







## Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR): Estudo em área no sul do Brasil

Willian Fernando de Borba <sup>1\*</sup>, José Luís Silvério da Silva <sup>2</sup>, Pedro Daniel da Cunha Kemerich <sup>3</sup>,  
Éricklis Edson Boito de Souza <sup>4</sup>, Gabriel D'avila Fernandes <sup>5</sup>, Mateus Guimarães da Silva <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Frederico Westphalen - RS, Brasil. (\*Autor correspondente: borbawf@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, Brasil.

<sup>3</sup> Professor da Fundação Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Caçapava do Sul - RS, Brasil.

<sup>4</sup> Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, Brasil.

<sup>5</sup> Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, Brasil.

<sup>6</sup> Professor da Fundação Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Caçapava do Sul - RS, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 29/03/2021 – Revisado em: 13/05/2021 – Aceito em: 18/05/2021

### RESUMO

O aumento populacional é o responsável pela produção de grande quantidade de resíduos sólidos. A disposição final correta destes resíduos ocorre em aterros sanitários. Este estudo tem por objetivo analisar a metodologia proposta pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo que determina o índice de qualidade de aterros de resíduos em aterro sanitário no noroeste do Rio Grande do Sul. Na primeira visita constatou-se um valor de 8,4, condições adequadas e as inconsistências foram, ineficiência na drenagem de chorume, ausência de monitoramento geotécnico e a presença de aves e moscas. Na segunda visita, o índice de qualidade de aterros de resíduos encontrado foi de 9,2, onde, houve adequação no sistema de drenagem de chorume e a inexistência de afloramento deste material, contudo, as demais problemáticas continuam presentes no empreendimento. Assim, nota-se a importância desses estudos para uma boa gestão, mitigando impactos ambientais negativos.

**Palavras-Chaves:** Aterro sanitário, CETESB, Gestão ambiental, IQR, Lixiviado.

## Application of the Waste Landfill Quality Index: Study in an area in southern Brazil

### ABSTRACT

The population growth is responsible for the production of large quantities of solid waste. The right final disposal of this waste occurs in sanitary landfills. This study aimed to analyze the methodology proposed by the Environmental Company of the State of São Paulo, which determines the landfill quality index in the northwest of Rio Grande do Sul. The first visit revealed a value of 8.4, adequate conditions and some inconsistencies were the inefficiency in the slurry drainage, the absence of geotechnical monitoring and the presence of birds and flies. In the second visit, the Landfill Quality Index was 9.2, where there was an adequacy in the slurry drainage system and the lack of outcropping of this material, however, the remaining problems are still present in the project. Thus, we note the importance of these studies for a good management, mitigating the negative environmental impacts.

**Keywords:** Landfill, CETESB, Environmental management, IQR, Leachate.

Borba, W. F. de., Silvério da Silva, J. L., Kemerich, P. D. da C., Souza, E. E. B. de., Fernandes, G. D., Guimarães, M. da S. (2021). 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.86-99.



## 1. Introdução

A disposição de resíduos sólidos urbanos de maneira adequada ainda é um grave problema que assola, principalmente, os países em desenvolvimento. Nesse sentido, é definido como aterro sanitário “Uma técnica de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no solo mitigando os impactos negativos no meio ambiente, saúde pública e sua segurança” (ABNT, 1997). Assim, essa técnica é uma das mais indicadas para a disposição final ambientalmente adequada dos RSU.

Resultados disponibilizados pelo Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos para o ano de 2018 (Brasil, 2019) indicaram que 24,40 % dos RSU foram dispostos em aterros controlados e/ou lixões e 75,60 % foram dispostos em aterros sanitários. Nesse sentido, as pesquisas que envolvem essa temática visam auxiliar, as lacunas relacionadas a gestão adequada dos resíduos sólidos. No Estado do Rio Grande do Sul, segundo dados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2014), 80 % dos RSU dos municípios destinam seus resíduos em aterros sanitários. Assim, destaca-se a importância dos aterros sanitários no processo de gestão de RSU no Estado.

Desta forma surgem metodologias que visam auxiliar no processo de gerenciamento de resíduos ou ainda, determinar a qualidade dos aterros sanitários. Dentre uma dessas metodologias, o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), proposto pela CETESB (2007), destaca-se como uma das principais. Pois, a partir de um checklist permite avaliar e identificar possíveis inconsistências operacionais nas áreas de disposição de resíduos. Aliado a isso, o monitoramento ambiental também é fundamental, visto que concilia a preservação do meio ambiente e a identificação de possíveis impactos gerados.

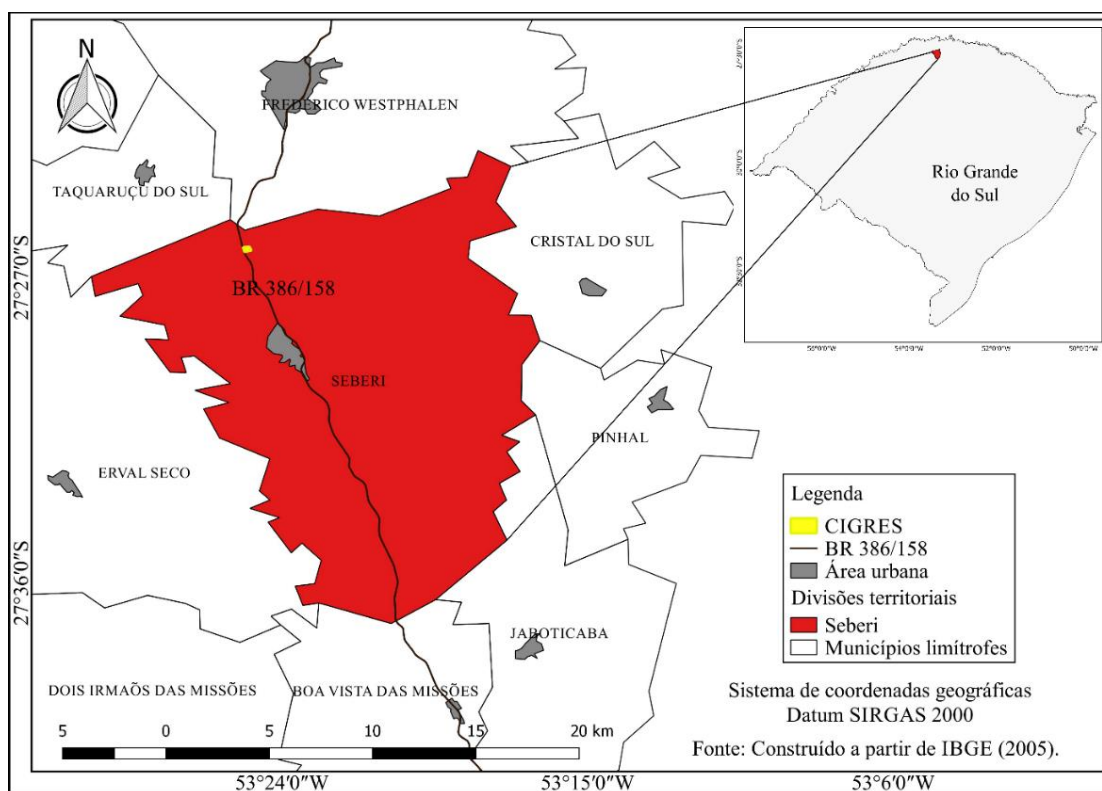
Nesse contexto destaca-se a importância de estudos que envolvam a temática relacionada a gestão e gerenciamento de RSU, seja no contexto brasileiro ou internacional (Díaz-Villavicencio; Didonet; Dodd, 2017; Guibrinet; Calvet; Broto, 2017; Silva; Prietto; Korf, 2019; Tirkolae et al., 2020). Desse modo, esse estudo tem por objetivo aplicar o IQR (CETESB, 2007) em um aterro sanitário localizado na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O aterro sanitário está localizado no lado direito (sentido sul-norte) da rodovia BR 386/158, no km 43, distante cerca de cinco quilômetros do município de Seberi/RS (Figura 1). A unidade recebe RSU de uma população de aproximadamente 180.000 habitantes (IBGE, 2010). O recebimento médio mensal é de 1.900 toneladas, com processos de triagem, compostagem e destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. A triagem e reciclagem média dos materiais é de 15 %, e o restante (85 %) são dispostos nas células do aterro sanitário.

**Figura 1** - Localização do aterro sanitário.



Fonte: Borba (2019).

No que se refere aos parâmetros de solo, esse é classificado, conforme Embrapa (2017), como um Latossolo Vermelho, com teores médios de argila de 86 % (Borba, 2016). Em relação a geologia local, ocorre a presença da Formação Serra Geral, Fácies Parapanema (CPRM, 2006), constituída por rochas basálticas e seus produtos de intemperização. Na hidrogeologia, a área está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), conforme Machado & Freitas (2005). Assim, esse sistema aquífero é do tipo fissural, onde sua recarga ocorre pela fratura das rochas (Freitas et al., 2012).

## 2.2. Determinação do IQR (CETESB, 2007)

A determinação do IQR (CETESB, 2007) foi obtida a partir da aplicação do Quadro 1. Para isso, foram realizadas 2 visitas no ano de 2018 (Período de 4 meses entre uma visita e outra) na área de estudo para levantamento das informações.

**Quadro 1** - Parâmetros necessários para obtenção do IQR (CETESB, 2007).

Item	Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Estrutura de apoio	1 Portaria balança e vigilância	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	
	2 Isolamento físico	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	
	3 Isolamento visual	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	

		Não/Insuficiente	0	
	4 Acesso à frente de descargas	Adequado	3	
		Inadequado	0	
Frente de trabalho	5 Dimensões da frente de trabalho	Adequada	5	
		Inadequada	0	
	6 Compactação dos resíduos	Adequada	5	
		Inadequada	0	
7 Recobrimento dos resíduos	Adequado	5		
	Inadequado	0		
Taludes e bernas	8 Dimensões e inclinações	Adequada	4	
		Inadequada	0	
	9 Cobertura vegetal	Adequada	4	
		Inadequada	0	
	10 Proteção vegetal	Adequada	3	
Inadequada		0		
11 Afloramento de chorume	Não/raros	4		
	Sim/numerosos	0		
Superfície superior	12 Nivelamento de superfície	Adequado	5	
		Inadequado	0	
	13 Homogeneidade da cobertura	Sim	5	
Não		0		
Estrutura de proteção ambiental	14 Impermeabilização do solo	Sim/adequada (Não preencher item 15)	10	
		Não/inadequada (Preencher item 15)	0	
	15 Prof. Lençol freático (P) x Permea. do solo	$P > 3 \text{ m}, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	4	
		$P \leq 1 \text{ m}, k < 10^{-5} \text{ cm/s}$	2	
		Condição inadequada	0	
	16 Drenagem de chorume	Sim/suficiente	4	
		Não/insuficiente	0	
	17 Tratamento de chorume	Sim/adequado	4	
		Não/inadequado	0	
	18 Drenagem provisória de águas pluviais	Suf./Desnec.	3	
		Não/insuficiente	0	
	19 Drenagem definitiva de águas pluviais	Suf./Desnec.	4	
		Não/insuficiente	0	
	20 Drenagem de gases	Suficientes/desnec.	4	
Não/Insuficiente		0		
21 Monitoramento de águas subterrâneas	Adequada	4		
	Inadequado/desnec.	1		
	Inexistente	0		
22 Monitoramento geotécnico	Adequado/desnec.	4		
	Inadequado/Insuf.	1		
		Inexistente	0	
<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>86</b>	
<b>Item</b>	<b>Subitem</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Peso</b>	<b>Pontos</b>
Outras informações	23 Presença de catadores	Não	2	
		Sim	0	
	24 Queima de resíduos	Não	2	
		Sim	0	
25 Ocorrência de moscas e odores	Não	2		

		Sim	0	
	26 Presença de aves e animais	Não	2	
		Sim	0	
	27 Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2	
		Sim	0	
	28 Recebimento de resíduos industriais	Sim (Preencher item 29)		
		Não (Ir para item 30)		
	29 Estruturas e procedimentos	Suficiente/adequado	10	
		Insuficiente/inadequado	0	
<b>SUBTOTAL 2.1</b>			<b>10</b>	
<b>SUBTOTAL 2.2</b>			<b>20</b>	
<b>Item</b>	<b>Subitem</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Peso</b>	<b>Pontos</b>
Caracterização da área	30 Proximidade de núcleos populacionais	> = 500 m	2	
		< 500 m	0	
	31 Proximidade de corpos de água	> = 200 m	2	
		< 200 m	0	
	32 Vida útil da área	< = 2 anos		
		2 < x < = 5 anos		
		> 5 anos		
	33 Restrições legais ao uso do solo	Sim		
Não				
<b>SUBTOTAL 3</b>			<b>4</b>	

Fonte: CETESB (2007).

Assim, o IQR (CETESB, 2007) é obtido a partir da equação:  $IQR = \text{Soma (subtotal 1 + 2.1 + 3)}/10$ . Se os valores de IQR estiverem entre 0 e 7 as condições são inadequadas, já se os valores estiverem entre 7,1 e 10 as condições são classificadas como adequadas.

### 3. Resultados e discussão

A aplicação do IQR (CETESB, 2007) na primeira visita na área de estudo, apresentou valor de 8,4, indicando que as condições estruturais são adequadas. O Quadro 2, ilustra os parâmetros relacionados ao IQR (CETESB, 2007) nesse primeiro momento. As principais inconsistências encontradas nessa primeira visita, relaciona-se ao afloramento de chorume e consequentemente, uma ineficiência no sistema de drenagem desse material, conforme Figura 2.

Foi observado também a ausência de um sistema de monitoramento geotécnico além da presença de aves na área do aterro a presença de moscas. Esses fatores podem ocasionar, além de uma possível contaminação do solo, a transmissão de vetores através de zoonoses presentes no local ou ainda recalque da célula de disposição de rejeitos.

**Quadro 2** - Parâmetros levantados para aplicação do IQR (CETESB, 2007).

Item	Subitem	Avaliação	Peso	Pontos*	Pontos**
Estrutura de apoio	1 Portaria balança e vigilância	Sim/Suficiente	2	2	2
		Não/Insuficiente	0		
	2 Isolamento físico	Sim/Suficiente	2	2	2
		Não/Insuficiente	0		

	3 Isolamento visual	Sim/Suficiente	2	2	2
		Não/Insuficiente	0		
	4 Acesso à frente de descargas	Adequado	3	3	3
		Inadequado	0		
Frente de trabalho	5 Dimensões da frente de trabalho	Adequada	5	5	5
		Inadequada	0		
	6 Compactação dos resíduos	Adequada	5	5	5
		Inadequada	0		
	7 Recobrimento dos resíduos	Adequado	5	5	5
		Inadequado	0		
Taludes e bernas	8 Dimensões e inclinações	Adequada	4	4	4
		Inadequada	0		
	9 Cobertura vegetal	Adequada	4	4	4
		Inadequada	0		
	10 Proteção vegetal	Adequada	3	3	3
		Inadequada	0		
	11 Afloramento de chorume	Não/raros	4		4
		Sim/numerosos	0	0	
Superfície superior	12 Nivelamento de superfície	Adequado	5	5	5
		Inadequado	0		
	13 Homogeneidade da cobertura	Sim	5	5	5
		Não	0		
Estrutura de proteção ambiental	14 Impermeabilização do solo	Sim/adequada (Não preencher item 15)	10	10	10
		Não/inadequada (Preencher item 15)	0		
	15 Prof. Lençol freático (P) x Permea. do solo	$P > 3 \text{ m, } k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	4	4	4
		$P \leq 1 \text{ m, } k < 10^{-5} \text{ cm/s}$	2		
		Condição inadequada	0		
	16 Drenagem de chorume	Sim/suficiente	4		4
		Não/insuficiente	0	0	
	17 Tratamento de chorume	Sim/adequado	4	4	4
		Não/inadequado	0		
	18 Drenagem provisória de águas pluviais	Suf./Desnec.	3	3	3
		Não/insuficiente	0		

	19 Drenagem definitiva de águas pluviais	Suf./Desnec.	4	4	4
		Não/insuficiente	0		
	20 Drenagem de gases	Suficientes/desnec.	4	4	4
		Não/Insuficiente	0		
	21 Monitoramento de águas subterrâneas	Adequada	4	4	4
		Inadequado/desnec.	1		
		Inexistente	0		
	22 Monitoramento geotécnico	Adequado/desnec.	4		4
		Inadequado/Insuf.	1		
Inexistente		0	0	0	
<b>SUBITEM 1</b>					
<b>Item</b>	<b>Subitem</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Peso</b>	<b>Pontos*</b>	<b>Pontos**</b>
Outras informações	23 Presença de catadores	Não	2	2	2
		Sim	0		
	24 Queima de resíduos	Não	2	2	2
		Sim	0		
	25 Ocorrência de moscas e odores	Não	2		
		Sim	0	0	0
	26 Presença de aves e animais	Não	2		
		Sim	0	0	0
	27 Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2	2	2
		Sim	0		
	28 Recebimento de resíduos industriais	Sim (Preencher item 29)			
		Não (Ir para item 30)			
	29 Estruturas e procedimentos	Suficiente/adequado	10		10
		Insuficiente/inadequado	0		
	<b>SUBTOTAL 2.1</b>				
<b>SUBTOTAL 2.2</b>					
<b>Item</b>	<b>Subitem</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Peso</b>	<b>Pontos*</b>	<b>Pontos**</b>
Caracterização da área	30 Proximidade de núcleos populacionais	> = 500 m	2	2	2
		< 500 m	0		
	31 Proximidade de corpos de água	> = 200 m	2	2	2
		< 200 m	0		

32 Vida útil da área	<= 2 anos			
	2 < x <= 5 anos			
	> 5 anos	x		x
33 Restrições legais ao uso do solo	Sim			
	Não	x		x
<b>SUBTOTAL 3</b>		<b>4</b>		

Fonte: Construído a partir de CETESB (2007). \*Visita 1 e \*\*Visita 2.

**Figura 2** - (A) Afloramento de lixiviado e (B) presença de aves no local na primeira visita.



Fonte: Autor (2018).

Na segunda visita realizada após um período de 4 meses, o IQR (CETESB, 2007) apresentou valor de 9,2 (condição adequada). Os principais avanços encontrados se deram em função da inexistência do afloramento de chorume e adequação do sistema de drenagem desse material. As demais inconsistências encontradas na primeira visita também foram constadas na segunda (Presença de aves, ausência do sistema de monitoramento geotécnico além da presença de moscas).

Os parâmetros operacionais nas áreas de disposição de RSU representam uma importante ferramenta para preservação do meio ambiente. Dentre as principais, destaca-se o recebimento de materiais, evitando a presença de resíduos inadequados, como aqueles oriundos do serviço da saúde, industriais, dentre outros. Esses resíduos quando dispostos, podem acarretar a transmissão de patógenos ou ainda, na contaminação do solo e das águas subterrâneas por componentes presentes nesses materiais. Para isso, um eficiente sistema de monitoramento é essencial. A NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) afirma que que é necessário a implementação de um criterioso sistema de amostragem dos resíduos recebidos.

A operacionalidade, em âmbito geral, mostrou-se em boas condições em ambos os levantamentos. Em aspectos gerais, há cercamento em toda sua área limítrofe e um eficiente sistema de segurança (Figura 3A). Esse sistema consiste em portão com fechamento eletrônico e uma rede de monitoramento interna de segurança, a qual visa identificar a presença ou circulação de pessoas não autorizadas na área interna. Ademais, o empreendimento possui sistema de paisagem e cubagem (Figura 3B), facilitando o processo de controle de



entrada e saída de resíduos e auxiliando em demandas que se referem a gestão do aterro, sendo que nessa etapa são realizadas amostragens nos materiais recebidos.

**Figura 3** - (A) Limite físico, placas de identificação e sistema de segurança e (B) Sistema de pesagem e cubagem.



Fonte: Autor (2018).

Quanto a drenagem do lixiviado (Figura 4A), o efluente recircula das lagoas para as células, após seu tratamento preliminar (Figura 4B). A reinjeção do líquido percolado na massa de resíduo já aterrada facilita no decréscimo dos constituintes pela atividade biológica e por reações físico-químicas que ocorrem na parte interna do aterro (Pires, 2002). O mesmo autor ainda afirma que, a recirculação do lixiviado reduz o seu volume devido à perda por meio da evaporação. O tratamento do lixiviado, ocorre em três lagoas biológicas: duas anaeróbias e uma facultativa. Projetos futuros visam a instalação de um sistema físico-químico para tratamento desse material para reuso.

**Figura 4** - (A) Sistema de drenagem de lixiviado e (B) lagoas de tratamento dos efluentes.



No que se refere ao monitoramento ambiental, na área do estudo existem seis poços de monitoramento (Figura 5), dos quais, quatro encontram-se em operação. Como pode ser observado, esses poços são construídos seguindo as normas técnicas estabelecidas pelas NBR 15.495-1/2007 (ABNT, 2007) e 15.495-2/2008 (ABNT, 2008) além de possuírem placas de identificação. São realizadas coletas trimestrais em todos os poços, para o acompanhamento qualitativo da água subterrânea de uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água. Esse monitoramento visa identificar possíveis alterações na qualidade da água, facilitando o processo de tomada de decisão no caso de remediação. No item impermeabilização do solo (14), foi considerada como adequada em virtude de as células existentes estarem licenciadas pelo órgão ambiental competente para operação.

A rede de monitoramento atual conta com quatro poços em operação, conforme já citado. A NBR 15.849/2010 (ABNT, 2010) indica que em áreas de aterros sanitários, deve-se se ter uma rede de monitoramento da água subterrânea composta por, no mínimo 3 poços a jusante e um a montante da atividade em questão. Nesse sentido, o local apresenta a condição mínima, sendo indicado a perfuração de mais poços de monitoramento, principalmente nas áreas de direção do fluxo subterrâneo.

**Figura 5** - Poços de monitoramento de água subterrânea.



Fonte: Autor (2018).

O sistema de drenagem de gás existente está ilustrado na Figura 6. O gás drenado das células é liberado diretamente na atmosfera (Figura 5), não ocorrendo a queima, por questões operacionais e financeiras. Segundo Brito Filho (2005), a capacidade de geração de gás depende de vários fatores, tais como, a composição dos resíduos, umidade, tamanho das partículas, a idade do resíduo, pH, temperatura, e outros, além disso, quanto mais fácil é a decomposição da fração orgânica do resíduo, mais acelerada será a taxa de produção de gás no aterro.

A queima desse material iria reduzir os impactos ambientais, pois transformaria o gás metano (Principal constituinte) em gás carbônico, o qual possui menor impacto na atmosfera. O sistema de drenagem é composto por tubos de concreto perfurados lateralmente instalados desde a base do aterro e interligados entre si para facilitar a drenagem do gás, além do lixiviado. Esse sistema também é conhecido como “Espinha de peixe”.



**Figura 6** - Drenagem do gás presente na parte interna do aterro.



Fonte: Autor (2018).

O sistema de drenagem das águas pluviais existente visa evitar o seu encaminhamento até as lagoas de tratamento de lixiviado, ou ainda, evitar seu acúmulo na área. Para isso, nas áreas cobertas, a água pluvial é coletada e armazenada para posteriormente ser utilizada no processo de lavagens de pisos ou ainda irrigação. Além disso, nas demais áreas a drenagem é realizada por meios de drenos sub-superficiais e posterior encaminhamento até a área externa. O sistema de drenagem das águas pluviais pode ser observado na Figura 7.

**Figura 7** - Sistema de drenagem pluvial.



Fonte: Autor (2018).

Em relação ao recobrimento dos resíduos, esse é realizado semanalmente ou de maneira mais frequente, conforme a demanda. O solo utilizado é retirado de uma área lateral e transportado até o aterro por meio de caminhões do tipo caçamba. A compactação e acomodação dos rejeitos é realizado por uma escavadeira hidráulica em conjunto com um trator sobre esteiras. Essas condições podem ser observadas na Figura 8.

**Figura 8** - Acomodação, compactação e recobrimento dos rejeitos.



Fonte: Autor (2018).

O IQR (CETESB, 2007) é amplamente utilizado em estudos desenvolvidos em todo território nacional, assim, ao aplicar o IQR no município de Anápolis - GO, Santos et al. (2012) atribuíram peso 8,0, analisando diversas inconsistências, sendo elas, presença de catadores e aves, problemas no sistema de drenagem de lixiviado, falta de vigilância e sistema de cubagem. Duarte e Silva (2019) aplicando o IQR (CETESB, 2007) em Municípios Paulistas da Microrregião de Ituverava obtiveram condições adequadas. Essa condição também foi identificada por Cunha e Silva (2007) em seis aterros localizados na região metropolitana de Campinas - SP. Já no Município de Goianésia - PA e Goiânia - GO, Lacerda et al. (2020) e Barros et al. (2020) classificou as áreas analisadas como inadequadas, obtendo um valor de 1,2 e 2,2, respectivamente.

Estudos que envolvem a gestão e monitoramento de áreas de disposição de RSU são de suma importância, visto que desempenham uma importante ferramenta no processo de avaliação de riscos e proteção ambiental, principalmente relacionado a proteção do solo e da água subterrânea. Além disso, a aplicação desse método permite identificar condições pontuais de inconsistências operacionais em aterros sanitários, facilitando o processo de adequação desses pontos de maneira pontual e eficaz.

#### 4. Conclusão

A partir do uso do IQR, notou-se que a área de estudo apresenta condições adequadas nas duas visitas realizadas. Além disso, algumas inconsistências da primeira visita foram corrigidas na segunda, indicando a aplicabilidade do método. Porém, foram identificados alguns pontos inadequados que necessitam de correções, principalmente presença de aves, e moscas além da inexistência do monitoramento geotécnico.

Aliado a isso, destaca-se a importância da aplicação dessas metodologias, as quais permitem identificar pontos problemáticos no processo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Na área de estudo essa condição foi de extrema importância, pois permitiu entre as visitas, realizar a correção de pontos relacionados ao afloramento e drenagem de lixiviado, minimizando os impactos ambientais e colaborando para os processos de gerenciamento adequado dos RSU. Assim, estudos nesse sentido são utilizados por gestores como subsídio na tomada de decisões.

#### 5. Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007). **NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas de aquíferos granulares. Parte 1 - Projetos e construção.** Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). **NBR 15495-2: Poços de monitoramento de**

**águas subterrâneas de aquíferos granulares. Parte 2 - Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2010). **NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.** Rio de Janeiro: ABNT.

Barros, R. G., Dourado, B. R. & Bárbara, V. F. (2020). Determinação do índice da qualidade do aterro de resíduos do município de Goiânia/GO. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, (11), 155 - 166.

Borba, W. F. de. (2016). **Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi - RS.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Borba, W. F. de. (2019). **Avaliação da contaminação ambiental em um aterro sanitário de pequeno porte, sem utilização de geomembrana, na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. (2019). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2018.** Brasília: SNS/MDR.

Brito Filho, L. F. B. (2005). **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2007). **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório de 2007.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 13/10/2018.

CPRM. Companhia De Pesquisa De Recursos Minerais. (2006). **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM.

Cunha, M. E. G. & Silva, M. F. Análise de instrumentos de gestão ambiental visando a melhoria contínua do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos - IQR do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 6, 9 - 13, 2007.

Díaz-Villavicencio, G., Didonet, S. R. & Dodd, A. Influencing factors of eco-efficient urban waste management: Evidence from Spanish municipalities. **Journal of Cleaner Production**, 164, 1486 - 1496.

Duarte, J. P. P. & Silva, J. G. (2019). Aplicabilidade do IQR: Desempenho dos aterros sanitários dos municípios da microrregião de Ituverava-SP. In: 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2019, Foz Iguçu - PR. 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2019

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013). **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Freitas, M. A., Binotto, R. B., Nanni, A. S. & Bortoli, C. R. (2012). Avaliação do potencial hidrogeológico,

vulnerabilidade intrínseca e hidroquímica do sistema Aquífero Serra Geral no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 17 (2), 31 - 41.

Governo do Estado do Rio Grande do Sul. (2014). **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Sul. 2015 - 2034**. Porto Alegre: Engebio.

Gribrunet, L., Calvet, M. S. & Broto, V. C. (2017). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. **Geoforum**, 85, 353 - 367.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15/03/2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2005). **Malha digital municipal**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15/03/2015.

Lacerda, M. L., Silva, A. F da., Farias, A. M., Souza, D. E. S., Azevedo, D. P., Alves, Q. de O. & Santos, T. C. (2020). Avaliação do local de disposição final de resíduos sólidos urbanos de Goianésia-PA com base no Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR). In: Silva, H. C. da. **Demandas e essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 3**. Ponta Porã: Atena, 2020. Cap. 4., p. 33 - 41.

Machado, J. L. F. & Freitas, M. A. (2005). **Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: relatório final - Escala 1:750.000**. Porto Alegre, CPRM.

Pires, J. C. A. (2002). **Projeto de tratamento do chorume produzido no aterro metropolitano de Gramacho através de “Wetland”**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Santos, A. L. F., Haraguchi, M. T. & Leitão, G. C. (2012). Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), como subsídio para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis - GO. **Scientia Plena**, 8 (10).

Silva, L. da., Prietto, P. D. M. & Korf, E. P. (2019). Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. **Journal of Cleaner Production**, 237 (10), 117802.

Tirkolaei, E. B., Mahdavia, I., Esfahani, M. M. S. & Weber, G. W. (2020). A robust green location-allocation-inventory problem to design an urban waste management system under uncertainty. **Waste Management**, 102 (1), 340 - 350.