

# Aplicação do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos (IQDR) em oito aterros sanitários da Paraíba



## Application of the Waste Destination Quality Index (IQDR) in eight sanitary landfills in Paraíba - Brazil




- **Data de entrada:** 06/01/2023
- **Data de aprovação:** 14/01/2023

Maria Aliny Souza Silva<sup>1\*</sup> | Elba Magda de Souza Vieira<sup>1</sup> | Rafaella de Moura Medeiros<sup>2</sup> | Aline Carolina da Silva<sup>3</sup> | Maria Josicleide Felipe Guedes<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.002>

### ORCID ID

Silva MAS  <https://orcid.org/0000-0002-1656-8165>  
Vieira EMS  <https://orcid.org/0000-0003-4907-0176>

Medeiros RM  <https://orcid.org/0000-0002-5712-785X>  
Silva AC  <https://orcid.org/0000-0002-7606-9819>  
Guedes MJF  <https://orcid.org/0000-0002-1028-1040>

### Resumo

A destinação inadequada de resíduos sólidos causa a degradação ambiental e comprometimento dos recursos naturais. Os aterros sanitários são instalações adequadas para destinação final dos rejeitos, porém devem ser avaliados continuamente quanto ao seu desempenho ambiental. O presente estudo tem como objetivo avaliar oito aterros sanitários que atendem, em conjunto, a quase 70% dos municípios paraibanos, a partir da metodologia do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos (IQDR). O índice avalia os aterros quanto a 3 aspectos: características locais, infraestrutura implantada e condições operacionais. Os resultados mostraram que, dos 8 aterros avaliados, apenas 13% são classificados como adequados, 25% como regulares e 63% como inadequados. Os aterros sanitários precisam de melhorias para estar de acordo com as recomendações da legislação e ser uma destinação final de resíduos sólidos urbanos ambientalmente segura.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos sólidos. Avaliação de aterros sanitários. Indicadores. IQDR.

### Abstract

Inadequate waste disposal causes environmental degradation and compromise of natural resources. Sanitary landfills are adequate facilities for the final disposal of waste, but they must be continually evaluated for their environmental performance. The present study aims to evaluate eight sanitary landfills, which together serve almost 70% of the municipalities in Paraíba, based on the methodology of the Waste Destination Quality Index (IQDR). The index evaluates landfills in terms of 3 aspects: locational characteristics, implemented infrastructure and operating conditions. The results showed that of the 8 evaluated landfills, only 13% are classified as adequate, 25% as regular and 63% as inadequate. Sanitary landfills need improvements to be in accordance with the recommendations of the legislation and to be an environmentally safe disposal of waste.

**Keywords:** Solid waste management. Evaluation of sanitary landfills. Indicators. IQDR.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Campina Grande - Paraíba - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Recife - Pernambuco - Brasil.

<sup>3</sup> Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos (Uniceplac) - Brasília - Distrito Federal - Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa) - Mossoró - Rio Grande do Norte - Brasil.

\*Autora correspondente: maria.aliny18@gmail.com.

## 1 INTRODUÇÃO

Gerir resíduos sólidos é um dos desafios da atualidade, e requer que o gestor público equacione aspectos de gestão, de estrutura e de possíveis fragilidades institucionais (MDR, 2021). Os municípios são os responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos, os quais enfrentam muitas dificuldades, devido aos recursos financeiros reduzidos, falta de organização e complexidade da tarefa (ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018; BURNLEY, 2007).

O gerenciamento dos resíduos sólidos abrange vários aspectos, desde seu acondicionamento, coleta, transporte, tratamento até sua destinação final, e a execução inadequada desses processos ocasiona inúmeros impactos ambientais negativos (SANTOS et al., 2022; GOUVEIA, 2012). Especificamente em relação à destinação final, quando inadequada, causa a degradação ambiental da paisagem urbana, dispersão de vetores causadores de doenças, além da contaminação e comprometimento dos recursos naturais (SIDDIQUA et al., 2022; NANDA; BERRUTI, 2021).

Cabe lembrar que, de acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010, o aterro sanitário é a estrutura adequada para destinação final de rejeitos (BRASIL, 2010). Segundo informações do Diagnóstico temático do manejo de resíduos sólidos urbanos de 2020, o Brasil conta com 652 aterros sanitários que, juntos, receberam no período avaliado 48,19 milhões de toneladas (73,8% - relativo à massa total recebida nas unidades de destinação final brasileiras) dos RSU. O país conta ainda com 617 aterros controlados, que receberam 7,57 toneladas desses resíduos (11,6%); e 1.545 lixões, que acolheram 9,53 milhões de toneladas de RSU (14,6%) (MDR, 2021). No âmbito da Paraíba, de acordo com informações do TCE (2021), existem atualmente 17 aterros sanitários no estado, os quais atendem a 171 municípios, porém 51 municípios ainda dispõem seus resíduos em lixão.

O cenário apresentado ocorre, dentre outros motivos, por ausência do acompanhamento, monitoramento e controle das condições operacionais dos aterros sanitários, que se configuram como pontos cruciais para a eficiência das políticas públicas vigentes, contribuindo ainda para a minimização dos impactos ambientais provocados por essas unidades (CATAPRETA; SIMÕES, 2016).

Para tanto, o uso de indicadores, que são ferramentas utilizadas para acompanhar determinados processos no alcance de uma meta ou de um padrão mínimo de desempenho, permite que informações de caráter técnico e científico sejam analisadas de maneira mais simples. Os resultados obtidos a partir da aplicação de indicadores subsidiam informações importantes para o planejamento e o gerenciamento dos processos estratégicos, táticos e operacionais municipais, podendo assim contribuir para o exercício de tomada de decisão em diferentes contextos no âmbito da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Contribuem também para o desenvolvimento de tarefas de medição e análise, sendo úteis para comunicar ideias, pensamentos e valores (VEDUNG, 2017; RÖSCH et al., 2017; BOTELHO et al., 2015).

Nesse contexto, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desenvolveu um Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), formado por um conjunto de indicadores, o qual permite avaliar as características locais, estruturais e operacionais dos locais de disposição de resíduos. Esse índice avalia e classifica, anualmente, desde 1997, os aterros de RSU no estado de São Paulo (CETESB, 2021). Índices para a avaliação de unidades de transbordo e compostagem também foram desenvolvidos em 2011.

Já no estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), vinculado à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), publicou a norma

operacional NOP-INEA-31, que define o Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos (IQDR), composto por 52 indicadores, a fim de medir a qualidade de aterros sanitários (INEA, 2015).

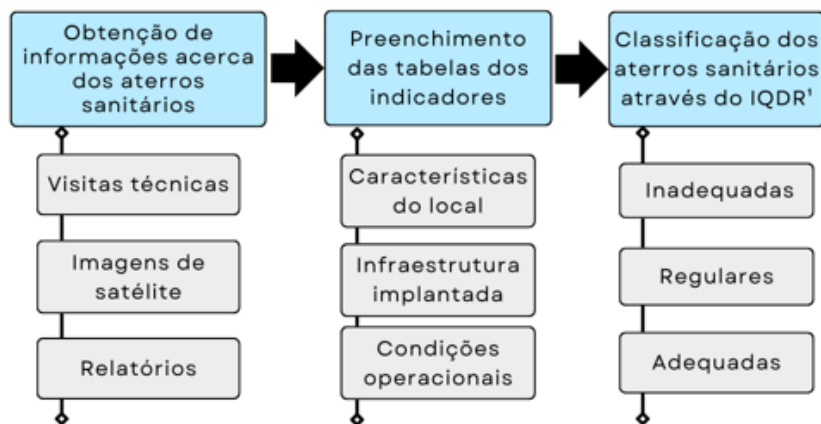
Assim, de acordo com Cunha, Ritter e Ferreira (2020), comparando-se os indicadores propostos em ambas as metodologias, é possível inferir que o INEA utilizou a base do IQR para a constituição do IQDR, acrescentando indicadores e modificando os valores de significância dos pesos propostos pela equipe técnica da CETESB. Ambos os índices foram desenvolvidos com o mesmo propósito, fornecendo subsídios técnicos para o desenvolvimento de ações de monitoramento e controle ambiental e de políticas públicas.

Pelo exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar oito aterros sanitários, que atendem,

em conjunto, a quase 70% dos municípios paraibanos, a partir da metodologia do IQDR. Os aterros escolhidos atendem aos municípios participantes do Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 003/2019, uma parceria entre a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e a gestão municipal de 49 municípios de pequeno porte do estado da Paraíba, para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. O referido TED visa promover o fortalecimento da gestão, o desenvolvimento institucional e o planejamento das ações de saneamento desses municípios.

## 2 METODOLOGIA

A Fig. 1 apresenta as etapas metodológicas que compõem a pesquisa.



**Figura 1** - Fluxograma metodológico  
<sup>1</sup>Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos.

As informações necessárias para realizar a avaliação dos aterros sanitários foram obtidas por meio de visitas técnicas, onde foi possível observar a infraestrutura e os processos operacionais de funcionamento dos aterros, junto aos responsáveis técnicos. As visitas aos aterros sanitários foram realizadas em junho de 2021,

quando da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos municípios participantes do TED FUNASA/UFCG nº 003/2019.

Também foram coletadas informações por meio de imagens de satélite (Google Earth e projeto TOPODATA) e do relatório de auditoria opera-

cional em saneamento básico - resíduos sólidos (TCE-PB, 2021).

Foi então elaborado um quadro resumo com informações acerca da localização, dos municípios atendidos e da quantidade de resíduos tratados. Em seguida foram preenchidas as fichas que compõem o IQDR:

- Ficha 1: Identificação de características do local de implantação do aterro (11 indicadores e 56 pontos no total);
- Ficha 2: Avaliação da infraestrutura implantada (21 indicadores e 64 pontos no total);
- Ficha 3: Verificação das condições operacionais (20 indicadores e 80 pontos no total).

Após serem atribuídos os valores (notas) para cada indicador, de acordo com as Fichas 1 a 3, eles são somados. O valor obtido é dividido pela pontuação máxima possível e, assim, obtém-se o valor do IQDR. Em função do valor alcançado, é feita a classificação do aterro sanitário nas seguintes faixas (Tabela 1):

**Tabela 1** - Classificação dos resultados para a avaliação do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos (IQDR)

Pontuação	Condição
Entre 0,0 e 6,0	Inadequadas
Entre 6,1 e 8,0	Regulares
Entre 8,1 e 10,0	Adequadas

Fonte: INEA (2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No âmbito da Paraíba, de acordo com informações do TCE (2021), existem, atualmente, 17 aterros sanitários no estado: 9 deles contam com gestão pública e são de pequeno porte, e só atendem ao município sede (com exceção do aterro de São Mamede/PB, que atende também ao município vizinho Várzea/PB). Porém, alguns podem ser caracterizados como lixões em decorrência das condições precárias operacionais existentes,

a exemplo dos municípios de Manaíra/PB e Picuí/PB. Inclusive, o município de Picuí/PB já desativou a área, e passou a destinar seus resíduos ao aterro de Campina Grande/PB (PMSB-PB, 2021).

Os 9 aterros restantes são de gestão privada, de médio e pequeno porte. Desses, o aterro localizado em Coremas/PB só atende ao próprio município sede, enquanto os demais atendem a um total de 161 municípios paraibanos. O município de Jacaraú/PB é atendido pelo aterro sanitário de Monte Alegre/RN. O restante dos municípios paraibanos (51) ainda dispõe seus resíduos em lixões locais (TCE, 2021).

Os aterros avaliados (8) são os sediados nos municípios de Belém do Brejo Cruz/PB, Campina Grande /PB, Conceição/PB, Itaporanga/PB, Guarabira/PB, João Pessoa/PB, Piancó/PB e Sousa/PB. Na Tabela 2 estão identificadas informações acerca da empresa responsável, localização, início da operação, quantidade de municípios e de resíduos tratados diariamente.

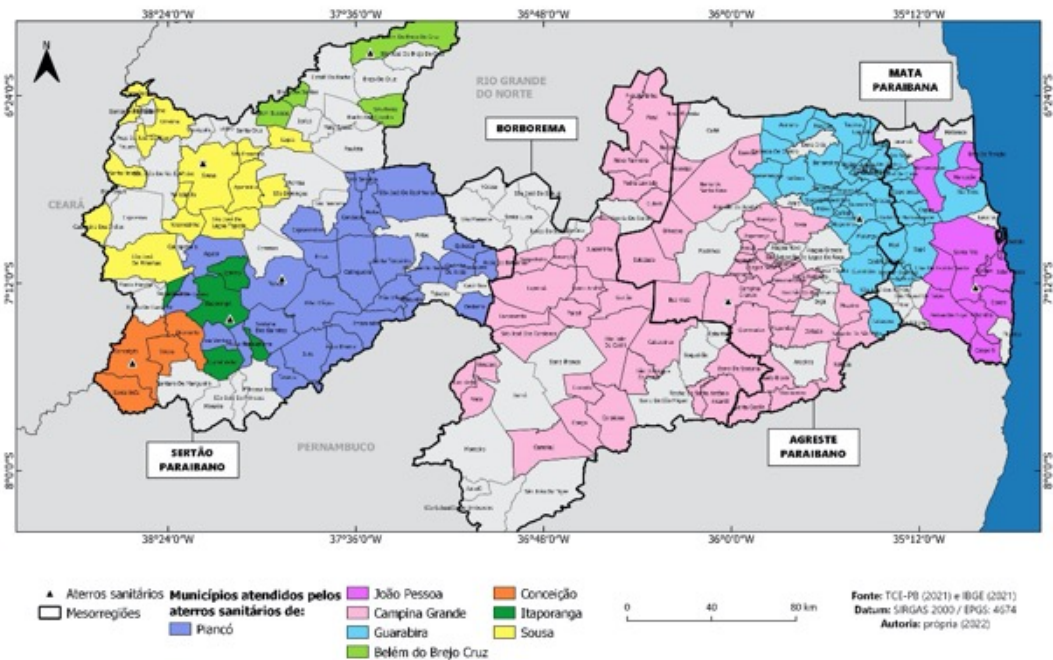
De acordo com as informações descritas na Tabela 2, observa-se que a Ecosolo - Gestão Ambiental de Resíduos SA é responsável pela operação de 3 aterros (Campina Grande/PB, Conceição/PB e Guarabira/PB), enquanto os demais têm diferentes responsáveis. O aterro de Campina Grande/PB é o que atende a maior quantidade de municípios (58), mas apesar disso tem a segunda maior quantidade de resíduos tratados diariamente (700 t.dia<sup>-1</sup>). O aterro de João Pessoa/PB só atende a 12 municípios, mas tem a maior quantidade tratada de resíduos, que é de 2.000 t.dia<sup>-1</sup>, o que se deve ao fato de a capital do estado contar com uma população estimada de 825.796 (IBGE, 2021) e, consequentemente, uma maior geração de resíduos, sendo assim bastante representativo.

Os municípios atendidos por cada aterro podem ser visualizados no mapa da Fig. 2.

**Tabela 2** - Informações gerais sobre os aterros sanitários avaliados

Aterro sanitário	Empresa responsável	Localização	Início da operação	Municípios atendidos*	Resíduos tratados e quantidade diária
Belém do Brejo Cruz/PB	CRIL Empreendimento Ambiental LTDA	6°12'59.15"S 37°32'15.18"O	2008	4	Resíduos sólidos urbanos e Resíduos Industriais. Não informada.
Campina Grande/PB	Ecosolo – Gestão Ambiental de Resíduos AS	7°16'37.26"S 36° 0'46.76"O	2015	58	Resíduos Classe II A. 700 t.d <sup>-1</sup>
Conceição/PB	Ecosolo – Gestão Ambiental de Resíduos AS	7°32'23.85"S 38°33'3.60"O	2008	4	Resíduos Classe II A. 10 a 15 t.dia <sup>-1</sup>
Itaporanga/PB	Itaresidue Unidade de Tratamento de Resíduos LTDA-ME	7°21'10.01"S 38° 8'7.15"O	2019	5	Resíduos Classe II A. 18 a 20 t.dia <sup>-1</sup>
Guarabira/PB	Ecosolo Guarabira – Gestão Ambiental de Resíduos AS	6°55'24.00"S 35°27'12.00"O	2020	37	Resíduos Classe II A. 300 a 350 t.d <sup>-1</sup>
João Pessoa/PB	Foxx Ure Ambiental S.A.	7°13'4.47"S 34°57'31.04"O	2003	12	Resíduos Classe II A. 2.000 t.d <sup>-1</sup>
Piancó/PB	EMLURPE - Empresa de Limpeza Urbana LTDA	7°10'52.14"S 37°54'50.35"O	2010	26	Resíduos Classe II. Não informada.
Sousa/PB	Unidade Sousa de Tratamento de Resíduos LTDA-ME	6°41'16.00"S 38°15'2.00"O	2013	15	Resíduos Classe II A 70 t.dia <sup>-1</sup>

\*Considerados somente os municípios paraibanos.



**Figura 2** - Municípios atendidos pelos aterros sanitários

A partir do mapa da Fig. 2, observa-se que na região da Mata Paraibana 40% dos municípios são atendidos pelo aterro de João Pessoa/PB, e 33% pelo de Guarabira/PB. Na região do Agreste Pa-

raibano, onde estão sediados os aterros de Guarabira/PB e Campina Grande/PB, observa-se que atendem a 41% e 44% dos municípios, respectivamente. Já na região da Borborema não há sede

de nenhum aterro, e 64% dos municípios enviam os resíduos ao aterro de Campina Grande/PB. Por fim, a região do Sertão Paraibano é a que conta com mais aterros sanitários (5), onde o aterro de Piancó/PB atende a 31% dos municípios, Sousa/

PB a 18%, Belém do Brejo Cruz/PB e Conceição/PB atendem a 5% cada, e Itaporanga/PB a 6%.

Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão apresentadas a avaliação dos aterros sanitários.

**Tabela 3 - Pontuações relativas às características locais**

Características locais	Aterros sanitários do estado da Paraíba							
	Belém do Brejo Cruz	Campina Grande	Conceição	Itaporanga	Guarabira	João Pessoa	Piancó	Sousa
Proximidade de núcleos habitacionais	5	5	5	0	5	5	5	0
Zoneamento municipal	5	5	5	5	5	5	5	5
Permeabilidade do solo de fundação (<1 x 10 <sup>-6</sup> cm.s)	5	5	5	5	5	5	5	5
Topografia do terreno (entre 1 e 30%)	5	5	5	5	5	5	5	5
Sistema viário e acessos	5	5	5	5	5	5	5	5
Proximidade de corpos d'água	5	5	5	0	5	5	5	5
Profundidade do lençol freático	6	6	6	6	6	6	6	6
Disponibilidade de material de recobrimento	5	5	5	3	5	5	5	5
Vida útil estimada	5	5	0	5	5	5	0	5
Isolamento visual da vizinhança	5	5	5	5	5	5	5	5
Area sujeita a inundação	5	5	5	5	5	5	5	5
Subtotal	56	56	51	44	56	56	51	51
Subtotal (%)	100%	100%	91%	79%	100%	100%	91%	91%

**Tabela 4 - Pontuações relativas à infraestrutura implantada**

Características locais	Aterros sanitários do estado da Paraíba							
	Belém do Brejo Cruz	Campina Grande	Conceição	Itaporanga	Guarabira	João Pessoa	Piancó	Sousa
Cercamento em todo o perímetro do terreno	2	2	2	2	2	2	2	2
Balança rodoviária	2	2	0	0	2	2	0	2
Acesso à frente de trabalho	2	2	2	2	2	2	2	2
Portão com controle de acesso (portaria/guarita)	5	5	0	0	5	5	5	5
Sinalização interna do empreendimento	0	1	0	0	0	1	1	0
Cinturão verde	0	3	0	0	3	3	0	0
Faixa de proteção sanitária non-aedificant (largura > 10 m)	2	2	2	2	2	2	2	2
Sistema de comunicações interna e externa para uso em ações emergenciais	1	0	0	1	0	1	0	0
Possui iluminação e energia para ações emergenciais	2	2	0	2	2	2	2	0
Sistema artificial de impermeabilização da base	4	4	4	4	4	4	4	4
Sistema de detecção de vazamento sob o sistema artificial de impermeabilização da base	0	4	0	0	4	4	0	0
Sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados	0	3	3	3	3	3	3	3
Sistema de drenagem pluvial definitiva	0	3	0	0	3	3	0	0
Sistema de drenagem pluvial provisória	0	3	0	0	3	3	0	0
Sistema de drenagem e queima de gases	0	3	3	3	3	3	3	3
Aproveitamento de gases (MDL)	0	0	0	0	0	4	0	0

continua...

**Tabela 4 - Continuação...**

Características locais	Aterros sanitários do estado da Paraíba							
	Belém do Brejo Cruz	Campina Grande	Conceição	Itaporanga	Guarabira	João Pessoa	Piancó	Sousa
Monitoramento de águas subterrâneas	0	4	4	4	4	4	4	0
Sistema de tratamento de chorume	0	0	0	0	0	7	0	0
Monitoramento trimestral dos efluentes tratados (chorume)	0	0	0	0	0	4	0	0
Nível de tratamento de chorume	0	0	0	0	0	4	0	0
Implantação de acordo com o projeto licenciado	1	1	1	1	1	1	1	1
Subtotal	21	44	21	24	43	64	29	24
Subtotal (%)	33%	69%	33%	38%	67%	100%	45%	38%

**Tabela 5 - Pontuações relativas às condições operacionais**

Características locais	Aterros sanitários do estado da Paraíba							
	Belém do Brejo Cruz	Campina Grande	Conceição	Itaporanga	Guarabira	João Pessoa	Piancó	Sousa
Aspecto geral	0	7	7	0	7	7	0	0
Existência de plano de atendimento a emergências	3	0	0	3	0	3	0	0
Existência de plano de inspeção e manutenção	3	0	0	3	0	3	0	0
Compactação de taludes e bermas	4	4	4	4	4	4	4	4
Medição de recalque durante as etapas de operação	0	3	0	0	3	3	0	0
Ocorrência de queima espontânea	3	3	3	3	3	3	3	3
Recobrimento dos resíduos	7	7	7	7	7	7	7	7
Presença de vetores aéreos (urubus, garças ou outras aves)	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de moscas (em grandes quantidades)	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de catadores de materiais recicláveis na frente de operações	4	4	4	4	4	0	0	0
Presença de animais (cachorros, porcos, bois e cavalos)	0	4	0	0	4	4	4	0
Funcionamento do sistema de drenagem pluvial definitivo	0	3	0	0	3	3	0	0
Funcionamento do sistema de drenagem pluvial provisório	0	3	0	0	3	3	0	0
Funcionamento do sistema de drenagem de chorume	0	2	2	2	2	4	2	2
Funcionamento do sistema de tratamento de chorume (CONAMA nº 430/12)	0	0	0	0	0	7	0	0
Ponto de lançamento do chorume	2	2	2	2	2	2	2	2
Manutenção dos acessos internos	2	2	2	2	2	2	2	2
Disponibilidade de equipamentos e veículos necessários para operação diária (trator, retroescavadeira e caminhão)	6	6	6	2	6	6	6	6
Eficiência do sistema de drenagem e queima de gases	0	4	4	4	4	4	4	4
Recebimento de resíduos não autorizados	3	3	3	3	3	3	3	3
Subtotal	37	57	44	39	57	68	37	33
Subtotal (%)	46%	71%	55%	49%	71%	85%	46%	41%

Observando os indicadores relacionados às características locacionais, verifica-se que todos atingiram de 91 a 100% da pontuação máxima, com exceção do aterro de Itaporanga/PB, que atingiu 79%. Esse valor foi devido às pontuações baixas quanto à proximidade de núcleos habitacionais e corpos d'água, visto que se encontram em desacordo com o indicado na NBR 15.849/2010 (ABNT, 2010).

Para os indicadores relativos à infraestrutura implantada, somente o aterro sanitário de João Pessoa/PB atingiu uma pontuação máxima, de 100%, enquanto os outros aterros tiveram notas variando entre 33 e 69%. Essa diferença é, em grande parte, em razão de que o aterro de João Pessoa/PB é o único com sistema de tratamento de chorume. Dessa forma pontuou nos 3 indicadores relacionados: existência de sistema de tratamento, monitoramento e nível de tratamento do chorume. Os outros aterros não constam com sistema de tratamento, logo tiveram notas nulas para os 3 indicadores. Também é o único aterro que conta com aproveitamento de gases.

Os aterros de Belém do Brejo Cruz/PB, Conceição/PB, Itaporanga/PB, Piancó/PB e Sousa/PB não pontuaram nos indicadores de sistema de drenagem pluvial definitiva e provisória, nem no de cinturão verde. Porém é importante salientar que esses municípios pertencem à região do Sertão Paraibano, área que é caracterizada por um clima semiárido, e o período chuvoso ocorre irregularmente nos 4 primeiros meses do ano, e o restante do ano é caracterizado por altos níveis de evaporação (ARIAS; CABALLERO, 2015). Ainda assim, é importante que essas estruturas sejam construídas nos aterros, já que as chuvas locais são de alta intensidade e curta duração, o que gera picos expressivos de vazão, e podem ser utilizadas espécies nativas que precisam de pouca água, intrínseca às características da região.

Foi constatado também que os aterros de Conceição/PB, Itaporanga/PB e Piancó/PB não realizam pesagem dos resíduos. Tal situação traz dificuldades para o estabelecimento de um sistema de controle e cobrança para os usuários. Eles utilizam uma estimativa para realizar a cobrança, mediante a capacidade volumétrica dos caminhões compactadores e caçambas que adentram mensalmente. Um indicador frágil, visto que a densidade dos resíduos pode variar a depender do tipo, composição, umidade, granulometria e estrutura dos resíduos. A pesagem de resíduos é fundamental para uma gestão eficiente por parte dos responsáveis. Com base nessas informações é possível dimensionar os equipamentos de coleta, tratamento e transporte, bem como elaborar ações para redução da geração por meio da reciclagem.

Outros pontos em que foram observadas algumas notas baixas foram os de controle de acesso, sinalização interna, sistema de comunicações interna e externa e monitoramento geotécnico. De acordo com Borges et al. (2016), no Brasil não existe uma legislação específica que indique o que deve, de fato, ser monitorado em um aterro sanitário. Porém pode-se encontrar na literatura alguns guias, a exemplo do Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários (ReCESA, 2008). A frequência desse monitoramento é definida pelo órgão ambiental local.

Já para os indicadores de condições operacionais, nenhum aterro atingiu a nota máxima. A maior nota foi a do aterro de João Pessoa/PB, 85%. Já os aterros de Campina Grande/PB e Guarabira/PB atingiram 71% da pontuação máxima. Os demais tiveram notas variando entre 41% e 55%. Em todos os aterros foi observada a presença de urubus e moscas, tendo notas baixas nesses critérios.

Nos aterros de João Pessoa/PB, Piancó/PB e Sousa/PB, verificou-se a existência de catadores pertencentes a associações trabalhando em



galpões de triagem. No caso de Piancó/PB, cerca de 80 pessoas trabalham realizando a separação dos materiais. O responsável pelo aterro apenas fornece o espaço para a associação funcionar, e a renda dos catadores é obtida por meio da venda dos materiais recicláveis. Os colaboradores não

recebem equipamentos de proteção individual (EPI) e não há relatos de acidentes de trabalho. Contudo, há exposição diária dos colaboradores ao montante de resíduos patogênicos e volumosos, os expondo-os a riscos, semelhantes a atuação em lixões (Fig. 3a e b).



**Figura 3** - Aterro sanitário de Piancó/PB: (a) galpão de triagem e (b) resíduos separados  
 Fonte: PMSB-PB/UFCG (2021).

Na Tabela 6 é possível ver o resultado do IQDR. Dos 8 aterros sanitários avaliados, apenas o de João Pessoa/PB foi classificado como adequado quanto aos critérios avaliados por meio do IQDR, com a nota de 9,4. Os aterros de Campina Grande/PB

e Guarabira/PB foram classificados como regular, com as notas de 7,9 e 7,8 respectivamente, estando próximo da avaliação de adequado (8,1). Os demais aterros foram classificados como inadequados, onde as notas variaram entre 5,35 e 5,85.

**Tabela 6** - Valores consolidados do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos de aterros sanitários da Paraíba

Características locais	Aterros sanitários do estado da Paraíba							
	Belém do Brejo Cruz	Campina Grande	Conceição	Itaporanga	Guarabira	João Pessoa	Piancó	Sousa
Características locais	56	56	51	44	56	56	51	51
Infraestrutura implantada	21	44	21	24	43	64	29	24
Condições operacionais	37	57	44	39	57	68	37	33
Total	114	157	116	107	156	188	117	108
IQDR	5,7	7,9	5,8	5,35	7,8	9,4	5,85	5,4
Classificação	Inadequada	Regular	Inadequada	Inadequada	Regular	Adequada	Inadequada	Inadequada

Ren, Zhang e Huang (2022) apontam que algumas práticas que podem ser realizadas para melhoramento da operação dos aterros sanitários incluem: 1) o pré-tratamento dos resíduos sólidos para redução do teor de matéria orgânica e aumento da densidade; 2) recarga de lixiviados e controle de parâmetros físico-químicos para ga-

rantir a atividade microbiana e melhorar a taxa de biodegradação; 3) seleção de sistemas apropriados de drenagem e de revestimento durante o projeto do aterro e manutenção regular; e 4) operação de compactação correspondente para melhorar a compactação inicial e controle da espessura de camadas.

Evidencia-se que o aterro de João Pessoa/PB (9,4) é o maior e mais antigo do estado. Está em atividade há mais de 18 anos, e a quantidade recebida diariamente de resíduos está em torno de 2.000 t.dia<sup>-1</sup>. Constatou-se que possui condições satisfatórias para recebimento de resíduos e pode ser considerado uma destinação final ambientalmente adequada para os resíduos. Os

aterros sanitários de Campina Grande/PB e Guarabira/PB (Fig. 4a e b) também possuem condições satisfatórias para recebimento de resíduos. Contudo há necessidade de melhorias quanto à elaboração e execução dos planos de riscos pela administração, quanto à realização da queima do biogás e à elaboração e execução dos planos de monitoramento e segurança, respectivamente.



**Figura 4** - Aterros sanitários em operação: (a) Campina Grande/PB e (b) Guarabira/PB  
 Fonte: PMSB-PB/UFPG (2021).

Em contrapartida, o aterro com a pior pontuação, Itaporanga/PB (5,35), foi inaugurado em 2019, e recebe de 18 a 20 t.dia<sup>-1</sup>. A análise realizada mostrou que o aterro possui condições insatisfatórias para recebimento de resíduos, havendo necessidade de melhorias quanto à estrutura e à operacionalização, à compactação e ao recobrimento das células, além da execução dos planos de monitoramento e

segurança do aterro. Nas Fig. 5a e b observa-se parte da estrutura do aterro. Martildes (2018) realizou uma avaliação dos impactos ambientais do aterro de Itaporanga/PB e destacou dentre as medidas de controle ambiental a utilização de equipamento de proteção individual por parte dos funcionários, necessidade de manutenção de equipamentos e máquinas, e recomposição da vegetação.



**Figura 5** - Aterro Sanitário de Itaporanga/PB: (a) célula de resíduos e (b) lagoa de evapotranspiração do lixiviado  
 Fonte: PMSB-PB/UFPG (2021).

Os aterros de Sousa/PB (5,4) e Conceição/PB (5,8) também apresentam condições insatisfatórias. Analisa-se que há necessidade de aumentar o quantitativo de funcionários para as demandas existentes e elaborar e executar os planos de monitoramento e segurança de modo a serem considerados como destinação final ambientalmente adequada de resíduos.

O Aterro Sanitário de Belém do Brejo do Cruz/PB (5,7) enquadra-se como Centro de Tratamento de Resíduos, mesmo com características de aterro de pequeno porte, devido às diferentes tipologias e tratamentos realizados. Sugere-se revisar métodos operacionais de gerenciamento de resíduos por classificação, bem como capacitar e aumentar o quantitativo de funcionários para as demandas existentes e elaborar e executar os planos de monitoramento e segurança de modo a ser considerado como destinação ambientalmente adequada de resíduos.

Segundo informações do supervisor operacional, a empresa já tem planos para a realização de melhorias no aterro de Belém do Brejo Cruz/PB, pois estão construindo uma célula específica para recebimento de resíduos sólidos urbanos de 100 m x 100 m. Prevê-se a instalação de 9 torres de captação de gases, drenagem de lixiviado em espinha de peixe e tratamento por meio de lagoa de evapotranspiração. Em posterior, a implantação da manta geotêxtil e utilização do solo botafora para camada de cobertura.

Cunha, Ritter e Ferreira (2020) fizeram um compilado dos resultados produzidos pelo INEA a partir da aplicação da metodologia do IQDR nos aterros de diversos municípios cariocas, de 2013 a 2015. Os autores constataram que as diversas inadequações, motivadas por vícios gerenciais e construtivos, resultaram, especialmente: em sistemas de drenagem ineficientes; na deficiência/ausência de recobrimento diário; na limitada oferta de equipamentos operacionais; e na defi-

ciência/inexistência de tratamento de lixiviado. Em suma, os motivadores para essa situação são a insuficiência de recursos aportados e imperícia gerencial, situação também verificada nos aterros inadequados da Paraíba.

A utilização do IQDR para avaliar os aterros continuamente pode auxiliar os gestores na tomada de decisão durante a elaboração de políticas públicas mais eficientes para o gerenciamento de resíduos sólidos. O repasse de recursos e os incentivos fiscais podem ser proporcionais à qualidade dos aterros sanitários, o que fomentaria as empresas (prefeituras e consórcios) à execução de melhorias. A exemplo, a Comissão de Infraestrutura (CI) aprovou incentivos para a geração de energia em aterros sanitários. O projeto (PLS 302/2018) permite que a União, os estados e os municípios criem incentivos fiscais, financiamentos e crédito para quem gera biogás e energia elétrica a partir de resíduos sólidos (AGÊNCIA SENADO, 2022).

#### 4 CONCLUSÕES

Após interpretação dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia definida pela NOP-INEA-31, é possível afirmar que essa é uma ferramenta útil para avaliação de aterros sanitários, que contempla os aspectos técnicos, legais, normativos, sociais e ambientais da atividade. A mesma pode ser utilizada para a fiscalização e gestão ambiental dos aterros sanitários.

A partir do emprego da metodologia aos aterros sanitários selecionados da Paraíba foi possível concluir que dos 8 aterros avaliados, que atendem a 67,7% dos municípios paraibanos, apenas 13% são classificados como adequados, 25% como regulares e 63% como inadequados. Tal situação mostra que apesar de muitos municípios paraibanos terem iniciado o processo de encerramento dos lixões nos últimos anos, e passado a enviar seus resíduos a aterros sanitários, os

desafios para a gestão adequada ainda não acabaram, visto que muitos dos aterros sanitários precisam de melhorias para estar de acordo com as recomendações da legislação e ser uma destinação final de resíduos ambientalmente segura. Salienta-se a importância da possibilidade de realizar a avaliação dos outros aterros sanitários (de pequeno porte) do estado, que em geral atendem a somente seu município sede, e devido aos custos da operação, torna mais difícil a continuidade de manter as condições de gestão apropriadas.

## 5 AGRADECIMENTOS

Apoio da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) por meio do Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 003/2019 firmado em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 7 REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 27, n. 4, p. 1275-1290, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>.

AGÊNCIA SENADO. CI aprova incentivos para geração de energia em aterros sanitários. **Senado Notícias**, Brasília, 10 de maio de 2022. Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2022/05/ci-aprova-incentivos-para-geracao-de-energia-em-aterros-sanitarios>>. Acesso em: 10 de nov. de 2022.

ARIAS, D.; CABALLERO, J. 2015. Paraíba State, Brazil: Agricultural Sector Risk Assessment. **Agriculture global practice technical assistance paper**. World Bank, Washington, DC, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10986/23344>>. Acesso em: 11 de nov. de 2022.

BOTELHO, K. T.; DIAS, M. R.; BARBOSA, A. S.; COLALILLO, E. G. P.; WALCHHUTTER, S. Indicadores de sustentabilidade empresarial: um estudo exploratório. **Divers@! Revista Eletrônica Interdisciplinar**, vol. 8, n. 2, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/diver.v8i2.45050>

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de

fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

BURNTLEY, S.J. A Review of Municipal Solid Waste Composition in the United Kingdom. **Journal of Waste Management**, v. 27, p. 1274-1285, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2006.06.018>.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. Monitoramento ambiental e geotécnico de aterros sanitários. In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande, 2016. **Anais...**

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2020** [recurso eletrônico]; coordenação técnica e redação Maria Heloisa P. L. Assumpção; equipe técnica Marilda de Souza Soares ... [et al.] - São Paulo: CETESB, 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Norma Operacional (NOP) 031/2015**. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente, 2015.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 6, n. 17, p.1503-1510, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>

MARTILDES, J. A. L. **Identificação e análise de impactos ambientais de um aterro sanitário**: um estudo de caso do município de Itaporanga – PB. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (2020)**. SNIS site institucional, 2021. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>>. Acesso em: 13 de nov. de 2022.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Roteiro para redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no manejo de RSU**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/proteger/roteiro-para-reducao-das-200bemissoes-de-gases-de-efeito-200bestufa-gee-no-manejo-de-rsu>> Acesso em: 25 out. 2022.

NANDA, S.; BERRUTI, F. Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. **Environ Chem Lett**. v. 19, p. 1433-1456, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>

PMSB-PB – **Planos Municipais de Saneamento Básico de 49 municípios da Paraíba. Diagnóstico Técnico-Participativo**. UFCG/FUNASA, 2021.

SIDDIQUA, A., HAHLADAKIS, J.N., AL-ATTIYA, W.A.K.A. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. **Environ Sci Pollut Res**, v. 29, p. 58514-58536, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>

RÖSCH, C.; BRÄUTIGAM, K.R.; KOPFMÜLLER, J; STELZER, V.; LICHTNER, P. Indicator system for the sustainability assessment of the German energy system and its transition. **Energy, Sustainability and Society**, vol. 7, n. 1, pp. 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1186/s13705-016-0103-y>

SANTOS, M. J.; RODRIGUES, A. S. S.; ANDRADE, J. V.; QUEISSADA, D. D. Os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2022. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/24090>

TCE/PB – Tribunal de Contas do Estado da Paraíba. **Relatório de Monitoramento – Auditoria Operacional em Saneamento Básico – Resíduos Sólidos Urbanos**. Processo TC N° 05095/16. 2021. Disponível em: <[https://tramita.tce.pb.gov.br/tramita/download\\_temp/lbE5i11UOEp9SIQq/proc\\_05095\\_16\\_relatorio\\_de\\_monitoramento.pdf](https://tramita.tce.pb.gov.br/tramita/download_temp/lbE5i11UOEp9SIQq/proc_05095_16_relatorio_de_monitoramento.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2022.

VEDUNG, E. **Public policy and program evaluation**. Nova York: Routledge, 2017.