

# COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DE SOLOS UTILIZADOS EM CAMADA DE COBERTURA DE ATERRO SANITÁRIO

Jordan Carneiro Martins de Souza <sup>1</sup>

Aline Souza Honorato <sup>2</sup>

Carlos Alberto Alves Barreto <sup>3</sup>

Jeovana Jisla das Neves Santos <sup>4</sup>

William de Paiva <sup>5</sup>

## RESUMO

Aterros sanitários são utilizados em diversos países por constituírem métodos que reduzem impacto ambiental, apresentando viabilidade técnica e econômica. O funcionamento adequado e sustentável destes empreendimentos só é possível associado a sistemas de camada de cobertura eficientes, destinados a impedir poluição do ar por gases poluentes produzidos pela degradação dos resíduos, e infiltração de água da chuva para o interior do maciço sanitário. O objetivo deste trabalho consiste em comparar características geotécnicas de amostras de solo destinadas à utilização em camada de cobertura de Aterro Sanitário, com normas e recomendações ambientais vigentes. O campo experimental é o Aterro Sanitário localizado no distrito de Catolé de Boa Vista, município de Campina Grande-PB, recebendo também resíduos de cidades próximas. Parâmetros geotécnicos foram obtidos por ensaios regulamentados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, que são: permeabilidade à água, compactação, densidade in situ, limites de consistência e análise granulométrica. Os Solos apresentaram coeficientes de permeabilidade à água entre  $10^{-8}$  m.s<sup>-1</sup> e  $10^{-7}$  m.s<sup>-1</sup>, em conformidade com requisitos das regulamentações. Apresentaram características adequadas em termos de compactação e limites de consistência. A análise geral permite considerar que os Solos 01, 02 e 03 apresentaram maior adequação à maioria dos Valores Mínimos Permissíveis, em comparação aos Solos 04, 05 e 06, sem comprometimento do uso destes como camada de cobertura final. Observou-se que espessuras das camadas encontraram-se acima do recomendado, constituindo fator de direcionamento da operação do Aterro Sanitário e uso mais econômico das jazidas da região.

**Palavras-chave:** Geotecnia ambiental, sustentabilidade, resíduos sólidos urbanos, regulamentação ambiental.

## INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, jordancms1995@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, alinesh99@gmail.com;

<sup>3</sup> Doutorando do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, carloss\_barreto@yahoo.com.br;

<sup>4</sup> Doutoranda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, jeovana\_jisla@hotmail.com;

<sup>5</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, wili123@ig.com.br.

Os aterros sanitários são amplamente utilizados em diversos países por constituírem um método que reduz o impacto ambiental, além de possuir considerável viabilidade técnica e econômica. De acordo com a NBR 8419 (ABNT, 1992), esse meio de deposição utiliza princípios da engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de material, em geral solo, na conclusão de cada etapa da operação.

Dessa forma, o funcionamento adequado e sustentável destes empreendimentos só é possível associado a um eficiente sistema de camada de cobertura que corresponde a uma estrutura destinada a impedir, eficazmente, a poluição do ar em virtude dos gases poluentes produzidos pela degradação dos resíduos, e a infiltração de água da chuva para o interior do maciço sanitário (SOARES, 2011).

Além disso, o desempenho da camada de cobertura também influencia diretamente na decomposição bioquímica dos resíduos e geração de lixiviado, constituindo uma perspectiva adicional em relação à importância desse aspecto no funcionamento geral do empreendimento (FERREIRA e MAHLER, 2006).

Geralmente pode-se classificar os tipos de camada de cobertura de aterros sanitários em dois: camada convencional e camada alternativa. A camada do tipo convencional é constituída por solos de baixa permeabilidade, sendo em maior predominância de argilas compactadas. Já a camada do tipo alternativa é constituída por outros materiais, como resíduos da construção civil, materiais de compostagem, ou associações de solos com estes ou outros materiais alternativos (COSTA et al, 2018).

A busca por camadas alternativas pressupõe, dentre outros fatores, a constante demanda por materiais de maior eficiência e acessibilidade econômica, e a pouca disponibilidade de jazidas de solos. Para a viabilização de novos materiais, no entanto, é necessário que estudos e análises sejam realizados de forma constante, de modo a evidenciar as novas oportunidades nesse cenário.

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em comparar as características geotécnicas de amostras de solo destinadas à utilização em camada de cobertura de Aterro Sanitário, com as normas e recomendações ambientais vigentes.

Este artigo é fruto de uma pesquisa realizada pelo Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sendo parte de um projeto maior aprovado pela FINEP intitulado “Desenvolvimento de soluções tecnológicas a partir do

biogás produzido em sistemas de tratamento de esgotos e aterros sanitários para geração de Energia Elétrica (EE)”. Conta também com o apoio de convênio em execução referente ao Monitoramento do Aterro Sanitário situado na Fazenda Logradouro II no município de Campina Grande – PB, no qual o GGA presta serviços à empresa contratante, ECOSOLO – GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS LTDA. Ainda, faz parte deste convênio a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTcPB), que faz a intermediação jurídica entre o GGA/UFCG e a ECOSOLO. Integra ainda o projeto referente à Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Nível 2 - CNPq n°. 12/2016) de professores parceiros, intitulado “Novas tecnologias de medições geotécnicas e ambientais para o monitoramento de aterros sanitários”, que também contribui com o desenvolvimento deste trabalho.

## **METODOLOGIA**

O campo experimental consiste no Aterro Sanitário localizado no distrito de Catolé de Boa Vista, no município de Campina Grande-PB (sede), nas proximidades do quilômetro 10 da rodovia PB-138. Funcionando desde julho de 2015, atualmente o Aterro recebe resíduos de Campina Grande - PB e de cidades próximas, sendo o município sede responsável por aproximadamente 95% dos resíduos aterrados. O município de Campina Grande-PB está localizado no agreste paraibano, sendo integrante do Semiárido Brasileiro.

A camada de cobertura do Aterro Sanitário é do tipo convencional e desde o mês de julho de 2015 já recebeu solos de jazidas localizadas próximo ao Aterro, dentro de um raio de 5 km. Neste trabalho, foram analisadas 6 (seis) amostras de solos utilizados como material de composição da camada de cobertura final, Quadro 1. Estes solos foram analisados em trabalhos de tese, dissertação e iniciação científica desenvolvidos na UFCG e enumerados de 1 a 6, de modo a simplificar sua apresentação, e fazem parte do banco de dados do GGA.

Quadro 1. Identificação das amostras de solo.

Numeração da amostras	Procedência/Fonte
01	Araujo (2017)
02	GGA (2017)
03	Guedes (2018) e Moreira (2018)
04	GGA (2019a)
05	GGA (2019b)
06	Trindade (2019)

Os parâmetros geotécnicos foram obtidos por meio da realização dos ensaios de solos regulamentados pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme Quadro 2. Realizou-se a classificação do solo pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e verificação da espessura da camada de cobertura executada. A partir desses parâmetros, comparou-se os dados com os Valores Mínimos Permissíveis (VMP) definidos nas normas nacionais, internacionais e regulações ambientais vigentes.

Quadro 2. Ensaio de solos e normas regulamentadoras.

PARÂMETRO	MÉTODO UTILIZADO
Permeabilidade	Permeabilidade a carga variável ( $m.s^{-1}$ ) – NBR 14545 (ABNT, 2000)
Compactação	NBR 7182 (ABNT, 2016f)
Densidade <i>in situ</i>	Cilindro de cravação – NBR 9813 (ABNT, 2016h)
Limites de consistência	Limite de liquidez – NBR 6459 (ABNT, 2016d)
	Limite de plasticidade – NBR 7180 (ABNT, 2016c)
	Índice de Plasticidade (IP)
Análise granulométrica	Granulometria por peneiramento e sedimentação – NBR 7181 (ABNT, 2016e)
Classificação	SUCS (ASTM D2487-11)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos quadros 3 e 4 estão apresentados os dados dos solos utilizados como material para camada de cobertura final de resíduos do Aterro Sanitário em Campina Grande-PB, com os respectivos VMP's recomendados pelas normas internacionais, nacionais e regulações do sistema de saneamento nacional.

Quadro 3. Resultados dos solos enumerados de 01, 02 e 03.

PARÂMETRO	Solo 01	Solo 02	Solo 03	VMP*
Permeabilidade	$2,77 \times 10^{-8}$	$8,79 \times 10^{-7}$	$8,01 \times 10^{-8}$	$10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ (USEPA, 2004) $10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ - NBR 13896 (ABNT, 1997)
Compactação	$W_{\text{ótima}} = 20,25\%$ M. específica: $1610 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 10,97\%$ M. específica: $1963 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 12,4\%$ M. específica: $1870 \text{ kg.m}^{-3}$	$\geq 1450 \text{ kg.m}^{-3}$ (KABIR & TAHA, 2004) Entre $1780 \text{ kg.m}^{-3}$ e $1950 \text{ kg.m}^{-3}$ (MARIANO, 2008)
Densidade <i>in situ</i>	$W_{\text{ótima}} = 6,64\%$ M. específica: $1570 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 2,64\%$ M. específica: $1780 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 7,70\%$ M. específica: $1950 \text{ kg.m}^{-3}$	Não possui regulamentação
Limite de liquidez	32,00%	32,00%	25,00%	$\geq 30\%$ (CETESB, 1993)
Limite de plasticidade	24,00%	20,00%	16,00%	Não possui regulamentação
Índice de Plasticidade	8,00%	12,00%	9,00%	Entre 7% e 15% (USEPA, 2004)
Análise granulométrica	52,69%	23,15%	30,10%	$\geq 30\%$ (Material passante na peneira #0,074 mm (N° 200)) (CETESB, 1993) Entre 30% a 50% (USEPA, 2004)
Classificação	CL	CL	SC	CL, CH, SC ou OH (CETESB, 1993)
Espessura da camada de cobertura final	1,00	1,10	0,70 m a 1,50 m	0,60 m (FEAM, 2006)
Tipo de camada de cobertura	Convencional	Convencional	Convencional	Evapotranspirativa (USEPA, 2011)

VMP\*: Valores Mínimos Permissíveis.

Fonte: Autores (2019).

Quadro 4. Resultados dos solos enumerados de 04, 05 e 06.

PARÂMETRO	Solo 04	Solo 05	Solo 06	VMP
Permeabilidade	$2,30 \times 10^{-7}$	$2,04 \times 10^{-7}$	$1,01 \times 10^{-8}$	$10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ (USEPA, 2004) $10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ - NBR 13896 (ABNT, 1997)
Compactação	$W_{\text{ótima}} = 19,6\%$  M. específica: $1630 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 16,25\%$  M. específica: $1640 \text{ kg.m}^{-3}$	$W_{\text{ótima}} = 12\%$  M. específica: $1800 \text{ kg.m}^{-3}$	$\geq 1450 \text{ kg.m}^{-3}$ (KABIR & TAHA, 2004) Entre $1780 \text{ kg.m}^{-3}$ e $1950 \text{ kg.m}^{-3}$ (MARIANO, 2008)
Densidade <i>in situ</i>	-	-	-	Não possui regulamentação
Limite de liquidez	46,00%	31,00%	-	$\geq 30\%$ (CETESB, 1993)
Limite de plasticidade	29,00%	23,00%	NP (Não Plástico)	Não possui regulamentação
Índice de Plasticidade	17,00%	8,00%	-	Entre 7% e 15% (USEPA, 2004)
Análise granulométrica	65,59%	65,15%	30,11%	$\geq 30\%$ (Material passante na peneira #0,074 mm (Nº 200)) (CETESB, 1993) Entre 30% a 50% (USEPA, 2004)
Classificação	OL	SC	SM	CL, CH, SC ou OH (CETESB, 1993)
Espessura da camada de cobertura final	-	-	Superior a 0,60 m	0,60 m (FEAM, 2006)
Tipo de camada de cobertura	Convencional	Convencional	Convencional	Evapotranspirativa (USEPA, 2011)

VMP\*: Valores Mínimos Permissíveis.

Fonte: Autores (2019).

### **Permeabilidade**

Os Solos 01, 03 e 06 apresentaram os seus coeficientes de permeabilidade à água, determinados em laboratório, próximos a  $10^{-8}$  m.s<sup>-1</sup>, estando em conformidade com os requisitos da NBR 13896 (ABNT, 1997) e da norma internacional da USEPA (2004). Já os Solos 02, 04 e 05 apresentaram coeficientes de permeabilidade na ordem de  $10^{-7}$  m.s<sup>-1</sup>, em conformidade com os requisitos da NBR 13896 (ABNT, 1997), porém não atendendo às recomendações da USEPA (2004). Entretanto, em geral, os 6 solos analisados enquadraram-se entre as duas normas consideradas, e os valores observados, principalmente para os solos 01, 03 e 06 aproximaram-se dos obtidos por Santos (2015), ao estudar o comportamento hidromecânico de solos utilizados em camada de cobertura de aterro sanitário, o qual foi de  $2 \times 10^{-8}$  m/s.

### **Compactação**

No que diz respeito à compactação, os Solos 01, 02, 03, 04, 05 e 06 apresentaram valores de densidade seca máxima com variação de  $1610 \text{ kg.m}^{-3}$  a  $1963 \text{ kg.m}^{-3}$ . De acordo com o critério estabelecido por KABIR & TAHA (2004), todas as amostras apresentaram características adequadas para o uso em aterros sanitários, visto que os valores encontraram-se acima de  $1450 \text{ Kg.m}^{-3}$ , porém apenas os Solos 03 e 06 encontraram-se dentro da faixa de  $1780 \text{ Kg.m}^{-3}$  a  $1950 \text{ Kg.m}^{-3}$  estabelecidos por Mariano (2008), com o solo 02 apresentando resultados levemente acima desse critério. Vale salientar que este parâmetro não possui regulamentação ou índices mínimos a serem atendidos para camadas de cobertura de aterros sanitários em termos de normatização. Os valores apresentados aproximaram-se dos obtidos por Joaquim Junior (2015), onde foi observado peso específico seco máximo de  $1670 \text{ Kg.m}^{-3}$  para um solo da Central de Tratamento de Resíduos Seropédica -RJ.

### **Classificação do solo**

Os Solos 04 e 06 foram classificados como OL (argila orgânica arenosa) e SM (areia siltosa), respectivamente, estando fora da classificação proposta pela CETESB (1993). Já os Solos 01 e 02 apresentaram classificação como CL (argila com baixa compressibilidade) e os Solos 03 e 05 apresentaram classificação como SC (areia argilosa), em ambos os casos atendendo ao critério estabelecido na referência supracitada. Oliveira et al. (2013) em seus estudos também verificaram o uso de solo do tipo SC para camada de cobertura no CTR Nova Iguaçu-RJ.

### **Limites de consistência**

Os Solos 01, 02, 04 e 05 apresentaram limites de liquidez entre 31 e 46%, de acordo com a recomendação mínima de 30% (CETESB, 1993); o Solo 03 apresentou limite de liquidez de 25%, abaixo da referida norma e para o Solo 06 não foi possível a obtenção desse parâmetro. No que diz respeito ao limite de plasticidade, nos solos 01, 02, 03, 04 e 05 foi observada uma variação de 16 a 29%, não havendo parâmetro normativo de comparação, e o Solo 06 foi caracterizado como Não-Plástico (NP), sendo um resultado comum em solos arenosos, de acordo com CAPUTO (1988). Já os índices de plasticidade observados variaram de 8 a 12% para os solos 01, 02, 03 e 05, atendendo aos valores de recomendação da USEPA (2004), de 7 a 15%, estando o solo 04 um pouco acima da faixa estabelecida, com 17%, e o solo 06 não apresentando valor para esse índice.

### **Granulometria**

A análise granulométrica dos solos estudados apresentou um percentual de grãos passantes na peneira de nº 200 (abertura de 0,075 mm) de 52,69% (Solo 01), 23,15% (Solo 02), 30,11% (Solo 03), 65,59% (Solo 04), 65,15% (Solo 05) e 30,11% (Solo 06). Com esses resultados, observa-se que apenas o Solo 02 não se enquadrou na recomendação da CETESB (1993), acima de 30%, para aterros sanitários. Entretanto, quando comparado aos critérios da USEPA (2004), entre 30 e 50%, as amostras do Solo 04 e 05 também não são consideradas nos padrões de recomendação. É importante destacar que o percentual considerável de finos no solo contribui para uma menor permeabilidade de fluidos pela camada de cobertura de solo compactado.

### **Condições da Camada**

A camada de cobertura de solo compactado do Aterro Sanitário apresentou espessura superior ao recomendado pela FEAM (2006). Admite-se, assim, que a operação realizada utiliza excessiva quantidade de material na confecção da camada, porém não compromete a sua finalidade como camada impermeabilizante de solo compactado.

Os resultados listados nos Quadros 2 e 3 demonstram que o solo, embora apresente alguns pontos que não estão em conformidade com determinadas normas, possui características que lhe conferem o uso como material de camada de cobertura para aterros sanitários.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos parâmetros geotécnicos das 6 amostras de solo estudadas, pode-se concluir que houve um enquadramento nas exigências da maioria das normas e regulamentações consideradas, salvo pequenas exceções em algumas das amostras. Mas a análise geral permite considerar que os Solos 01, 02 e 03 foram os que apresentaram maior adequação à maioria dos Valores Mínimos Permissíveis, em comparação aos Solos 04, 05 e 06, porém, sem comprometimento do uso destes solos como camada de cobertura final de aterros sanitários. Observou-se também que as espessuras das camadas observadas encontraram-se acima do recomendado por regulamentação específica, o que constitui um fator de direcionamento da operação do aterro sanitário e de um uso mais econômico das jazidas de solo da região.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 6459: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016d. 5p

\_\_\_\_\_NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016c. 3p.

\_\_\_\_\_NBR 7181: Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016e. 13p.

\_\_\_\_\_NBR 7182: Compactação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2016f. 10p.

\_\_\_\_\_NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_NBR 9813: Determinação da massa específica aparente in situ, com emprego de cilindro de cravação. Rio de Janeiro, 2016g. 5p.

\_\_\_\_\_NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 21p.

\_\_\_\_\_NBR 14545: Solo: determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro, 2000. 12p.

ARAÚJO, P. da S. Análise do desempenho de um solo compactado utilizado na camada de cobertura de um aterro sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.D2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011. 12p.

BAIRD, Colin. Química Ambiental. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações V1, 2 e 3. RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1988.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Resíduos Sólidos Industriais. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p.

COSTA, Magdalena Duarte; MARIANO, Maria Odete Holanda; ARAUJO, Leila Barros and JUCA, José Fernando Thomé. Estudos laboratoriais para avaliação do desempenho de camadas de cobertura de aterros sanitários em relação à redução de emissões de gases e infiltrações. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2018, vol.23, n.1.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. Orientações básicas para a operação de aterro sanitário. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 36p.

FERREIRA, Maria Alice da Silva; MAHLER, Cláudio Fernando. Avaliação do solo das camadas de cobertura intermediárias e finais - estudo de caso. Rio de Janeiro: Ufrj, 2006.

GUEDES, M.J.F. Estudo das emissões de biogás em aterro de resíduos sólidos urbanos no semiárido brasileiro. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2018

GGA/UFCG – Grupo de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. 2017.

GGA/UFCG – Grupo de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. 2019 a.

GGA/UFCG – Grupo de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. 2019 b.

JOAQUIM JUNIOR, G. O. Comparação de desempenho de sistemas de cobertura em relação à infiltração de água pluvial no aterro sanitário de Seropédica (RJ), durante a fase de operação. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2015.

KABIR, M. H.; TAHA, M. R. Assessment of physical properties of a granite residual soil as a isolation barrier. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v.92c, 13pp, 2004.

MARIANO, M. O. H. Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos. 2008. 225 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, 2008.

MOREIRA, F. G. dos S. Emissões fugitivas de biogás em célula de aterro sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

OLIVEIRA, A. C. E.; RITTER, E.; MANNARINO, C. F. Diagnóstico e avaliação de emissões fugitivas de biogás na camada de cobertura final da central de tratamento de resíduos de Nova Iguaçu e do lixão de Seropédica, Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2013, Goiânia-GO. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, p. 1-8.

SANTOS, G. M. Comportamento hidromecânico de solo e das misturas solo-composto utilizados em camadas de cobertura no aterro experimental da Muribeca, Pernambuco. 2015. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2015.

SOARES, A. F. Cobertura final de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos avaliada sob o enfoque da oxidação microbiológica de metano. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo-RS, 2011.

TRINDADE, J. R. Estudo da influência da cobertura vegetal na estabilidade de taludes de aterros sanitários. 2019. Relatório Parcial de Iniciação Científica – Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

USEPA, - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Technical guidance for RCRA/CERCLA final covers. Washington DC., 2004. 421p.