







Article

# Matriz de Indicadores para a Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos em Comunidades Rurais na Amazônia Ocidental

Benone Otávio Souza de Oliveira<sup>1</sup>, Gabriel dos Anjos Guimarães<sup>2</sup>, Romário Martins Pereira<sup>3</sup>, Miqueias Lima Duarte<sup>4</sup>, Renato Francisco da Silva Souza<sup>5</sup>, Rodrigo Couto Alves<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Doutor em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amazonas. ORCID: 0000-0002-5404-0409. E-mail: benone@ufam.edu.br

<sup>2</sup> Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. ORCID: 0000-0002-4491-9727. E-mail: gaguimaraes09@gmail.com

<sup>3</sup> Mestre em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amazonas. ORCID: 0000-0002-4950-5478. E-mail: romampereira@gmail.com

<sup>4</sup> Doutor em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amazonas. ORCID: 0000-0001-8232-4655. E-mail: miqueiaseng@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutor em Ciência do Solo. Universidade Federal do Amazonas. ORCID: 0000-0001-8213-1722. E-mail: renatofssouz@gmail.com

<sup>6</sup> Doutor e Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade. Universidade Federal do Amazonas. ORCID: 0000-0002-7452-9455. E-mail: rcouto@ufam.edu.br

## RESUMO

A excessiva produção de resíduos sólidos na atualidade é um dos grandes desafios para os gestores municipais, principalmente no que tange os problemas ambientais e sanitários em áreas urbanas e rurais. Este cenário se sobressai nas comunidades isoladas ou rurais por apresentar uma região menos povoada, dificuldade de logística e falta de infraestrutura de saneamento, acarretando efeitos negativos nos aspectos sociais, econômicos e sanitários dos comunitários. A pesquisa buscou identificar as formas de disposição final dos resíduos sólidos em cinco comunidades rurais de Humaitá, além de elaborar e aplicar uma matriz de indicadores para a gestão sustentável dos resíduos sólidos produzidos nessas comunidades. O processo metodológico incluiu revisão bibliográfica, visitas in loco, registro fotográfico, avaliação visual para descrever as formas de disposição dos resíduos, caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos gerados nas comunidades, levantamento de dados junto aos órgãos públicos e empresas de manejo de resíduos no município de Humaitá, e aplicação e análise de oito indicadores de sustentabilidade. Os resultados indicaram que a queima de resíduos sólidos inorgânicos em trincheiras a céu aberto é a forma mais comum utilizada pelos comunitários. Foi observada uma diferença significativa entre os locais analisados, com predominância do material orgânico, seguido pelo plástico filme. A matriz de indicadores revelou que os estágios em todas as comunidades foram similares em relação aos indicadores de gestão. As informações geradas por este estudo poderão auxiliar na melhoria da gestão de resíduos sólidos em comunidades rurais da Amazônia Ocidental, servindo como base para a elaboração adequada de um plano integrado de gestão de resíduos sólidos.

**Palavras-chave:** problemas ambientais; indicadores ambientais; gestão sustentável; área rural; região amazônica.

## ABSTRACT

The excessive production of solid waste today is one of the major challenges for municipal managers, especially regarding environmental and sanitary issues in urban and rural areas. This scenario is particularly prominent in isolated or rural communities due to a less populated region, logistical difficulties, and lack of sanitation infrastructure, resulting in negative social, economic, and health impacts on the residents. The research aimed to identify the final disposal methods of solid waste in five rural communities of Humaitá, as well as to develop and apply a matrix of indicators for the sustainable management of solid waste produced in these communities. The methodological process included a literature review, on-site visits, photographic documentation, visual assessment



Submissão: 14/11/2025



Aceite: 27/03/2026



Publicação: 18/06/2026



to describe the waste disposal methods, qualitative and quantitative characterization of solid waste generated in the communities, data collection from public agencies and waste management companies in the municipality of Humaitá, and the application and analysis of eight sustainability indicators. The results indicated that the burning of inorganic solid waste in open-air trenches is the most common method used by the residents. A significant difference was observed among the analyzed locations, with a predominance of organic material, followed by plastic film. The indicator matrix revealed that the stages in all communities were similar concerning management indicators. The information generated by this study may assist in improving solid waste management in rural communities in the Western Amazon, serving as a basis for the adequate development of an integrated solid waste management plan. **Keywords:** environmental problems; environmental indicators; sustainable management; rural area; Amazon region.

## Introdução

Nos últimos anos, a geração de resíduos sólidos tem aumentado de maneira preocupante, impulsionada pelo crescimento populacional e pela urbanização acelerada, que intensificam a demanda por bens e serviços (Silva et al. 2019; Olay-Romero et al. 2020; Moraes et al. 2021; Devendran et al. 2023). Além disso, o consumo crescente de produtos descartáveis, a curta vida útil de muitos produtos e o aumento do poder aquisitivo da população têm agravado essa situação. Esses fatores combinados estão não apenas impactando significativamente o meio ambiente, com poluição do solo, da água e do ar, mas também desafiando a gestão de resíduos, que agora precisa de soluções mais inovadoras e sustentáveis para reduzir os danos ambientais e promover um desenvolvimento mais equilibrado (Guimarães et al. 2023; Guimarães et al. 2024).

Nesse contexto, Souza et al. (2019) destacam que, além do aumento alarmante na geração de resíduos sólidos, a composição desses resíduos está se tornando cada vez mais complexa, envolvendo uma variedade maior de materiais, muitos dos quais são difíceis de reciclar ou tratar. Esse cenário global representa um grande desafio, não apenas pela quantidade crescente de resíduos, mas também pela diversidade de substâncias químicas e produtos industriais que podem causar impactos ambientais adversos. Como resultado, tanto o meio ambiente quanto a qualidade de vida da população estão sendo significativamente afetados, com consequências que incluem a degradação de ecossistemas, além de riscos à saúde pública (Oliveira et al. 2016; Souza et al. 2019; Guimarães et al. 2024).

Diante dos desafios significativos enfrentados pelos municípios brasileiros na gestão de resíduos sólidos, o governo federal promulgou o Decreto nº 10.936 em 2022, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil 2010). Este decreto estabelece princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos essenciais para a implementação de inovações tecnológicas tanto na gestão urbana quanto rural dos resíduos sólidos, visando melhorar a eficiência e sustentabilidade desses processos (Oliveira et al. 2022a; Silva et al. 2023).

No Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) o Brasil produziu no ano de 2020 aproximadamente 66,6 milhões de resíduos sólidos urbanos, além disto, destaca-se que a maioria dos municípios brasileiros apresentam a cobertura dos serviços de coleta dos resíduos sólidos superior a 90% (SNIS 2022). Para tanto, ao lançar um olhar para as comunidades rurais, se evidencia que 18,3 milhões de habitantes não têm acesso à coleta direta de resíduos, o que demonstra a necessidade de inserção de população no planejamento de resíduos nos municípios do Brasil (SNIS 2022).

Nesta concepção, as comunidades rurais apresentam intensas modificações decorrentes da gestão inadequada dos resíduos sólidos, potencializando problemas de caráter social, econômico, ambiental e de saúde pública (Lima & Paulo 2018; Pereira & Fernandino 2019; Jucá et al. 2020; Castro et al. 2020; Guimarães et al. 2023; Guimarães et al. 2024).

Frente ao supracitado, os indicadores de sustentabilidade visam apontar se o sistema está evoluindo ou retrocedendo (Silva et al. 2023). Neste viés, os indicadores aplicados na gestão de resíduos sólidos contribuem para estrutura e formulação de políticas públicas, simplifica a tomada de decisões, promovem a melhoria da compreensão dos sistemas ambientais, e outros (Pereira et al. 2018; Silva & Pessali 2018; Souza et al. 2019).



Para tanto, a escolha de indicadores não é uma tarefa fácil, sendo necessário realizar a integração de diferentes dimensões de sustentabilidade, possibilitando a sua interpretação, análise situacional e de perspectivas futuras (Santiago & Dias 2012; Castro et al. 2015; Cervantes et al. 2018; Barros & Silveira 2019).

Portanto, diante da fragilidade organizacional em que encontram a maioria dos municípios da região Amazônica em relação a gestão de resíduos sólidos em áreas rurais, a pesquisa objetivou descrever a forma de disposição final dos resíduos sólidos em cinco comunidades rurais inseridas na Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Humaitá, e a identificação, elaboração e aplicação de uma matriz de indicadores, visando a gestão sustentável dos resíduos sólidos e a melhoria da qualidade de vida.

## Materiais e Métodos

### Área de estudo

O município de Humaitá apresenta elevada extensão territorial de 33.072 km<sup>2</sup>, possui uma população estimada de 57.473 habitantes, dos quais aproximadamente 31% vivem no meio rural (IBGE 2023). Neste contexto, o estudo foi conduzido em cinco comunidades rurais da Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Humaitá (Flona Humaitá), são elas, Flechal, Ilha do Tambaqui, Mirari, Paraisinho e Paraíso Grande (Figura 1), suas informações estão descritas na Tabela 1.

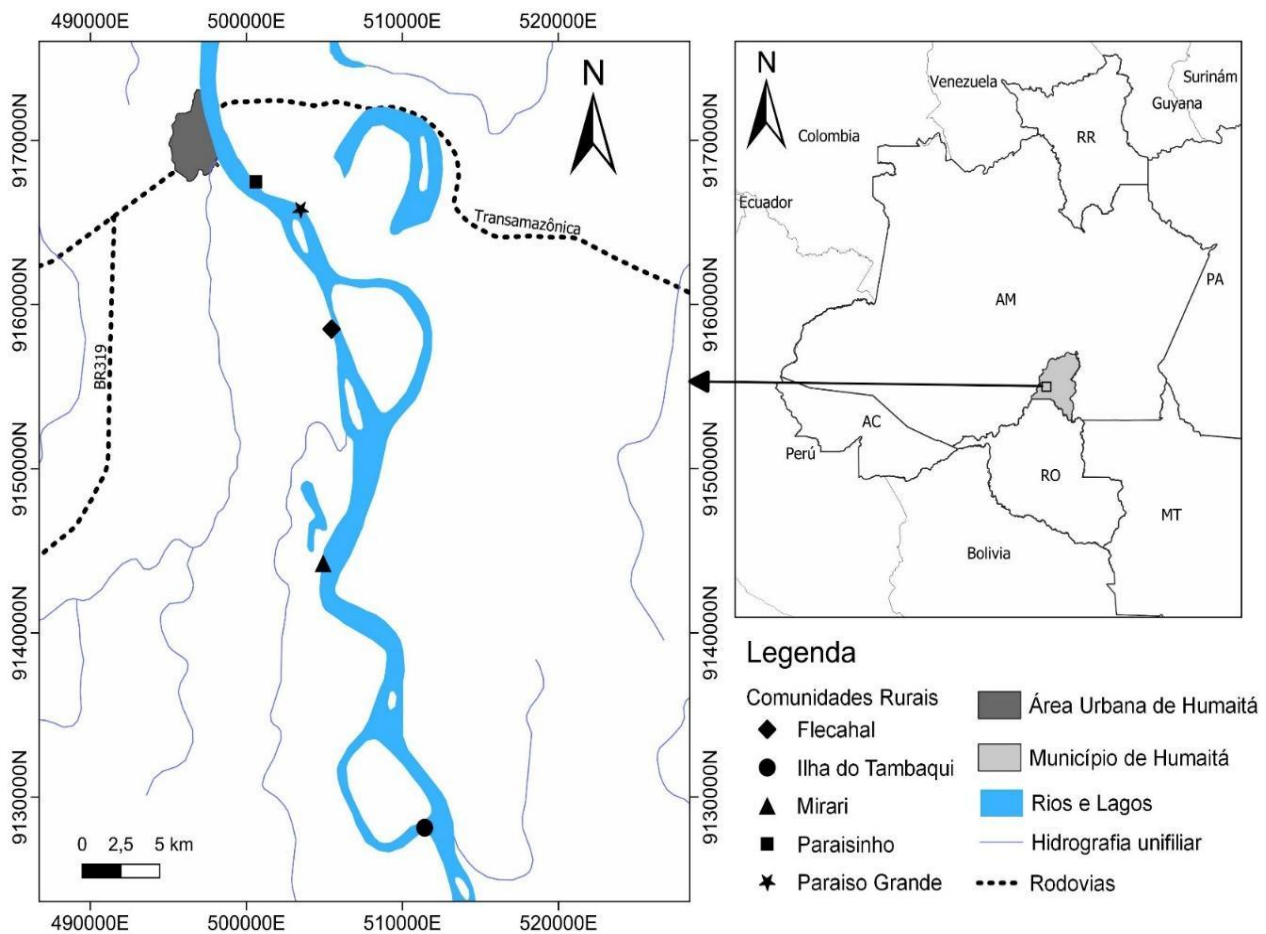


Figura 1. Mapa de Localização das comunidades estudadas que compõem a Zona de Amortecimento da Flona Humaitá. Fonte: Os autores (2026).

As comunidades de Flechal, Mirari e Ilha do Tambaqui ficam localizadas à margem esquerda do Rio Madeira, com uma distância de 13 km, 26 km e 44 km, respectivamente do município de Humaitá. Por outro



lado, as comunidades de Paraíso Grande e Paraíso Grande estão localizadas na margem direita do Rio Madeira, aproximadamente 3,5 km e 7 km de distância, respectivamente do município de Humaitá.

Tabela 1. Localização e dados demográficos das comunidades citadas no trabalho. (\*= Não registrado)

Comunidade	Coordenadas Geográficas	Casas	População
Flechal	7°36'44.95" S, 62°57'2.72" W	13	70
Mirari	7°44'30.13" S, 62°57'19.20" W	24	105
Ilha do Tambaqui	7°53'14.93" S, 62°53'46.81" W	18	55
Paraisinho	7°31'53.35" S, 62°59'40.28" W	NR*	100
Paraíso Grande	7°32'48.53" S, 62°58'6.09" W	NR	150

Fonte: Os autores (2026).

De acordo com os critérios de classificação de Koppen, a região corresponde ao tropical úmido apresentando um período chuvoso prolongado e com pouca duração de período seco (AM), temperatura média anual variando entre 25 a 27°C, pluviosidade média anual de 2.000 mm e umidade relativa do ar atmosférico entre 85 e 90% (Alvares et al. 2013).

Em relação à gestão de resíduos sólidos, o município de Humaitá atende a Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no que tange a elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.

Todavia, as etapas do manejo de resíduos no município se limitam, ao processo de coleta que corresponde toda a área urbana do município, perfazendo 15 km<sup>2</sup>, associado ao transporte e disposição em lixão a céu aberto, distante aproximadamente 10 km da área urbana (Oliveira & Medeiros 2020; Oliveira et al. 2022a).

Atualmente, o processo de coleta na área urbana ocorre de porta a porta, com caminhões compactadores de 5 m<sup>3</sup> e frequência de 6 dias semana<sup>-1</sup> em todos os bairros residenciais, e 7 dias semana<sup>-1</sup> na área central do município (Oliveira & Medeiros 2020). Em contraste, aponta-se que o processo de coleta não atende a zona rural (comunidades, distritos, assentamentos, reservas indígenas) com acesso fluvial (Oliveira et al. 2022a).

Logo, a pesquisa foi desenvolvida em três etapas: Na primeira etapa foi realizada uma abordagem bibliométrica de caráter exploratório e descritivo de todo o arcabouço legal no que concerne à gestão de resíduos sólidos. A segunda etapa consistiu em pesquisa de campo, mediante visitas *in loco* nas comunidades e em órgãos do poder público municipal visando caracterizar os resíduos nas comunidades. Nas demais etapas ocorreram a caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos gerados nas comunidades e a aplicação da matriz de indicadores de sustentabilidade.

### **Caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos**

A determinação quali-quantitativa dos resíduos sólidos foi conduzido em cinco comunidades rurais da Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Humaitá (Flona Humaitá), sendo elas, Flechal, Ilha do Tambaqui, Mirari, Paraisinho e Paraíso Grande, totalizando uma estimativa de 480 habitantes.

Neste cenário, a caracterização dos resíduos sólidos nas comunidades foi realizada conforme procedimentos determinados pela Cempre (2018), a qual recomenda a triagem de todos os resíduos gerados quando se tem uma quantidade de resíduos produzida inferior a 1,5 toneladas. Portanto, a coleta de dados nas comunidades envolveu duas amostragens (período seco e chuvoso) entre os anos de 2022 e 2023 com três repetições, perfazendo um total de 15 amostras.

Em cada amostragem, a coleta dos resíduos ocorreu manualmente porta a porta nas residências dos comunitários, em seguida os resíduos foram direcionados para um local adequado, onde os sacos plásticos



contendo os resíduos foram rompidos para análise e posteriormente pesado o resíduo para determinar sua porcentagem em relação ao total da amostra coletada.

Em seguida, foi calculado o peso específico do material com auxílio de tambor graduado com volume definido de 60 litros ( $0,06 \text{ m}^3$ ) e balança industrial digital com capacidade de 50 kg (DPB-50KGX10G RAMUZA). Ademais, o resultado foi obtido por meio da razão entre a massa da amostra (kg) e o volume total da amostra ( $\text{m}^3$ ).

Para a determinação da geração per capita diária de resíduos nas comunidades foi determinado a partir da relação entre a massa total coletada e o número de habitantes da comunidade (Bernardes & Gunther 2014).

As amostras foram classificadas em categorias predeterminadas, a saber: Matéria orgânica, Pet, Papel/Papelão, Plástico Rígido, Plástico Filme, Metais, Vidro, Longa Vidas, tecido/couro e outros (isopor, borracha, hospitalar, madeira, carvão, pilhas).

### **Análise estatística**

Após a classificação das categorias predominantes, os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva, bem como análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey (nível de significância de 5%). A análise foi realizada como um esquema fatorial  $5 \times 3$ , levando em conta os cinco pontos de coleta e os três períodos em que as coletas foram realizadas. A análise estatística foi realizada com uso do pacote multcomp no software R (R Core Team 2024).

### **Matriz de indicadores**

Para a construção de um modelo de gestão adequada de resíduos sólidos nas comunidades, adaptou-se a matriz de indicadores proposto por Castro et al. (2015), no qual foram consideradas as singularidades do município e as exigências da PNRS. Neste contexto, foram descritos oito indicadores que compreendem as dimensões de sustentabilidade:

- Existência ou não do Plano Municipal de Gestão Integrada de resíduos sólidos, contemplando os resíduos em ambiente rural;
- Informações disponibilizadas à população geral em relação à gestão de resíduos sólidos;
- Existência de canais de participação popular no processo decisório do manejo de resíduos sólidos em ambiente urbano e rural;
- Apoio do poder público na cadeia de manejo de resíduos;
- Coleta de resíduos sólidos em comunidades rurais;
- Disposição de resíduos sólidos em comunidades rurais;
- Aproveitamento de resíduos orgânicos;
- Projetos para prevenção e redução dos impactos ambientais e dos riscos à saúde da população rural em atividades de gestão de resíduos.

Neste contexto, os indicadores abordam diferentes aspectos da gestão de resíduos sólidos, tanto em áreas urbanas quanto rurais. O primeiro indicador avalia a presença de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos especificamente voltado para o ambiente rural. Em seguida, o segundo indicador analisa o acesso da população às informações pertinentes sobre essa gestão. O terceiro indicador refere-se à existência de canais que possibilitem a participação popular no processo decisório do manejo de resíduos, abrangendo tanto áreas urbanas quanto rurais. Além disso, o quarto indicador investiga o suporte oferecido pelo poder público ao longo da cadeia de manejo de resíduos. Os indicadores subsequentes se concentram em aspectos



práticos, como o processo de coleta (quinto indicador) e a disposição dos resíduos (sexto indicador) em comunidades rurais, além do aproveitamento de resíduos orgânicos (sétimo indicador). Por fim, o oitavo indicador avalia projetos específicos voltados para a prevenção e redução de impactos ambientais e riscos à saúde da população rural decorrentes das atividades de gestão de resíduos.

Na literatura científica foi possível verificar ausência de dados fidedignos de comunidades rurais o que impôs a alternância da natureza qualitativa para uma abordagem quantitativa, permitindo realizar a somatória final dos resultados de cada indicador, bem como a comparação com uma situação ideal. Assim, por meio de uma escala *Likert* os indicadores serão mensurados em cinco níveis, descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de Classificação dos indicadores de gestão de resíduos sólidos rurais.

Estágio	Simbologia	Valor classificatório
Estágio Ideal	EI	2
Estágio Favorável	EF	1
Estágio de Atenção	EA	0
Estágio Desfavorável	ED	-1
Estágio Crítico	EC	-2

Fonte: Os autores (2026).

## Resultados e discussão

No contexto do manejo de resíduos sólidos nas comunidades rurais de Flechal, Ilha do Tambaqui, Mirari, Paraíso Grande e Paraíso Grande, localizadas na Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Humaitá (Flona Humaitá), a prática mais comum entre os comunitários é a queima de resíduos sólidos inorgânicos em trincheiras a céu aberto. Além disso, os resíduos orgânicos frequentemente são utilizados como adubo ou alimentam animais nos quintais locais. Esta forma de manejo reflete uma realidade comum em comunidades rurais da Amazônia, onde a falta de infraestrutura, incentivos, conscientização e fiscalização ambiental adequada contribui para a persistência dessas práticas de queimadas na região (Guimarães et al. 2023; Guimarães et al. 2024). Por outro lado, o uso dos resíduos orgânicos como adubo ou alimentação para animais nos quintais locais é de extrema importância (Carneiro et al. 2024), pois promove práticas sustentáveis de gestão de resíduos, melhora a fertilidade do solo, reduz os custos de produção agrícola e pecuária, e fortalece a autonomia das comunidades rurais ao utilizar recursos disponíveis de forma eficiente e econômica (Palansooriya et al. 2023).

Os resultados da disposição de resíduos sólidos nas comunidades inseridas na Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Humaitá corroboram com o cenário nacional, o qual apresentam alta frequência de queima de resíduos sólidos superiores a 60% em áreas rurais sem medidas de proteção (Lima & Paulo 2018; Fidelis-Medeiros et al. 2020; Caiado et al. 2021; Lima et al. 2021). Ademais, a alternativa de disposição dos resíduos sólidos domésticos utilizada pelos comunitários representam um grande risco para a saúde pública e ao meio ambiente (Fidelis-Medeiros et al. 2020; Lima et al. 2021; Bezerra & Wankler 2023; Guimarães et al. 2023; Guimarães et al. 2024).

Na Tabela 3 é possível visualizar os resultados quali-quantitativo dos resíduos sólidos domésticos nas comunidades estudadas. Os resíduos gerados anualmente nas comunidades de Flechal, Mirari, Ilha do Tambaqui, Paraíso Grande e Paraíso Grande atingiram cerca de 4,04, 1,48, 3,91, 7,85 e 3,86 toneladas, respectivamente, com base nos estudos de Oliveira et al. (2022a) a área urbana de Humaitá gerou 14,83 t dia<sup>-1</sup> de RSU (5.412 t ano<sup>-1</sup>), logo, a implantação da coleta regular nas comunidades estudadas representaria um aumento de 0,4% ao ano na quantidade coletada e na disposição dos resíduos no lixão municipal.



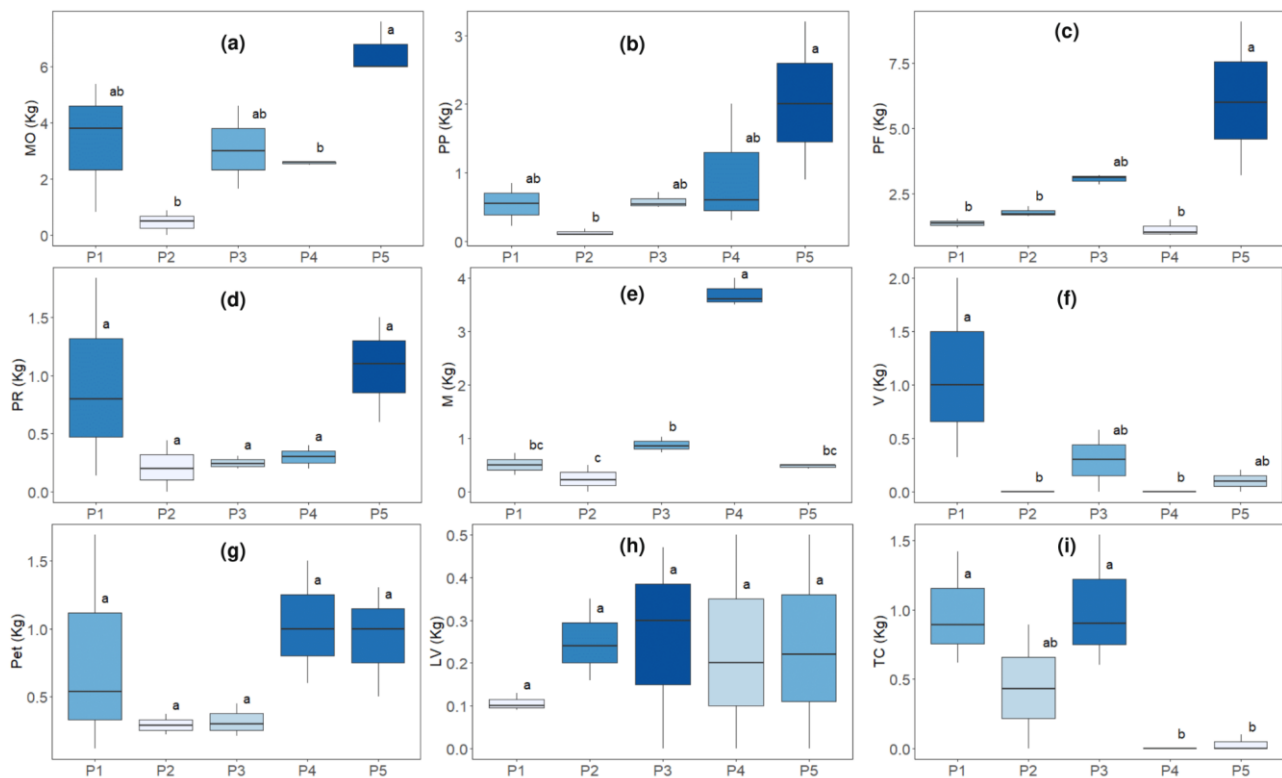
Tabela 3. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos nas comunidades rurais do município de Humaitá, Amazonas

Resíduo	Flechal			Mirari			Ilha do Tambaqui			Paraíso Grande			Paraísinho		
	Média	DP		Média	DP		Média	DP		Média	DP		Média	DP	
	--% Massa --		t ano <sup>-1</sup>	--% Massa --		t ano <sup>-1</sup>	--% Massa --		t ano <sup>-1</sup>	--% Massa --		t ano <sup>-1</sup>	--% Massa --		t ano <sup>-1</sup>
Matéria Orgânica	27,67	6,73	1,22	9,14	8,12	0,17	27,81	9,47	1,13	30,62	2,51	2,38	24,46	2,73	0,94
Papel/Papelão	4,95	0,45	0,2	3,1	0,65	0,05	5,44	0,58	0,21	9,01	3,65	0,74	8,68	7,42	0,35
Plástico Filme	18,04	15,84	0,49	47,65	16,52	0,65	29,02	6,09	1,11	27,32	8,61	2,23	10,81	3,39	0,41
Plástico Rígido	6,96	3,87	0,34	4,23	3,99	0,08	2,4	0,84	0,09	4,82	1,29	0,39	2,84	0,97	0,11
Metal	5,27	1,89	0,19	5,3	6,08	0,09	8,45	2,65	0,32	2,27	0,46	0,17	35,29	4,82	1,35
Vidro	9,27	2,4	0,4	0	0	0	3,06	3,15	0,11	0,54	0,56	0,04	0	0	0
Pet	5,8	3,85	0,29	7,92	3,35	0,11	3,15	1,62	0,12	4,22	1,23	0,34	9,91	4,86	0,38
Longa Vida	1,25	0,79	0,04	6,19	3,4	0,09	2,66	2,56	0,09	1,29	1,41	0,09	2,27	2,6	0,09
Tecido/Couro	10,21	4,12	0,36	8,77	8,12	0,16	9,15	2,94	0,37	0,16	0,28	0,01	0	0	0
Outros	10,58	12,4	0,52	7,7	3,47	0,1	8,87	4,55	0,37	19,76	9,91	1,46	5,73	4,17	0,23
Total	100	-	4,04	100	-	1,48	100	-	3,91	100	-	7,85	100	-	3,86

Fonte: Os autores (2026).



Além disso, os resultados do presente estudo destacam uma diferença significativa nas frações de resíduos sólidos entre os locais analisados (Figura 2). A dinâmica da comunidade é um fator importante na geração de resíduos, principalmente para as frações orgânicas e plásticas. Essa variação na geração de resíduos entre as comunidades pode estar relacionada com o tamanho da população, rendimento familiar, estrutura familiar, criação de animais de estimação e outros fatores (Li et al. 2021). A alta geração de resíduos é uma realidade comum em comunidades rurais (Vinti & Vaccari 2022; Guimarães et al. 2024), especialmente devido à produção extensiva de alimentos e ao uso generalizado de embalagens plásticas (Li et al. 2021). No entanto, essa situação cria uma oportunidade viável para a prática da compostagem, transformando os resíduos gerados em adubos orgânicos úteis para a fertilização do solo (Fidelis-Medeiros et al. 2020). Por outro lado, a menor quantidade das frações analisadas em Mirari sugere que a comunidade pode estar mais consciente sobre a geração desses resíduos, corroborando com o estudo de Nguyen et al. (2020), onde o crescimento da consciência diminui a geração de resíduos.



\*Letras em minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os grupos pelo teste Tukey (5%).

Figura 2. Boxplot para a geração de material orgânico (a), papel/papelão (b), plástico filme (c), plástico rígido (d), metal (e), vidro (f), PET (g), embalagens longa vida (h) e tecido (i) nas comunidades de Flexal (P1), Mirari (P2), Ilha do Tambaqui (P3), Paraisinho (P4) e Paraíso Grande (P5). Fonte: Os autores (2026).

A matriz final de indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos está descrita na Tabela 4. Logo, os resultados mostraram que os estágios em todas as comunidades foram similares em relação aos indicadores de gestão.



Tabela 4. Indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nas comunidades rurais de Paraíso Grande, Paraísoinho, Flechal, Mirari e Ilha do Tambaqui

Indicadores	Paraíso G.	Paraísoinho	Flechal	Mirari	Ilha
Estrutura Organizacional	EA (0)	EA (0)	EA (0)	EA (0)	EA (0)
Plataforma de Acesso à Informação	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)
Participação Popular no processo decisório	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)
Apoio do poder público	EA (0)	EA (0)	EA (0)	EA (0)	EA (0)
Prestação de serviços da coleta regular	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)
Prestação de serviços da disposição de RS	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)
Infraestrutura (instalações e equipamentos)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)	EC (-2)
Projetos de prevenção	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)	ED (-1)

Fonte: Os autores (2026).

O primeiro indicador avalia a existência do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), bem como a presença de estrutura administrativa responsável pelos serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos sólidos domésticos. As cinco comunidades apresentaram classificação EA (0), refletindo a conformidade formal do município de Humaitá com a Lei Federal n.º 12.305/2010 (Brasil 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e estabelece a obrigatoriedade do PMGIRS. Além disso, há oferta de coleta regular na área urbana e em algumas localidades rurais com acesso terrestre.

Entretanto, é fundamental destacar que a homogeneidade dos resultados entre as comunidades não decorre necessariamente de condições equivalentes de desempenho operacional, mas sim da centralização normativa e administrativa da gestão em nível municipal. Como todas as comunidades estão submetidas ao mesmo arcabouço institucional, às mesmas diretrizes orçamentárias e às mesmas limitações estruturais, é esperado que indicadores de natureza institucional apresentem baixa variabilidade espacial. Esse padrão é coerente com a literatura, que aponta que a provisão de serviços públicos e os instrumentos formais de gestão tendem a refletir a capacidade administrativa do ente municipal como um todo, e não especificidades intra-municipais (Fratta et al. 2019).

Todavia, quando se analisa a efetividade territorial da gestão, observa-se uma dissociação entre conformidade normativa e cobertura real dos serviços. As comunidades rurais situadas em áreas de terra de várzea não são efetivamente contempladas pelo sistema municipal de manejo de resíduos sólidos. Tal constatação corrobora os achados de Oliveira et al. (2022a), que evidenciaram que aproximadamente 31% da população de Humaitá reside na zona rural, onde predominam práticas como o enterramento ou a queima de resíduos, revelando um déficit estrutural de atendimento.

O segundo indicador, referente ao acesso da população às informações sobre a gestão de resíduos sólidos, apresentou classificação ED (-1) em todas as comunidades. A ausência de informações sistematizadas, de transparência ativa e de estratégias permanentes de comunicação — tanto em meios físicos quanto digitais — evidencia fragilidade na governança informacional. A indisponibilidade de dados públicos compromete não apenas o controle social, mas também a formação de uma cultura de corresponsabilidade no manejo dos resíduos.

No terceiro indicador, que avalia a participação popular no processo decisório, as comunidades foram classificadas em estado crítico EC (-2), em razão da inexistência de canais formais de participação social no planejamento e monitoramento das ações de manejo de resíduos sólidos, tanto em contexto urbano quanto rural. Esse resultado demonstra a limitação do modelo de gestão adotado, ainda predominantemente verticalizado, com reduzida incorporação de mecanismos de governança participativa.



O quarto indicador, referente ao apoio do poder público, posicionou as comunidades no estágio de atenção EA (0). Embora exista estrutura administrativa formal, não há planejamento específico voltado às peculiaridades logísticas das áreas de acesso fluvial, o que compromete a universalização do serviço. A literatura científica enfatiza que a gestão sustentável de resíduos sólidos depende da articulação entre planejamento técnico, investimentos contínuos, infraestrutura adequada, capacitação de recursos humanos e programas permanentes de educação ambiental (Fratta et al. 2019), elementos que ainda se mostram incipientes no contexto analisado.

Os quinto e sexto indicadores, relativos à prestação de serviços de coleta regular e à disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, enquadraram todas as comunidades em estado crítico EC (-2). A inexistência de coleta, transporte e destinação apropriada resulta na adoção de soluções individuais, sobretudo a queima de resíduos nas propriedades, prática que intensifica riscos ambientais e sanitários e reforça a externalização dos impactos para o meio natural.

O sétimo indicador, associado à infraestrutura e equipamentos, também classificou as comunidades em estado crítico EC (-2). A ausência de instalações apropriadas, equipamentos específicos e logística adaptada ao contexto rural-fluvial evidencia a limitação estrutural do sistema municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, sobretudo no que tange à inclusão territorial das comunidades mais isoladas.

Por fim, o oitavo indicador, referente a projetos de prevenção, foi classificado como ED (-1). Observou-se que as ações promovidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente ocorrem de forma pontual, concentradas em períodos festivos — como carnaval, festas religiosas, exposições agropecuárias e festivais culturais — sem continuidade ou planejamento estratégico de longo prazo. Ademais, constatou-se a inexistência de programas estruturados e permanentes de educação ambiental voltados à população rural. Além disso, Oliveira et al. (2022b) ressaltam que programas contínuos de orientação e sensibilização são essenciais para promover mudanças comportamentais, incentivar a separação na fonte e aumentar a eficiência do sistema de manejo de resíduos sólidos.

De modo geral, os resultados evidenciam que a similaridade dos índices entre as comunidades reflete um padrão estrutural de gestão municipal, caracterizado por conformidade normativa formal, porém com limitações operacionais e baixa capilaridade territorial, especialmente nas áreas rurais de difícil acesso. Tal constatação reforça a necessidade de políticas públicas diferenciadas, territorialmente adaptadas e logisticamente compatíveis com a realidade fluvial, a fim de promover maior equidade na prestação dos serviços. Contudo, o presente estudo apresenta limitações metodológicas que devem ser consideradas na interpretação dos achados. Embora os estágios das comunidades tenham se mostrado semelhantes em relação aos indicadores analisados, a ausência de dados históricos sistematizados impediu a realização de uma análise longitudinal mais robusta, restringindo a compreensão da evolução temporal da gestão municipal. Ademais, a amostragem limitada a cinco comunidades reduz o potencial de generalização dos resultados para outros contextos rurais com características socioeconômicas, culturais e ambientais distintas. Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras ampliem a base amostral, incorporem séries históricas de dados e adotem abordagens participativas que promovam maior envolvimento comunitário na coleta, validação e interpretação das informações. Tais estratégias poderão aumentar a confiabilidade dos resultados, aprofundar análises comparativas intermunicipais e subsidiar a formulação de recomendações práticas mais consistentes e contextualizadas para a gestão local de resíduos sólidos.

## Conclusão

A análise da gestão de resíduos sólidos em áreas rurais da região Amazônica evidencia a necessidade de avanços estruturais e operacionais para minimizar os impactos ambientais e promover melhores condições de



vida às populações locais. Conforme observado, o método mais comumente utilizado pelos comunitários ainda é a queima de resíduos sólidos inorgânicos em trincheiras a céu aberto, prática que pode gerar impactos ambientais e riscos à saúde. As frações de resíduos sólidos apresentaram diferenças significativas entre os locais analisados, com predominância de material orgânico, seguido pelo plástico filme. A matriz de indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos revelou que os estágios das comunidades foram similares em relação aos indicadores de gestão, indicando desafios comuns e oportunidades para ações integradas.

Diante desse cenário, recomenda-se a implementação de programas de compostagem comunitária, considerando a elevada fração orgânica identificada, bem como a estruturação de sistemas de coleta diferenciada para resíduos recicláveis, especialmente plásticos. Além disso, ações contínuas de educação ambiental são fundamentais para sensibilizar a população quanto à redução, reutilização e destinação adequada dos resíduos. A metodologia empregada neste estudo pode ser aplicada em outros municípios, a fim de avaliar a adequação e abrangência dos indicadores em diferentes contextos territoriais. As informações geradas poderão subsidiar a formulação de um plano integrado de gestão de resíduos sólidos, contribuindo efetivamente para a redução de impactos ambientais e para a melhoria da qualidade de vida nas comunidades rurais da Amazônia Ocidental.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento desta pesquisa (processo nº 01.02.016301.03254/2021-56).

### Referências

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JDM, Sparovek G 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728.
- Barros RTV, Silveira AVF 2019. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Eng Sanit Ambient* 24:411–423.
- Bernardes C, Günther WMR 2014. Generation of domestic solid waste in rural areas: case study of remote communities in the Brazilian Amazon. *Hum Ecol* 42:617–623.
- Bezerra GAAO, Wankler FL 2023. Descarte de resíduos sólidos em aldeias indígenas de Roraima: alternativas e soluções para o saneamento rural. *Rev Bras Educ Ambient* 18:87–96.
- Brasil 2010. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Poder Executivo, Brasília.
- Caiado LC, Campos LC, da Fonseca-Zang W, Zang J, Bleischwitz R 2021. Water, waste, energy and food nexus in Brazil: Identifying a resource interlinkage research agenda through a systematic review. *Renew Sustain Energy Rev* 138:110554.
- Carneiro GO, Nascimento JO, Santos LMF, Pragana RB 2024. Avaliação da qualidade do composto orgânico produzido por meio de compostagem doméstica. *Rev GEAMA* 10:20–27.
- Castro LRC, Almeida FFS, Cavalcante AMS, Guimarães IRB, Silva VM, Lisboa FAM, Nascimento TV 2020. Panorama sanitário das populações ribeirinhas da Amazônia Brasileira e as tecnologias sociais aplicáveis. *Res Soc Dev* 9:e5891210898–e5891210898.



- Castro MAO, Silva NM, Marchand GAEL 2015. Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. *Eng Sanit Ambient* 20:415–426.
- Cempre 2018. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 4. ed., São Paulo, 316 p.
- Cervantes DET, Martínez AL, Hernandez C, Cortázar ALG 2018. Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review. *Waste Manag* 80:51–63.
- Devendran AA, Mainali B, Khatiwada D, Golzar F, Mahapatra K, Toigo CH 2023. Optimization of municipal waste streams in achieving urban circularity in the city of Curitiba, Brazil. *Sustainability* 15:3252.
- Fidelis-Medeiros FH, Lunardi VO, Lunardi DG 2020. Proposta de gestão adequada de resíduos sólidos domiciliares em comunidades rurais utilizando análise espacial. *Rev Bras Geogr Fís* 13:527–543.
- Fratta KDSA, Toneli JTCL, Antonio GC 2019. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators. *Waste Manag* 85:11–17.
- Guimarães GA, Santos CA, Mitouso DTS, Rosário MR, Garcia ADC, Kuwano RT, Alves RC, Oliveira BOS 2023. Avaliação das áreas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Itacoatiara, Amazonas. *Fronteiras J Soc Technol Environ Sci* 12:49–62.
- Guimarães GA, Santos CA, Mitouso DTS, Rosário MR, Pantoja KLG, Batista MM, Alves RC 2024. Características e manejo dos resíduos sólidos urbanos em distritos rurais no interior do Amazonas. *Rev Bras Geogr Fís* 17:1658–1671.
- IBGE 2023. Panorama do município de Humaitá. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília.
- Jucá JFT, Barbosa KRM, Sobral MC 2020. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. *Waste Manag Res* 38:1450–1454.
- Li Y, Wang L, Liu G, Cheng S 2021. Rural household food waste characteristics and driving factors in China. *Resour Conserv Recycl* 164:105209.
- Lima PM, Morais MF, Constantino MA, Paulo PL, Magalhães Filho FJC 2021. Environmental assessment of waste handling in rural Brazil: Improvements towards circular economy. *Cleaner Environ Syst* 2:100013.
- Lima PM, Paulo PL 2018. Solid-waste management in the rural area of Brazil: A case study in Quilombola communities. *J Mater Cycles Waste Manag* 20:1583–1593.
- Morais L, Nascimento V, Simões S, Ometto J 2021. Regional distance routes estimation for municipal solid waste disposal: Case study São Paulo State, Brazil. *Energies* 14:3964.
- Nguyen KLP, Chuang YH, Chen HW, Chang CC 2020. Impacts of socioeconomic changes on municipal solid waste characteristics in Taiwan. *Resour Conserv Recycl* 161:104931.



- Olay-Romero E, Turcott-Cervantes DE, Hernández-Berriel MC, Cortázar ALG, Cuartas-Hernández M, Rosa-Gómez I 2020. Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. *Waste Manag* 107:201–210.
- Oliveira BOS, Medeiros GA 2020. Municipal solid waste management in the Amazon: Environmental, social, and economic problems, gaps, and challenges. *WIT Trans Ecol Environ* 245:9–20.
- Oliveira BOS, Medeiros GA, Mancini SD, Paes MX, Gianelli BF 2022a. Eco-efficiency transition applied to municipal solid waste management in the Amazon. *J Clean Prod* 373:133807.
- Oliveira BOS, Tucci CAF, Neves Júnior AF, Santos AA 2016. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. *Eng Sanit Ambient* 21:593–601.
- Oliveira MCVD, Klafke R, Chaerki SF 2022b. O desafio da gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Econ Soc Territ* 22:177–206.
- Palansooriya KN, Dissanayake PD, Igalavithana AD, Tang R, Cai Y, Chang SX 2023. Converting food waste into soil amendments for improving soil sustainability and crop productivity: A review. *Sci Total Environ* 881:163311.
- Pereira SS, Curi RC, Curi WF 2018. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: Uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Eng Sanit Ambient* 23:471–483.
- Pereira TS, Fernandino G 2019. Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. *Ocean Coast Manag* 179:104839.
- R Core Team 2024. *The R Project for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Raihan A 2023. The dynamic nexus between economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agricultural productivity, forest area, and carbon dioxide emissions in the Philippines. *Energy Nexus* 9:100180.
- Santiago LS, Dias SMF 2012. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Eng Sanit Ambient* 17:203–212.
- Silva GJA, Pessali HF 2018. Proposta de indicadores de cooperação na gestão compartilhada de resíduos sólidos. *Rev Cienc Adm* 20:63–83.
- Silva L, Prietto PDM, Korf EP 2019. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. *J Clean Prod* 237:117802.
- Silva RMG, Nóbrega CC, Sá ACND, Silva DLV, Firmino LDQ 2023. Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Eng Sanit Ambient* 28:e20220220.
- SNIS 2022. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos 2020. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Brasília.



Souza CCF, Melo BR, Santos MAS, Rebello FK, Martins CM, Beltrão NES 2019. Diagnóstico da sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos no município de Marituba, Região Metropolitana de Belém, estado do Pará. *Rev Metrop Sustentab* 9:115–136.

Vinti G, Vaccari M 2022. Solid waste management in rural communities of developing countries: An overview of challenges and opportunities. *Clean Technol* 4:1138–1151