

Microrganismos multirresistentes em efluentes hospitalares: desafios e perspectivas de tratamento

Júnia Natane de Sousa Queiroz Vieira

Leonardo Santos Andrade

Resumo:

Os efluentes hospitalares são resíduos líquidos gerados em estabelecimentos de saúde e que podem conter diversas substâncias infectantes ao meio ambiente. Atualmente são considerados como contaminantes emergentes em águas residuais de esgoto por serem veículos de contaminação de compostos químicos, farmacêuticos e de patógenos multirresistentes, preocupação crescente na saúde pública, sobretudo como desafio no tratamento de diversas doenças. Sendo assim, o presente trabalho envolve uma revisão narrativa de literatura, a fim de demonstrar o papel dos efluentes hospitalares na disseminação de patógenos multirresistentes e atuando como reservatórios de genes de resistência aos antimicrobianos. O levantamento evidencia que tais efluentes possuem uma alta carga de microrganismos patogênicos, incluindo, aqueles com genes de resistência que desafiam a saúde pública. Além disso, processos e tecnologias avançadas de tratamentos físicos, químicos e biológicos têm sido pesquisados e desenvolvidos a fim de serem utilizadas no tratamento desse tipo de rejeito, na tentativa de diminuir os impactos causados por seu despejo no meio ambiente.

Palavras-chave: Efluentes hospitalares; Microorganismos resistentes; Tratamento de efluentes; Descarte seguro

1. INTRODUÇÃO

i. Aspectos gerais

Os efluentes hospitalares constituem uma categoria de resíduos líquidos oriundos de unidades de atenção à saúde, incluindo procedimentos clínicos, laboratoriais, cirúrgicos e de higienização, além do descarte de excreções humanas, caracterizados por uma composição complexa e heterogênea, contendo poluentes de natureza física, química e biológica. Em decorrência dessa multiplicidade de fontes, esta classe de efluente apresenta elevada concentração de matéria orgânica, nutrientes, metais pesados, microrganismos patogênicos e substâncias químicas bioativas, como resíduos farmacêuticos e compostos emergentes, incluindo

hormônios, antibióticos, anti-inflamatórios e anestésicos (CAMPOS & PAGIORO, 2025; SILVA *et al.*, 2023).

Por sua composição complexa e potencialmente perigosa, os efluentes hospitalares exigem tratamento adequado antes do descarte no ambiente ou rede pública, e os efeitos negativos causados pelo lançamento inadequado destes efluentes no meio ambiente são diversos e preocupantes. Estudos têm demonstrado que a liberação de microrganismos patogênicos pode causar contaminação de mananciais, afetando diretamente a saúde humana e animal (CAMPOS & PAGIORO, 2025; LIMA, 2023). Além disso, a presença de antibióticos e quimioterápicos (contaminantes emergentes) favorece o desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a presença destas substâncias na água representa uma das maiores ameaças globais à saúde pública (CAMPOS & PAGIORO, 2025; LIMA, 2023).

Além da presença dos contaminantes específicos hospitalares (fármacos), a presença de matéria orgânica nos efluentes hospitalares também é uma preocupação, uma vez que pode contribuir para o aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Embora seja um efluente altamente tóxico quando comparado com os efluentes urbanos, sua composição apresenta concentrações significativas de DBO, DQO e toxicidade. Nesse sentido, o desenvolvimento de sistemas de tratamento de efluentes hospitalares eficientes caracteriza-se como um grande desafio para o descarte seguro ao meio ambiente (CAMPOS & PAGIORO, 2025).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as características dos efluentes hospitalares, sua contaminação por microrganismos multirresistentes e os métodos utilizados para o seu tratamento, com ênfase nos desafios ambientais associados e nas perspectivas tecnológicas disponíveis para o seu tratamento.

2. MICRORGANISMOS MULTIRRESISTENTES EM EFLUENTES HOSPITALARES

A resistência do organismo às substâncias antimicrobianas é um problema recente de saúde pública. Infecções que antes eram tratadas com relativa facilidade podem voltar a matar cerca de 10 milhões de pessoas até 2050 (LIMA, 2023).

As bactérias que possuem resistência a três ou mais classes de antimicrobianos são denominadas multirresistentes (MDR). Os genes de resistência são considerados, na atualidade, uma preocupação na área da medicina, quer pela sua existência, quer pela capacidade de transferência entre microrganismos, podendo gerar problemas graves de saúde pública, pelo fato de interferir com o tratamento eficaz de infecções bacterianas, contribuindo para um aumento da mortalidade (CANEDO, 2024; LIMA, 2023).

Embora as bactérias resistentes sejam isoladas frequentemente em amostras clínicas, muitos microrganismos resistentes e seus genes de resistência têm sido detectados em esgoto hospitalar e em outras amostras ambientais, tais como esgoto doméstico, lodo de esgoto, lagoas, água de mar, águas subterrâneas e águas de rio contaminado com esgoto (CHAGAS, 2011).

Os hospitais são potenciais fontes de disseminação de genes de resistência para o ambiente, devido ao uso exacerbado de antimicrobianos, que podem atingir corpos d'água utilizados para fins domésticos, por meio de esgotos municipais, lodo de esgoto e solo, pois, os líquidos excretados por pacientes acometidos por infecções causadas por bactérias resistentes, bem como resíduos de serviço de saúde (RSS) acabam por carrear bactérias portadoras do fenótipo multirresistente (CHAGAS, 2011).

As águas residuais fornecem à biomassa microbiana um habitat considerado ideal, uma vez que são compostas por uma abundância de nutrientes, tornando-se adequada para transferência de genes e bactérias nativas, as quais podem adquirir plasmídeos e outros elementos genéticos que codificam a resistência antimicrobiana de bactérias (LIMA, 2023).

Tais bactérias, principalmente quando presentes no efluente despejado no ambiente, são capazes de se reproduzir e disseminar genes de resistência para outros organismos, favorecendo a emergência e reemergência de doenças e, conseqüentemente, afetando o equilíbrio entre a saúde humana, animal e ambiental. Quando altas concentrações de antimicrobianos são descartadas em efluentes, estes podem executar pressão seletiva sobre os microrganismos, elevando assim a presença de microrganismos mais virulentos na microbiota ambiental, tais como os isolados bacterianos e os MDR (SILVA *et al.*, 2023).

Dentre os microrganismos multirresistentes mais importantes no monitoramento de infecções relacionadas à assistência estão o *Staphylococcus aureus* e o *Enterococos*. Enquanto o *Staphylococcus* é resistente à meticilina (MRSA, do inglês, Methicilinresistant S. aureus), o *Enterococos* é resistente à vancomicina (VRE, do inglês, Vancomycin resistant Enterococcus) e, principalmente, à bactérias Gram-negativas (BGN), cujas cepas podem ser produtoras de β -lactamase de espectro estendido (ESBL, do inglês, Extended-Spectrum β -lactamase), e é resistente também aos carbapenêmicos, como a *Klebsiellapneumoniae* carbapenemase (KPC) (ANVISA, 2012).

Em trabalho realizado por Dallanora *et al.* (2023), foram encontrados 50 isolados bacterianos pertencentes ao gênero *Pseudomonas* em amostras coletadas de efluente de uma Fundação Hospitalar do estado de Santa Catarina. Desses 50 isolados, foi possível observar que houve resistência bacteriana para a classe dos aminoglicosídeos (42,0%), carbapenêmicos (0,7%), cefalosporinas (38,4%), macrolídeos (48,0%), penicilinas (68,0%), quinolonas (18,7%) e tetraciclina (62,0%).

A espécie *Pseudomonas aeruginosa* é um microrganismo que apresenta dificuldade em ser controlado, visto estar associado a infecções oportunistas e nosocomiais, sendo insusceptível à muitos fármacos e com capacidade de desenvolver resistência progressiva à novos antimicrobianos, fazendo com que novas alternativas terapêuticas se tornem necessárias (DALLANORA *et al.*, 2023).

Ribeiro *et al.* (2020), analisaram 50 amostras de efluente de um hospital no Sudeste do Estado do Pará no mês de setembro de 2019, sendo todas elas com crescimento maior ou igual a 10^5 UFC/mL. Após o tratamento da água dos efluentes, foram identificados os microorganismos *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* sp. 12% e *Acinetobacter baumannii* 4%. Foram detectados também isolados com perfil de resistência a múltiplas drogas, com destaque para resistência aos carbapenêmicos 10% (n = 5). Dentre esses, os mais frequentes foram *Pseudomonas aeruginosa* (n = 3), seguido por *Burkholderiacepacia* (n = 1) e *Acinetobacter baumannii* (n = 1), apresentando Concentração Inibitória Mínima (CIM) elevada para imipenem e meropenem (≥ 32 mg/mL). Além disso, todos os isolados com

resistência a carbapenêmicos apresentaram positividade no teste fenotípico para produção de carbapenemases.

3. DESAFIOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES HOSPITALARES NO BRASIL

Os hospitais são considerados nichos ecológicos para bactérias resistentes, e há evidências da presença desses microrganismos antes e após o tratamento do esgoto hospitalar. Nos resíduos hospitalares há uma variedade de substâncias que causam impacto sobre os recursos hídricos destinados ao consumo humano, especialmente quando os sistemas de abastecimento de água e esgoto são precários (SANTOS *et al.*, 2022).

Os efluentes hospitalares podem ser classificados como híbridos, por possuírem frações tanto de efluentes domésticos como de efluentes industriais. Além disso, podem apresentar diversidade tanto no âmbito quantitativo como qualitativo, de acordo com o tamanho, tipologia e localização. Existem efluentes específicos de cada área, como laboratórios, radiologia, centro cirúrgico, lavanderia e cozinha (SANTOS *et al.*, 2022).

No Brasil, assim como na maioria dos países, não há legislações específicas para o tratamento e/ou lançamento de efluentes hospitalares e isso tem levado a dificuldades na gestão destes efluentes. Dada a diversidade característica desses resíduos, o gerenciamento dos impactos negativos causados pelo descarte destes efluentes demandam uma análise focada tanto em determinar os pontos de geração como as quantidades e as características físico-químicas de cada lançamento (CHAGAS, 2011; SANTOS *et al.*, 2022).

No âmbito da legislação brasileira, a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores, mas não contempla o efluente hospitalar especificamente. Para adequar seu sistema de tratamento aos efluentes gerados por empreendimentos situados dentro da área servida pela rede coletora de efluentes, as companhias de saneamento podem regulamentar seu descarte por meio de normas específicas. Desta forma, a Norma Técnica nº187/5 da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) estabelece condições e critérios para o lançamento de efluentes líquidos não domésticos em seu sistema de

esgotamento sanitário. Além disto, a COPASA possui o Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND) (SANTOS *et al.*, 2022).

De acordo com a COPASA (2016), o PRECEND busca obter a destinação adequada dos efluentes líquidos não domésticos gerados por processos produtivos e prestadores de serviços, que serão captados e encaminhados para suas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Esse sistema possui rastreamento pelas secretarias de meio ambiente dos municípios e visa à regularização ambiental. Essa norma técnica (T-187/5) estabelece limites máximos para alguns parâmetros e para o lançamento de efluentes não domésticos em sua rede coletora. Nas situações em que os efluentes possuam parâmetros acima dos limites estabelecidos, estes deveriam ser, obrigatoriamente, pré-tratados antes do lançamento (SANTOS *et al.*, 2022).

Em estudo realizado por VECCHIA *et al.* (2009), foram pesquisados por meio de questionários eletrônicos, quantos estabelecimentos (de um total de 127 hospitais das capitais brasileiras) possuíam instalações próprias para tratamento de esgoto. Somente 6,3% dos hospitais, ou seja, 8 instituições (4 localizadas na região Sul, 3 do Sudeste e 1 do Centro-Oeste), enviaram suas respostas. Dos 8 hospitais que se dispuseram a participar, 3 deles informaram possuir algum tipo de tratamento de esgoto hospitalar.

Uma maneira de diminuir os custos com o tratamento de líquidos gerados por uma dada instituição hospitalar é, sem dúvida, a segregação na fonte dos efluentes gerados, em que são necessários três sistemas de coleta: de líquidos contaminados com medicamentos, de líquidos oriundos do sistema de esgoto sanitário (banheiros) e de líquidos vindos da cozinha. O primeiro e o segundo sistemas seguem normas específicas de tratamento e monitoramento, buscando encontrar possíveis contaminações por medicamentos, vírus e bactérias; o terceiro é um simples modo de retirada de matéria orgânica e sólidos (VECCHIA *et al.*, 2009).

Souza *et al.* (2019) destacaram ainda a nocividade ambiental dos efluentes da lavanderia, que têm em sua constituição substâncias orgânicas e inorgânicas, incluindo microrganismos patogênicos, metais tóxicos e compostos orgânicos halogenados adsorvíveis, os quais apresentam menor biodegradabilidade em comparação com efluentes de outros setores hospitalares. Sendo assim, hospitais

sem a presença de lavanderias apresentam menor proporção de substâncias nocivas em seu efluente.

4. TECNOLOGIAS EMERGENTES UTILIZADAS NO TRATAMENTO DOS EFLUENTES HOSPITALARES

Realizar o tratamento de efluentes representa um desafio para empresas, indústrias e hospitais em função da composição geralmente bem diversificada e complexa dos efluentes, a qual é geralmente composta por substâncias em sua maioria sintética. Estas substâncias são resistentes a tratamentos convencionais, como biológicos e físico-químicos usuais, uma vez que a maioria dos efluentes que contém estas substâncias tem natureza poluente e tóxica. Além disso, estas substâncias possuem características recalcitrantes e/ou antibacterianas (resistentes à biodegradação) podendo ser biologicamente ativos, além de acarretar riscos aos ecossistemas aquáticos, uma vez que podem não ser degradados nos tratamentos convencionais de efluentes. Em particular, os desinfetantes, amplamente utilizados em hospitais e em suas lavanderias, têm efeitos nocivos no tratamento biológico de efluentes e nos ecossistemas aquáticos aos quais são expostos (OLIVEIRA, 2025; SILVA, ABRANTES; NOGUEIRA, 2023).

As tecnologias emergentes e novas tecnologias para o tratamento de efluentes têm sido objeto de crescente atenção na área ambiental. Essas tecnologias buscam solucionar as limitações dos sistemas de tratamento convencionais, promover maior eficiência na remoção de poluentes e atuar na recuperação de recursos e na produção de energia. Dentre as tecnologias emergentes destacam-se os processos oxidativos avançados (POA), como a peroxidação com UV (H_2O_2/UV) e a ozonização com UV (O_3/UV) que têm sido amplamente estudados para a remoção de compostos orgânicos persistentes em efluentes hospitalares (BRAGA *et. al.*, 2023).

Os POA baseiam-se na geração de reações que liberam radicais hidroxila ($\bullet OH$) para degradar parcial ou totalmente tanto compostos recalcitrantes como outras classes de substâncias. Geralmente usam uma combinação de agentes oxidantes (H_2O_2 ou O_3), irradiação (UV ou ultrassom) e catalisadores (íons metálicos

ou fotocatalisadores) com o objetivo de gerar estes radicais (OLIVEIRA, 2025; SOUZA *et al.*, 2019).

Esses processos são de grande interesse devido ao seu alto poder de oxidação. Estes radicais oxidam as substâncias orgânicas em um processo químico chamado mineralização, reduzindo estes poluentes a dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e íons de sais. Os POA podem ser empregados em combinação com processos biológicos de tratamento e/ou como pós-tratamento do efluente (OLIVEIRA, 2025; SOUZA *et al.*, 2019).

4.1 Sistema H_2O_2 /UV

Essa metodologia combina dois processos: o grande poder de oxidação do peróxido de hidrogênio e a fotocatalise com uso de radiação ultravioleta (UV).

O peróxido de hidrogênio é comumente utilizado como agente oxidante, por ser a fonte mais comum de radicais hidroxila, seja por sua decomposição catalítica na presença de íons metálicos ou de óxidos semicondutores, ou por irradiação com luz UV (OLIVEIRA, 2025; SOUZA *et al.*, 2019).

Em solução aquosa, o peróxido de hidrogênio, pode se decompor em espécies radicalares, ou reagir diretamente com as substâncias presentes no efluente, oxidando-as. No entanto, quando submetido à radiação UV, o uso do H_2O_2 possibilita a geração de dois radicais hidroxila devido à fotólise da molécula de peróxido. No processo UV/ H_2O_2 pode ocorrer também a fotólise direta dos compostos orgânicos presentes na fase fluida, como em todos os processos de radiação. Comparativamente, o processo que utiliza H_2O_2 e radiação UV é muito mais eficiente do que o uso de cada um deles separadamente (SOUZA *et al.*, 2019).

O sistema H_2O_2 /UV é um dos POA recomendados para tratar substâncias tóxicas presentes em efluentes devido ao fato de ser uma reação que ocorre espontaneamente na natureza. Para a radiação UV, podem ser utilizadas tantas fontes de lâmpadas de baixa e média pressão de vapor de mercúrio como também lâmpadas de xenônio. Destaca-se ainda a possibilidade de uso da radiação solar nestes processos, o que representa um enorme ganho energético deste processo. Além disso, o sistema H_2O_2 /UV apresenta alto poder germicida, dada sua

capacidade de alterar e inativar o DNA dos microrganismos (OLIVEIRA, 2025; SOUZA *et. al*, 2019).

4.2 Sistema O₃/UV

A ozonização com UV é definida pela geração de radicais hidroxila pela fotólise do ozônio. É uma reação onde ocorre a sinergia entre o ozônio e a radiação UV. Inicialmente, ocorre a quebra da molécula de ozônio pela ação da radiação UV, gerando oxigênio atômico. Posteriormente o oxigênio atômico reage com água gerando peróxido de hidrogênio *in situ*. Finalmente, o peróxido é fotolisado com formação do radical hidroxila que, por sua vez, oxidará a matéria orgânica e outros compostos recalcitrantes presentes (SOUZA *et. al*, 2019).

Segundo SOUZA (2016), o processo de ozonização é mais eficiente para a inativação de patógenos e possível remoção de bactérias resistentes a antibióticos, quando comparado com outras técnicas, pois esse processo pode eliminar completamente estes poluentes ou convertê-los para os produtos que são menos prejudiciais à saúde humana e para o ambiente aquático.

Por outro lado, o processo de O₃/UV, por necessitar de O₃ e luz UV é considerado um POA de alto custo, em decorrência de equipamentos como o gerador de ozônio e lâmpadas geradoras de radiação UV. Além disso, estudos toxicológicos nos processos de ozonização são de extrema importância, pois pode ocorrer a formação de subprodutos tóxicos como bromatos (BrO₃-), aldeídos e cetonas (OLIVEIRA, 2025; SOUZA, 2016). Apesar disso, os estudos sobre a aplicação dessas metodologias no tratamento de efluentes hospitalares e com foco em micropoluentes emergentes têm sido publicados nos últimos anos.

Em estudo realizado por SOUZA (2016), investigou-se as principais classes de fármacos consumidas em um hospital. A partir desses dados, criou-se um protocolo para avaliar os parâmetros mais adequados do processo de ozonização para a remoção de cafeína (CAF), amoxicilina (AMX) e ampicilina (AMP) em soluções aquosas. Investigou-se a influência da concentração inicial de fármaco, do pH, da potência de luz UV aplicada e da concentração inicial de Fe²⁺ utilizado como catalisador homogêneo. A eficiência de mineralização para os experimentos com efluente hospitalar atingiu 54,7% para o sistema O₃/UV, sendo eficiente para a completa eliminação de diversos compostos farmacêuticos e remoção da toxicidade.

Em relação à remoção dos 90 poluentes emergentes, observou-se que 53,3% dos compostos foram completamente degradados utilizando uma razão de concentração de ozônio e concentração de carbono orgânico total (mM O₃/mM C) igual a 0,3 em pH neutro. Tais resultados indicaram que o processo de ozonização pode ser considerado como uma alternativa de tratamento eficiente para a completa remoção de diversos compostos farmacêuticos, minimizando o impacto negativo destes no meio ambiente.

Em outro estudo conduzido por SOUZA *et al.* (2015), foram coletadas amostras do efluente de um hospital de grande porte de Porto Alegre-RS provenientes do centro de internação e bloco cirúrgico do hospital. As amostras foram tratadas com coagulante para reduzir a turbidez do efluente antes de ser submetido ao processo de ozonização. Foram analisados os processos de ozonização (em pH = 3 e pH = 11) e ozônio combinado com luz UV (O₃/UV em pH = 3 e pH = 11). De acordo com os resultados, foi verificada boa eficiência para remoção da DQO (64,05%) e de compostos orgânicos aromáticos presentes no efluente (81%).

Poucos estudos, até o momento, investigaram a utilização das metodologias citadas na inativação de microrganismos multirresistentes. Em pesquisa conduzida por FAGNANI (2014), foi avaliada a eficiência do processo de tratamento por lodos ativados e, a eficiência da peroxidação assistida por radiação ultravioleta (H₂O₂/UV) na desinfecção do efluente da estação de esgoto (ETE) Samambaia da cidade de Campinas-SP, com foco na remoção de coliformes totais, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, cistos de *Giardia* spp., oocistos de *Cryptosporidium* spp. e ovos e larvas de helmintos. O POA empregado promoveu a redução de mais de 80% do valor de cor aparente e verdadeira ($p < 0,05$). Os processos fotoassistidos (UV e H₂O₂/UV) alcançaram a maior inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* com a dose de radiação de 177 mW s/cm, sendo de 5 log para a fotólise e, o limite $< 1\text{NMP}/100\text{ mL}$ para o POA. O processo de UV e POA gerou alterações nos cistos ($p < 0,05$) sendo que o POA alcançou alterações (de fluorescência e/ou forma) em 100% dos cistos observados quando utilizada a dose de radiação UV de 1775 mW s/cm. Nenhum dos processos reduziu ou danificou ovos de helmintos, independentemente da condição experimental avaliada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que os efluentes hospitalares configuram uma composição heterogênea, caracterizada por elevadas concentrações de matéria orgânica, metais pesados, microrganismos patogênicos e micropoluentes emergentes, incluindo, genes de resistência bacteriana. De acordo com os dados coletados, estas substâncias estão disseminadas ao longo de toda a rede, podendo ampliar e/ou contribuir com a disseminação da resistência bacteriana, o que impõe desafios significativos aos sistemas convencionais de tratamento de esgoto.

Nesse contexto, torna-se imprescindível que pesquisas sejam realizadas, com foco na inativação de microrganismos multirresistentes utilizando tecnologias de tratamento, com ênfase nos processos oxidativos avançados, com metodologias já amplamente pesquisadas na inativação de outros micropoluentes e que vêm alcançando resultados favoráveis. Paralelamente, destaca-se a necessidade da implementação de estratégias contínuas de monitoramento do efluente hospitalar, com foco na detecção e controle de micropoluentes.

Conclui-se, portanto, que a mitigação dos impactos ambientais e sanitários associados a efluentes hospitalares demanda uma abordagem multidisciplinar, a qual deve integrar esforços de pesquisa científica, inovação tecnológica e formulação de políticas públicas eficazes.

6. REFERÊNCIAS

Anvisa. Portaria n. 158, de 15 de agosto de 2012. Institui a Comissão Nacional de Prevenção e Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (CNCIRAS). Brasília: Diário Oficial da União, Seção 2, 15 de agosto de 2012.

BRAGA, Denilson de Souza; PINHEIRO, Fernando Jorge Coelho; SANT'ANA, Maira Carvalho; ALMEIDA, Marcello Moreira; KINOSHITA, Angela; PAIVA, Fabio Friol Guedes; TAMASHIRO, Jacqueline Roberta. Tratamento de efluentes: sistemas convencionais e avançados, desafios e perspectivas para a sustentabilidade. **Ciências e Tecnologia das Águas: inovações e avanços em pesquisa** - ISBN 978-65-5360-318-9 - Vol. 1, 2023.

CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de; PAGIORO, Thomaz Aurélio. Efluentes hospitalares: caracterização e desafios no tratamento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 1, jan./mar. 2025. Disponível em:

<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/8637>. Acesso em: 16 de Novembro de 2025.

CANEDO, Juliana Maria Ramos Casanova. **O perfil global da resistência aos antibióticos em águas residuais: Uma revisão sistemática**. 2024. 150p. Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2024.

CHAGAS, Thiago Pavoni Gomes. **Deteção de bactérias multirresistentes aos antimicrobianos em esgoto hospitalar no Rio de Janeiro**. Dissertação - Programa de Pós-graduação em Medicina Tropical. Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2011.

DALLANORA, Fábio José; DALLANORA, Léa Maria Franceschi; DALLANORA, Andressa Franceschi; BOHNEBERGER, Gabriela; AGOSTINI, Fernanda Maurer D; CARVALHO, Diego; REMOR, Aline Pertile. PSEUDOMONAS AERUGINOSA MULTIRRESISTENTE EM ISOLADOS DE EFLUENTE HOSPITALAR E DOMÉSTICO NA REDE COLETORA PÚBLICA: Multiresistant Pseudomonas aeruginosa from hospital end household effluent of public collecting network. *Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde*, 1(1), 46–55, 2023.

FAGNANI, Regiane Aparecida Guadagnini. **Processo oxidativo avançado na desinfecção de esgoto tratado: helmintos, protozoários e bactérias**. 2014. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2014.

LIMA, Isabelle Cardoso Alves. **Efluentes hospitalares e sua relação com as estações de tratamento de esgoto com ênfase na composição microbiológica**. 2023. 99p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), São José do Rio Preto, 2023.

OLIVEIRA, Jonas Victor Rocha. **Análise comparativa de processos oxidativos avançados em tratamento de efluentes e águas residuárias**. 2025, 54p. Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025.

RIBEIRO, Edlainny Araujo; OLIVEIRA, Rodrigo Alves; MELO, Jose Douglas da Gama; SILVA, Grazielle Talia Pereira; CARNEIRO, Jhessica Lorrynny Silva; SILVA, Iury Kezia Lustosa. Deteção fenotípica de bactérias Gram-negativas produtoras de carbapenemases em efluentes hospitalares na Amazônia no Estado do Pará, Brasil. **Revista de Ciências ambientais e saúde – Estudos – Vida e Saúde**. V.47, p. 1-11, Goiânia, 2020.

SANTOS, Elci de Souza; TELES, Jéssica Blenda Martins; PEREIRA, Luely Miguel; PARACA, Luiz Carlos Montinho; VASCONCELO, Olívia Maria de Sousa Ribeiro;

- MOL, Marcos Paulo Gomes. Caracterização dos efluentes líquidos em um hospital público: estudo de caso em Belo Horizonte, Brasil. **Revista AIDIS**. Vol. 15, No.3, 1469-1483, 2022.
- SILVA, Líllian Oliveira Pereira da; ABRANTES, Jaime Antonio; NOGUEIRA, Joseli Maria da Rocha. Monitoramento de efluentes hospitalares como ferramenta para a vigilância de patógenos multirresistentes. **Peer Review**, [S. l.], v. 5, n. 19, 2023. DOI: 10.53660/959.prw2536. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/373348987_Monitoramento_de_efluentes_hospitalares_como_ferramenta_para_a_vigilancia_de_patogenos_multirresistentes. Acesso em: 16 de Novembro de 2025.
- SOUZA, Fernanda Siqueira. **Degradação de poluentes emergentes por processos oxidativos avançados (O_3 , O_3/UV , O_3/Fe^{2+} , $O_3/UV/Fe^{2+}$) visando o tratamento de efluentes hospitalares**. 2016. Tese de Doutorado - Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- SOUZA, Fernanda S.; SILVA, Vanessa V.; FERIS, Liliana A. **Degradação de efluente hospitalar por ozonização**. II Congresso Iberoamericano de Processos Oxidativos Avançados, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307924800_DEGRADACAO_DE_EFLUENTE_HOSPITALAR_POR_OZONIZACAO. Acesso em: 16 de Novembro de 2025.
- SOUZA, Renata Cristina; SILVA, Thiago Lopes; SANTOS, Alessandra Zacarias; TAVARES, Célia Reginha Granhen. Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar por processo oxidativo avançado: UV/H_2O_2 . Eng. Sanit. Ambient. V.24, n.3, p.601-611, maio/jun, Maringá, 2019.
- VECCHIA, A. Det al. Diagnóstico sobre a situação do tratamento do esgoto hospitalar no Brasil. **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 10, n. 2, dez., 2009.