



Análise da Camada de Cobertura Utilizada para Fechamento Temporário em Aterro Industrial Localizado no Município de Joinville

Jéssica Nazário Machado

Unisociesc, Joinville, Brasil, jessicanazario_@hotmail.com

Emanuelle Vidal Pereira

Unisociesc, Joinville, Brasil, emanuellevidalpereira@hotmail.com

Guilherme de Luca Campos

Unisociesc, Joinville, Brasil, ecti.engenharia@gmail.com

RESUMO: A infiltração da água da chuva na cobertura do aterro gera um líquido chamado percolado. Esse líquido é fonte de poluição que traz uma grave contaminação das águas superficiais e subterrâneas. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a infiltração da água da chuva em camadas de fechamento com espessuras diferentes, identificar características geotécnicas do material a ser utilizado na camada, analisar financeiramente cada célula, verificar o processo construtivo da camada e propor manutenções para minimizar a infiltração da água da chuva no resíduo. A metodologia compreendeu ensaios de laboratório para a caracterização do material utilizado e investigação de campo, com as medições da pluviometria e de infiltração. Com os resultados concluímos que a camada de impermeabilização deve ser executada com o maior grau de compactação. A análise dos custos apresentou-se elevada, pois seria necessário contratar uma equipe de manutenção. Conclui-se que a camada de 80 cm é a mais adequada, pelo seu percentual de infiltração ser menor.

PALAVRAS-CHAVE: Camada de cobertura; Camada de cobertura temporária; Infiltração, Aterro Sanitário.

1 INTRODUÇÃO

Qualquer prática humana tem como consequência formação de resíduos sólidos. A quantidade de resíduo gerada está diretamente relacionada com o crescimento populacional e o desenvolvimento da indústria. Parte desses resíduos são reciclados e reaproveitados em diversos campos. Os materiais que não tem mais aplicação útil são encaminhados para um destino apropriado, cuja técnica mais utilizada para concentração desses materiais é o aterro sanitário (SOUZA, 2005).

A população vem alterando constantemente seu modo de consumo de acordo com a urbanização, crescimento populacional e desenvolvimento econômico e tecnológico. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos atualmente passaram a englobar em sua composição elementos sintéticos, aumentando as preocupações com doenças, alterações climáticas, poluição ambiental e escassez de recursos naturais, que são perigosos aos ecossistemas e à saúde humana (GOLVEIA e PIMENTEL, 2012).

A infiltração da água da chuva na cobertura do aterro e a umidade presente no resíduo



geram um líquido chamado de percolato, chorume ou ainda lixiviado. O chorume é a principal fonte de poluição em aterros, que é gerado através da percolação da água da chuva que infiltra sobre o maciço, carregando os produtos da decomposição biológica e elementos minerais em degradação. Esse efluente traz um grave risco de contaminação para as águas superficiais e principalmente para as águas subterrâneas (SOUZA, 2005).

A NBR 10.157 não especifica a espessura a ser utilizada para fechamento do maciço, apenas exige que deva ser construído de forma a minimizar a infiltração de água para dentro do maciço, exigir pouca manutenção, e possuir um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área do aterro (ABNT, 1987).

As variações climáticas e ambientais sobre o material de cobertura, com o passar do tempo, influenciam nas taxas de infiltração da água. Isso ocorre devido ao aumento ou diminuição de umidade, que alteram as características do material, na proporção de água e ar nos vazios do solo e dessa forma abrindo trincas ou vazios para que ocorra o fluxo de água. Em regiões de climas úmidos os altos índices pluviométricos incluindo também a redução da evapotranspiração, convertem em uma quantidade maior de infiltração de água através do sistema de cobertura (LOPES, 2011).

Diante da problemática apresentada, tem-se o seguinte questionamento: Qual espessura a ser utilizada no fechamento do maciço minimizará a infiltração de água da chuva?

2 PERMEABILIDADE DOS SOLOS

A permeabilidade é uma propriedade que o solo tem de permitir o escoamento da água através dos seus vazios através do seu meio poroso. A sua avaliação é feita através do “coeficiente de permeabilidade”. É chamado de permeabilidade a maior ou menor facilidade com que a percolação de água ocorre através de um determinado solo (CAPUTO, 1988).

Os solos são permeáveis em função da existência de vazios pelos quais a água pode fluir de pontos de alta energia para pontos de baixa energia (DAS, 2012). A água livre escoada entre os grãos, se a mesma estiver exposta a um potencial hidráulico haverá o fenômeno do escoamento da água através do solo (VARGAS, 1977).

O conhecimento do valor da permeabilidade é muito relevante em algumas obras de engenharia, principalmente, na estimativa da vazão que percolará pelo meio do maciço e da fundação em barragens de terra, em obras de drenagem, rebaixamento do nível d'água, adensamento, etc (CAPUTO, 1988)

2.1 Determinação do Coeficiente de Permeabilidade

Segundo Caputo (1988) e Das (2012) são utilizados dois ensaios de laboratório para determinar a condutividade hidráulica de um solo: ensaio de carga constante e ensaio de carga variável. A seguir será apresentada uma breve descrição de cada um.

2.1.1 Ensaio de Carga Constante

Um permeâmetro de nível constante é exibido na Figura 1. Geralmente é utilizado para solos granulares (CAPUTO, 1988).

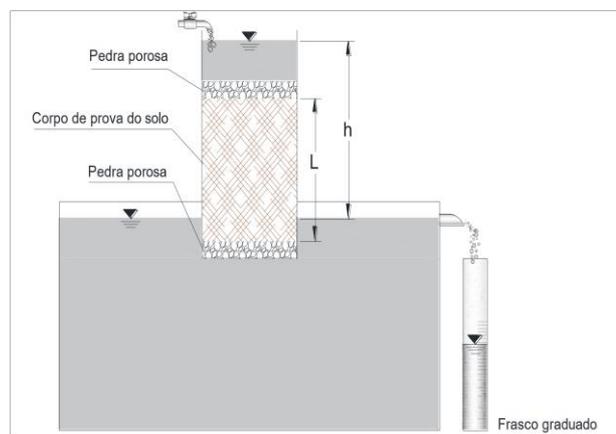


Figura 1. Ensaio de permeabilidade de carga constante.



Segundo Caputo (1988) e Das (2012) nesse tipo de ensaio, o coeficiente k é determinado medindo a quantidade de água, mantida a nível constante, que atravessa em um determinado tempo t uma amostra de solo de seção A e altura L conhecidas. A quantidade de água que atravessa a amostra é recolhida em um recipiente graduado, onde é medida através da Eq. 4, onde o h é o desnível entre a superfície de entrada de água e a superfície de saída. Essa representação é medida através da equação 2.

$$Q = k \cdot \frac{h}{L} \cdot A \cdot t \quad (1)$$

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t} \quad (2)$$

2.2.2 Ensaio de carga variável

Um permeâmetro de nível variado é exibido na Figura 2. Geralmente é utilizado para solos finos (CAPUTO, 1988).

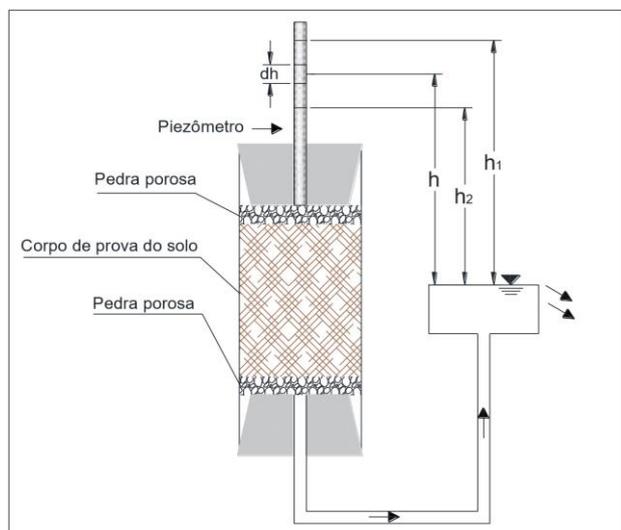


Figura 2. Ensaio de permeabilidade com carga variável

Segundo Caputo (1988) e Das (2012) a água de um piezômetro flui através de um solo. A diferença da carga inicial h_1 a um tempo $t = 0$ é registrada e a água pode fluir através da amostra

de solo de forma que a diferença de carga final no tempo $t = t_2$ seja h_2 , resultando na equação 3.

$$k = 2,303 \cdot \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

2.3 Fatores que influenciam a permeabilidade do solo

Existem diversos fatores que influenciam o coeficiente de permeabilidade do solo. A seguir serão apresentados os principais fatores descritos na literatura.

2.3.1 O índice de vazios (e)

O coeficiente de permeabilidade é diretamente proporcional ao índice de vazios (e) da amostra, ou seja, quanto maior for o “ e ” maior será o valor de k (coeficiente de permeabilidade). Quanto mais compacto estiver o solo, menor será sua permeabilidade, pois o tamanho e forma do fluxo serão menores (MARANGON, 2015).

2.3.2 A temperatura da água

Segundo Marangon (2015) a viscosidade da água depende da temperatura, quanto maior o valor da temperatura da água menor a sua viscosidade e mais facilmente água flui, aumentando o coeficiente de permeabilidade. Este fator tem importância para os ensaios de laboratório. De acordo com a norma NBR 14.545 deve-se corrigir a temperatura para o valor de 20°C.

2.3.3 Densidade e viscosidade da água

Quanto mais pesada e viscosa for a água maior será a dificuldade com que atravessará os poros do solo (PAZZETTO, 2009).

2.3.4 Tipo de solo

Segundo Caputo (1988) os solos granulares, como pedregulhos e areias, apresentam maior



K. Solos finos, siltes e argilas apresentam menor K.

3 SISTEMAS DE COBERTURA DO ATERRO

Dentro de uma perspectiva mais ampla no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, a destinação final, é a última fase a ser realizada com relação aos procedimentos que envolvem esses materiais.

Nesse conceito, a implantação de sistemas voltados para a redução da produção de resíduos, posteriormente reciclagem, são medidas de extrema importância para minimizar os problemas que envolvem a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Um desses problemas é, por exemplo, a obtenção de novas áreas para a implantação de novos aterros (NASCIMENTO, 2007).

No Brasil, a maioria dos aterros utilizam uma camada homogênea de argila compactada para fazer o fechamento da cobertura do aterro. Esses materiais geralmente são os mais utilizados devido as suas características de baixa permeabilidade à água e ao baixo custo do material, principalmente quando as jazidas se encontram junto a área do aterro ou em regiões próximas (MARIANO, 2008).

O principal objetivo da camada de cobertura é impedir a infiltração da água da chuva para o interior do maciço, e também ser capaz de controlar as emissões de biogás, sendo a permeabilidade um dos principais parâmetros que fornecerá informações sobre o comportamento da camada de cobertura ao longo do tempo (LOPES, 2011).

Entre as principais características geotécnicas que podem influenciar na permeabilidade do solo e devem ser observadas durante a execução das camadas de cobertura, podemos citar: umidade de compactação, estrutura do solo, grau de saturação, sucção do solo e conteúdo volumétrico de ar, dentre outros fatores (MARIANO, 2008).

3.1 Camada de cobertura final

A camada de cobertura final de um aterro deve ser composta por um sistema de impermeabilização que tem a finalidade de isolar os resíduos dispostos para evitar a geração de percolado, a atração de vetores e a saída de gases para a atmosfera. Devem também possuir baixa permeabilidade, resistência a ação do tempo (MARIANO, 2008; REICHERT, 2007, MANSOR et al., 2010).

Segundo McBean et al. (1995), as funções principais da cobertura final são: a) Proporcionar o escoamento da água superficial e proteger a cobertura de erosões; b) Atuar como uma capa de baixa permeabilidade que reduz a infiltração das águas superficiais na massa de resíduos e conseqüentemente impacta na geração de chorume; c) Reter a umidade para o crescimento da vegetação; d) Reduzir ou aumentar a migração de gases do aterro, dependendo dos objetivos do projeto; e) Adequar a área e os seus contornos de acordo com a sua futura utilização; f) Fornecer uma base para o estabelecimento de uma cobertura de solo adequada.

Segundo a NBR 10.157 a cobertura final deve ter um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área de aterro, a norma não especifica a espessura de camada (ABNT, 1987).

Já os autores Qasim e Chiang (1994), explicam que a cobertura final possui de 3% a 5% de inclinação de 0,5 m a 1 m de espessura e pode ser composta por uma ou mais camadas com diferentes funções. Grande parte dos aterros executa uma camada homogênea de argila compactada (PEREIRA, 2005).

Porém alguns autores como Gomes e Martins (2003) recomendam a utilização de solo argilo-arenoso, por apresentar menor fissuração por secagem em relação aos solos com teores de argila mais elevados.

Há diversos arranjos possíveis para a camada final de cobertura, os quais são construídos de



acordo com as características meteorológicas do local, os objetivos e os recursos disponíveis. No entanto, os componentes de uma cobertura final normalmente apresentado pela literatura são estes apresentados na Figura 3:

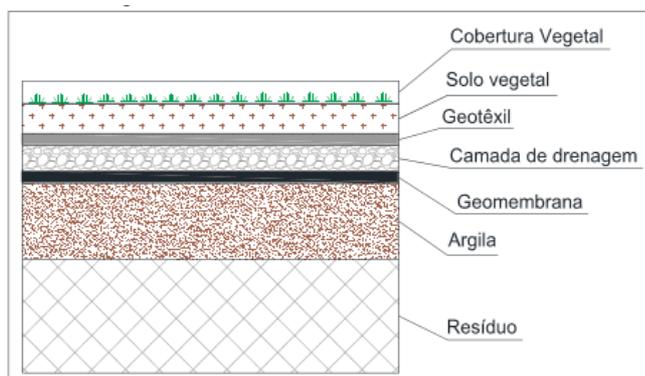


Figura 03 – Camada de Cobertura Final de um aterro sanitário.

4 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em um aterro industrial localizado no município de Joinville que fica na região norte do estado de Santa Catarina no bairro denominado Zona Industrial Norte.

Para obter os resultados necessários dessa pesquisa, foram realizados ensaios de laboratório, objetivando identificar, caracterizar e determinar as principais propriedades dos solos que ocorreram na área de estudo.

Para dar início aos os ensaios, dia 01/11/2017 foram coletadas amostras deformadas da jazida com aproximadamente 15 kg, retiradas em 3 pontos diferentes, para serem submetidas aos processos de caracterização geotécnica. Todos os materiais foram levados ao laboratório de solos da empresa Geofoma Engenharia Ltda que foi contratada para a realização dos ensaios de laboratório.

Os ensaios para caracterização do tipo de solo foram realizados a partir de amostras deformadas e correspondem aos ensaios: análise granulométrica por peneiramento e sedimentação (NBR 7.181/2016), limite de

liquidez (NBR 6.459/2016), limite de plasticidade (NBR 7.180/2016), ensaio de compactação (NBR 7.182/2016).

Foram construídas três células experimentais (dimensões em planta de 5,0 x 10,0 metros cada) a fim de verificar a infiltração em cada tipo de camada construída. A primeira com 60 de aterro e declividade de 1%. A segunda célula com 80 cm de aterro e declividade de 1%. Já a terceira com 60 cm de aterro porem com 45% de declividade (representando o talude dos 2 primeiros modelos). A seguir, figuras 4 a 10 apresentando corte esquemático das células e sua construção (bermas):

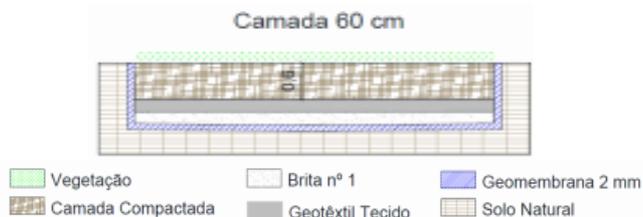


Figura 04 – Corte esquemático das células



Figura 05 - Regularização da Superfície



Figura 06 - Instalação da Geomembrana



Figura 07 - Execução de camada drenante (Brita)



Figura 08 - Início da disposição da Argila



Figura 09 - Celulas com argila devidamente compactada



Figura 10 - Celulas Finalizadas

Para verificar a eficiência da argila foram realizados a partir de amostras moldadas em laboratório na umidade ótima e correspondem aos ensaios: ensaio CBR (NBR 9.895/87), determinação do coeficiente de permeabilidade (14.545/00) e ensaio de cisalhamento (ASTM D3080/03).

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 Especificações do Processo Construtivo

A camada de impermeabilização superficial deverá ser executada com solo local compactado de forma a atingir o maior grau de compactação possível. Destaca-se que uma boa qualidade da compactação irá definir o sucesso da utilização deste sistema de impermeabilização.

O solo da camada de fechamento deverá conter o maior teor de argila possível e isento de matéria orgânica, pedras e pedregulhos. A qualidade da compactação está diretamente associada ao volume de água que irá infiltrar. Assim, uma pista experimental deverá ser confeccionada sobre um aterro contendo as condições de inclinação e de resíduo típicas do aterro.

Com base nestas características possíveis de serem executadas em campo é que deverão ser fixadas as características mínimas da camada de fechamento.

Observa-se que no que diz respeito à infiltração, a medida que não se consegue uma qualidade adequada de compactação a espessura da camada de fechamento deverá ser aumentada.

O principal ponto para a estabilidade e o sucesso da camada de fechamento do talude está na eficiência do sistema de drenagem. Quanto menor for à quantidade de água que escoar sobre o solo menor será a erosão e a infiltração.

Desta forma, canaletas deverão ser construídas em cada berma ao pé do talude e



as águas pluviais deverão ser conduzidas para fora do maciço e direcionadas para o sistema de drenagem do aterro. A berma deverá ter inclinação no sentido da crista do patamar, para o pé do talude.

Estas canaletas deverão ser confeccionadas com manta de geomembrana ou geocomposto com cimento, moldadas in loco e confeccionadas de modo que a água adentre com facilidade nas mesmas.

Devido aos processos erosivos e as deformações que irão ocorrer, principalmente em função da decomposição do resíduo ao longo do tempo, é fundamental a manutenção permanente destas canaletas.

É inevitável o surgimento de trincas, fissuras e erosão na camada de fechamento em decorrência tanto das deformações do maciço de resíduos quanto das condições climáticas. Neste sentido é fundamental manter um plano de manutenção nos taludes para minimizar a infiltração no resíduo e o aumento do percolado.

As manutenções devem ser feitas periodicamente com vistas a recompor a camada de fechamento nos pontos críticos e recuperar possíveis canaletas que estejam danificadas, tomando o cuidado para que a inclinação direcione corretamente as águas para fora do maciço e conduza até o sistema de drenagem do aterro.

5.2 Monitoramento das Células Experimentais

Os dados foram coletados diariamente do período de 02 de janeiro até 30 de abril de 2018, excluindo sábados, domingos e feriados. Na fase de monitoramento das células, eram coletados os dados da pluviometria e o volume de água infiltrado de acordo com sua respectiva célula experimental.

O dado coletado na segunda-feira era referente ao acumulado de sexta, sábado e domingo que antecedia a data da coleta.

Na Tabela 2 é apresentado um resumo de cada período com os dados pluviométricos e a quantidade de água infiltrada em cada espessura da célula experimental.

Tabela 2. Resumo da pluviometria e da quantidade de água infiltrada em cada camada

Data	Pluviometria (mm)	Camada 60 cm (litros)	Camada 80 cm (litros)	Talude 60 cm (litros)
02 a 31/01/18	630,00	2.089,9	1.584,5	385,60
01 a 28/02/18	187,50	374,22	278,69	90,09
01 a 31/03/18	237,5	885,10	491,00	29,7
01 a 30/04/18	123,00	326,70	198,00	14,85
TOTAL	1.178,00	3.675,87	2.552,22	520,25

5.2 Caracterização dos Materiais Utilizados na Cobertura

Para a caracterização e classificação do solo utilizado, estão apresentados os resultados dos seguintes ensaios: análise granulométrica por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez, limite de plasticidade, ensaio de compactação. Os procedimentos adotados seguiram suas respectivas normas da ABNT.

Em seguida estão apresentados os ensaios CBR, determinação do coeficiente de permeabilidade (k) e ensaio de cisalhamento. Na Tabela 3 é apresentado um resumo dos resultados dos ensaios de laboratório.



Tabela 3. Resumo da pluviometria e da quantidade de água infiltrada em cada camada.

DESCRIÇÃO		AM01 Silte arenoso variegado (vermelho) com caulim	
GRANULOMETRIA	Pedregulho grosso (%)	0,00	
	Pedregulho médio(%)	0,80	
	Pedregulho fino (%)	1,00	
	Areia Grossa (%)	6,64	
	Areia Média (%)	19,56	
	Areia Fina (%)	30,00	
	Silte (%)	42,00	
	Argila (%)	0,00	
Densidade dos grãos (G)		2,672	
LL		42	
LP		28	
IP		14	
PROCTOR NORMAL	Massa Esp. Máx. Seca	1,590	
	Umidade Ótima (%)	21,33	
	Expansão (%) – r.seco	2,03	
	Expansão (%) – h_{ot}	1,61	
	Expansão (%) – r.úmido	0,59	
	ISC – r. seco	3,30	
	ISC (%) – h_{ot}	5,70	
	ISC – r. úmido	2,60	
CISALH	Deform.	Coesão – c (KN/m ²)	0,0
		Ângulo de atrito – f(°)	30,0
	Coef. Permeabilidade – k (cm/s)		$1,53 \times 10^{-6}$

5.3 Análise dos Custos

Depois de coletado os dados de quanto infiltraria em cada célula, foi executado uma análise dos custos para verificar se seria mais vantajoso trocar o método de cobertura praticada atualmente.

Na Tabela 5 é apresentado o custo para execução e o custo para tratamento do chorume com o método de cobertura praticado atualmente (Geomenbrana).

Tabela 5. Solução 1 - Praticada atualmente

SOLUÇÃO 1: 30 CM BERMA + 60 CM TALUDE + GEOMEMBRANA			
Custo Fixo	Caminhão		R\$ 190,00
	Escavadeira		R\$ 285,00
	Área		113,13
	Geomenbrana		R\$ 995,56
	Mão de obra	3,00	R\$ 66,21
	Total (m²)		R\$ 13,58
Custo Variado	Volume chuva frente de serviço (m ³)		5.600,00
	Custo tratamento do chorume		R\$ 196.000,00
	Total (m²)		R\$ 2,01
CUSTO TOTAL M²		R\$	15,60

Observou-se que esse método tem um custo fixo de R\$ 13,58 por m² e um custo variado de R\$ 2,01 por m², ficando um valor total de R\$ 15,60 por m².

Na Tabela 6 é apresentado uma das soluções estudadas, com 60 cm de espessura de berma + 60cm de talude.

Tabela 6. Solução 2 - Berma de 60 cm

SOLUÇÃO 2: 60 CM BERMA + 60 CM TALUDE			
Custo Fixo	Caminhão		R\$ 190,00
	Escavadeira		R\$ 285,00
	Área		84,85
	Grama (m ²)		R\$ 509,09
	Canaleta		R\$ 142,55
	Equipe de Manutenção	6,49	R\$ 136,95
Total (m²)		R\$ 14,89	
Infiltração	Infiltração berma	0,0510	6.206,01
	Infiltração talude	0,0680	10.253,09
Custo Variado	Volume chuva frente de serviço (m ³)		5.600,00
	Volume total infiltrado (m ³)		22.059,10
	Custo do tratamento chorume m ²		R\$ 772.068,48
	Total (m²)		R\$ 7,93
CUSTO TOTAL M²		R\$	22,83

Observou-se que esse método tem um custo fixo de R\$ 14,89 por m² e um custo variado de R\$ 7,93 por m², ficando um valor total de R\$ 22,83 por m².

Na Tabela 7 é apresentada a solução com de 80 cm de berma + 60 cm de talude.

Tabela 7. Solução 3 – Berma 80 cm

SOLUÇÃO 3: 80 CM BERMA + 60 CM TALUDE			
Custo Fixo	Caminhão		R\$ 190,00
	Escavadeira		R\$ 285,00
	Área		72,73
	Grama (m ²)		R\$ 436,36
	Canaleta		R\$ 122,18
	Equipe de Manutenção	6,49	R\$ 143,18
Total (m²)		R\$ 16,18	
Infiltração	Infiltração berma	0,0354	1.538,46
	Infiltração talude	0,0068	1.025,31
Custo Variado	Volume chuva frente de serviço (m ³)		5.600,00
	Volume total infiltrado (m ³)		8.163,77
	Custo do tratamento chorume m ²		R\$ 285.732,07
	Total (m²)		R\$ 2,94
CUSTO TOTAL M²		R\$	19,12



Observou-se que esse método tem um custo fixo de R\$ 16,18 por m² e um custo variado de R\$ 2,94 por m², ficando um valor total de R\$ 19,12 por m².

6 CONCLUSÃO

Com o que diz respeito a camada de cobertura em aterros, o Brasil ainda não dispõe de uma regulamentação sobre espessura, tipo de material ou sobre as taxas de infiltração das águas. O principal objetivo da presente pesquisa, tem a premissa de avaliar o desempenho de diferentes espessuras de camadas de cobertura quanto a infiltração das águas pluviais. A pesquisa foi realizada com três camadas de cobertura instalada nas células experimentais do Aterro Industrial de Joinville/SC, que contribuiu para responder essas questões, com o enfoque na média de infiltração em cada espessura da célula experimental.

Com relação a infiltração das camadas, a célula de 80 cm apresentou menor infiltração, quando comparado com a camada de 60 cm. O escoamento superficial ajudou na baixa infiltração do talude que apresentou uma média de infiltração de 0,68%.

A porcentagem de infiltração na camada de 60 cm variou de 0 a 13,80%, a camada de 80 cm variou de 0 a 6,72% e a camada do talude variou de 0 a 1,45%. Foi verificado que quanto maior a intensidade da chuva, maior era a taxa de infiltração.

Com a análise dos custos das células, foi possível verificar que mesmo infiltrando pouco na cobertura, seu custo ainda é maior do que a solução praticada atualmente. Esse fato se deve porque a solução estudada demandará de uma equipe de manutenção fixa, aumentando os custos no geral.

Um sistema de drenagem adequado deverá ser implantado a fim de reduzir a água que

escoa sobre os taludes. Este sistema deverá ser composto de canaletas no pé de cada talude e as águas pluviais transportadas para fora do maciço. As bermas deverão ter inclinação de maneira que a água escoe diretamente para as canaletas. Existem algumas formas de construir as canaletas, a de cimento é a mais conhecida, ou também com geomembrana moldada in loco, que é muito utilizado em aterros. É de fundamental importância a manutenção dessas canaletas, devido aos processos erosivos e deformações que irão ocorrer.

O material ensaiado possui coeficiente de permeabilidade de 10^{-6} cm/s em condições de umidade ótima e densidade máxima. Desta forma uma boa qualidade da compactação da camada de fechamento irá minimizar os problemas de infiltração, no entanto, atenção especial deverá ser dada as trincas, fissuras e erosão que irão surgir devendo ser colocado em prática o plano de manutenção dos taludes.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.
NBR 6.457 – Amostras de Solo- Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. p. 1–9, 1986.
- ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.
NBR 6.459 – Solo- Determinação do Limite de Liquidez. p. 1–6, 1984. ABNT –
- ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.
NBR 7.181 – Solo - Análise Granulométrica. p. 1–13, 1984.
- ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.
NBR 7.182 – Solo- Ensaio de Compactação, 1986.
- ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.
NBR 10.004 - Resíduos sólidos - Classificação. p. 7–18, 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
NBR 14.545 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. p. 1 - 12, 2000.
- BAGCHI, A. **Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management**. 3^o ed.



- BRASIL. **Lei n. 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 3ª Edição ed, 2010.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações.** Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1988.
- CARVALHO, M. F. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.
- CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; SILVEIRA, R. M. B. **Execução de camada de cobertura final de aterros sanitários de grande porte – estudo de caso do aterro sanitário de Belo Horizonte.** In: Congresso Brasileiro De Geotecnia Ambiental, Belo Horizonte, 2011.
- EL-FADEL, M., BOU ZEID, E., CHAHINE, W. & ALAYLI, B. **Temporal Variation Leachate Quality from Pre-Sorted and Baled Municipal Solid Waste with High Organic and Moisture Content.** Waste Management. 2002, p. 269-282.
- FORGIE, D., **Selection of the Most Appropriate Leachate Treatment Methods.** Part 1 A Review of Potential Biological Leachate Treatment Methods. Water Pollution Research in Canada, 1988.
- GOLVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Ciência & Saúde Coletiva, 2012, p. 1503–1510.
- GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. **Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro, 2003. p.51-105.
- GONÇALVES, M. C. L. D. S. S. L. F. **Resíduos sólidos urbanos: e seus impactos socioambientais.** São Paulo, 2012.
- GUIZELINI, A. P. **Estudo do comportamento hidromecânico de solos visando a construção de sistemas de cobertura alternativos para aterros sanitários.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, 2011.
- HAMADA, J. & MATSUNAGA, I. **Concepção do Sistema de Tratamento de**
- JOINVILLE CIDADE EM DADOS. Secretaria de planejamento urbano e desenvolvimento sustentável, 2017.
- MACHADO, S. L. MACHADO, M. F. **Mecânica dos Solos II: conceitos básicos.** Salvador, 1997.
- MASSAD, Façal. **OBRAS DE TERRA: Curso Básico de Geotecnia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.170 p.il.
- McBean, E.A., Rovers, F.A., Farquhar, G.J., (1995) **Solid Waste Landfill Engineering and Design.** Prentice Hall, 1995, p. 521.
- METCALF & EDDY., Inc., **Wasterwater Engineering – Treatment Disposal Reuse.** McGraw- Hill International Editions.,1991.Third Edition,1334 pages. 1991.
- MELLO, Y. DE. **Distribuição de precipitação no município de joinville (sc) e sua relação com a incidência de leptospirose.** Dissertação de Mestrado. Universidade da região de Joinville, 2015.
- NASCIMENTO, J. C. F. DO. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Universidade de São Paulo, 2007.
- OLIVEIRA, F. A. de. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na baía da babitonga sob a ótica da geomorfologia.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2006.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002.
- PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos.** 2.ed São Paulo:Oficina de Textos,2002. 353 p.il.
- QASIM, S.R., CHIANG, W. **Sanitary Landfill Leachate – generation, control and treatment.** Technomic Publishing Co., 1994.
- QIAN, X.; KOERNER, R. M.; GRAY, D. H. **Geotechnical Aspects of a Landfill Design and Construction.** Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc., 2002
- REICHERT, G.A. **Manual. Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários.,** 2007.
- ROCCA, A.C.; IACOVONE, A. M. M. B.; BARROTI, A. J.; *et al.* **Resíduos Sólidos Industriais.** São Paulo, 1993. 233 p.
- SANTOS, C. R. *et al.* **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** São Paulo, 2014.
- SOUZA, G. DE. **Monitoramento de parâmetros qualitativos e quantitativos de líquidos percolados de aterros sanitários – estudo em piloto experimental.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.