

RESÍDUOS FARMACÊUTICOS NO AMBIENTE: IMPACTOS DO DESCARTE INADEQUADO DE MEDICAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO

PHARMACEUTICAL RESIDUES IN THE ENVIRONMENT: IMPACTS OF IMPROPER MEDICATION DISPOSAL AND MITIGATION STRATEGIES

Milena Alvares de Souza Guimarães¹

Ariane de Freitas Cabral²

Paulo Rogerio Silva de Paiva Júnior³

Michel Santos da Silva⁴

RESUMO: O descarte inadequado de medicamentos tem sido apontado como um problema ambiental e de saúde pública, em razão da liberação de resíduos farmacêuticos no meio ambiente e de seus potenciais efeitos ecotoxicológicos. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de medicamentos e identificar as estratégias de mitigação discutidas na literatura científica. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão integrativa da literatura, com análise de conteúdo das publicações selecionadas, conforme o método proposto por Bardin. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados científicas, resultando na constituição de um corpus composto por 13 publicações. Os achados evidenciam que práticas inadequadas de armazenamento e descarte, aliadas às limitações dos sistemas convencionais de tratamento, contribuem para a persistência de resíduos farmacêuticos no ambiente e para a ocorrência de efeitos ecotoxicológicos e riscos à saúde pública. Conclui-se que a mitigação desses impactos requer uma abordagem integrada, envolvendo políticas públicas efetivas, fortalecimento da logística reversa, educação em saúde e adoção criteriosa de tecnologias de tratamento, de modo a promover um gerenciamento mais sustentável dos resíduos farmacêuticos.

1

Palavras-chave: Resíduos farmacêuticos. Descarte de medicamentos. Impactos ambientais. Logística reversa. Mitigação ambiental.

ABSTRACT: Improper medication disposal has been recognized as an environmental and public health issue due to the release of pharmaceutical residues into the environment and their potential ecotoxicological effects. In this context, this study aimed to analyze the environmental impacts associated with improper medication disposal and to identify mitigation strategies discussed in the scientific literature. This is a qualitative study developed through an integrative literature review, with content analysis of the selected publications according to Bardin's method. The bibliographic search was conducted in scientific databases, resulting in the constitution of a corpus composed of 13 publications. The findings indicate that inadequate storage and disposal practices, combined with the limitations of conventional wastewater treatment systems, contribute to the persistence of pharmaceutical residues in the environment and to the occurrence of ecotoxicological effects and public health risks. It is concluded that mitigating these impacts requires an integrated approach involving effective public policies, strengthening of reverse logistics, health education actions and the careful adoption of treatment technologies, aiming at more sustainable pharmaceutical waste management.

Keywords: Pharmaceutical residues. Medication disposal. Environmental impacts. Reverse logistics. Environmental mitigation.

¹ Acadêmica em Farmácia. Universidade Iguazu – UNIG.

² acadêmica em Farmácia. Universidade Iguazu – UNIG.

³ Farmacêutico. Universidade Iguazu – UNIG.

⁴ Orientador. Professor. Biólogo e Médico (CRM 52123795-0). Mestre em Ciências e Meio Ambiente pela Veiga de Almeida.

I. INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de medicamentos é reconhecido na literatura científica como um problema ambiental e de saúde pública, decorrente da liberação de substâncias farmacologicamente ativas no meio ambiente após o uso humano (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; KÜMMERER, 2009; SILVA et al., 2023). Esses resíduos podem alcançar diferentes compartimentos ambientais por meio do descarte domiciliar incorreto, de efluentes de serviços de saúde e da limitada eficiência dos sistemas convencionais de tratamento de esgoto, resultando na presença contínua de fármacos e metabólitos em águas superficiais, águas residuárias e sedimentos (PAIVA; SOUZA; VAN HAANDEL, 2011; KÜMMERER, 2009).

Estudos nacionais e internacionais indicam que a exposição ambiental a resíduos farmacêuticos está associada a efeitos adversos em organismos aquáticos, bem como a riscos indiretos à saúde pública, incluindo a seleção de microrganismos resistentes (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; SILVA et al., 2023). Paralelamente, pesquisas realizadas em diferentes contextos evidenciam que práticas inadequadas de armazenamento e descarte de medicamentos no ambiente domiciliar e institucional permanecem frequentes, frequentemente associadas à ausência de orientação adequada e à fragilidade na implementação de sistemas de coleta e destinação ambientalmente correta (FERNANDES et al., 2020; RAUSCH; AGOSTINETTO; SIEGLOCH, 2023; CAMPOS et al., 2020).

Embora existam instrumentos normativos e diretrizes técnicas voltadas ao gerenciamento de resíduos farmacêuticos, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e as normas sanitárias para resíduos de serviços de saúde, a literatura aponta desafios relacionados à efetivação dessas políticas e à consolidação da logística reversa de medicamentos, evidenciando a necessidade de estratégias integradas que envolvam regulação, educação em saúde e inovação tecnológica (BRASIL, 2010; ANVISA, 2018; LIMA; AMARAL; NAVONI, 2023).

Diante desse cenário, justifica-se a realização do presente estudo pela necessidade de integrar e sistematizar as evidências científicas disponíveis sobre os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de medicamentos, bem como sobre as estratégias de mitigação discutidas na literatura. Assim, este estudo tem como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de medicamentos e identificar as estratégias de mitigação descritas na produção científica, a partir de uma revisão integrativa da literatura e da análise de conteúdo dos estudos selecionados.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Práticas inadequadas de armazenamento e descarte de medicamentos

A literatura analisada evidencia que práticas inadequadas de armazenamento e descarte de medicamentos constituem um dos principais fatores associados à liberação de resíduos farmacêuticos no meio ambiente. Estudos realizados no contexto domiciliar indicam que medicamentos vencidos ou em desuso são frequentemente mantidos em locais inadequados, muitas vezes ao alcance de crianças, e posteriormente descartados de forma incorreta, principalmente no lixo doméstico, em pias ou vasos sanitários (FERNANDES et al., 2020). Esse comportamento é observado tanto em áreas urbanas quanto rurais, sendo agravado pela ausência de sistemas regulares de coleta e pela limitada orientação oferecida à população sobre o descarte ambientalmente adequado (RAUSCH; AGOSTINETTO; SIEGLOCH, 2023).

Além do ambiente domiciliar, os serviços de saúde também são apontados como fontes relevantes de resíduos farmacêuticos. Embora esses estabelecimentos estejam submetidos a normas específicas para o gerenciamento de resíduos, falhas na segregação, no acondicionamento e na destinação final ainda são descritas na literatura, contribuindo para o aporte de fármacos em sistemas de esgotamento sanitário e no ambiente (ANVISA, 2018). Esses achados reforçam que o problema do descarte inadequado de medicamentos não se restringe a comportamentos individuais, mas envolve dimensões institucionais e estruturais que demandam ações integradas.

3

2.2. Presença, persistência e efeitos ecotoxicológicos de resíduos farmacêuticos

Diversos estudos demonstram que resíduos farmacêuticos provenientes do uso humano são detectados de forma recorrente em diferentes compartimentos ambientais, incluindo águas superficiais, águas residuárias, sedimentos e, em alguns casos, águas destinadas ao consumo humano (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; KÜMMERER, 2009). A presença desses compostos está associada à sua elevada estabilidade química e à degradação incompleta durante os processos naturais e tecnológicos, o que favorece sua persistência no ambiente.

Os efeitos ecotoxicológicos relacionados à exposição crônica a resíduos farmacêuticos incluem alterações fisiológicas, comportamentais e reprodutivas em organismos aquáticos, mesmo em concentrações ambientalmente realistas (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006). A literatura também aponta a bioacumulação de determinados fármacos e a ocorrência de disrupção endócrina, com impactos potenciais sobre a dinâmica populacional de espécies aquáticas. Ademais, a exposição contínua a antibióticos presentes no ambiente tem sido

associada à seleção de microrganismos resistentes, configurando um risco adicional à saúde pública e à segurança sanitária (SILVA et al., 2023).

2.3. Limitações dos sistemas convencionais de tratamento e formação de produtos de transformação

Os sistemas convencionais de tratamento de esgoto, projetados prioritariamente para a remoção de matéria orgânica e patógenos, apresentam eficiência limitada na remoção de compostos farmacêuticos. Estudos conduzidos em efluentes hospitalares e urbanos demonstram que diversos fármacos atravessam os processos de tratamento anaeróbio e aeróbio, sendo liberados no efluente final ou acumulados no lodo (PAIVA; SOUZA; VAN HAANDEL, 2011; KÜMMERER, 2009).

Além da remoção incompleta, a literatura destaca que processos naturais, como fotólise, e tecnologias de tratamento avançado podem resultar na formação de produtos de transformação. Esses subprodutos, frequentemente pouco monitorados, podem apresentar atividade biológica residual ou toxicidade superior à dos compostos parentais, o que amplia a complexidade da avaliação de risco ambiental (FATTA-KASSINOS; VASQUEZ; KÜMMERER, 2011). Assim, a simples redução da concentração do fármaco original não é suficiente para garantir a segurança ambiental, sendo necessária a avaliação integrada dos produtos formados ao longo dos processos de degradação.

4

2.4. Estratégias de mitigação, políticas públicas e responsabilidade compartilhada

Diante dos impactos associados aos resíduos farmacêuticos, a literatura aponta a adoção de estratégias de mitigação que envolvem ações regulatórias, tecnológicas e educativas. No âmbito normativo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e prevê a logística reversa como instrumento para a destinação ambientalmente adequada de medicamentos (BRASIL, 2010). Entretanto, estudos indicam que a implementação dessas diretrizes ainda ocorre de forma desigual no território brasileiro, com limitações relacionadas à infraestrutura, fiscalização e engajamento dos diferentes atores envolvidos (LIMA; AMARAL; NAVONI, 2023).

No campo tecnológico, os Processos de Oxidação Avançada têm sido amplamente discutidos como alternativas para a degradação de resíduos farmacêuticos recalcitrantes, apresentando elevada eficiência na remoção de diversos compostos (PANDIS et al., 2022). Contudo, sua aplicação em larga escala enfrenta desafios relacionados ao custo, à complexidade operacional e à formação de subprodutos potencialmente tóxicos, o que exige avaliações

criteriosas de viabilidade e segurança (FATTA-KASSINOS; VASQUEZ; KÜMMERER, 2011).

Paralelamente, ações de educação em saúde e conscientização da população são apontadas como fundamentais para a redução do descarte inadequado de medicamentos. Estudos ressaltam o papel estratégico dos profissionais de saúde, especialmente farmacêuticos, na orientação quanto ao uso racional, ao armazenamento adequado e à devolução de medicamentos vencidos ou em desuso (CAMPOS et al., 2020; WHO, 1999). A integração entre políticas públicas, inovação tecnológica e educação em saúde emerge, portanto, como elemento central para a mitigação dos impactos ambientais associados aos resíduos farmacêuticos.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão integrativa da literatura, com o objetivo de analisar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de medicamentos e as estratégias de mitigação descritas na produção científica.

A revisão integrativa foi utilizada como estratégia para a definição da questão norteadora, da busca e da seleção dos estudos, conforme as etapas iniciais propostas por Souza, Silva e Carvalho (2010), restringindo-se à organização do processo de identificação e seleção das publicações. A questão norteadora estabelecida foi: Quais são os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de medicamentos e quais estratégias de mitigação são discutidas na literatura científica?

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Acadêmico, no período de agosto de 2025 a janeiro de 2026, contemplando publicações entre 1999 e 2023, período definido a partir do ano de publicação do estudo mais antigo e do mais recente incluídos no corpus final da análise. A escolha dessas bases justifica-se pela ampla cobertura de periódicos das áreas da saúde, ciências ambientais e políticas públicas. Foram utilizados como descritores e palavras-chave, de forma isolada ou combinada, descarte de medicamentos, resíduos farmacêuticos, impactos ambientais e gestão de resíduos farmacêuticos, bem como suas variações em inglês e espanhol.

Foram incluídos artigos originais publicados em periódicos revisados por pares, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês ou espanhol, que abordassem diretamente os impactos ambientais de resíduos farmacêuticos, bem como estratégias de mitigação. Excluíram-se artigos duplicados, estudos fora do escopo temático, publicações sem metodologia

claramente descrita e trabalhos não disponíveis em texto completo. Após a aplicação desses critérios, 13 publicações compuseram o corpus final da análise.

A análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo, conforme o método proposto por Bardin (2011), compreendendo as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Na fase de pré-análise, procedeu-se à leitura flutuante dos estudos selecionados, com o objetivo de familiarização com o material. Na etapa de exploração do material, os conteúdos relevantes foram codificados em unidades de registro, posteriormente agrupadas por proximidade semântica, considerando a recorrência, a densidade temática e a relevância conceitual dos conteúdos. O tratamento e a interpretação dos dados possibilitaram a consolidação de categorias analíticas, denominadas núcleos temáticos.

Os núcleos temáticos definidos a partir da análise de conteúdo foram: (i) Práticas inadequadas de armazenamento e descarte de medicamentos como problema de saúde pública e ambiental; (ii) Presença, persistência e efeitos ecotoxicológicos de resíduos farmacêuticos no ambiente; (iii) Limitações dos sistemas convencionais de tratamento e formação de produtos de transformação; (iv) Estratégias de mitigação, políticas públicas e responsabilidade compartilhada. Esses núcleos orientaram a interpretação dos achados e a identificação de convergências e lacunas na literatura analisada.

Como limitações do estudo, destacam-se a dependência de fontes secundárias e a restrição a artigos indexados, o que pode limitar a abrangência dos achados.

4. CONCLUSÃO

A partir da revisão integrativa da literatura e da análise de conteúdo dos estudos selecionados, observou-se que o descarte inadequado de medicamentos constitui um problema ambiental e de saúde pública persistente, cuja complexidade ultrapassa práticas individuais e envolve dimensões sociais, institucionais, tecnológicas e regulatórias. A análise permitiu identificar que os impactos ambientais associados a esses resíduos não se restringem à presença de fármacos no ambiente, mas incluem efeitos ecotoxicológicos relevantes, limitações dos sistemas convencionais de tratamento e a formação de produtos de transformação com potencial risco ambiental.

Os achados deste estudo indicam que, embora existam instrumentos normativos e diretrizes técnicas voltados ao gerenciamento de resíduos farmacêuticos, sua efetividade ainda é limitada pela fragilidade na implementação, pela insuficiência de ações educativas e pela baixa integração entre os diferentes atores responsáveis pelo ciclo de vida dos medicamentos. Nesse

sentido, o descarte inadequado reflete não apenas falhas de infraestrutura, mas também lacunas na comunicação, na educação em saúde e na responsabilização compartilhada.

Conclui-se, portanto, que a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte de medicamentos exige uma abordagem integrada, que articule políticas públicas efetivas, fortalecimento da logística reversa, atuação dos profissionais de saúde e adoção criteriosa de tecnologias de tratamento. Ao atender ao objetivo proposto, este estudo contribui para a sistematização crítica do conhecimento disponível e reforça a necessidade de estratégias mais consistentes e sustentáveis para o gerenciamento de resíduos farmacêuticos, com vistas à proteção ambiental e à promoção da saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. *Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 222, de 28 de março de 2018*. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Brasília: ANVISA, 2018.

BARDIN L. *Análise de conteúdo*. Reto LA, Pinheiro A, tradutores. São Paulo: Edições 70; 2011.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 05 jan. 2025.

FATTA-KASSINOS, D.; VASQUEZ, M. I.; KÜMMERER, K. Transformation products of pharmaceuticals in surface waters and wastewater formed during photolysis and advanced oxidation processes: degradation, elucidation of byproducts and assessment of their biological potency. *Chemosphere*, Oxford, v. 85, n. 5, p. 693-709, 2011. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.06.082.

FENT, Karl; WESTON, Donald P.; CAMINADA, Damiano. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, v. 76, p. 122-159, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.09.009>.

FERNANDES, M. R.; FIGUEIREDO, R. C. de; SILVA, L. G. R. da; ROCHA, R. S.; BALDONI, A. O. Storage and disposal of expired medicines in home pharmacies: emerging public health problems. *Einstein* (São Paulo), São Paulo, v. 18, eAO5066, 2020. DOI: 10.31744/einstein_journal/2020AO5066.

KÜMMERER, K. The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use: present knowledge and future challenges. *Journal of Environmental Management*, London, v. 90, n. 8, p. 2354-2366, 2009. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.01.023.

LIMA, S. R. L. B. D.; AMARAL, V. S. D.; NAVONI, J. A. Logística reversa de medicamentos no Brasil: uma análise socioambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 37, n. 109, p. 159-178, 2023. DOI: 10.1590/s0103-4014.2023.37109.011.

PAIVA, F. V.; SOUZA, N. C. de; HAANDEL, A. C. V. Identificação de compostos orgânicos e farmacêuticos em esgoto hospitalar utilizando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 37-44, 2011. DOI: 10.1590/S1413-41522011000100007.

RAUSCH, P. C.; AGOSTINETTO, L.; SIEGLOCH, A. E. Disposal of pharmaceutical waste by the rural population. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 26, e00441, 2023. DOI: 10.1590/1809-4422asoc202200441rvu2023LiOA.

SILVA, Vanessa Wayne Palhares da *et al.* Descarte de medicamentos e os impactos ambientais: uma revisão integrativa da literatura. *Ciência & Saúde Coletiva*, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 1113-1123, abr. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232023284.05752022>.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo), São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. DOI: 10.1590/S1679-45082010RW1134.

WHO. *Guidelines for safe disposal of unwanted pharmaceuticals in and after emergencies*. Geneva: World Health Organization, 1999. WHO/EDM/PAR/99.2. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/guidelines-for-safe-disposal-of-unwanted-pharmaceuticals-in-and-after-emergencies>. Acesso em: 05 jan. 2025.