

INOVAÇÕES NO DESCARTE DE LIXO HOSPITALAR: UMA REVISÃO DE LITERATURA

ZAGO, Matheus¹
POSSOBON, Mariana da Silva²
SILVA, Natalia Magagnin³
SANTOS, Pedro Ernesto Pereira dos⁴
RADAELLI, Patrícia Barth⁵

RESUMO

A gestão de resíduos hospitalares é um desafio crucial para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. Este estudo revisa inovações no descarte de resíduos hospitalares, com foco nas práticas emergentes e nas perspectivas futuras. O aumento significativo desses resíduos, impulsionado pela pandemia de COVID-19 e pela endemia de dengue, revelou deficiências nas práticas atuais de descarte, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde métodos não científicos, como incineração e aterro sanitário, são predominantes. A revisão destaca a necessidade de transição para práticas mais sustentáveis, como o uso de tecnologias avançadas, incluindo inteligência artificial para a classificação de resíduos e a adoção da economia circular. Essas inovações podem otimizar o gerenciamento de resíduos, reduzir custos e minimizar impactos ambientais, assegurando uma abordagem mais eficiente e segura para o descarte de resíduos hospitalares.

PALAVRAS-CHAVES: gerenciamento de resíduos. resíduos de serviços de saúde. inovação organizacional.

INNOVATIONS IN HOSPITAL WASTE DISPOSAL: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

The improper management of healthcare waste presents significant sanitary and environmental challenges. Healthcare waste (HCW) includes all waste generated in healthcare facilities that, due to its infectious nature, requires proper disposal management to protect workers, the environment, natural resources, and public health. Although regulations exist, they are often not fully implemented, leading to public health risks and environmental contamination. This literature review examines current innovations and future perspectives in hospital waste disposal. Key topics include the impact of the COVID-19 pandemic and the endemic Dengue fever on HCW generation, highlighting the increase in medical waste and the shortcomings of disposal practices. Additionally, the review discusses innovative approaches to waste management, including the transition to a circular economy and the use of artificial intelligence for waste classification. The study concludes that there is a pressing need for sustainable and technologically advanced solutions to improve HCW management, reduce costs, and minimize environmental impact.

KEYWORDS: waste management. medical waste. organizational innovation.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos produzidos durante o funcionamento hospitalar são chamados de resíduos de serviço de saúde (RSS), que engloba todos os resíduos gerados em locais que atuam na área da saúde humana e animal. Por esses produtos terem características infectocontagiosas deve haver um gerenciamento adequado do descarte, sendo ele organizar um caminho seguro aos resíduos gerados,

¹ Acadêmico de medicina da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: mzago1@minha.fag.edu.br

² Acadêmico de medicina da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: mariipossobon22@gmail.com

³ Acadêmico de medicina da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: magagninnatalia6@gmail.com

⁴ Acadêmico de medicina da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: pedernesto45@gmail.com

⁵ Docente da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: patriciab@fag.edu.br

com o objetivo de proteção aos trabalhadores, ao meio ambiente, aos recursos naturais e à saúde pública (LATTANZIO, 2022).

O gerenciamento de resíduos hospitalares é um processo essencial e multifacetado, crucial para assegurar a segurança sanitária e ambiental. Esse processo abrange diversas etapas: armazenamento externo, coleta e transporte, tratamento e disposição final, além da segurança e saúde dos trabalhadores. Primeiramente, o armazenamento externo dos resíduos hospitalares é categorizado em grupos: Grupo A (resíduos com possíveis agentes biológicos), Grupo B (substâncias químicas), Grupo C (materiais com radionuclídeos), Grupo D (resíduos similares aos domiciliares), e Grupo E (materiais perfuro-cortantes). Existem normas que exigem que o armazenamento seja de fácil acesso para operações de transporte e coleta externa, tenha dimensões adequadas, acesso restrito ao pessoal da limpeza, pontos de iluminação e água, além de ser construído com materiais resistentes, laváveis e de fácil higienização. Adicionalmente, deve haver ventilação adequada, proteção contra vetores, identificação clara dos resíduos e canaletas para escoamento dos efluentes de lavagem. A coleta e o transporte dos resíduos são frequentemente realizados por empresas terceirizadas, porém, a responsabilidade final permanece com o hospital. O tratamento e a disposição final dos resíduos são etapas cruciais para a minimização de riscos ambientais e financeiros, com a correta segregação e tratamento sendo fundamentais para evitar a contaminação ambiental. Na avaliação dos riscos potenciais dos RSS, deve-se considerar o avanço da ciência médica e a incorporação de novas tecnologias, resultando em materiais mais complexos e perigosos. Esses resíduos exigem atenção especial em todas as fases de manejo devido aos riscos químicos, biológicos e radiológicos que apresentam. A segurança e saúde dos trabalhadores são prioritárias, e o hospital implementa medidas rigorosas, como exames médicos admissionais, periódicos e demissionais, fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e treinamentos regulares. A implementação eficaz dessas etapas é vital para reduzir os riscos biológicos, químicos e ocupacionais associados ao gerenciamento de resíduos hospitalares, protegendo funcionários, pacientes e a comunidade em geral (BRASIL, 2006; MEHL, 2024).

Embora existam normas e regulamentações claras, muitas vezes elas não são plenamente implementadas ou seguidas, resultando em riscos à saúde pública, contaminação ambiental e aumento de custos para instituições de saúde. Esses problemas podem ocorrer por diversos fatores como: falta de infraestrutura adequada, recursos financeiros limitados, capacitação inadequada e fiscalização ineficaz (LATTANZIO, 2022).

Logo, é perceptível que a gestão inadequada de resíduos hospitalares representa um significativo desafio sanitário e ambiental. Dessa forma, esse estudo tem como objetivo realizar uma

revisão de literatura a respeito de quais são as inovações atuais e as perspectivas futuras no descarte do lixo hospitalar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O gerenciamento de resíduos hospitalares é um desafio global que impacta diretamente a sustentabilidade ambiental e a saúde pública. Os resíduos de serviços de saúde (RSS) possuem características específicas que exigem um gerenciamento adequado para minimizar riscos ambientais e ocupacionais. Segundo Mehl (2024), a gestão de RSS envolve diversas etapas, desde a segregação e armazenamento até o tratamento e a disposição final, sendo fundamental a adoção de boas práticas para garantir a segurança sanitária.

A legislação vigente estabelece a classificação dos resíduos hospitalares em cinco grupos: Grupo A (resíduos com possíveis agentes biológicos), Grupo B (substâncias químicas), Grupo C (materiais com radionuclídeos), Grupo D (resíduos comuns) e Grupo E (materiais perfurocortantes). Conforme Brasil (2006), cada grupo demanda um tipo específico de descarte para evitar contaminações e impactos negativos no meio ambiente. Entretanto, mesmo com a existência de normas reguladoras, a implementação eficaz dessas diretrizes ainda enfrenta desafios como falta de infraestrutura adequada, capacitação profissional insuficiente e fiscalização ineficaz (LATTANZIO, 2022).

O aumento dos resíduos hospitalares tem sido impulsionado por eventos sanitários globais, como a pandemia de COVID-19 e a endemia de dengue nos países tropicais. A pandemia gerou uma quantidade significativa de resíduos médicos, incluindo máscaras, luvas, seringas e aventais descartáveis, aumentando a necessidade de estratégias eficientes para o descarte seguro desses materiais (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2022). De forma semelhante, a endemia de dengue contribuiu para o aumento dos resíduos hospitalares, exigindo medidas eficazes para evitar a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor da doença (KWEK; OOI, 2024).

Atualmente, os métodos de descarte de resíduos hospitalares variam conforme o nível de desenvolvimento dos países. Nos países desenvolvidos, predominam métodos científicos como desinfecção química e esterilização a vapor, enquanto nos países em desenvolvimento, como o Brasil, predominam métodos menos sustentáveis, como incineração e disposição em aterros sanitários (BAI; LIU; MA, 2024). Embora a incineração seja amplamente utilizada, estudos apontam seus impactos ambientais devido à emissão de gases poluentes (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

Nesse contexto, há um crescente interesse em inovações tecnológicas voltadas à sustentabilidade na gestão de RSS. Estratégias como a economia circular vêm sendo discutidas para reduzir o desperdício e otimizar o uso de recursos naturais (TIRKOLAEI; GOLI; MIRJALILI, 2022). A inteligência artificial também tem sido aplicada para aprimorar a segregação de resíduos, permitindo uma destinação mais eficiente e reduzindo custos operacionais (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

Diante disso, percebe-se a necessidade de contínuos avanços na gestão de resíduos hospitalares, aliando inovação tecnológica, capacitação profissional e políticas públicas eficazes para mitigar os impactos ambientais e garantir a segurança da população.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura. Os artigos científicos revisados foram selecionados através de busca bibliográfica digital nas bases de dados eletrônicas Pubmed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Google Acadêmico e publicados entre os anos de 2022 a 2024. Para a busca, foram utilizados Descritores em Ciências da Saúde (DECS) somado ao operador booleano “AND” da seguinte forma: Waste Management AND Medical Waste. Também foram utilizados cadernos do Ministério da Saúde sobre a gestão de resíduos no Brasil.

Os critérios de inclusão foram artigos publicados em língua inglesa ou portuguesa que retratassem a temática referente a esse estudo no resumo e/ou título. Os critérios de exclusão foram relatos de caso. A coleta de dados se deu nos meses de maio e junho de 2024.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 FATORES DE IMPACTO NO CENÁRIO ATUAL DO LIXO HOSPITALAR

O cenário global da saúde enfrenta desafios devido ao crescimento populacional e às ameaças emergentes. Dentre essas ameaças, destacam-se, o pós-pandemia de COVID-19 e a endemia de Dengue presenciada em países tropicais. Estes desafios resultaram num aumento sem precedentes nos resíduos hospitalares. Dessa forma, novas estratégias em gestão de resíduos foram criadas nos últimos anos a fim de aprimorar o descarte correto desses rejeitos da maneira mais sustentável possível (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

4.1.1 Pandemia de COVID-19

A pandemia do Coronavírus (COVID-19) tornou-se uma ameaça e um grande desafio global. Um surto de doença coronavírus foi descoberto na cidade de Wuhan, província de Hubei, China, no início de dezembro de 2019. Adiante, no final de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto uma emergência de saúde pública de interesse internacional e posteriormente declarou-o uma pandemia em março de 2020. A partir deste momento, até maio de 2023, uma batalha contra o vírus foi executada a fim de reduzir a propagação da doença (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2022).

Com o número crescente de casos confirmados em todo mundo, a quantidade de resíduos gerados em residências, locais de teste, hospitais, instalações de quarentena e instalações de cuidados para idosos/deficientes aumentou exponencialmente. Além dos resíduos médicos gerados a partir dessas fontes, o aumento no uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) (batas descartáveis, desinfetantes, máscaras faciais/protetores faciais, aventais, luvas, óculos de proteção, seringas e objetos cortantes) aumentou as quantidades crescentes de resíduos médicos da pandemia COVID-19 (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2022).

Dessa maneira, o caráter emergencial da pandemia e as ações de resposta que se seguiram criaram enormes quantidades de geração de resíduos infecciosos, muitas vezes contaminados pelo vírus. Justifica-se assim, a necessidade de examinar as práticas de gestão e eliminação implementadas no mundo para combater o vírus de maneira eficaz. Alguns estudos anteriores afirmaram que a transmissão e propagação do vírus podem aumentar devido à gestão e eliminação inadequadas de resíduos médicos gerados pela pandemia. Por conseguinte, garantir a eliminação eficiente e segura dos resíduos gerados tornou-se uma parte importante da luta contra o SARS-CoV-2 (FADAEI, 2022).

4.1.2 Endemia de Dengue nos países tropicais

A dengue é uma doença de etiologia viral aguda que atinge mais de 100 milhões de pessoas a cada ano, matando cerca de 4% das pessoas infectadas. Existem 4 subtipos de vírus da dengue conhecidos, os quais podem infectar humanos gerando sintomas semelhantes. Além disso, a doença é transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, o qual vive em regiões de clima tropical e está se expandindo tanto para o norte – agora pode ser encontrado no norte da Califórnia – quanto para o sul. A urbanização, a globalização e as viagens são os principais motores da propagação da doença, que sem dúvida irá piorar com as alterações climáticas (KWEK; OOI, 2024).

Atualmente não existem medicamentos antivirais licenciados para tratar a dengue, e as duas vacinas licenciadas têm benefícios limitados, por isso, enquanto espera-se por melhores vacinas e medicamentos, há uma necessidade urgente de encontrar novas formas de combater a dengue para complementar os esforços existentes, que têm como alvo *Aedes aegypti*. Dentre essas medidas, incluem-se utilizar repelentes, colocar telas nas janelas e medidas de higiene ambiental como eliminar locais que possam acumular água parada. Esta última, impacta na gestão de resíduos hospitalares que devem ser descartados corretamente pois são potencialmente utilizáveis como ambiente de reprodução do mosquito, quando mal descartados (KWEK; OOI, 2024).

Além disso, houve um aumento significativo no número de casos de dengue e internações pela doença em ambiente hospitalar no ano de 2024, o que impacta no aumento no número de resíduos hospitalares gerados pelos cuidados dos pacientes infectados (SCHAEFER; PANDA; WOLFORD, 2024).

Dessa maneira, com o aumento exponencial dos resíduos hospitalares descartados nos últimos anos, em virtude, principalmente, do advento de doenças infectocontagiosas, tornou-se necessário medidas de gestão e controle dos rejeitos hospitalares, a fim de minimizar o impacto negativo que esses materiais são capazes de gerar. Por isso, inovações no descarte têm sido criadas e devem ser utilizadas para reduzir tanto impactos ambientais, como impactos orgânicos à saúde dos seres humanos.

4.2 INOVAÇÕES NO DESCARTE

Com a ideia de que doenças súbitas, como a Covid-19, são capazes de desorganizar toda uma cadeia de descarte, e ainda, que esse descarte inadequado propicia o aparecimento de outra doença, como a Dengue; destaca-se a importância de avanços tecnológicos para uma abordagem inovadora e contemporânea quando se trata da gestão de resíduos hospitalares. Assim, a quantidade crescente de resíduos médicos produzidos todos os dias, pode ser uma parcela responsável pela poluição mundial, exigindo medidas para minimizar este cenário (MOHAMED; KHAN; JAGTAP, 2023).

Outrossim, a forma de descarte dos lixo hospitalares são variáveis de acordo com os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Segundo Zhipeng Bai, Xi Liu e Wenbao Ma (2024), há dois métodos de descarte, um científico e um não científico. Nos países em desenvolvimento, como nos continentes da África, América do Sul e Sudeste Asiático, os métodos não científicos geralmente são os utilizados, os quais se tratam de incineração e aterro sanitário. Ambas as formas de descarte, geram emissão de grandes quantidades de gases tóxicos que poluem o ar, como o dibenzo-p-dioxinas

policloradas (dioxinas) e dibenzo-p-dioxinas policloradas (furanos). Da mesma forma, além dos poluentes do ar, os aterros ainda geram substâncias que poluem o solo.

Ademais, nos países desenvolvidos, como Europa, Estados Unidos e Japão, as formas de descarte dos lixos hospitalares são pautadas na abordagem científica, que consiste em desinfecção química e esterilização a vapor. Ambos processos seguros e eficientes que utilizam o calor como forma de eliminar os agentes nocivos, como bactérias e vírus (BAI; LIU; MA, 2024).

Dessa forma, no Brasil, de acordo com o caderno “Tratamento e disposição final - Ministério da Saúde” a indicação para os Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) é a incineração e a disposição final dos RSS é o confinamento destes, em aterro sanitário ou vala séptica, depois de haverem sido submetidos a esse tratamento (BRASIL, 2006). Portanto, o Brasil se alinha aos países em desenvolvimento, utilizando métodos não científicos de descarte, como a incineração e a disposição em aterro sanitário, conforme orientação do próprio governo (BAI; LIU; MA, 2024).

4.3 PERSPECTIVAS FUTURAS

A produção de lixo como um todo, incluindo a hospitalar, tende a aumentar por conta do crescimento populacional. Assim, é fato que a gestão de resíduos hospitalares é um desafio global, impactando diretamente na sustentabilidade ambiental e na saúde pública (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024). Entretanto, sabe-se que o custo para a administração e eliminação desses materiais é elevado, o que contribui para os desafios de uma gestão de resíduos de boa qualidade (TIRKOLAEI; GOLI; MIRJALILI, 2022).

Além disso, apesar de no Brasil ser muito utilizado o método de incineração dos resíduos, estudos demonstram que há grande impacto ambiental na realização desse método, devido à liberação de materiais pesados poluente no ar atmosférico (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

Dessa forma, há necessidade de aprimorar ferramentas sustentáveis para que sejam possíveis de serem colocadas em prática. Um dos quadros mais promissores é a mudança da economia linear para o uso da economia circular, que tem como objetivo realizar a associação entre desenvolvimento econômico e aperfeiçoamento do uso de recursos naturais, limitando os impactos ambientais (TIRKOLAEI; GOLI; MIRJALILI, 2022).

Com isso, surgem estratégias modernas para colaborar com esses ideais. Um exemplo disso é o uso da inteligência artificial para distinção entre os tipos de resíduos e o sistema de recolha através de cores, contribuindo para que haja recuperação de resíduos e para classificação de resíduos

infecciosos, que precisam de descarte específico e em geral de custo maior, colaborando também para evitar gastos desnecessários (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

Além disso, as perspectivas futuras demonstram um desenvolvimento de modelos de sistemas inteligentes que facilitem não apenas o descarte dos resíduos, mas também sua redução e prevenção (SOYLER; BURMAOGLU; KIDAK, 2024).

Assim, fica perceptível que ainda há muita evolução no futuro da gestão de resíduos hospitalares, permitindo que sejam desenvolvidas novas tecnologias para facilitar o custeamento e a administração desses materiais, além da necessidade de formações acadêmicas dos gestores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de resíduos de serviços de saúde (RSS) é crucial para a segurança sanitária e ambiental, abrangendo desde o armazenamento até a disposição final dos resíduos. A pandemia de COVID-19 e a endemia de Dengue aumentaram significativamente a quantidade de resíduos hospitalares, expondo falhas nas práticas de descarte e ressaltando a necessidade de inovações. Durante a pandemia, o uso intensivo de EPIs e materiais médicos agravou o problema, enquanto a endemia de Dengue, impulsionada pela urbanização e mudanças climáticas, também contribuiu para o aumento de resíduos. Nos países desenvolvidos, práticas científicas de descarte são comuns, enquanto nos países em desenvolvimento, como o Brasil, métodos não científicos como incineração e aterro sanitário ainda prevalecem, causando impacto ambiental significativo.

As perspectivas futuras destacam a necessidade de ferramentas sustentáveis e inovações tecnológicas para melhorar a gestão de resíduos hospitalares. A transição para uma economia circular, que promove o uso eficiente de recursos naturais, é essencial. Tecnologias como a inteligência artificial para a classificação de resíduos podem otimizar o descarte e reduzir custos. Além disso, é fundamental investir na formação e capacitação de gestores e trabalhadores para garantir uma gestão eficiente e segura. Com práticas sustentáveis e inovações tecnológicas, é possível reduzir os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, promovendo uma abordagem mais eficiente e segura na gestão de RSS.

REFERÊNCIAS

ANDEOBU, Lynda; WIBOWO, Santoso; GRANDHI, Srimannarayana. Medical waste from COVID-19 pandemic—a systematic review of management and environmental impacts in Australia. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 3, p. 1381, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35162400/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

BAI, Zhipeng; LIU, Xi; MA, Wenbao. Public attitudes toward medical waste: Experiences from 141 countries. **National Library of Medicine**. 2024. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/mdl-38758804>. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Brasília: Ministério da Saúde, 2006. **Editora Anvisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/manual-gerenciamento-dos-residuos-de-servicos-de-saude.pdf/view>. Acesso em 12 jun. 2024.

FADAEI, Abdolmajid. Study of solid waste (municipal and medical) management during the COVID-19 pandemic: a review study. **Reviews on environmental health**, v. 37, n. 4, p. 559-566, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34529904/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

KWEK, Swee Sen; OOI, Eng Eong. Race against dengue. **Elife**, v. 13, p. e96018, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38357933/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

LATTANZIO, Sabrina et al. Waste management and the perspective of a green hospital—a systematic narrative review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 23, p. 15812, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9738387/>. Acesso em: 25 mai. 2024.

MEHL, Helluany et al. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: avaliação dos procedimentos adotados em um hospital no Paraná. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 46, n. 4, p. 30-50, 2022. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/bvsms/resource/pt/biblio-1419230>. Acesso em: 25 mai. 2024.

MOHAMED, Nurul Hamizah; KHAN, Samir; JAGTAP, Sandeep. Modernizando a gestão de resíduos médicos: liberando o poder da Internet das Coisas (IoT). **Sustentabilidade**, v. 15, n. 13, pág. 9909, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/13/9909>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SCHAEFER, Timothy J.; PANDA, Prasan K.; WOLFORD, Robert W. Dengue fever. 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28613483/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

SOYLER, Arif; BURMAOGLU, Serhat; KIDAK, Levent Bekir. The evolutionary path of medical waste management research: Insights from co-citation and co-word analysis. **Waste Management & Research**, p. 0734242X241227378, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38353212/>. Acesso em: 31 mai. 2024.

TIRKOLAEI, Erfan Babaei; GOLI, Alireza; MIRJALILI, Seyedali. Circular economy application in designing sustainable medical waste management systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 53, p. 79667-79668, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35578082/>. Acesso em: 12 jun. 2024.