



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Situação do gerenciamento de resíduos sólidos em um município da Amazônia Central, Brasil

Gabriel dos Anjos Guimarães¹, Mayana Marcelly Jacquiminouth Teixeira², Daiana Thalisy da Silva Mitouso², Tayná da Silva Santos¹, Jakeline Miranda Romão da Silva³, Handson Renato Nelson da Silva Oliveira³, Klívia Lúcia Glória Pantoja⁴, Rodrigo Couto Alves², Mariana Medeiros Batista²

¹Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Av. Augusto Corrêa S/N, Guamá, Belém, PA, 66075-110, Brasil, Autor correspondente: gaguimaraes09@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-4491-9727>); tayna.santos@ig.ufpa.br (<https://orcid.org/0009-0004-5867-4777>).

²Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Rodovia AM-010, km 261, Campus 2, Itacoatiara, Amazonas, 69.109-899, Brasil, mayanat19@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-8863-6430>); thalisymitouso@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-3376-7454>); rcouto@ufam.edu.br (<https://orcid.org/0000-0002-7452-9455>); marianabatista@ufam.edu.br (<https://orcid.org/0000-0002-4492-8543>). ³Prefeitura Municipal de Itacoatiara, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Núcleo de Estudos Ambientais, Av. Sete de Setembro, 1813, Itacoatiara, Amazonas, 69101-068, Brasil, jakemiranda14@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-6111-1474>); handsonnelson@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-8408-9051>). ⁴Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário, Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, 35400-000, Brasil, kliviapantoja14@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0006-4356-1205>)

Artigo recebido em 03/12/2023 e aceito em 01/06/2024

RESUMO

Este artigo analisou o gerenciamento dos resíduos sólidos de Itacoatiara, no Amazonas, visando a obtenção de informações para possíveis melhorias do sistema. Foi realizada uma caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos na área urbana do município. A geração *per capita* dos resíduos domiciliares, limpeza urbana e serviço de saúde foi de 0,51 kg/hab/dia, 0,90 kg/hab/dia e 1,92 kg/leito/dia, respectivamente. Resíduos de logística reversa, como pneus, óleos lubrificantes e eletrônicos apresentaram gerações de 1.330 unidades/mês, 1.755 litros/mês e 88 unidades/mês, respectivamente. Quanto à composição gravimétrica dos resíduos domiciliares, os resíduos orgânicos apresentaram maiores quantidades (40,37%) quando comparados às demais classes. O manejo dos resíduos sólidos domiciliares, limpeza urbana e construção civil são acondicionados de forma inadequada e dispostos em um lixão. Enquanto os resíduos de serviço de saúde possuem tratamento térmico e disposição em aterro sanitário. Os resíduos de logística reversa são encaminhados para reciclagem. Os resultados indicam a necessidade de reformulação de políticas públicas de gestão para regular o gerenciamento de resíduos sólidos através da estrutura e geração de resíduos. Este estudo tem importância para Itacoatiara planejar corretamente o gerenciamento de resíduos e minimizar os impactos no meio ambiente, além de servir como base para outros municípios na Amazônia.

Palavras-chave: Manejo de resíduos sólidos, Geração *per capita*, Composição gravimétrica, Impacto ambiental, Região amazônica.

Situation of Solid Waste Management in a Municipality in Central Amazon, Brazil

ABSTRACT

This article analyzed the solid waste management in Itacoatiara, Amazonas, aiming to gather information for potential system improvements. A qualitative and quantitative characterization of solid waste in the urban area of the municipality was conducted. The per capita generation of household waste, urban cleaning, and health services waste was 0.51 kg/person/day, 0.90 kg/person/day, and 1.92 kg/bed/day, respectively. Reverse logistics waste, such as tires, lubricating oils, and electronics, showed generations of 1,330 units/month, 1,755 liters/month, and 88 units/month, respectively. Regarding the gravimetric composition of household waste, organic waste presented higher quantities (40.37%) compared to other classes. The management of household solid waste, urban cleaning, and construction waste is inadequately stored and disposed of in an open dump. Meanwhile, health service waste undergoes thermal treatment and disposal in a sanitary landfill. Reverse logistics waste is directed towards recycling. The results indicate the need for the reformulation of public management policies to regulate solid waste management through structure and waste generation. This study is significant for Itacoatiara to plan waste management effectively and minimize environmental impacts, serving as a foundation for other municipalities in the Amazon region.

Keywords: Solid waste management. Per capita generation. Gravimetric composition. Environmental impact. Amazon region

Guimarães, G. A., Teixeira, M. M. J., Mitouso, D. T. S., Santos, T. S., Silva, J. M. R., Oliveira, H. R. N. S., Pantoja, K. L. G., Alves, R. C., Batista, M. M.

Introdução

O crescimento populacional, aliado ao aumento do consumo de energia e aos altos padrões de vida, contribui diretamente para os elevados níveis de geração de resíduos sólidos (Nanda & Berruti, 2021). Se não forem descartados ou reciclados adequadamente, esses resíduos comprometem o meio ambiente e a saúde pública (Guimarães et al., 2023). Globalmente, a geração de resíduos sólidos alcança 19,8 bilhões de toneladas por ano, sendo que 41,85% desse total são gerenciados de forma inadequada (Maalouf & Mavropoulos, 2023). Este cenário se agrava, especialmente nos países em desenvolvimento, onde muitas vezes os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas não são cumpridos (Carlsen & Bruggemann, 2022). Se as tendências atuais persistirem, é previsto que a produção global de resíduos sólidos alcance a marca de 46 bilhões de toneladas por ano até 2050 (Maalouf & Mavropoulos, 2023), deixando cerca de 5,6 bilhões de pessoas sem acesso adequado a serviços básicos de gestão de resíduos sólidos (Nanda & Berruti, 2021). No Brasil, estima-se que a produção anual de resíduos sólidos seja de 77,1 milhões de toneladas por ano, com uma geração de 1,04 kg por habitante/dia (Abrelpe, 2023). Em 2022, foram coletadas 71,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos, resultando em uma cobertura de coleta de 93%, o que indica que pouco mais de 5 milhões de toneladas de resíduos não foram coletados e receberam um destino inadequado (Abrelpe, 2023).

Esses resíduos sólidos constituem uma variada mistura de materiais descartados diariamente pela população (Nanda & Berruti, 2021), abrangendo desde resíduos industriais até domésticos e agrícolas (Kolawole et al., 2023). A composição e classificação dos resíduos sólidos gerados podem variar entre os municípios, embora compartilhem frações tanto biodegradáveis quanto não biodegradáveis de produtos orgânicos e inorgânicos (Ayub et al., 2024; Narayanamoorthy et al., 2024; Prismantoko et al., 2024). Em sua maioria, esses resíduos são compostos por materiais orgânicos, papel e papelão, plástico, borracha, metais, vidro, eletrônicos, resíduos hospitalares, bem como outros tipos de resíduos perigosos e não perigosos (Sharma & Jain, 2018; Guimarães & Batista, 2021; Yousefi et al., 2021; Guimarães et al., 2024).

A gestão de resíduos sólidos é reconhecida como um dos desafios ambientais mais significativos enfrentados pelas autoridades

municipais em países em desenvolvimento (Hazarika & Saikia, 2020), dadas as sérias consequências que pode acarretar nos âmbitos socioeconômico (Jagun et al., 2023; Yao et al., 2023), ambiental (Yaashikaa et al., 2022; Guimarães et al., 2023), e de saúde pública (Khan et al., 2022; Meena et al., 2023). Isso ressalta a urgência de adotar medidas para controlar e reduzir o volume desses resíduos (Rajaeifar et al., 2017).

Normalmente, a gestão final dos resíduos é realizada por meio de dois principais métodos: disposição em aterros sanitários e incineração (Wang & Nakakubo, 2020). No entanto, ainda é comum observar práticas de descarte inadequado, como o depósito a céu aberto em lixões (Mor & Ravindra, 2023), resultando na liberação de uma variedade de substâncias tóxicas no ambiente, cujos impactos são frequentemente irreversíveis (Chia et al., 2020; Mor & Ravindra, 2023). Tais práticas comprometem não apenas a qualidade ambiental, mas também representam sérios riscos para a saúde pública (Coutinho et al., 2023). Isso ocorre, pois, alguns municípios, especialmente os de menor porte, ainda não dispõem de aterros sanitários (Alves et al., 2020). Este cenário se deve a uma série de desafios enfrentados, incluindo a escassez de espaço adequado (Zhang et al., 2019), áreas suscetíveis a inundações (Eskandari et al., 2015) e a proximidade de recursos hídricos, como é o caso da região amazônica (Morales et al., 2020).

As legislações e políticas atuais ressaltam a importância da adoção das práticas dos 4Rs, com prioridade na redução na fonte e na atenção à geração dos resíduos sólidos, seguidas pela reutilização, reciclagem e recuperação energética (Soltanian et al., 2022). A implementação efetiva de estratégias para a redução e prevenção dos resíduos sólidos requer estudos técnicos aprofundados, ações robustas, ampla divulgação de informações, alocação adequada de recursos, considerações das normas socioculturais, capacitação e financiamento a longo prazo (Johansson & Corvellec, 2018). Além disso, é crucial considerar as técnicas utilizadas no tratamento dos resíduos sólidos, as quais desempenham um papel essencial na prevenção, assegurando a eficiência do tratamento e a preservação da qualidade ambiental (Kurniawan et al., 2022; Soltanian et al., 2022).

No contexto brasileiro, tanto a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), normatizada pela Lei 12.305/10 (Brasil, 2010), quanto a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas (PERS/AM), regida pela Lei nº

4.457/2017 (Amazonas, 2017), enfatizam de maneira contundente a importância do gerenciamento adequado de resíduos sólidos. Estas legislações têm como objetivo primordial a minimização dos impactos ambientais e a garantia de uma qualidade de vida sustentável para a população (Pozzetti & Caldas, 2019; Abubakar et al., 2022). Um gerenciamento eficiente não apenas facilita a implementação de normas rigorosas, operações eficazes e estratégias financeiras sólidas, mas também promove um planejamento municipal integrado para as etapas de coleta, segregação, tratamento e disposição responsável dos resíduos (Guadagnin et al., 2018).

Apesar dos avanços proporcionados pela PNRS e pela PERS/AM, muitos municípios do estado do Amazonas ainda adotam práticas inadequadas para a destinação final dos resíduos sólidos (Cunha & Nagalli, 2023), resultando em diversos impactos ambientais (Alves et al., 2020; Guimarães et al., 2023). Esses impactos incluem problemas relacionados ao odor (Abubakar et al., 2022; Mor & Ravindra, 2023), a presença de animais (Guimarães et al., 2023; Vinti et al., 2023), e a contaminação do recurso hídrico (Santana & Barroncas, 2007; Kebede et al., 2021). A situação é agravada pela presença de resíduos perigosos e pela falta de gerenciamento adequado, resultando em danos diretos ao meio ambiente e à saúde pública (Iravanian & Ravari, 2020). A decomposição inadequada dos resíduos libera gases nocivos, como o metano, que contribuem para o efeito estufa e aumentam o risco de incêndios (Mor & Ravindra, 2023). Esses fatores combinados destacam a necessidade urgente de implementar políticas eficazes de gestão de resíduos e investir em infraestrutura adequada para minimizar os impactos negativos.

No estado do Amazonas, o município de Itacoatiara, localizado às margens do Rio Amazonas, enfrenta um desafio significativo relacionado aos resíduos sólidos devido às intensas atividades industriais, comerciais e portuárias

(Silva, 1997; Fearnside et al., 2013). Apesar das melhorias observadas no sistema de gerenciamento de resíduos nos últimos anos, ainda persistem problemas ambientais em Itacoatiara, especialmente relacionados à disposição inadequada dos resíduos. Essa prática tem acarretado sérios danos ao meio ambiente e implica riscos significativos para a saúde pública (Guimarães et al., 2023; Guimarães et al., 2024).

A escassez de estudos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos em nível municipal no Amazonas (Alves et al., 2020; Cunha & Nagalli, 2023; Guimarães et al., 2024) torna essencial a realização de pesquisas que permitam uma compreensão aprofundada desse cenário na Amazônia Central. Nesse contexto, este artigo se propõe a analisar o atual gerenciamento de resíduos sólidos na área urbana de Itacoatiara/AM, com o propósito de coletar dados e informações que possam promover melhorias no sistema. Além de beneficiar autoridades e gestores locais e internacionais, este estudo pode oferecer insights valiosos para pesquisadores de países em desenvolvimento em busca de soluções eficazes para o gerenciamento municipal de resíduos sólidos.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O município de Itacoatiara está localizado em um ponto estratégico para o desenvolvimento da região Amazônica, com a presença de diversos terminais portuários e navegação de embarcações de pequeno a grande porte ao longo do ano. Em 2022, Itacoatiara possuía uma população de 103.598 habitantes, sendo o segundo município mais populoso do Amazonas (IBGE, 2022). O presente estudo foi realizado no perímetro urbano de Itacoatiara, que é composto por 38 bairros/locais, além de localidades específicas, como estradas vicinais de rodovia (Figura 1).

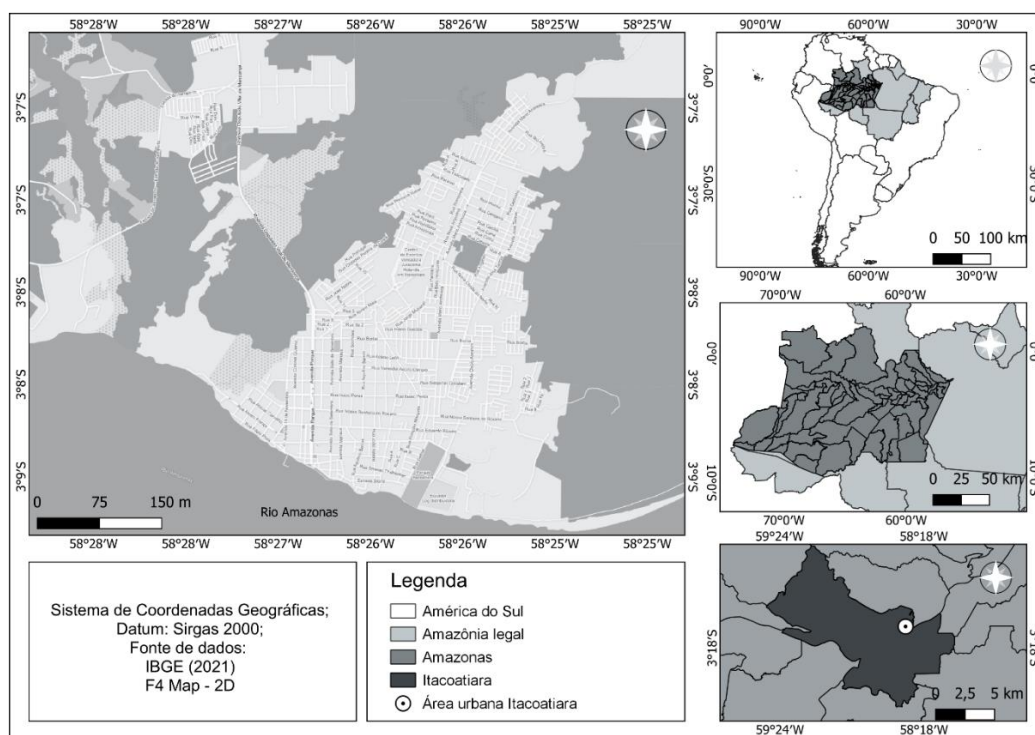


Figura 1. Localização da área urbana da cidade de Itacoatiara, na Amazônia.

Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos

Para este estudo foi considerado uma análise do gerenciamento dos resíduos domiciliares, que incluem os de serviços e comércio (RSD), resíduos sólidos de limpeza urbana (RLU), resíduos de serviço de saúde (RSS), resíduos de construção civil (RCC) e resíduos de logística reversa (RLV).

Caracterização quali-quantitativa dos resíduos

A caracterização quali-quantitativa dos resíduos incluiu a estimativa da quantidade total de resíduos gerados na área urbana (em kg), bem como a determinação da composição gravimétrica das classes de resíduos predominantes.

Resíduos do tipo RSD

A quantificação dos RSD foi realizada através da pesagem dos veículos destinados ao manejo dos resíduos nos dias 11 (amostra 1), 13 (amostra 2) e 14 (amostra 3), de outubro de 2022. Essa pesagem foi realizada em uma balança rodoviária com capacidade para 100 toneladas. Determinou-se a massa (kg) dos veículos após realizarem a coleta dos resíduos (veículos cheios) e a massa (kg) dos veículos antes de realizarem as suas atividades (veículos vazios). Para obtenção da estimativa de resíduos coletados, aplicou-se a

expressão matemática (Equação 1) para veículo de coleta.

$$Q_{RSD} = \sum m_{veículo\ cheio}^* - \sum m_{veículo\ vazio}^* \quad (1)$$

Onde:

Q_{RSD} - Quantidade de resíduos sólidos domiciliares gerados (kg);

$m_{veículo\ cheio}^*$ - Massa dos veículos após a realização da coleta de resíduos (kg);

$m_{veículo\ vazio}$ - Massa dos veículos antes da realização da coleta de resíduos (kg).

Após a obtenção da quantidade total dos resíduos coletados, foi obtido o valor em kg da quantidade de cada fração, determinada pela análise da composição gravimétrica, através da seguinte expressão matemática (Equação 2), utilizando os dados percentuais encontrados na composição gravimétrica.

$$QF_R = Q_{RSD} \cdot P_F \quad (2)$$

Onde:

QF_R - Quantidade da fração do resíduo analisado (kg);

P_F - Porcentagem da fração analisada (%)

A determinação da composição gravimétrica foi realizada no período de 11 a 16 de outubro de 2022 (exceto no feriado do dia 12). O município dispõe de 11 veículos de coleta de RSD, que operam em três turnos diários. Durante o estudo, foram analisados 26 veículos no turno da manhã, 24 no turno da tarde e 5 no turno da noite. Para realizar a composição gravimétrica, foi necessário obter uma amostra representativa de cada pilha de resíduos resultante de cada veículo (Guimarães & Batista, 2021). O procedimento de amostragem para a análise da composição física seguiu as diretrizes estabelecidas por Vilhena (2018) e foi aplicado o método de quarteamento conforme a ABNT (2004).

Ao todo, 200 litros de resíduos sólidos foram coletados para cada amostra proveniente da descarga dos caminhões, obtidos a partir de quatro subamostras: uma na base, duas nas laterais e uma no topo, garantindo uma amostra representativa (Vilhena, 2018). No total, 11.000 litros de resíduos foram coletados das pilhas oriundas dos veículos de coleta (Figura 2). Com o auxílio de tambores, os resíduos amostrados foram encaminhados a uma área específica no próprio lixão, onde foram depositados sobre uma lona plástica. Os sacos foram então rasgados com o auxílio de equipamentos manuais, como enxadas e pás, e os resíduos foram misturados e espalhados na lona para obter uma amostra homogênea (Figura 2) (Vilhena, 2018; Guimarães & Batista, 2021).

O procedimento de quarteamento, conforme estabelecido pela ABNT (2004), consistiu na divisão da amostra coletada (11.000 litros) em quatro partes iguais. Foram coletadas as duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra, descartando-se as duas restantes, até alcançar o volume de 5.500 litros. As partes não descartadas foram então misturadas, iniciando-se o segundo quarteamento para obter uma amostra de 2.750 litros. Novamente, as partes não descartadas foram agrupadas e homogeneizadas, dando início ao último quarteamento, resultando em um volume aproximado de 1.375 litros ou uma massa de aproximadamente 164,815 kg. Em seguida, os sacos foram rasgados com o auxílio de equipamentos manuais, como enxadas e pás, e os resíduos foram misturados e espalhados na lona plástica para formar uma amostra homogênea. A massa específica dos resíduos foi determinada utilizando a metodologia proposta por Rezende et al. (2013), que relaciona a massa da amostra (kg) pelo volume da amostra (m^3).

Os resíduos presentes na lona foram segregados em diversas classes, conforme descrito

por Guimarães e Batista (2021), e colocados em sacos plásticos para quantificação, utilizando uma balança digital (Figura 2). As principais classes de resíduos analisadas incluíram plásticos (mole colorido, mole descartável, duro colorido, duro embalagem, PET, isopor, duro colorido – outros, duro torrado e duro branco), papel, papelão, matéria orgânica, rejeito, tecido, metal ferroso, outros resíduos, madeira, metal não-ferroso (alumínio), resíduos perigosos, vidro (outros), embalagem longa vida e vidro (garrafa).



Figura 2. Ensaio gravimétrico em Itacoatiara. (a) Pesagem dos veículos de coleta; (b) Local de descarregamento do caminhão; (c) Descarregamento do caminhão; (d) Coleta da amostra em pontos aleatórios da pilha; (e) Recobrimento do solo; (f) Recebimento das amostras na lona; (g) Rompimento dos sacos e homogeneização da amostra de 11.000 litros; (h) 1º quarteamento da amostra homogeneizada; (i) Obtenção da amostra de 5.500 litros e homogeneização; (j) 2º quarteamento da amostra homogeneizada; (k) Obtenção da amostra de 2.700 litros e homogeneização; (l) 3º quarteamento da amostra homogeneizada; (m) Coleta da amostra final de 1.375 litros; (n) Tambores com as amostras; (o) Segregação da amostra final; (p) Amostra segregada por classe; (q) Pesagem das amostras segregadas e tabulação dos dados; e (r) Equipe operacional.

Resíduos do tipo RLU

A quantificação dos RLU foi realizada através da pesagem dos veículos designados para o manejo desses resíduos. Essa pesagem foi realizada no período de 24 a 30 de maio de 2022 em uma balança rodoviária. Determinou-se a massa (em kg) dos veículos após a coleta dos resíduos (veículos cheios) e a massa (em kg) dos veículos antes de iniciarem suas atividades (veículos vazios). No total, 11 veículos de coleta foram analisados, correspondentes às rotas de coleta de RLU de Itacoatiara. Para estimar a quantidade de resíduos de RLU coletados na área urbana do município, aplicou-se a seguinte expressão matemática (Equação 3).

$$(3) \quad Q_{RLU} = \sum \dot{m}_{\text{veículo cheio}} - \sum \dot{m}_{\text{veículo vazio}}$$

Onde:

Q_{RLU} - Quantidade de resíduos sólidos de limpeza urbana gerados (kg);

$\dot{m}_{\text{veículo cheio}}$ - Massa dos veículos após a realização da coleta de resíduos (kg);

$\dot{m}_{\text{veículo vazio}}$ - Massa dos veículos antes da realização da coleta de resíduos (kg).

Resíduos do tipo RCC

No que diz respeito aos RCC, estes são de responsabilidade do gerador, o que torna inviável a quantificação e caracterização desses resíduos. Portanto, não foi possível realizar uma caracterização quali-quantitativa dos RCC.

Caracterização do manejo dos resíduos

A análise do sistema de gerenciamento incluiu a verificação do manejo dos resíduos (RSD RLU e RCC) nas etapas de acondicionamento, coleta, transporte e destinação final. As informações foram obtidas a partir de dados secundários disponibilizados pelo Departamento de Manutenção e Limpeza Pública da Secretaria de Infraestrutura do município de Itacoatiara. Adicionalmente, visitas *in loco* foram realizadas para obter informações detalhadas sobre o funcionamento da área de disposição final dos resíduos.

Para os RSS gerados em instituições públicas, especialmente os resíduos pertencentes aos grupos infectantes, químicos e perfurocortantes, os dados foram obtidos a partir de informações secundárias fornecidas pela empresa

responsável pela prestação de serviços nesse setor. Vale ressaltar que os RSS privados não foram objeto de estudo neste artigo, devido à dificuldade em obter esses dados junto às instituições geradoras.

Por fim, a análise do manejo dos RLV foi conduzida por meio da aplicação de um questionário estruturado, com o intuito de coletar informações sobre as práticas atuais de manejo desses resíduos. O questionário foi aplicado aos proprietários de estabelecimentos que geram RLV. Ao todo, 34 estabelecimentos foram identificados e analisados, proporcionando um panorama abrangente do gerenciamento de RLV no município.

Análise de dados

Os dados coletados foram submetidos à análise por meio da estatística descritiva, sendo apresentados por meio de frequências, porcentagens e gráficos. A geração de resíduos *per capita* foi calculada utilizando técnicas de análise descritiva, enquanto a caracterização dos resíduos foi exibida por meio de gráficos e tabelas. As análises foram realizadas usando R Core Team (2022).

Resultados e discussão

Caracterização dos RSD

No que diz respeito à composição gravimétrica dos RSD da área urbana de Itacoatiara, foi possível observar um elevado percentual de resíduos orgânicos (40,4%) (Figura 3). Essa geração se configura como uma oportunidade à municipalidade, pela possibilidade do emprego da compostagem dos resíduos (Burga, 2021), gerando adubo para a comunidade (Nakasaki et al., 2019), reduzindo os impactos sobre o meio ambiente (Dhamodharan et al., 2019) e os custos da administração municipal na destinação de resíduos (Rashid & Shahzad, 2021).

A presença de 43,5% resíduos recicláveis observados no presente estudo (Figura 3) sugere que os resíduos possam ser destinados à coleta seletiva e posteriormente reintroduzidos nas cadeias de produção. Tais valores indicam uma oportunidade para o fortalecimento da segregação dos resíduos nas residências (Burga, 2021), a partir do incentivo em ações de educação ambiental (Bet et al., 2020), bem como na redução de custos para a gestão pública com a destinação final dos resíduos (Guimarães & Batista, 2021).

O alto percentual de material orgânico pode ser explicado pela presença de feiras livres,

estabelecimentos comerciais e residências. Os resíduos recicláveis são oriundos de estabelecimentos comerciais e lojas. A partir dessa geração, catadores de materiais recicláveis poderiam ser economicamente beneficiados pelo processamento dos resíduos passíveis de reciclagem (Owojori et al., 2020; Zhang et al., 2020; Guimarães & Batista, 2021).

Os resultados mostram ainda uma fração de rejeitos (13%), que corresponde aos materiais não reaproveitáveis, como resíduos sanitários domésticos. A presença de rejeitos também foi identificada no estudo de Burga (2021), no qual 8%

dos resíduos foram classificados como rejeitos, destacando a importância de uma destinação final ambientalmente adequada. Além disso, foi observada a presença de RCC, RSS, como seringas e ampolas, bem como pilhas, eletrônicos e outros materiais (Figura 3). A identificação desses resíduos misturados aos RSD revela a falta de conscientização da população sobre a destinação correta de resíduos especiais (Sousa et al., 2020; Coelho et al., 2021; Teixeira et al., 2021). Portanto, é essencial a criação de programas municipais de educação ambiental focados em práticas adequadas de segregação de resíduos sólidos.

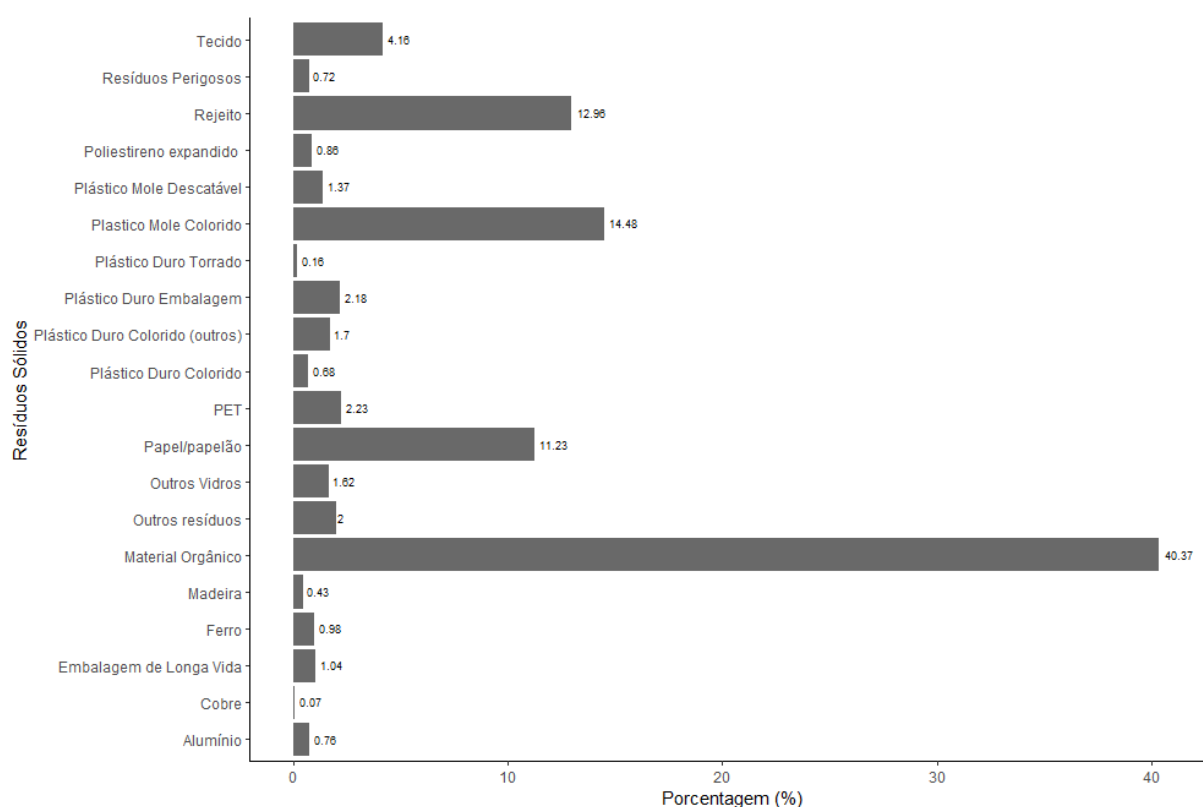


Figura 3. Composição gravimétrica dos RSD gerados no município de Itacoatiara, Amazonas.

A estimativa da quantidade de RSD coletados em Itacoatiara foi de 31,89 ton/dia, 956,80 ton/mês, 11.481 ton/ano (Tabela 1). Essa estimativa de RSD observada no presente estudo é similar ao observado em Tefé (Silva & Pinheiro, 2010; Guimarães & Bernhard, 2015), comparativamente maior que Silves, Itapiranga (Alves et al., 2020) e Humaitá (Oliveira et al., 2022) e menor que Manaus (Kieling et al., 2019). Quanto à geração *per capita* dos RSD da área urbana, estima-se que seja de 0,51 kg/hab/dia. O valor obtido para a massa específica aparente dos resíduos sólidos de Itacoatiara foi de 119,87 Kg/m³. A concentração populacional (Franca et al., 2013) e renda econômica da população são fatores

fundamentais para o aumento da geração de resíduos em aglomerados urbanos (Bayer et al., 2022), podendo ser esses fatores que estejam influenciando na geração de resíduos na localidade.

Com base nas informações dos percentuais dos RSD e na quantidade total desses materiais, pôde-se obter a estimativa diária da geração de cada fração dos resíduos obtidos na composição gravimétrica (Tabela 2). Essa estimativa de cada fração dos resíduos é importante para dimensionar a melhor forma de destinação final, a exemplo do beneficiamento da reciclável e compostagem (Guimarães & Batista, 2021), tratamento térmico (Panepinto & Zanetti, 2021; Sajid et al., 2022) e/ou aterros sanitários (Sousa et al., 2020).

Tabela 1. Estimativa de geração dos RSD no município de Itacoatiara/AM.

Veículos	Amostra 1 (Kg/dia) *	Amostra 2 (Kg/dia) *	Amostra 3 (Kg/dia) *	Média (Kg/dia)
A	1.940,00	**	1.860,00	1.267,00
B	780,00	**	3.520,00	1.433,00
C	4.380,00	8.900,00	5.600,00	6.293,00
D	2.740,00	2.680,00	3.020,00	2.813,00
E	3.700,00	3.220,00	2.380,00	3.100,00
F	3.480,00	5.480,00	3.960,00	4.307,00
G	1.580,00	2.420,00	3.460,00	2.487,00
H	**	5.680,00	2.480,00	2.720,00
I	1.380,00	1.880,00	2.440,00	1.900,00
J	**	2.160,00	940,00	1.033,00
K	4160,00	5.080,00	4.380,00	4.540,00
Total				31.893,00

*Massa das amostras resultantes do cálculo da equação 1.

Tabela 2. Estimativa da geração das frações de RSD em Itacoatiara, AM.

Tipos de resíduos sólidos	Classe dos resíduos sólidos	Percentual de geração (%)	Geração de resíduos (kg/dia)	Geração das frações de resíduos (kg/dia)
Material Orgânico	Orgânico	40,37%		12.875,20
Plástico Mole Colorido	Reciclável	14,48%		4.618,11
Rejeito	Rejeito	12,96%		4.133,33
Papel/papelão	Reciclável	11,23%		3.581,58
Tecido	Reciclável	4,16%		1.326,75
PET	Reciclável	2,23%		711,21
Plástico Duro Embalagem	Reciclável	2,18%		695,27
Outros resíduos	Outros	2,00%		637,86
Plástico Duro Colorido (outros)	Reciclável	1,70%		542,18
Outros Vidros	Reciclável	1,62%		516,67
Plástico Mole Descartável	Reciclável	1,37%	31.893,00	436,93
Embalagem de Longa Vida	Reciclável	1,04%		331,69
Ferro	Reciclável	0,98%		312,55
Poliestireno expandido	Reciclável	0,86%		274,28
Alumínio	Reciclável	0,76%		242,39
Resíduos Perigosos	Perigosos	0,72%		229,63
Plástico Duro Colorido	Reciclável	0,68%		216,87
Madeira	Madeira	0,43%		137,14
Plástico Duro Torrado	Reciclável	0,16%		51,03
Cobre	Reciclável	0,07%		22,33
Total		100,00%		31.893,00

O acondicionamento dos RSD em Itacoatiara é realizado através de recipientes, a exemplo de tambores metálicos, contêineres, lixeiras metálicas ou de madeira e outros. Identificou-se com frequência a prática de acondicionar os resíduos em sacos plásticos, pendurados ou diretamente na calçada ou via pública. Essa forma de acondicionamento também

foi observada em outros estudos (Francisco et al., 2021; Silva et al., 2021; Costa & Pinto, 2022), sendo uma modalidade comum para o acondicionamento dos resíduos sólidos.

O serviço de coleta regular (convencional) e o transporte dos RSD é de responsabilidade do município. Atualmente, a coleta e transporte dos RSD atende áreas urbanas e rurais, com a utilização

de 11 veículos, sendo 1 veículo compactador, 9 basculantes e 1 trator agrícola com reboque. Essa forma de coleta e transporte dos resíduos também foi observada em outros estudos (Amaral & Lopez, 2018; Gonçalves et al., 2020; Costa & Pinto, 2022; Guimarães et al., 2024), possibilitando a redução de riscos à saúde pública e o impacto visual através do descarte de resíduos sólidos (Costa & Pinto, 2022).

Os RSD coletados na área urbana são encaminhados para um lixão a céu aberto, sem recobrimento da massa de resíduos, com a presença de catadores, localizado dentro da área urbana de Itacoatiara (Figura 4). No lixão, os catadores coletam materiais com potencial de reciclagem, uma vez que o ganho econômico da comercialização desses materiais é viável no município (Guimarães & Batista, 2020). No entanto, essa forma de disposição final é

inadequada (Brasil, 2010), pois lixões a céu aberto impactam diretamente a qualidade das águas subterrâneas e produzem elevadas concentrações de toxinas e metais pesados, que causam doenças à população e problemas ao meio ambiente (El-Mathana et al., 2021; Coutinho et al., 2023). Essa forma de disposição ainda é comum em municípios brasileiros (Gonçalves et al., 2020; Coelho et al., 2021). Por esse motivo, o município deve planejar uma forma de disposição final ambientalmente adequada para os rejeitos, como a implantação de um aterro sanitário, além de valorizar os catadores de materiais recicláveis. Atualmente, existem estudos sobre a seleção adequada da área (Morales et al., 2020), bem como dados qualitativos e quantitativos do presente estudo, visando atender à legislação ambiental e melhorar a qualidade ambiental.



Figura 4. Lixão Municipal de Itacoatiara, Amazonas, Brasil.

Análise dos RLU

A estimativa da quantidade de RLU coletada, obtida pela pesagem dos caminhões de coleta (cheios e vazios) para cada rota de coleta (Tabela 3), foi de 56 ton/dia, 168 ton/mês e 20.162 ton/ano. No entanto, a geração *per capita* de RLU foi de 0,90 kg/hab/dia. Essa alta geração de RLU

quando comparada com os RSD também foi observada em outro estudo (Burga, 2021), mostrando que através da consciência ecológica e a reciclagem essa geração poderia ser menor, bem como poderia reduzir os custos operacionais (Ferreira & Barros, 2021).

Tabela 3. Estimativa da quantidade de RLU coletada no município de Itacoatiara/AM.

Dia da Coleta	Bairros Atendidos	RLU (Kg/dia)
Segunda-feira	Prainha, Santo Antônio, Eduardo Braga II, Nogueira Júnior, Mamoud Amed e Bairro da Paz.	53.100,00
Terça-feira	Eduardo Braga I, Jardim Florestal, Jardim Lorena, Jardim Michele, Jardim Adriana, São Francisco, Mutirão I e II.	71.520,00
Quarta-feira	São Francisco, Jardim Amanda, São Jorge, São Cristóvão, Conj. Cidadão, Conj. Jacarezinho e Conj. Poranga.	44.280,00
Quinta-feira	Araújo Costa, Santa Luzia, Moises Israel, Jauary II e Tiradentes.	68.200,00
Sexta-feira	Centro, Colônia, Pedreiras e Jauary I.	42.940,00
Sábado	Iracy (Conj. Sham e Novo Horizonte).	*
Média de coleta diária de RLU		56.008,00

*A rota não foi objeto de coleta por problemas operacionais.

Após a geração, os RLU são encaminhados para as vias públicas na espera da coleta regular de RLU, sem nenhuma forma de acondicionamento. Essa prática se torna preocupante, devido aos riscos físicos, químicos e biológicos para a saúde humana e meio ambiente (Telles et al., 2020). A coleta é dividida em diurna e noturna, sendo a última caracterizada em 4 zonas (sul, leste, oeste e norte), de forma a atender todos os bairros da área urbana (Tabela 3). Essa mesma forma de coleta é realizada em municípios do interior do Amazonas (Alves et al., 2020), onde a própria prefeitura realiza o serviço de coleta, atendendo toda área urbana dos municípios.

A equipe responsável pela coleta e transporte dos RLU é composta em média por 5 funcionários, sendo 2 motoristas (1 motorista na pá carregadeira e 1 motorista no caminhão basculante) e 3 coletores por rota de coleta. Os equipamentos e maquinários envolvidos nas coletas são: caminhão basculante (volume variando de 6 a 14 m³); roçadeiras e pá carregadeiras. A utilização desses veículos para a realização do manejo dos RLU se torna comum no Amazonas (Alves et al., 2020; Guimarães et al., 2024) devido a eficiência na coleta e transporte.

Uma das destinações finais para os RLU é a compostagem (Brasil, 2010), no entanto, nenhuma destinação final ambientalmente adequada é realizada para os RLU de Itacoatiara. Ações de compostagem em Itacoatiara poderiam beneficiar moradores e produtores rurais com adubo orgânico (Nakasaki et al., 2019; Rashid & Shahzad, 2021), favorecendo na diminuição da massa de resíduos que é disposta de forma inadequada no município (Guimarães & Batista, 2021). Sem destinação final com base nas recomendações da PNRS (Brasil, 2010), os RLU são encaminhados diretamente para o lixão a céu aberto de Itacoatiara.

Inventário dos RSS

A cidade de Itacoatiara possui 110 leitos de internação e o prestador de serviço é responsável pela coleta, transporte, tratamento e destinação, em média, de 6,3 toneladas de RSS por mês, provenientes de estabelecimentos públicos de saúde (Tabela 4). A geração *per capita* de RSS em Itacoatiara se aproxima de 0,003 kg/hab/dia ou 1,92 kg/leito/dia. Com base nos estudos já

realizados nos estabelecimentos públicos de saúde do município, estima-se que 61% dos RSS são considerados comum, 27% infectante, 12% perfurocortante e 1% químico (Guimarães & Alves, 2021; Inhuma et al., 2021).

A geração de RSS na Amazônia não apresenta um padrão de geração quando comparada com outros estabelecimentos de saúde (Chowdhury et al., 2022; Neves et al., 2022; Ye et al., 2022; Dihan et al., 2023), mostrando que as condições socioeconômicas, culturais, padrão de vida dos pacientes, forma planejada do gerenciamento de resíduos, segregação na fonte (Patwary et al., 2009) e doenças (Dihan et al., 2023), são os principais fatores que influenciam na geração. Essa alta geração pode ser minimizada com a inserção da educação ambiental dos médicos, enfermeiros e demais profissionais (Inhuma et al., 2021), além da efetiva implantação dos planos de redução da geração, segregação, reciclagem e reaproveitamento dos RSS (Dehghani et al., 2019; Zamparas et al., 2019).

O acondicionamento dos RSS no Hospital Regional José Mendes de Itacoatiara é realizado através de coletor com saco branco leitoso para os resíduos infectantes; coletores de material rígido e resistente para os resíduos químicos; coletor com saco preto para os resíduos comuns; e caixa amarela do tipo *descartex* para os resíduos perfurocortantes. Para os demais estabelecimentos apresentados na Tabela 4, os RSS são acondicionados em saco preto, similar ao resíduo comum, e os resíduos químicos e perfurocortantes são destinados para caixa de papelão e caixa amarela do tipo *descartex*, respectivamente. O Hospital de Itacoatiara é o único estabelecimento que possui acondicionamento adequado, sendo essa observação também constatada no estudo de Guimarães et al. (2022), onde a maioria dos setores do Hospital estavam em conformidade com as legislações vigentes. Por outro lado, os demais estabelecimentos de saúde são acondicionados de forma inadequada, sem quaisquer identificações de risco, sendo essa observação também constada no estudo de Guimarães e Alves (2021), sendo necessário uma maior atenção para minimização dos riscos à saúde e ao meio ambiente.

Tabela 4. Geração de resíduos de serviço de saúde (RSS) no município de Itacoatiara, AM. Unidade Básica de Saúde (UBS). Fundação de Vigilância em Saúde (FVS/Itacoatiara). Unidade de Pronto Atendimento (UPA). Centro de Especialidade Odontológico (CEO). Centro de Atenção Psicossocial (CAPS). Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas (ADAF). Central de Abastecimento Farmacêutico (CAF/Itacoatiara). Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM).

Estabelecimento/Instituição	Massa do RSS coletado no município (Kg/mês)			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Média
Hospital Regional José Mendes	3.256,10	4.652,00	4.676,00	4.194,70
UBS José Resk Maklounf	184,70	115,90	115,10	138,57
UBS Nicolas E. L. Neto	59,30	65,10	93,20	72,53
UBS Paulo Gomes	68,90	81,10	73,80	74,60
FVS Itacoatiara	210,60	189,90	192,10	197,53
UPA de Itacoatiara	785,10	886,90	870,90	847,63
CEO Itacoatiara	8,10	9,30	31,40	16,27
Unidade Prisional de Itacoatiara	27,20	27,10	17,60	23,97
UBS Maria Da Paz	57,90	105,60	114,80	92,77
UBS Manoel Mendes	44,10	47,80	58,20	50,03
CAPS São Lucas	*	3,70	*	1,23
UBS Santo Antônio	29,20	52,90	52,40	44,83
UBS Francisco Ferreira Athayde	65,50	70,10	71,10	68,90
UBS José Alexandre	111,40	119,60	75,20	102,07
UBS Expedita Holanda	54,80	38,60	58,60	50,67
UBS Eudócia De Oliveira	61,30	65,80	27,50	51,53
UBS Bernadino Dessimoni	68,00	59,00	85,70	70,90
ADAF	*	14,90	*	4,97
CAF Itacoatiara	300,80	125,20	21,50	149,17
ICET/UFAM	*	*	2,90	0,97
Programa Nacional de Imunização	4,20	17,30	10,40	10,63
Centro de Zoonose	109,00	11,60	98,50	73,03
UBS Manoel Eloi	*	7,80	*	2,60
UBS Fluvial	*	0,50	22,10	7,53
Total				6.347,63

*Ausência de RSS.

Os resíduos infectantes, químicos e perfurocortantes são coletados e transportados por meio de um caminhão do tipo baú com contêiner para o acondicionamento dos RSS. Enquanto a coleta dos resíduos comuns é realizada através de um caminhão compactador ou basculante sem pintura padronizada de cor branca para identificação de coleta de RSS, em horários aleatórios sem nenhuma rota definida. Após a coleta, os resíduos perigosos são encaminhados para a destinação final ambientalmente adequada, sendo por autoclave ou incineração em uma empresa terceirizada em Iranduba/AM. Essa destinação final ambientalmente adequada dos RSS em Itacoatiara minimiza os impactos sobre o meio ambiente e garante a sustentabilidade ambiental (Alves et al., 2020). Os resíduos infectantes, químicos e perfurocortantes são tratados por autoclave e/ou incineração, sendo dispostos em caixas coletoras que, ao atingirem a sua capacidade, são lonados, transportados e dispostos no aterro em Manaus, enquanto os resíduos não perigosos são destinados ao lixão. O

município de Itacoatiara poderia realizar ações de coleta seletiva, de forma que os resíduos com potencial de reciclagem pudessem ser encaminhados para os catadores de materiais recicláveis (Guimarães & Batista, 2021), reduzindo assim a massa de resíduos disposta e os impactos sobre a saúde e meio ambiente (Guimarães et al., 2022).

Análise dos RCC

O acondicionamento dos RCC não leva em consideração as classes de resíduos, sendo descartado em via pública, na maioria das vezes, sem qualquer recipiente coletor que assegure as características físicas. A coleta dos RCC ocorre, em geral, de forma irregular pelo responsável, com utilização de caminhões basculantes precários e sem a utilização de lonas, o que possibilita riscos à saúde pública devido a maioria dos RCC apresentarem toxicidades, devido a presença de metais pesados (Fombe & Ntani, 2012; Cook et al., 2022).

Guimarães, G. A., Teixeira, M. M. J., Mitouso, D. T. S., Santos, T. S., Silva, J. M. R., Oliveira, H. R. N. S., Pantoja, K. L. G., Alves, R. C., Batista, M. M.

Uma das formas de reutilização observadas na cidade dos RCC é para o nivelamento do terreno feito pelo próprio gerador. Além disso, ocorre o reaproveitamento desses RCC pelo órgão executivo do município para realização de tapaburaco nas vias públicas, sendo realizado constantemente no município de Itacoatiara, devido à falta de infraestrutura. Os RCC que não são reutilizados, são encaminhados diretamente para o lixão municipal a céu aberto. Essa prática de reaproveitamento na construção civil como agregados na indústria é comum e fundamental, minimizando danos estéticos na infraestrutura da cidade e impactos na saúde pública (Ibrahim et al., 2022).

Quantificação RLV

No âmbito municipal, não existe programa para coleta dos resíduos de agrotóxicos, pilhas, baterias e lâmpadas. Com a ausência de coleta e destinação final adequada, esses resíduos acabam tendo como destino o ambiente natural, proporcionando danos à saúde pública e ao meio ambiente (Ferronato & Torretta, 2019; Rani et al., 2021).

Quanto ao manejo dos resíduos de pneus usados, estima-se que 1.330 unidades são geradas por mês. Desse total, 649 unidades são coletadas por meio de veículo basculante e encaminhadas para o lixão. O restante (684 unidades/mês) é encaminhado para reutilização e/ou reciclagem em empresas especializadas na cidade de Manaus, Amazonas. A grande quantidade de pneus usados que são despejados no lixão a céu aberto de Itacoatiara causa impactos à saúde e ao ambiente, devido a queima desses materiais, bem como a presença de vetores de doenças (Ferronato & Torretta, 2019). A partir desses riscos, se torna fundamental a implantação do programa 4Rs, proporcionando a redução, reutilização, reciclagem e/ou recuperação energética dos pneus (Park et al., 2018).

Os resíduos provenientes de óleos lubrificantes gerados em estabelecimentos automotivos de Itacoatiara são doados, na maioria das vezes para moradores da área rural, que utilizam como combustível para motosserra e queima de materiais orgânicos. Estimou-se ainda que a geração e a doação de óleos lubrificantes ultrapassem a marca de 1.755 litros/mês. As embalagens são coletadas pela prefeitura e dispostas no lixão a céu aberto da cidade. Os catadores realizam a coleta destes materiais no lixão, em condições insalubres, e comercializam com empresas de reciclagem na cidade de

Itacoatiara. A partir desse cenário, surge a necessidade da inserção do sistema de logística reversa para destinar adequadamente esse resíduo (Cardoso et al., 2023), garantindo a qualidade ambiental no ambiente (Gonzaga et al., 2021).

Além disso, não foi observado nenhum ponto de coleta para os resíduos eletrônicos, entretanto, alguns eventos são realizados e pontos de coleta são empregados para coleta deste resíduo em parceria com empresas especializadas. Estima-se que 88 unidades de placas de produtos eletrônicos são geradas por mês. Desse total, 15 unidades são encaminhadas para o lixão a céu aberto, por meio da coleta regular de resíduos. Os demais resíduos eletrônicos (73 unidades) são reutilizados e/ou reciclados por empresas especializadas localizadas em Manaus, Amazonas. A reciclagem dos componentes eletrônicos representa um avanço na gestão, pois muitos resíduos serão desmontados e recuperados, diminuindo o uso de novas matérias-primas (Cucchiella et al., 2015; Ferronato & Torretta, 2019).

Conclusão

A análise do manejo dos resíduos sólidos gerados na cidade de Itacoatiara indica a necessidade de reformulação nas boas práticas do gerenciamento de resíduos existente. Como esperado, a geração de resíduos orgânicos é maior do que as outras frações, seguida pelos materiais recicláveis. Esses valores corroboram estudos de gravimetria de outros municípios, possibilitando alternativas ambientalmente adequadas como a compostagem e a reciclagem. A geração per capita dos resíduos foi de 0,31 Kg/hab/dia, 0,54 kg/hab/dia, 1,92 kg/leito/dia, para os RSD, RLU e RSS, respectivamente. Foi observado a geração de 1.330 unidades/mês de pneus usados, 1.755 litros/mês de óleos lubrificantes e 88 unidades/mês de placas de resíduos eletrônicos. O acondicionamento dos resíduos sólidos é precário e a coleta e o transporte são etapas realizadas por meio de veículos compactadores e basculantes, exceto para os RSS, em que se utiliza um caminhão baú. Os materiais orgânicos, recicláveis e rejeitos são dispostos de forma inadequada no lixão e a fração perigosa dos RSS, sob responsabilidade de uma empresa terceirizada, é encaminhada para tratamento térmico e disposição em aterro sanitário. Os resultados indicam a necessidade de reformulação de políticas de gestão de resíduos para regular o gerenciamento através da estrutura e geração de resíduos. Este estudo tem importância

para o município de Itacoatiara planejar corretamente o gerenciamento de resíduos e minimizar os impactos sobre o meio ambiente, além de servir como base para outros municípios na Amazônia.

Agradecimentos

À Prefeitura Municipal de Itacoatiara com suporte da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

Referências

- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 12717. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Alves, R. C., Silva, N. M., Andrade, M. V. B., & Marques, E. L. (2020). Gerenciamento Municipal de Resíduos Sólidos no Amazonas, Brasil. *Research, Society and Development*, 9, e28691211139. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11139>
- Amaral, C. P., & Lopez, D. A. R. (2018). Impactos sociais e ambientais: a vulnerabilidade do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 6, 13-26. <https://doi.org/10.9771/gesta.v6i2.23967>
- Amazonas. (2017). Lei nº 4457 de 12 de abril de 2017. Diário Oficial do Estado, Manaus. <https://sapl.al.am.leg.br/norma/9762>
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. (2023). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo. <https://www.abesdf.com/estudos>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2004). NBR 10.007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6014/nbr10007-amostragem-de-residuos-solidos>
- Ayub, F., Naqvi, S. L. H., Naqvi, S. H. Z., Yasar, A., Akram, R., & Niamat, J. (2024). Assessment of Municipal Solid Waste Management Practices in Urban Centers of Pakistan: A Comprehensive Review. *Environmental Protection Research*, 4, 87-103. <https://doi.org/10.37256/epr.4120244086>
- Bayer, N. M., Uranga, P. R. R., & Fochezatto, A. (2022). A curva ambiental de Kuznets na produção de resíduos sólidos domiciliares nos municípios brasileiros, 2011-2015. *Economia e Sociedade*, 31, 129-142. <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2022v31n1art06>
- Bet, L. G., Prado, R., Prado, M., & Benaque, H. P. (2020). Educação Ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos: a iniciativa inovadora do Programa Condomínio Sustentável. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 15, 282-298. <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.10791>
- Brasil. (2010). Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Poder Executivo, Brasília. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- Burga, M. L. D. B. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17, 61-72.
- Cardoso, F. A., Couto, R. A., & Guimarães, G. A. (2023). Análise da destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado em Manaus - AM. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9, 171-184. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v9i1.40074>
- Carlsen, L., & Bruggemann, R. (2022). The 17 United Nations' sustainable development goals: a status by 2020. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 29, 219-229. <https://doi.org/10.1080/13504509.2021.1948456>
- Chia, W. Y., Chew, K. W., Le, C. F., Lam, S. S., Chee, C. S. C., Ooi, M. S. L., & Show, P. L. (2020). Sustainable utilization of biowaste compost for renewable energy and soil amendments. *Environmental Pollution*, 267, 115662. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115662>
- Chowdhury, T., Chowdhury, H., Rahman, M. S., Hossain, N., Ahmed, A., & Sait, S. M. (2022). Estimation of the healthcare waste generation during COVID-19 pandemic in Bangladesh. *Science of The Total Environment*, 811, 152295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152295>
- Coelho, K. A. M. C., Sousa, T. C., & Vaz, A. P. M. S. (2021). Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos comerciais na região central de Balsas – MA. *Research, Society and*

- Development*, 10, e383101019103.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19103>
- Cook, E., Velis, C. A., & Black, L. (2022). Construction and Demolition Waste Management: A Systematic Scoping Review of Risks to Occupational and Public Health. *Frontiers in Sustainability*, 3, 924926. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.924926>
- Costa, A. A. R., & Pinto, L. S. R. C. (2022). A destinação de resíduos sólidos urbanos no município de Santa Vitória – MG. *Research, Society and Development*, 11, e58711932071. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32071>
- Coutinho, L. S., Alves, R. C., Guimarães, G. A., & Silva, R. B. (2023). Impactos da Covid-19 na associação de catadores de materiais recicláveis do município de Itacoatiara-AM. *Novos Cadernos NAEA*, 26, 39-65. <http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v26i2.14092>
- Cucchiella, F., D'adamo, I., Lenny-Koh, S. C., & Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>
- Cunha, K. C. L., & Nagalli, A. (2023). Evaluation of municipal solid waste management in the state of Amazonas. *Revista Caribeña de las Ciencias Sociales*, 12, 2117-2138. <https://doi.org/10.55905/rcssv12n5-008>
- Dehghani, M. H., Ahrami, H. D., Nabizadeh, R., Heidarinejad, Z., & Zarei, A. (2019). Medical waste generation and management in medical clinics in South of Iran. *MethodsX*, 6, 727-733. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.03.029>
- Dhamodharan, K., Varma, V. S., Veluchamy, C., Pugazhendhi, A., & Rajendran, K. (2019). Emission of volatile organic compounds from composting: A review on assessment, treatment and perspectives. *Science of The Total Environment*, 695, 133725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133725>
- Dihan, M. R., Nayeem, S. M. A., Roy, H., Islam, M. S., Islam, A., Alsukaibi, A. K. D., & Awual, M. R. (2023). Healthcare waste in Bangladesh: Current status, the impact of Covid-19 and sustainable management with life cycle and circular economy framework. *Science of The Total Environment*, 871, 162083. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162083>
- El-Mathana, M., Mostafa, G., Galal, M., & Elawwad, A. (2021). Assessment and simulation of a solid waste dumpsite impact on the surrounding water resources: A case study in Abu Zaabal, Egypt. *Heliyon*, 7, e08421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08421>
- Eskandari, M., Homaei, M., Mahmoodi, S., Pazira, E., & Genuchten, M. T. V. (2015). Optimizing landfill site selection by using land classification maps. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 7754-7765. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4182-7>
- Fearnside, P. M., Figueiredo, A. M. R., & Bonjour, S. C. M. (2013). Amazonian forest loss and the long reach of China's influence. *Environment, Development and Sustainability*, 15, 325-338. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9412-2>
- Ferreira, A. C., & Barros, R. T. V. (2021). Panorama dos gastos públicos municipais com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: uma análise da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26, 659-668. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202000022>
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Fombe, L. F., & Ntani, M. D. (2012). Building and Endangering Urban Landscapes: the Case of Construction Wastes in Bamenda Cameroon. *Journal of Sustainable Development*, 5, 60-67. <https://doi.org/10.5539/jsd.v5n10p60>
- Franca, F. P. O., Leis, F. S., Boro, I., Importa, R. F., Azevedo, S. A. S., Carvalho, T. D., Abreu, L. C., Adami, F., Alvarenga, R., Habermann, M., Silva, O. R., & Fonseca, F. L. A. (2013). Correlação entre rendimento e geração de resíduos sólidos na região metropolitana de São Paulo. *Saúde E Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, 2, 84-92. <https://doi.org/10.24302/sma.v2i1.428>
- Francisco, A. M., João, G. B. F., & Domingos, J. K. O. (2021). Diagnóstico do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos do Bairro 5 de Abril, Moçâmedes (Angola). *Revista Científica ANAP Brasil*, 14, 81-95.
- Gonçalves, A. C., Ribeiro Júnior, J. A., Silva, H. L., Oliveira, T. M. C., Ishihara, J. H., Alexandre, G. S., Bernado, A. L. S., Alves, G. M. F. (2020). Análise das condições de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no estado do Pará. *Brazilian Journal of Development*, 6, 67941-67954. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-288>

- Gonzaga, N. C., Silva, R. N., & Andrade, L. P. (2021). Gerenciamento de resíduos do óleo lubrificante: uma revisão sistemática da literatura. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 15, 1-16. <https://doi.org/10.24857/rqsa.v15.2812>
- Guadagnin, M. R., Selau, C. C., & Cadorin, S. B. (2018). Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no município de Criciúma/SC. *Tecnologia e Ambiente*, 24, 159-180. <https://doi.org/10.18616/ta.v24i0.4372>
- Guimarães, D. P., & Bernhard, R. (2015). Resíduos sólidos do município de Tefé (amazonas): caracterização do problema e potencial econômico. *Holos Environment*, 15, 35. <https://doi.org/10.14295/holos.v15i1.8748>
- Guimarães, G. A., & Alves, G. S. B. (2021). Caracterização dos Resíduos de Serviço de Saúde em Unidades Básicas de Saúde de Itacoatiara-AM. *Scientia Amazonia*, 10, CS09-CS20.
- Guimarães, G. A., & Batista, M. M. (2021). Avaliação do potencial de reciclagem dos resíduos sólidos urbanos na região central do município de Itacoatiara/AM. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 10, 260-276. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e32021260-276>
- Guimarães, G. A., Inhumana, Y. G., Silva, S. M. D., Kuwano, R. T., & Batista, M. M. (2022). Avaliação do gerenciamento de resíduos de serviço de saúde no Hospital Regional do município de Itacoatiara (AM). *Scientia Amazonia*, 11, CS44-CS55.
- Guimarães, G. A., Santos, C. A., Mitouso, D. T. S., Rosário, M. R., Garcia, A. D. C., Kuwano, R. T., Alves, R. C., & Oliveira, B. O. S. (2023). Avaliação Das Áreas De Disposição Final Dos Resíduos Sólidos Urbanos De Itacoatiara, Amazonas. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 12, 49-62. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2023v12i2.p49-62>
- Guimarães, G. A., Santos, C. A., Mitouso, D. T. S., Rosário, M. R., Pantoja, K. L. G., Batista, M. M., & Alves, R. C., 2024. Características e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos em Distritos Rurais no Interior do Amazonas. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 17, 1658-1671. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p1658-1671>
- Hazarika, R., & Saikia, A. (2020). Landfill site suitability analysis using AHP for solid waste management in the Guwahati Metropolitan Area, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1148. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06156-2>
- Ibrahim, O., Al-Kindi, G., Qureshi, M. U., & Maghawry, A. S. (2022). Challenges and Construction Applications of Solid Waste Management in Middle East Arab Countries. *Processes*, 10, 2289. <https://doi.org/10.3390/pr10112289>
- Inhumana, Y. G., Guimarães, G. A., Kuwano, R. T., & Batista, M. M. (2021). Segregação dos resíduos de serviço de saúde: Educação Ambiental em um hospital público do município de Itacoatiara (AM). *Revista Brasileira De Educação Ambiental*, 16, 217-232. <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.11595>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). Censo 2022. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/itacoatiara.html>
- Iravanian, A., & Ravari, S. O. (2020). Types of Contamination in Landfills and Effects on The Environment: A Review Study. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 614, 012083. <https://doi.org/10.1088/17551315/614/1/012083>
- Jagun, Z. T., Daud, D., Ajayi, O. M. Samsudin, S., Jubril, A. J., & Rahman, M. S. A. (2023). Waste management practices in developing countries: a socio-economic perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 116644-116655. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21990-5>
- Johansson, N., & Corvellec, H. (2018). Waste policies gone soft: An analysis of European and Swedish waste prevention plans. *Waste Management*, 77, 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.015>
- Kebede, Y. S., Alene, M. M., & Endalemaw, N. T. (2021). Urban landfill investigation for managing the negative impact of solid waste on environment using geospatial technique. A case study of Assosa town, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 4, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100103>
- Khan, S., Anjum, R., Raza, S. T., Bazai, N. A., & Ihtisham, M. (2022). Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere*, 288, 132403. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132403>

- Kieling, A. C., Santana, G. P., Santos, M. C., Silva, C. S. S., Amorim, C. L. S., & Pontes, J. R. (2019). Potencial econômico de plásticos recicláveis na cidade de Manaus (AM). *Scientia Amazonia*, 8, CAm1-CAm15.
- Kolawole, T. O., Iyiola, O., Ibrahim, H., & Isibor, R. A. (2023). Contamination, ecological and health risk assessments of potentially toxic elements in soil around a municipal solid waste disposal facility in Southwestern Nigeria. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 5, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100083>
- Kurniawan, T. A., Liang, X., O'Callaghan, E., Goh, H., Othman, M. H. D., Avtar, R., & Kusworo, T. D. (2022). Transformation of Solid Waste Management in China: Moving towards Sustainability through Digitalization-Based Circular Economy. *Sustainability*, 14, 2374. <https://doi.org/10.3390/su14042374>
- Maalouf, A., & Mavropoulos, A. (2023). Re-assessing global municipal solid waste generation. *Waste Management & Research*, 41, 936-947. <https://doi.org/10.1177/0734242X221074116>
- Meena, M. D., Dotaniya, M. L., Meena, B. L., Rai, P. K., Antil, R. S., Meena, H. S., Meena, L. K., Dotaniya, C. K., Meena, V. S., Ghosh, A., Meena, K. N., Singh, A. K., Meena, V. D., Moharana, P. C., Meena, S. K., Srinivasarao, C., Meena, A. L., Chatterjee, S., Meena, D. K., Prajapat, M., & Meena, R. B. (2023). Municipal solid waste: Opportunities, challenges and management policies in India: A review. *Waste Management Bulletin*, 1, 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.04.001>
- Mor, S., & Ravindra, K. (2023). Municipal solid waste landfills in lower- and middle-income countries: Environmental impacts, challenges and sustainable management practices. *Process Safety and Environmental Protection*, 174, 510-530. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.04.014>
- Morales, B. F., Costa, A. L., Nogueira, R. B., & Arraes, C. L. (2020). Definição de alternativa locacional para implantação de aterro sanitário em Itacoatiara-AM pela integração de critérios restritivos e técnicas de geoprocessamento. *Brazilian Journal of Development*, 6, 99709-99729. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-457>
- Nakasaki, K., Hirai, H., Mimoto, H., Quyen, T. N. M., Koyama, M., & Takeda, K. (2019). Succession of microbial community during vigorous organic matter degradation in the primary fermentation stage of food waste composting. *Science of The Total Environment*, 671, 1237-1244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.341>
- Nanda, S., & Berruti, F. (2021). Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1433-1456. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>
- Narayanamoorthy, S., Anuja, A., Pragathi, S., Sandra, M., Ferrara, M., Ahmadian, A., & Kang, D. (2024). Assessment of inorganic solid waste management techniques using full consistency and extended MABAC method. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 9981-9991. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29195-0>
- Neves, A. C., Maia, C. C., De Castro e Silva, M. E., Vimieiro, G. V., & Mol, M. P. G. (2022). Analysis of healthcare waste management in hospitals of Belo Horizonte, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 90601-90614. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22113-w>
- Oliveira, B. O. S., Medeiros, G. A., & Alves, R. C. (2022). Gestão de resíduos sólidos durante a pandemia do COVID-19 na região da Amazônia Ocidental, Brasil. *Research, Society and Development*, 11, e26811427434. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27434>
- Owojori, O., Edokpayi, J. N., Mulaudzi, R., & Odiyo, J. O. (2020). Characterisation, Recovery and Recycling Potential of Solid Waste in a University of a Developing Economy. *Sustainability*, 12, 5111. <https://doi.org/10.3390/su12125111>
- Panepinto, D., & Zanetti, M. (2021). Technical and Environmental Comparison among Different Municipal Solid Waste Management Scenarios. *Sustainability*, 13, 3167. <https://doi.org/10.3390/su13063167>
- Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: The end-of-life tire management in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 189, 754-762. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.058>
- Patwary, M. A., O'hare, W. T., Street, G., Elahi, K. M., Hossain, S. S., & Sarker, M. H. (2009). Quantitative assessment of medical waste generation in the capital city of Bangladesh. *Waste Management*, 29, 2392-2397. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.021>
- Pozzetti, V. C., & Caldas, J. N. (2019). O descarte de resíduos sólidos no âmbito da sustentabilidade. *Revista de Direito Econômico*

- e Socioambiental 10, 183-205.
<https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v10i1.24021>
- Prismantoko, A., Karuana, F., Nugroho, A., Santoso, P. A., Putra, H. P., Darmawan, A., Muflikhun, M. A., Pranoto, I., Aziz, M., & Haryana, H. (2024). Effects of biodegradable-and non-biodegradable-rich waste separation on ash deposition behaviour during coal and refuse-derived fuel co-combustion. *Waste Management*, 177, 158-168.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.01.044>
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rajaeifar, M. A., Ghanavati, H., Dashti, B. B., Heijungs, R., Aghbashlo, M., & Tabatabaei, M. (2017). Electricity generation and GHG emission reduction potentials through different municipal solid waste management technologies: A comparative review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 414-439.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.109>
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124657.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Rashid, M. I., & Shahzad, K. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128467.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128467>
- Rezende, J. H., Carboni, M., Murgel, M. A. T., Capps, A. L. A. P., Teixeira, H. L., Simões, G. T. C., Russi, R. R., Lourenço, B. L. R., Oliveira, C. A. (2013). Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18, 1-8.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000100001>
- Sajid, M., Raheem, A., Ullah, N., Asim, M., Rehman, M. S. U., & Ali, N. (2022). Gasification of municipal solid waste: Progress, challenges, and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112815.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112815>
- Santana, G. P., & Barroncas, P. S. R. (2007). Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). *Acta Amazonica*, 37, 111-118.
<https://doi.org/10.1590/S004459672007000100013>
- Sharma, K. D., & Jain, S. (2018). Overview of Municipal Solid Waste Generation, Composition, and Management in India. *Journal of Environmental Engineering*, 145, 04018143.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001490](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001490)
- Silva, A. D., & Pinheiro, E. S. (2010). A problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, Amazonas. *Sociedade & Natureza*, 22, 297-312.
<https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000200006>
- Silva, F. G. (1997). Cronografia de Itacoatiara. Manaus, Papyrus Ind. Gráf.
- Silva, I. O., Tagliaferro, E. R., & Oliveira, A. J. (2021). Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Jales – SP e sua relação para com a política nacional de resíduos sólidos (PNRS). *Brazilian Journal of Development*, 7, 11475-11499.
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-782>
- Soltanian, S., Kalogirou, A. S., Ranjbari, M., Amiri, H., Mahian, O., Khoshnevisan, B., Jafary, T., Nizami, A., Gupta, V. K., Aghaei, S., Peng, W., Tabatabaei, M., & Aghbashlo, M. (2022). Exergetic sustainability analysis of municipal solid waste treatment systems: A systematic critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111975.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111975>
- Sousa, E. F., Bezerra, J. M., & Lopes, J. R. A. (2020). Estimativa da produção de biogás e composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Bom Sucesso-PB. *Novos Cadernos NAEA*, 23, 201-219.
<http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v23i2.7317>
- Teixeira, A. M., Estumano, L. D., Modesto, L. S. P., Santiago, J. C. C., & Muribeca, A. J. B. (2021). Assinalando a educação ambiental a partir de uma aula problematizadora sobre o uso e descarte de pilhas e baterias. *Research, Society and Development*, 10, e53510918126.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18126>
- Telles, B. H. G., Barcia, M. K., & Veiga, T. B. (2020). Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: uma análise em municípios de pequeno porte no Paraná. *Revista Científica ANAP Brasil*, 13, 1-15.
- Vilhena, A. (2018). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. Cempre, São Paulo.

- Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Tudor, T., Zurbrugg, C., & Vaccari, M. (2023). Health risks of solid waste management practices in rural Ghana: A semi-quantitative approach toward a solid waste safety plan. *Environmental Research*, 216, 114728. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114728>
- Wang, K., & Nakakubo, T. (2020). Comparative assessment of waste disposal systems and technologies with regard to greenhouse gas emissions: A case study of municipal solid waste treatment options in China. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120827. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120827>
- Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Nhung, T. C., Hemavathy, R. V., Jawahar, M. J., Neshanthini, J. P., & Rangasamy, G. (2022). A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. *Chemosphere*, 309, 136627. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136627>
- Yao, P., Li, B., Zhang, S., Song, L., Tai, J., Zhao, J., Cao, W., Zhang, X., & Qian, G. (2023). Quantifying the effect of socio-economic-geo drivers on the change of municipal waste disposal in China by an integrated TWFE-PRF-SDM methodology. *Journal of Environmental Management*, 343, 118213. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118213>
- Ye, J., Song, Y., Liu, Y., & Zhong, Y. (2022). Assessment of medical waste generation associated environmental impact, and management issues after the outbreak of COVID-19: A case study of the Hubei Province in China. *Plos One*, 17, e0259207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259207>
- Yousefi, M., Oskoei, V., Jafari, A. J., Farzadkia, M., Firooz, M. H., Abdollahinejad, B., & Torkashvand, J. (2021). Municipal solid waste management during COVID-19 pandemic: effects and repercussions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32200-32209. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14214-9>
- Zamparas, M., Kapsalis, V. C., Kyriakopoulos, G. L., Aravossis, K. G., Kanteraki, A. E., Vantarakis, A., & Kalavrouziotis, I. K. (2019). Medical waste management and environmental assessment in the Rio University Hospital, Western Greece. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 13, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100163>
- Zhang, C., Guo, Y., Wang, X., & Chen, S. (2019). Temporal and spatial variation of greenhouse gas emissions from a limited controlled landfill site. *Environment International*, 127, 387-394. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.052>
- Zhang, D., Hao, M., Chen, S., & Morse, S. (2020). Solid Waste Characterization and Recycling Potential for a University Campus in China. *Sustainability*, 12, 3086. <https://doi.org/10.3390/su12083086>