empregados, um documento da OIT (2023), parte da Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), trechos da Norma Regulamentadora NR 25 - Resíduos Industriais (Brasil, 2022), um texto publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2014) e um documento da empresa Dupont (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) tem como finalidade reduzir a carga poluidora dos esgotos, assegurando o atendimento aos padrões legais de lançamento em corpos hídricos receptores. Para isso, pode ser constituída por diferentes unidades de tratamento, definidas conforme o nível de eficiência exigido, que atuam na remoção de sólidos em suspensão por processos físicos como gradeamento, caixa de areia e sedimentação; na redução da matéria orgânica por meios biológicos, como lagoas de estabilização, lodos ativados, filtros biológicos e reatores anaeróbios; na remoção de nutrientes, com destaque para o nitrogênio por nitrificação e desnitrificação e o fósforo por processos biológicos ou físico-químicos; além da eliminação de microrganismos patogênicos por etapas de desinfecção química, radiação ultravioleta, ozônio ou lagoas de maturação (Goetten, 2023).

Diante da diversidade e da gravidade dos riscos ocupacionais identificados nas atividades de tratamento de efluentes, torna-se evidente a necessidade de adoção de medidas preventivas eficazes, com destaque para os treinamentos e o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (Huang; Tsai; Lu, 2021).

Os riscos intrínsecos ao tratamento de efluentes industriais possuem relevância significativa no contexto da segurança no trabalho, sendo pertinente sua análise e desenvolvimento de políticas de proteção ao trabalhador. Nesse sentido, Guallione Neto (2014) buscou identificar os riscos na operação de uma (ETE) em uma indústria farmacêutica no Brasil, por meio de uma análise estruturada em duas etapas: o levantamento dos riscos existentes em toda a área da ETE e a identificação dos riscos associados às principais atividades desenvolvidas no local.

A partir desses levantamentos, a autora propôs recomendações práticas e objetivas voltadas à minimização ou eliminação dos riscos ocupacionais, destacando ações como o uso adequado de equipamentos de proteção individual, a proteção e manutenção preventiva dos equipamentos, a adequação no armazenamento de substâncias químicas, a redução da exposição a situações de risco e o reforço do treinamento dos operadores e demais pessoas com acesso à área, evidenciando que a adoção dessas medidas contribui significativamente para a redução dos riscos e para o aumento da segurança dos trabalhadores (Guallione Neto, 2015).

Scandelai et al. (2018) buscaram identificar as condições de segurança ocupacional nos postos de trabalho de uma ETE em uma indústria de laticínios, bem como propor medidas de prevenção e controle capazes de minimizar ou eliminar a exposição aos riscos existentes. Os autores identificaram, entre os principais perigos, o risco de quedas associado à declividade do terreno entre as lagoas de tratamento, especialmente nas lagoas anaeróbia e facultativas, onde são realizadas coletas manuais diárias de amostras para análises físico-químicas. Diante disso, recomendaram a instalação de barreiras de proteção coletiva e sinalização adequada para garantir o acesso seguro às caixas de passagem, de gordura e ao tanque de polimento, além da adoção de medidas preventivas em atividades com sistemas de bombeamento, nas quais foi constatado risco de choque elétrico.

Além dos riscos de acidentes, o estudo destacou a exposição dos trabalhadores a riscos físicos, como calor e radiação solar, por se tratar de um ambiente de trabalho a céu aberto, bem como a riscos biológicos e químicos durante o manuseio do lodo e de produtos químicos. Nesse contexto, os autores apontaram a necessidade de ampliação e adequação do uso de Equipamentos de Proteção Individual, incluindo vestimentas apropriadas contra calor, descarga elétrica, ruído, agentes químicos e biológicos, além de óculos de proteção, aventais impermeáveis e máscaras específicas. Também foram sugeridas a instalação de chuveiro de emergência e lava-olhos, o reforço da sinalização na área operacional e a realização de treinamentos contínuos e fiscalização do uso de EPI, visando à promoção do bem-estar, da segurança e da prevenção de acidentes no ambiente de trabalho (Scandelai et al., 2018).

Cortes (2016) analisou os riscos de segurança relacionados aos operadores de uma estação de tratamento de água (ETA) e de uma ETE em uma indústria química, por meio da aplicação da Análise Preliminar de Risco (APR), com o objetivo de identificar os perigos associados às atividades operacionais dessas unidades. A metodologia baseou-se

em visitas técnicas observacionais que possibilitaram avaliar as condições de trabalho às quais os colaboradores dos três turnos estavam expostos, evidenciando a predominância de riscos químicos, decorrentes do contato com reagentes, poeiras, fumos, névoas e gases, além de riscos biológicos relacionados à coleta de amostras de lodo e riscos físicos, como exposição ao calor, ao frio e à radiação não ionizante, em razão das atividades ocorrerem em áreas abertas.

Ao final da avaliação qualitativa, concluiu-se que a APR se mostrou uma ferramenta eficaz para a identificação dos riscos potenciais e para a compreensão do cenário real de perigos existentes na empresa. Foram evidenciados riscos relevantes, considerando, no entanto, que a APR, quando utilizada isoladamente, pode não abranger todos os aspectos do cenário, tornando necessária a adoção de métodos complementares para uma avaliação mais aprofundada e abrangente dos riscos (Cortes, 2016).

Guatta e Cusioli (2024) analisaram os principais problemas de segurança do trabalho decorrentes do descumprimento das normas regulamentadoras em empresas de saneamento, a partir da avaliação de relatórios de visitas técnicas realizadas em três organizações que operam Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e Estações de Tratamento de Água (ETA). Os resultados evidenciaram falhas recorrentes relacionadas à estrutura física, aos serviços elétricos e ao trabalho em altura, com destaque para a necessidade de maior atenção às NRs 35, 12 e 26, ressaltando a importância de avaliações contínuas e criteriosas das condições e dos processos de trabalho para a prevenção de acidentes laborais.

Os autores também destacaram que as atividades desenvolvidas em ETAs e ETEs expõem os trabalhadores a diversos riscos ocupacionais, incluindo riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos, associados à operação, manutenção, limpeza, manuseio de produtos químicos e contato com agentes biológicos presentes nos efluentes. Nesse contexto, a segurança do trabalho assume papel fundamental na elaboração de programas de controle e planos de ação baseados na legislação vigente e em fiscalizações sistemáticas, visando reduzir acidentes, doenças ocupacionais e impactos negativos tanto para os trabalhadores quanto para as empresas, reforçando a necessidade de estudos específicos sobre os riscos no setor de saneamento (Guatta; Cusioli, 2024).

Conforme a OIT (2023), torna-se indispensável a capacitação inicial e contínua dos trabalhadores envolvidos nessas atividades, contemplando procedimentos operacionais para redução na fonte, técnicas seguras de manuseio, armazenamento, documentação e

disposição de resíduos, identificação de resíduos perigosos e prevenção de contaminações, especialmente em materiais destinados à reciclagem. No caso de resíduos perigosos, o descarte deve seguir critérios técnicos e normativos definidos por autoridades competentes, assegurando a proteção dos trabalhadores, da população e do meio ambiente, com ênfase no uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

Wright et al. (2019) compreendem que os trabalhadores do setor de tratamento de efluentes estão expostos a diversos riscos ocupacionais, incluindo agentes químicos, gases e microrganismos patogênicos, sendo o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) um fator essencial para reduzir a probabilidade de acidentes e contaminações. A pesquisa envolveu 272 trabalhadores de 33 estações de tratamento de efluentes e utilizou análises estatísticas descritivas e modelos de regressão para avaliar os dados.

Os resultados indicaram que os trabalhadores possuíam bom conhecimento sobre os riscos ocupacionais e as exigências de uso de EPIs, sendo a percepção de suscetibilidade e de gravidade das doenças ocupacionais fatores positivamente associados à conformidade. Em contrapartida, observou-se que a postura inconsistente dos gestores quanto ao uso de EPIs teve associação negativa com a adesão, evidenciando que programas de segurança que reforcem a percepção de risco e a gravidade dos agravos podem contribuir para o aumento da conformidade no uso de EPIs (Wright et al., 2019).

Avaliações quantitativas de risco microbiológico permitem analisar de forma sistemática os riscos ocupacionais a que estão expostos os trabalhadores de estações de tratamento de efluentes, contribuindo para a prevenção de doenças infecciosas relacionadas ao trabalho. Esse tipo de avaliação constitui uma abordagem estruturada para analisar os riscos ocupacionais em estações de tratamento de efluentes e apoiar a prevenção de doenças infecciosas relacionadas ao trabalho. No entanto, muitos estudos concentram-se nos mecanismos de tratamento ou na aplicação de medidas de controle, enquanto aspectos como a diversidade de tarefas executadas, o tempo de exposição e o porte das unidades recebem menor atenção, resultando em variações significativas nos achados e recomendações (Maal-Bared, 2023).

Maal-Bared (2023) propôs a caracterização das tarefas desempenhadas por trabalhadores em ETEs, classificando-as em cinco níveis crescentes de exposição e risco, considerando o tempo dedicado às atividades, o volume de contato com efluentes e a duração da inalação. Os resultados evidenciaram a utilidade de um *checklist* para identificar medidas de eliminação dos riscos e priorizar ações de saúde e segurança,

contribuindo para avaliações ocupacionais mais precisas e para o aprimoramento das políticas de proteção ao trabalhador.

Riascos, Ensslin e Merino (2021) afirmam que a seleção e o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são influenciados pela percepção de risco, bem como por aspectos organizacionais, cognitivos e físicos das atividades de trabalho, sendo que a prevenção de infecções deve ser compreendida como uma responsabilidade organizacional compartilhada, e não baseada apenas na proteção individual. As organizações devem, inicialmente, avaliar os riscos e buscar sua eliminação; quando isso não for viável, devem ser priorizadas as medidas de controle de engenharia e administrativas, ficando o EPI como a última linha de defesa, em complemento às medidas de proteção coletiva.

Diversas estratégias têm sido adotadas para aumentar a adesão dos trabalhadores ao uso de equipamentos de proteção individual, incluindo ações de educação em saúde e melhorias no ambiente de trabalho. Intervenções educativas direcionadas podem gerar resultados expressivos, como programas educativos com apresentações e vídeos demonstrativos sobre práticas seguras. Outras investigações, baseadas na teoria social cognitiva, também demonstram eficácia na melhoria do conhecimento, das atitudes e do comportamento de adesão ao uso de EPI. Ainda assim, a conformidade permanece influenciada por fatores como baixa conscientização sobre a importância do EPI, desconforto durante o uso e uma cultura de segurança deficiente (Ada et al., 2025).

Sob a perspectiva da saúde ocupacional, o EPI atua como uma barreira contra agentes infecciosos ou nocivos e é essencial em situações de contato direto com pacientes, pois reduz a exposição ao impedir o contato físico ou ao filtrar partículas infecciosas presentes no ar. Evidências indicam que um clima de segurança sólido e o comprometimento organizacional melhoram significativamente as práticas de controle de infecções, uma vez que os trabalhadores tendem a aderir mais quando os EPIs e os controles de engenharia estão prontamente disponíveis e são adequados. Estudos também apontam que a disponibilidade, a qualidade e o uso adequado dos EPIs são fatores determinantes para a efetividade dessas práticas (Riascos; Ensslin; Merino, 2021).

Ada et al. (2025) consideram que a baixa adesão ao EPI resulta de múltiplas barreiras simultâneas, incluindo desconforto e inadequação ergonômica dos equipamentos, percepção reduzida dos riscos, falta de treinamento, disponibilidade limitada de EPI adequado e fragilidades na supervisão e na cultura de segurança. Fatores organizacionais e ambientais, como ventilação deficiente e ambientes sobrecarregados, agravam o problema,

evidenciando a necessidade de estratégias combinadas que envolvam capacitação regular, intervenções comportamentais, apoio da gestão e aprimoramento do design dos EPIs, além de pesquisas longitudinais para avaliar a eficácia das intervenções a longo prazo.

Ressalta-se que os padrões de conformidade com Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) no que se refere ao tratamento de águas residuárias, em âmbito industrial, tornaram-se mais rigorosos ao longo do tempo, deixando de ser aceitável o uso mínimo de proteção. Essa mudança se justifica pelos elevados riscos de exposição a agentes patogênicos nas fases iniciais e intermediárias do tratamento, que envolvem bactérias, vírus, fungos, protozoários e helmintos. Nesse contexto, os trabalhadores de manutenção são os mais expostos, uma vez que atuam de forma contínua em ambientes com alta carga biológica e grande demanda operacional (Dupont, 2019).

Quanto às atividades de manutenção e limpeza em espaços confinados, como tanques e tubulações, verifica-se que estas ações favorecem a presença de poeiras, vapores e gases perigosos, como o sulfeto de hidrogênio e o metano, resultantes de processos anaeróbios, que podem provocar asfixia, explosões e até óbitos em altas concentrações. Também se destaca o risco biológico, considerado um dos mais relevantes nas ETEs, decorrente da exposição a microrganismos patogênicos presentes no efluente, no lodo e nos aerossóis gerados nas etapas de aeração, os quais estão associados a diversas doenças infecciosas, evidenciando a complexidade e a gravidade dos riscos ocupacionais nesse ambiente (Battistelli; Jeranoski; Camilo, 2024).

A análise da literatura evidencia que a gestão de resíduos industriais de saneamento constitui um elemento estruturante para a sustentabilidade ambiental e para a segurança ocupacional nas atividades industriais. Costa (2016) destaca que as indústrias enfrentam pressões simultâneas relacionadas à competitividade e às exigências ambientais, o que impulsiona a adoção de processos mais eficientes e tecnologias limpas. Em consonância, Müller et al. (2022) apontam que o gerenciamento integrado de resíduos sólidos industriais (RSI) favorece a redução de custos e o atendimento às exigências legais. Entretanto, a comparação entre os estudos revela que a eficiência ambiental somente se consolida quando integrada a políticas efetivas de prevenção de riscos ocupacionais, evidenciando que a sustentabilidade não pode ser dissociada da proteção à saúde do trabalhador.

No âmbito da prevenção de acidentes, os estudos analisados convergem ao demonstrar que o tratamento de efluentes e o manejo de resíduos industriais expõem os trabalhadores a riscos físicos, químicos, biológicos e ergonômicos. Rocha, Kligerman e

Oliveira (2019) ressaltam que, embora o saneamento tenha como finalidade a proteção da saúde pública, nas atividades industriais a responsabilidade pelo gerenciamento dos efluentes recai diretamente sobre o gerador. Complementarmente, Battistelli, Jeranoski e Camilo (2024) enfatizam riscos térmicos e exposição à radiação solar, enquanto Huang, Tsai e Lu (2021) evidenciam a ocorrência de acidentes graves associados a falhas de gestão, como a ausência de treinamentos, fiscalização insuficiente e descumprimento de protocolos de segurança. Essa comparação indica que os acidentes decorrem menos da natureza das atividades e mais das deficiências organizacionais e gerenciais.

A atualização da Norma Regulamentadora nº 25 (Brasil, 2022) representa um avanço ao estabelecer requisitos específicos para o gerenciamento de resíduos industriais e reforçar a obrigatoriedade da capacitação dos trabalhadores. Contudo, conforme observado por Guatta e Cusioli (2024), a existência de dispositivos normativos não garante, por si só, ambientes de trabalho seguros, uma vez que persistem falhas estruturais, elétricas e operacionais em empresas de saneamento. Essa constatação evidencia a necessidade de internalização das normas como prática cotidiana e não apenas como exigência legal, reforçando o papel da fiscalização contínua e da cultura organizacional voltada à segurança.

No que se refere aos treinamentos e ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), os estudos de Gualione Neto (2015) e Scandelai et al. (2018) demonstram que a capacitação contínua e o uso adequado dos equipamentos reduzem significativamente os riscos ocupacionais. Wright et al. (2019) ampliam essa análise ao evidenciar que a percepção de risco e, sobretudo, a postura dos gestores influenciam diretamente a adesão dos trabalhadores ao uso de EPIs. Assim, a prevenção efetiva de acidentes demanda o fornecimento de equipamentos, bem como a liderança comprometida, supervisão ativa e fortalecimento da cultura de segurança.

De modo geral, os achados reforçam que a gestão inadequada dos resíduos industriais de saneamento impacta simultaneamente o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores. Silva Júnior et al. (2025) demonstram que falhas no gerenciamento de subprodutos podem resultar em acidentes graves, como incêndios, explosões e contaminações ambientais. Dessa forma, a discussão comparativa evidencia que a integração entre gestão de resíduos, prevenção de acidentes e sustentabilidade constitui um requisito essencial para a promoção de ambientes industriais mais seguros, eficientes e socialmente responsáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa evidenciou que a gestão de resíduos industriais de saneamento é um elemento essencial para assegurar a sustentabilidade e o equilíbrio entre produção e responsabilidade ambiental. A adoção de práticas adequadas de separação, tratamento e destinação final dos resíduos permite reduzir os impactos negativos ao meio ambiente, garantindo a preservação dos recursos naturais e fortalecendo o compromisso das indústrias com o desenvolvimento sustentável.

Constatou-se que a exposição ocupacional nas atividades de tratamento de efluentes e manejo de resíduos representa um dos maiores desafios para a segurança e a saúde dos trabalhadores. A identificação precisa dos riscos e a implementação de medidas preventivas adequadas são fundamentais para minimizar acidentes, reduzir doenças ocupacionais e promover ambientes de trabalho mais seguros e controlados.

Observou-se ainda que os treinamentos periódicos e o uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) constituem ferramentas indispensáveis para a prevenção de acidentes. Contudo, mais do que o simples fornecimento de equipamentos, é necessário promover a conscientização e o engajamento dos trabalhadores, consolidando uma cultura de segurança que envolva todos os níveis hierárquicos da organização.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre a gestão ambiental e a segurança ocupacional é indispensável para o funcionamento sustentável das atividades industriais. O cumprimento dos objetivos deste estudo confirma que o investimento contínuo em planejamento, capacitação e monitoramento das práticas de gestão contribui diretamente para a redução dos impactos ambientais, a valorização dos trabalhadores e a consolidação de um modelo industrial mais seguro, responsável e sustentável.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a realização de pesquisas empíricas que envolvam estudos de caso em indústrias e em estações de tratamento de efluentes, a fim de avaliar, na prática, a efetividade dos sistemas de gestão de resíduos industriais de saneamento e das medidas de prevenção de acidentes adotadas. Investigações quantitativas e qualitativas sobre a exposição ocupacional dos trabalhadores, associadas a indicadores de desempenho em segurança e saúde no trabalho, podem contribuir para uma compreensão mais aprofundada dos riscos reais e das lacunas existentes nas práticas preventivas.

Além disso, estudos comparativos entre diferentes setores industriais, portes de empreendimentos ou modelos de gestão, públicos e privados, podem ampliar a compreensão sobre fatores organizacionais, tecnológicos e culturais que influenciam a conformidade com as normas regulamentadoras. Por fim, recomenda-se aprofundar pesquisas voltadas à avaliação da eficácia dos programas de treinamento, da adesão ao uso de Equipamentos de Proteção Individual e do impacto de abordagens inovadoras, como a economia circular e as tecnologias digitais de monitoramento, na redução de acidentes, doenças ocupacionais e impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ADA, Y. R. et al. Strategies to improve compliance with personal protective equipment use in the textile industry: a scoping review. **BMC Public Health**, v. 25, n. 2743, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12889-025-24037-9>. Acesso em 10 dez. 2025.

BATTISTELLI, A. A.; JERANOSKI, R. F.; CAMILO, R. Elaboração de procedimentos gerais para identificação e gerenciamento de riscos ocupacionais em estações de tratamento de efluentes. **Revista DAE**, São Paulo, v. 72, n. 243, p. 205-217, Jan./Mar. 2024. Disponível em: https://www.revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_243_n_2187.pdf. Acesso em 11 dez. 2025.

BOLETIM DO SANEAMENTO. **Brasil amplia acesso a saneamento, mas tratamento de esgoto ainda avança lentamente**. 2025. Disponível em: <https://www.boletimdosaneamento.com.br/brasil-saneamento-esgoto/>. Acesso em 27 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.305/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 10 dez. 2025.

BRASIL. **NR 25 - Resíduos Industriais**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-25-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em 11 dez. 2025.

CNI. **Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos**. Confederação Nacional da Indústria. 2014. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/9c/7c/9c7c8655-4ede-4cfa-88e5-e0d7b9f67a50/visao_da_industria_residuos_solidos_baixa.pdf. Acesso em 11 dez. 2025.

CORTES, L. F. **Análise de Riscos em Estações de Tratamento de Água e Efluentes:** caso de uma indústria química da região de Curitiba. 2016. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17496/1/CT_CEEST_XXXII_2016_23.pdf. Acesso em 12 dez. 2025.

COSTA, P. A. **Gestão de efluentes industriais no processo de obtenção de substrato agrícola:** estudo de caso. Universidade Federal do Pará. Monografia (Especialização). 2016. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/91f1ef94-7137-4359-9a26-1daf27294fcf/content>. Acesso em 12 dez. 2025.

COSTA, E. **Tratamento de esgoto é área com maiores dificuldades a serem superadas, segundo ranking do saneamento.** Agência Infra. 2024. Disponível em: <https://agenciainfra.com/blog/tratamento-de-esgoto-e-area-com-maiores-dificuldades-a-ser-em-superadas-segundo-ranking-do-saneamento/>. Acesso em 27 fev. 2026.

DUPONT. **Worker protection in the wastewater treatment industry.** 2019. Disponível em: https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/personal-protection/public/documents/en/Wastewater_Treatment_Case_Study.pdf. Acesso em 13 dez. 2025.

GOETTEN, W. J. Segurança do trabalho em atividades de saneamento básico: aspectos observados pela fiscalização regulatória. **Revista Unicrea**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 256-288, jan-mar. 2023. Disponível em: <https://share.google/pEhGFeZsFMkHTwtES>. Acesso em 12 dez. 2025.

GUALLIONE NETO, V. **Riscos ocupacionais na operação de uma estação de tratamento de esgoto industrial:** estudo de caso de uma indústria farmacêutica. Monografia (Especialização). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/ee4bb4a8-4530-466d-b909-3e183695bc5d/Guallione.pdf>. Acesso em 12 dez. 2025.

GUATTA, A. O.; CUSIOLI, L. F. Análise da segurança do trabalho em empresas de saneamento. **Journal of Exact Sciences**, v. 43, n. 1, p. 5-9, out. -dez. 2024. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20241007_120116.pdf. Acesso em 13 dez. 2025.

HUANG, C. F.; TSAI, Y. L.; LU, W. H. Relationships among Perceived Control, Safety Attitude, and Safety Performance: A Case Study on Wastewater Treatment Plant Workers. **Sustainability**, v. 13, n. 22, p. 12573, nov. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12573>. Acesso em 14 dez. 2025.

MAAL-BARED, R. Protecting Wastewater Workers by Categorizing Risks of Pathogen Exposures by Splash and Fecal-Oral Transmission during Routine Tasks. **Waste**, v. 1, n. 1, p. 95-104, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-0391/1/1/7>. Acesso em 12 dez. 2025.

MAIA, L. C. C.; JAMBO, H. C. M.; GOMES, J. A. C. P. Tratamento eletroquímico de efluentes industriais – alternativa para a remoção de contaminantes e potencial aproveitamento de H₂. **Revista Matéria**, supl., 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/GQtGDYmsWwcnrNr4vqJsQcy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 12 dez. 2025.

MÜLLER, F. L. D. et al. Revisão sistemática do gerenciamento coletivo de resíduos sólidos industriais com unidade de compostagem associada ao processamento do tabaco. **Eng Sanit Ambient.**, v. 27, n. 5, set./out. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/cFtN6vnyyMdBnVHs9BHnYdq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 11 dez. 2025.

OIT. **Segurança e saúde em indústrias têxteis, de vestuário, couro e calçados**. Organização Internacional do Trabalho. 2023. Disponível em: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/normativeinstrument/wcms_877758.pdf. Acesso em 12 dez. 2025.

PRADO, P. H. T.; FÉ JUNIOR, C. S. **A atual aplicação da responsabilidade socioambiental no tratamento de efluentes industriais no Brasil**. Repositório Institucional do Conhecimento, 2023. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/32272/3/gestaocomercial_2023_01_paulohenriqueiteixeiraprado_aatualaplicacaodarespons.pdf. Acesso em 13 dez. 2025.

RIASCOS, C. E. M.; ENSSLIN, S. R.; MERINO, E. A. D. Development of performance indicators for Occupational Health and Safety: a constructivist multicriteria approach for PPE. **Production**, 31, e20200106, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/VKRrNtvMcJm7F6FwpLCzZRG/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 13 dez. 2025.

ROCHA, A. C. L.; KLIGERMAN, D. C.; OLIVEIRA, J. L. M. Panorama da pesquisa sobre tratamento e reuso de efluentes da indústria de antibióticos. **Saúde Debate**, v. 43, n. esp. 3, p. 165-180, dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/VLxrrjcfJCY5Xqmcss5SNCn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 12 dez. 2025.

SCANDELAI, A. P. J. et al. **Avaliação de riscos ocupacionais em uma estação de tratamento de efluente lácteo no norte do Paraná**. XII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, nov. 2018. Disponível em: https://anais.unespar.edu.br/xii_eepa/data/uploads/artigos/8-engenharia-do-trabalho/8-06.pdf. Acesso em 13 dez. 2025.

SILVA JÚNIOR, H. O. et al. Hazop tool applied to the sewage treatment plant by activated sludge process, in the city of Altamira/PA. **Revista Aracê**, v. 7, n. 2, nov. 2025. Disponível em: <https://share.google/qo35uy9c3aZmybZaJ>. Acesso em 16 dez. 2025.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento do Instituto Trata Brasil de 2025 (SNIS/Sinisa 2023)**. 2025. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/07/Versao-Final-de-Estudo-da-GO-Associados-Ranking-do-Saneamento-de-2025_Rio-Corrigido-V4.pdf. Acesso em 27 fev. 2026.

WRIGHT, T. et al. Issue of Compliance with Use of Personal Protective Equipment among Wastewater Workers across the Southeast Region of the United States. **Int J Environ Res Public Health**, v. 16, n. 11, jun. 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6603999/>. Acesso em 14 dez. 2025.