



### III-635 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE EM UM ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

#### **Áurea Kelly Jordão Borges de Araujo<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **Libânia da Silva Ribeiro<sup>(2)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **Epitácio Pedro da Silva Neto<sup>(3)</sup>**

Engenheiro civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **Diego Souza de Oliveira<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **Ângelo Costa de Oliveira<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela UNIFACISA. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Engenheiro Civil pela UNIFACISA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aprigio Veloso, 882, Bairro Universitário – Campina Grande - PB - CEP: 58401-490 - Brasil - Tel: (83) 2101-1461 - e-mail: diego\_s.oliveira@hotmail.com

#### **RESUMO**

Com o significativo aumento populacional em áreas urbanas nos últimos anos, ocorre também o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos. Estes resíduos devem ser destinados a aterros sanitários para sua disposição final, por isso é necessário garantir que estes empreendimentos estejam em condições adequadas de funcionamento para evitar impactos ambientais como contaminação dos lençóis freáticos, poluição do ar, dentre outros. O presente trabalho buscou analisar as condições de operação de um Aterro Sanitário localizado na região do Semiárido Brasileiro, para que fosse possível apontar quesitos em situação inadequada. A análise foi feita utilizando o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Com isso, foi possível observar que a área de estudo obteve IQR nota 8,7, sendo classificado como adequado, porém, foram detectadas falhas em alguns itens analisados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão ambiental, Aterro sanitário, IQR

#### **INTRODUÇÃO**

No Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi instituída pela Lei nº 12.305/2010, a lei tem como centro dos seus objetivos a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental através da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). Dentre os princípios da lei, busca-se implementar uma visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública.



A PNRS ainda instaura a responsabilidade integrada de geradores de resíduos sólidos e dispõe seis diferentes níveis de planos de gestão, sendo eles, nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal. Além disso, a PNRS conta com instrumentos como a logística reversa, coleta seletiva, ciclo de vida do produto, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SNIR), catadores de materiais recicláveis e planos de resíduos sólidos, com inclusão social ante a discussão do tema (Marino et al, 2018).

Segundo a norma brasileira NBR 10004 de 1987, resíduos sólidos podem ser classificados como, aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Ainda de acordo com a NBR 10004, os resíduos sólidos podem ser classificados em três categorias, sendo elas:

Classe I – Perigosos: Podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças, riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada, características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

Classe II A - Não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A definição de aterro sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é dado pela NBR 8419 (ABNT 1992) que consiste na disposição de resíduos sólidos no solo de forma a ocupar a menor área possível, com inclusive sua redução até o menor volume permissível, e seu isolamento por camadas de solo. Este processo tem como objetivo minimizar os impactos ambientais negativos.

O tema de limpeza urbana vem se destacando cada vez mais como uma demanda crescente e mais urgente, tanto pelos seus aspectos ligados saúde pública, devido a veiculação de doenças, quanto na abordagem ambiental com a contaminação do solo, lençóis freáticos, e cursos d'água, e nos aspectos sociais relacionados aos catadores. (RIBEIRO et. al, 2015). A gestão, gerenciamento e disposição final dos RSU é um dos maiores problemas da administração pública, tendo isso em vista, métodos que mitigam esses problemas com metodologias e abordagens que fazem o diagnóstico para a implementação de medidas voltadas a melhorias contínuas têm um papel indispensável, os indicadores de desempenho é um desses métodos.

Entre as metodologias para agrupamento das informações de caráter científico e técnico o emprego dos indicadores de desempenho se destaca pois possibilita a transmissão de informações de forma sintética, introduzindo apenas as variáveis significativas no procedimento de análise de informações, de forma a preservar os dados originais (Barros, 2013). Com base nisso, o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) foi elaborado como um sistema de avaliação e classificação pela companhia ambiental do estado de São Paulo (CETESB). O índice permite avaliar através de três grupos de classificação diferentes, que são: a caracterização do local, as condições operacionais, e a infraestrutura implantada. Assim é possível avaliar o quanto condições gerais do aterro de RSU é considerado adequado. (Benatti et al., 2019).

Os indicadores são importantes para verificação de vulnerabilidades e falhas, no seu uso através de monitoramento sistemático, isso facilita o direcionamento das tomadas de decisões para a implementação de

melhorias e correções que podem mitigar os impactos ambientais negativos e fazer melhor gestão dos aterros (Borba et al., 2021). Tendo isso em vista, o objetivo do trabalho é avaliar o aterro sanitário de Sousa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em um Aterro Sanitário localizado no município de Sousa - PB, situado nas coordenadas geográficas (6°41'15.09"S ; 38°15'4.28"O). A UTR-Sousa iniciou sua operação no ano de 2013 e em Maio de 2022 o seu monitoramento, recebendo 65 toneladas de resíduos por dia, proveniente de 19 (dezenove) municípios, sendo 18 (dezoito) do estado da Paraíba e 1 (um) do estado do Rio Grande do Norte. A seleção de produtos químicos, numa estação de tratamento, em conjunto com a otimização em laboratório dos parâmetros físicos de mistura rápida, floculação e decantação podem proporcionar a melhoria da qualidade da água tratada e/ou o aumento de vazão. Para isso é importante o conhecimento da qualidade da água bruta nos últimos anos, das características das unidades existentes na estação, da vazão atual ou da vazão com a qual se pretende trabalhar.



**Figura 1: Localização das células e das lagoas de acumulação do lixiviado**

O Aterro possui um total de três Células para a disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) que são monitoradas mensalmente seguindo os seguintes critérios: características físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais e subterrâneas, características físico-químicas e microbiológicas do lixiviado das Células de RSU, caracterização geotécnica do solo utilizado nas camadas de base, intermediária e cobertura das Células de RSU bem como o controle da densidade *in situ* e a permeabilidade à água do solo das Células de RSU além das concentrações dos gases gerados nos drenos verticais das Células de RSU.



## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A construção do Índice de Qualidade do Aterro (IQR) foi realizada através da aplicação do questionário padronizado da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022), composto por 33 parâmetros.

A pesquisa foi realizada no mês de Maio de 2023, por meio de visitas in loco ao Aterro de Sousa-PB, assim como através de pesquisas bibliográficas e documentais.

Para a determinação das características físicas da UTR-Sousa, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Com a delimitação da área, foi possível identificar se a localização do aterro está em concordância com a NBR nº 13.896/1997 (ABNT, 1997), assim como os critérios topográfico, avaliando a declividade do terreno e a distância mínima a núcleos habitacionais e corpos hídricos.

Com o auxílio do software QGIS 3.28, a ferramenta buffer foi utilizada para delimitar as áreas de influência do aterro para a verificação de distância a recursos hídricos e núcleos populacionais. A verificação de topografia foi feita com a importação de uma camada raster de elevação do ALOS PALSAR Radiometric Terrain Correlation (RTC) e com aplicação da função Slope obteve-se a camada de declividade, na qual realizou-se a análise de locação do aterro.

Para a construção do IQR foi necessário atribuir notas para cada item disposto no checklist. Assim, a obtenção do índice é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{IQR} = (\text{SUB1} + \text{SUB2} + \text{SUB3} + \text{SUB4} + \text{SUB5} + \text{SUB6}) / 10 \text{ (Equação 1)},$$

onde:

SUB1 = Estrutura de Apoio

SUB2 = Frente de Trabalho

SUB3 = Taludes e Bermas e Superfície Superior

SUB4 = Estruturas de proteção ambiental

SUB5 = Outras informações

SUB6 = Características da área

O resultado do IQR se dá pela resolução da equação anterior na qual se os valores do IQR estiverem entre 0 e 7 as condições são inadequadas, já se os valores estiverem entre 7,1 e 10 as condições do aterro são classificadas como adequadas.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### ESTRUTURA DE APOIO

O aterro em estudo dispõe de portaria e vigilância 24 horas, assim como balança para a pesagem dos resíduos sólidos. Para ter acesso ao empreendimento é necessário se identificar e as visitas técnicas só são realizadas com agendamento prévio.

O isolamento físico da área é composto por um portão de entrada para possibilitar o controle de acesso ao aterro e muros de concreto e as delimitações da área são feitas utilizando cerca de arame farpado, instalado por todo o empreendimento. Porém, não foi possível identificar a presença de sinalização nas entradas e nem nas cercas com os dizeres “PERIGO – NÃO ENTRE”, indo contra a exigência da norma da ABNT NBR nº

13.896/1997 (ABNT, 1997). Porém, no aterro é possível observar a presença de vegetação nativa e característica do município recobrendo toda a área, possibilitando a diminuição do mau odor e o isolamento visual e de animais, bem como de pessoas não autorizadas.

No que se refere a acesso à frente de descargas, não é pavimentado, porém é nivelado e não apresenta buracos, possibilitando os deslocamentos dos caminhões sem nenhuma interferência, estando adequado pelo estabelecido em norma.

**Quadro 1: Pontuações atribuídas ao primeiro item Estrutura de apoio**

Item	Sub item	Avaliação	Nota Máxima	Nota Atribuída
Estrutura de apoio	1. Portaria, balança e vigilância	Sim/Suficiente	2	2
	2. Isolamento físico	Parcialmente	2	1
	3. Isolamento visual	Sim/Suficiente	2	2
	4. Acesso à frente de descargas	Adequado	3	3
	Subtotal 1			9

## FRENTE DE TRABALHO

Mencionado pelo responsável do Aterro, a frente de trabalho tem dimensão de 10 metros, possibilitando a realização das atividades e circulação das máquinas. Esta dimensão mostrou-se compatível com o volume diário de resíduos sólidos que o aterro recebe (65 toneladas).

O resíduo que chega ao aterro é compactado utilizando uma escavadeira tipo esteira, com a implementação futura de um trator de esteira. No que diz respeito ao recobrimento dos resíduos, é feito diariamente com argila, impossibilitando a proliferação de vetores, odores, entrada de água pluvial na célula e o arraste de materiais leves pela ação dos ventos.

**Quadro 2: Pontuações atribuídas ao item Frente de trabalho**

Item	Sub item	Avaliação	Nota Máxima	Nota atribuída
Frente de trabalho	5. Dimensões da frente de trabalho	Adequada	5	5
	6. Compactação dos resíduos	Adequada	5	5
	7. Recobrimento dos resíduos	Adequada	5	5
	Subtotal 2			15



**Figura 2: Dimensão da frente de trabalho da área de estudo e o recobrimento dos resíduos na célula**

### TALUDES E BERMAS

Taludes podem ser definidos como qualquer plano inclinado que delimita um maciço de terra ou rocha, eles podem ser naturais no caso de encostas, ou artificiais como no caso dos aterros sanitários. No caso dos aterros, o volume dos resíduos vai sendo reduzido através da compactação em camadas que são periodicamente cobertas com terra formando células (MONTEIRO et al. 2001), após diversas iterações, as células compactadas e recobertas dão origem aos taludes do aterro. No Aterro em estudo, os taludes têm 45° e 6 metros de altura.

Em aterros sanitários, as camadas de cobertura estão sujeitas variações de temperatura e de umidade, além de erosão por água ou vento, por isso, segundo Zaomtaev *et al* (2018), para minimizar os impactos dessas ações após o fechamento das células do aterro, há a necessidade de estabilização do talude mediante o isolamento do maciço de resíduos, com a implantação de um sistema de cobertura final adequado e finalizado por uma camada de solo desenvolvida para o crescimento vegetal nos taludes. Porém, foi possível observar que os taludes que constituem o aterro não apresentam cobertura vegetal por ainda estar em operação, por isso obteve avaliação inadequada no IQR.

Na área de estudo, a cobertura final é realizada utilizando piçarra, uma espécie de rocha semidecomposta, composta principalmente de silte, areia e cascalho. Além disso, foi possível observar que no Aterro ocorre o afloramento de lixiviado e não tem a presença de um piezômetro, dispositivo comumente utilizado para a medição de lixiviado na célula.

**Quadro 3: Pontuações atribuídas ao item Taludes e Bermas e Superfície Superior**

Item	Sub item	Avaliação	Nota máxima	Nota atribuída
Taludes e bermas	8. Dimensões e inclinações	Adequada	4	4
	9. Cobertura de terra	Adequada	4	4
	10. Proteção vegetal	Adequada	3	0
	11. Afloramento de lixiviado	Sim	4	4

Superfície Superior	12. Nivelamento de superfície	Adequada	5	5
	13. Homogeneidade da cobertura	Sim	5	5
	<b>Subtotal =</b>		25	<b>22</b>



**Figura 3: Célula de resíduos sólidos sem cobertura vegetal.**

## ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

No aterro estudado, a impermeabilização é realizada utilizando piçarra e argila, também existe a drenagem do chorume, que é um dos elementos constituintes de um aterro sanitário que desempenha importante papel para a proteção do meio ambiente e a garantia da estabilidade do maciço (PFEIFFER e CARVALHO, 2022). O aterro conta com um sistema de drenagem de chorume denominado de “Espinha de peixe”, onde a drenagem ocorre através de drenos principais, coletores e secundários, o material drenado é então direcionado até a lagoa acumulação e evaporação (Figura 4). Nas lagoas de acumulação, são realizadas coletas mensais para análises dos indicadores físicoquímicos e microbiológicos, realizadas pelo grupo de pesquisa responsável pelo monitoramento. Porém, não ocorre tratamento do lixiviado, assim como a drenagem provisória e definitiva de águas pluviais.

Conforme a NBR nº 8.419/1992 no aterro deve ser previsto um sistema para a drenagem de gás, que pode ser integrado ao sistema de drenagem de líquido percolado. Assim como o monitoramento com a medição da concentração e vazão dos gases gerados no aterro. No empreendimento, a drenagem dos gases é realizada utilizando drenos verticais sendo realizada mensalmente por meio de um detector portátil de gases da marca Dräger, modelo X-AM 8000.

O monitoramento de águas superficiais e subterrâneas é realizado mensalmente sendo coletado amostras em 5 pontos a jusante do aterro, sendo 2 pontos para o monitoramento das águas superficiais e três para o monitoramento de águas subterrâneas. Em relação ao monitoramento geotécnico, não é realizado.

**Quadro 4: Pontuações atribuídas ao item Estruturas de proteção ambiental**

Item	Sub item	Avaliação	Nota Máxima	Nota Atribuída
------	----------	-----------	-------------	----------------



Estrutura de proteção ambiental	14. Impermeabilização do solo	Adequada	10	10
	15. Profundidade do lençol freático (P) x Permeabilidade do solo (k)	-	-	-
	16. Drenagem de lixiviado	Sim/Adequada	4	4
	17. Tratamento de lixiviado	Não/Insuficiente	4	0
	18. Drenagem provisória de águas pluviais	Insuficiente	3	0
	19. Drenagem definitiva de águas pluviais	Insuficiente	4	0
	20. Drenagem de gases	Suficiente	4	4
	21. Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	4
	22. Monitoramento Geotécnico	Insuficiente	4	1
Sub total			37	23



**Figura 4: Lagoa de lixiviado do Aterro Sanitário.**



**Figura 5: Monitoramento das águas subterrâneas e da lagoa de lixiviado**

### OUTRAS INFORMAÇÕES

O aterro tem uma usina de triagem de resíduos, por isso é comum a presença de catadores na área. Também foi possível identificar durante a visita a presença de moscas e animais como gatos e cachorros, assim como odor desagradável e a presença de urubus que eram dispersados utilizando fogos de artifícios.

No que diz respeito ao subitem Recebimento de resíduos industriais, no empreendimento ocorre o recebimento de resíduo industrial proveniente da empresa Isis, sendo depositado o soro do leite produzido em sua fábrica.

**Quadro 5: Pontuações atribuídas ao item “Outras estruturas”**

Item	Sub item	Avaliação	Nota máxima	Nota atribuída
Outras informações	23. Presença de catadores	Sim	2	2
	24. Queima de resíduos	Sim	2	0
	25. Ocorrência de moscas e odores	Sim	2	2
	26. Presença de aves e animais	Sim	2	2
	27. Recebimento de resíduos autorizados	Sim	5	5
	28. Recebimento de	Sim	-	Sim



	resíduos industriais	Não		
	29. Estrutura e procedimentos	Adequado	10	8
		Inadequado		
		Subtotal	23	19



**Figura 6: Presença de urubus na área do aterro**

### CARACTERÍSTICA DA ÁREA

De acordo com a figura 7, pode-se observar com a aplicação dos buffers, que não existem núcleos populacionais em um raio de 500 metros, porém verifica-se que o aterro está a menos de 200 metros de dois corpos hídricos, este fator vai de encontro com a exigência da norma, não atendendo-a. Quanto à análise de declividade do terreno do aterro, a camada raster gerada demonstra que o aterro está localizado em uma área apropriada nesse quesito com declividade inferior a 30%.

O aterro tem vida útil estimada de 10 a 15 anos, e se encontra em área rural possuindo cerca de 30 hectares de área total, sendo aproximadamente 10% reservados para o uso, disposição das células e estrutura do aterro e mais de 20% para reserva legal como determina a lei federal de nº 12.651/2012 artigo 12 do código florestal (BRASIL, 2012).

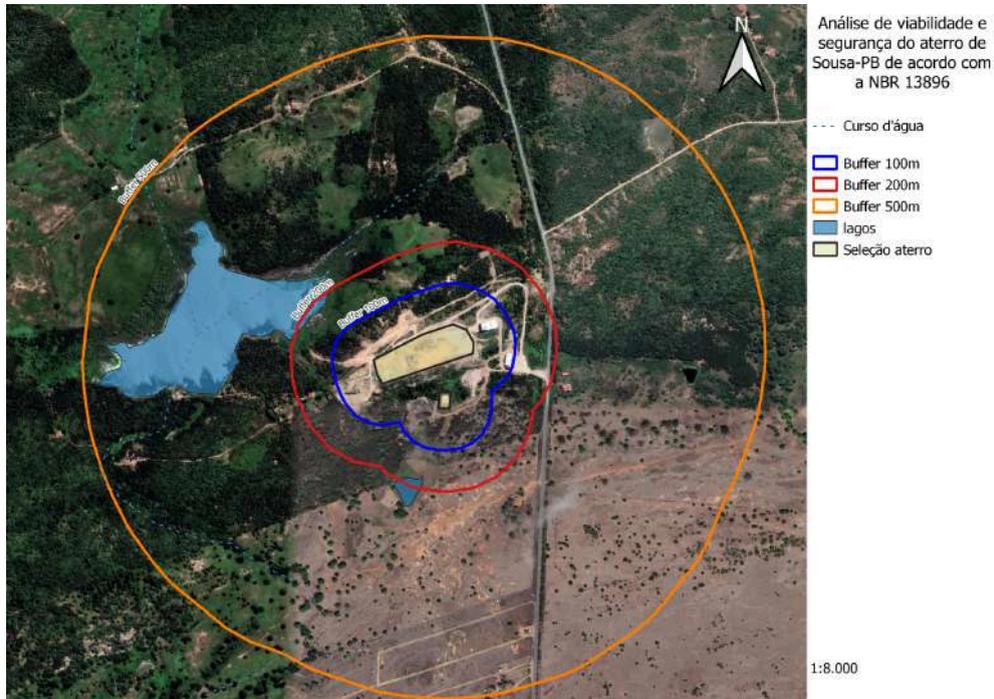


Figura 7: Análise de distância

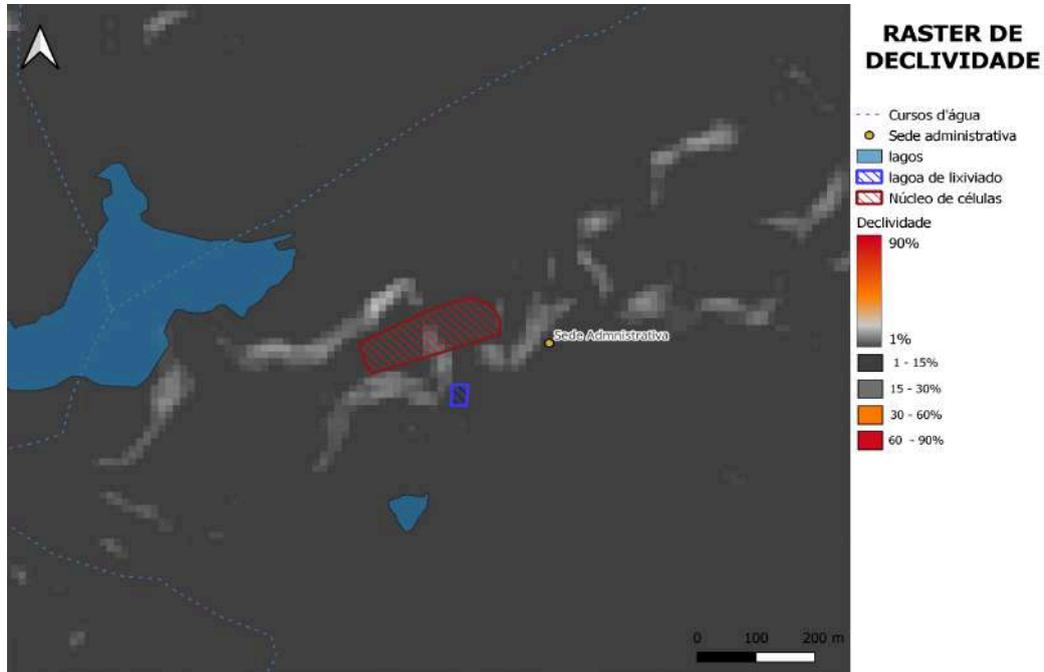


Figura 8: Análise de declividade

Quadro 6: Pontuações atribuídas ao item Característica da área

Item	Sub item	Avaliação	Nota máxima	Nota atribuída
------	----------	-----------	-------------	----------------



Características da área	30. Proximidade de núcleos habitacionais	Adequada ( $\geq 500$ m)	2	2
	31. Proximidade de corpos d'água	Inadequada ( $< 200$ m)	2	0
	32. Vida útil da área	$> 5$ anos	2	2
	33. Restrições legais ao uso do solo	Sim	2	2
	34. Declividade do terreno	Adequada (entre 1 e 30%)	2	2
		Subtotal		8

### DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO ATERRO (IQR)

Após o preenchimento de cada índice, os valores obtidos em cada um deles estão dispostos no Quadro 7. Com isso, é possível observar que os itens Estrutura de Apoio, Frente de trabalho e Taludes e Bermas apresentaram maior atendimento às exigências normativas. Enquanto que o índice Estruturas de proteção ambiental apresentou inconsistências, pois no empreendimento não existe o tratamento do lixiviado, bem como a drenagem provisória e nem definitiva de águas pluviais e o monitoramento geotécnico que ainda não é implementado no Aterro.

**Quadro 7:** Valores finais obtidos de cada item

Item	Nota máxima	Nota atribuída
Estrutura de apoio	9	8
Frente de trabalho	15	15
Taludes e bermas	25	22
Estrutura de proteção ambiental	37	23
Outras informações	23	19
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>	<b>87</b>

Com os valores obtidos, foi possível realizar a determinação do IQR conforme a equação mostrada abaixo:

$$\text{IQR} = (8 + 15 + 22 + 23 + 19)/10 \text{ (Equação 2)}$$

$$\text{IQR} = 8,7$$

Por fim, a aplicação do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) do Aterro Sanitário de Sousa apresentou valor de 8,7, indicando que as condições do aterro são adequadas.



## CONCLUSÕES

Após a obtenção do IQR, é possível observar que a área de estudo apresenta condições adequadas de monitoramento, pois obteve um valor acima de 7. Além disso, os itens que obtiveram nota baixa atribuída necessitam de correções e adequações imediatas para não comprometer o funcionamento e eficiência do aterro.

A metodologia desenvolvida pela CETESB para a obtenção do IQR é uma ferramenta importante para avaliar o desempenho de aterros e visualizar melhorias, assim como uma ferramenta de gestão. Portanto, conclui-se que esse tipo de análise seja realizada com frequência, seja semestral ou anual, para possibilitar o acompanhamento do empreendimento do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos . Rio de Janeiro, 1983
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997
4. Barros, I. P. A. F. Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação de estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
5. Benatti, C. T.; Taboni Junior, L. R.; Valques, I. J. B. Análise do aterro sanitário da cidade de Itambé/PR através da aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal. Anais 30º CBESA. Natal: ABES, 2019. p. 1-11
6. Borba, W. F.; Silva, J. L. S.; Kemerich, P. D. C.; Souza, É. E. B.; Fernandes, G. S.; Silva, M. G. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR): Estudo em área no sul do Brasil. Meio Ambiente (Brasil), v. 3, n. 3, p. 89-99, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5118504>
7. Brasil. (2010, 2 de agosto). *Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos* Brasília: Diário Oficial da União. Recuperado em 14 de maio de 2023, de [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)
8. Brasil. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.
9. Marino, A. L., Chaves, G., & Santos, J. L., Jr. (2018). Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level? *Journal of Cleaner Production*, 188, 378-386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.311>
10. MONTEIRO; José Henrique Penido et al. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p
11. PFEIFFER, S. C.; CARVALHO, E. H.. Diagnóstico do severo entupimento do sistema de drenagem de lixiviados do aterro sanitário de Brasília. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.2, p.81-89, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.002.0008>
12. RIBEIRO, E. F.; BUSS, M. V.; MENESE, J. C. S. S. Tratamento do chorume de aterro de resíduos Sólidos urbanos utilizando o coagulante a base de tanino, tratamento biológico e ozonização. *Revista de Engenharia Civil IMED*, v. 2, n. 2, p. 37–42, 2015.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



13. Zamoetav, I. V; Ivanov, I. V; Mikheev, P. V; Belobrov, V. P. Assessment of the State of Soils and Vegetation in Areas of Landfills and Municipal Solid Waste Sites (a Review). Degradation, Rehabilitation and Conservation of Soils, v. 51, n. 7, p. 827-842, 2018.