

# **PROJETO BÁSICO DO ATERRO SANITÁRIO EREGUAÇU**

Solurb Soluções Ambientais – SPE Ltda

## **VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO**

**FEVEREIRO DE 2021**

**SOL-ERE-PIB-MDC-M-F**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Caracterização geológico-geotécnica .....</b>	<b>17</b>
4.1.1 Sondagens a percussão.....	17
4.1.2 Ensaios de permeabilidade <i>in situ</i> .....	19
4.1.3 Ensaios geotécnicos laboratoriais .....	20
<b>4.2 Caracterização hidrogeológica .....</b>	<b>22</b>
<b>5 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Instalações de apoio .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 Isolamento, sinalização e sistema de vigilância.....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Cinturão Verde.....</b>	<b>26</b>
<b>5.4 Obras de regularização do terreno .....</b>	<b>27</b>
<b>5.5 Dique de disparo de solo compactado.....</b>	<b>28</b>
<b>5.6 Sistema de impermeabilização.....</b>	<b>29</b>
<b>5.7 Sistema de drenagem e encaminhamento de lixiviados e gases.....</b>	<b>29</b>
5.7.1 Drenos de base de lixiviados.....	30
5.7.2 Drenos sub-horizontais de camada de lixiviados e gases.....	32
5.7.3 Drenagem de biogás e lixiviados.....	33
5.7.4 Geração e Armazenamento temporário de lixiviados .....	34
<b>5.8 Drenagem de águas pluviais .....</b>	<b>35</b>

<b>6</b>	<b>OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO PROPOSTO.....</b>	<b>42</b>
6.1	Acessos do Aterro Sanitário .....	42
6.2	Disposição dos resíduos sólidos.....	42
6.3	Cobertura Operacional e Final dos Resíduos .....	43
6.4	Controle tecnológico.....	44
6.4.1	Monitoramento geotécnico .....	45
6.4.2	Monitoramento de águas subterrâneas .....	48
6.4.3	Monitoramento de águas superficiais .....	52
6.4.4	Monitoramento de Odores e Particulados .....	55
6.4.5	Monitoramento de Vetores e Enfermidades.....	55
6.4.6	Plano de Inspeção e Manutenção Periódica .....	57
<b>7</b>	<b>PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO.....</b>	<b>59</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Localização do empreendimento e principais vias de acesso. ....	8
Figura 1-2. Área de implantação do Aterro Sanitário Ere瓜çu. ....	9
Figura 1-3. Arranjo final do Aterro Sanitário Ere瓜çu. ....	11
Figura 4-1. Locação dos pontos de ensaios de infiltração (Geotec, 2020). ....	19
Figura 4-2. Locação dos pontos de amostragem para realização de ensaios geotécnicos laboratoriais. ....	21
Figura 5-1. Transpasse do tubo de drenagem de lixiviados no dique de solo. ....	32
Figura 5-2. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana. ....	37
Figura 5-3. Exemplo de descida hidráulica de gabião tipo manta (colchão). ....	38
Figura 5-4. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 na interligação de descidas hidráulicas com canaletas/canais e travessia subterrânea. ....	39
Figura 5-5. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas/valetas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b). ....	39
Figura 5-6. Exemplo de bacia de retenção (a) e de bacia de enrocamento (b). ....	40
Figura 5-7. Exemplos de cercas-silte (Fonte: EPA, 2007). ....	41
Figura 6-1. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais. ....	46
Figura 6-2. Pontos de monitoramento de águas superficiais. ....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1. Áreas do empreendimento. ....	7
Tabela 2-1. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento. ....	12
Tabela 2-2. Informações cadastrais da empresa responsável pela elaboração do projeto básico. ....	12
Tabela 2-3. Informações cadastrais da consultoria responsável pela elaboração do EIA/Rima. ....	13
Tabela 2-4. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento. ....	13
Tabela 4-1. $N_{SPT}$ obtido nas sondagens à percussão em solo com medidas de $N_{SPT}$ . ....	18
Tabela 4-2. Resultados dos ensaios geotécnicos laboratoriais. ....	22
Tabela 4-3. Dados hidrogeológicos da área de implantação do aterro sanitário. ....	24

Tabela 6-1 - Variações máximas dos parâmetros durante a estabilização.....	50
Tabela 6-2. Coordenadas UTM's dos pontos de amostragem de águas superficiais, em metros. .....	53
Tabela 6-3. Modelo de <i>check-list</i> . ....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda. apresenta o Memorial Descritivo do Projeto Básico do Aterro Sanitário Ereguaçu, localizado no município de Campo Grande, MS, assim determinados segundo a norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a NBR 8419:1992 – “Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos” e NBR 13.896/1997 – “Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação”.

As descrições do projeto foram estruturadas de tal forma que permita o entendimento da sequência adotada na concepção tecnológica das obras de implantação, operação e encerramento do aterro sanitário de responsabilidade da Solurb Soluções Ambientais – SPE Ltda.

Os sistemas de proteção ambiental e sanitária previstos para o empreendimento tiveram como premissas as variáveis ambientais da área onde haverá intervenção, levando em consideração o diagnóstico ambiental e os impactos ambientais apontados no Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – Rima elaborados pela empresa Flora Brasil Ambiental e Consultoria Ambiental (2019).

O empreendimento pretendido está localizado no Município de Campo Grande, no Estado de Mato Grosso do Sul, cuja área da propriedade apresenta cerca de 995.133,96 m<sup>2</sup> ou cerca de 99,51 hectares, e localiza-se no início da Estrada da Gameleira – MS 455, próximo a área do Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, com distância de aproximadamente 11,5 km do centro de Campo Grande.

A área a ser ocupada pelo Aterro será de 879.100,73 m<sup>2</sup>, dos quais a área com disposição de resíduos deverá representar cerca de 559.892,32 m<sup>2</sup>.

As diferenças existentes entre a área total do Aterro Sanitário de 879.100,73 m<sup>2</sup> e a área de disposição de resíduos de 559.892,32 m<sup>2</sup> decorre devido aos acessos e canais de drenagem de águas pluviais projetados no entorno do perímetro de

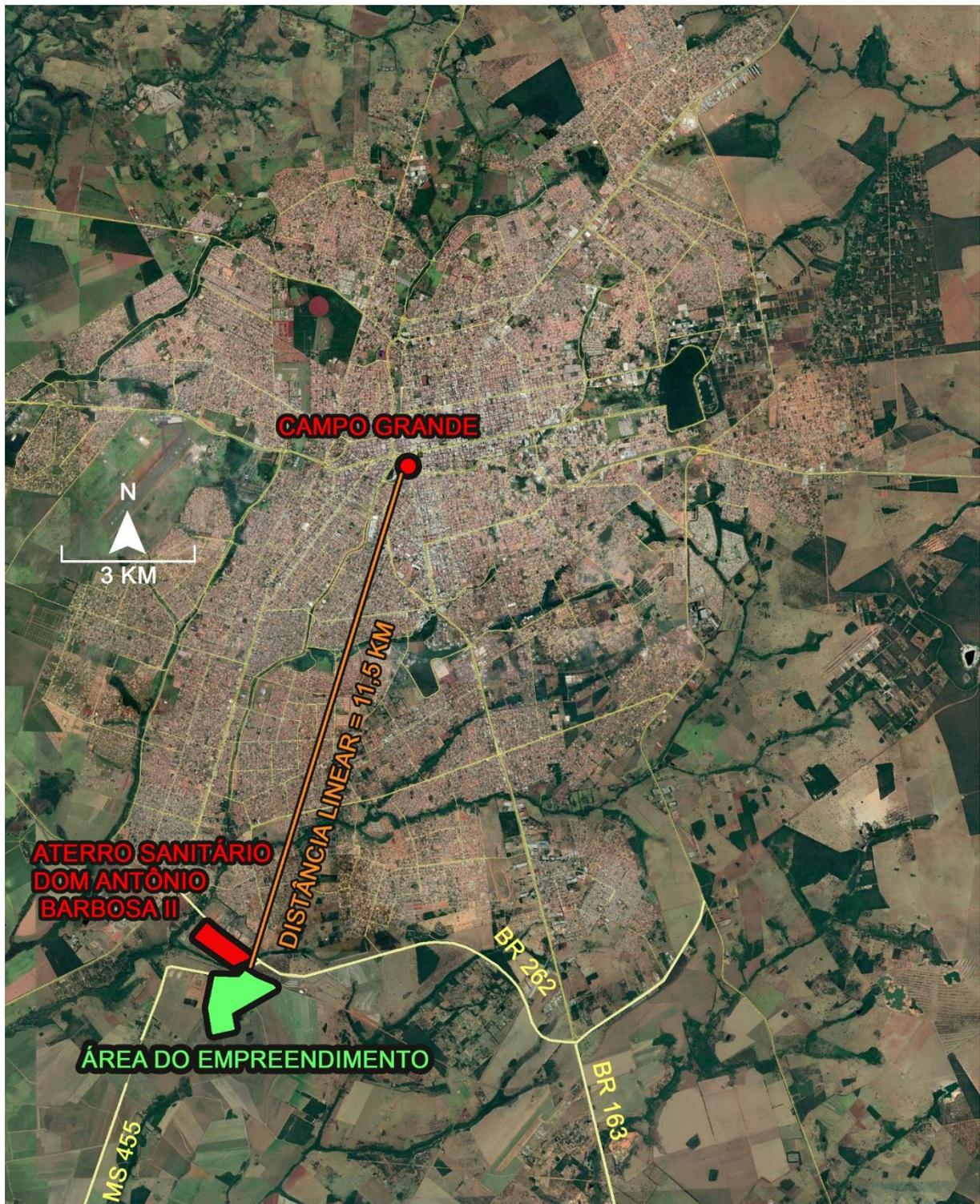
resíduos, bem como o dique de disparo em solo compactado, taludes e bermas de regularização do terreno, cinturão verde e área reservada para a implantação de edificações como a guarita, prédio administrativo, vestiários e refeitório.

A Tabela 1-1 apresenta o quadro de áreas do Aterro Sanitário proposto.

Descrição	Área
Área da propriedade	995.133,96 m <sup>2</sup>
Área do aterro	879.100,73 m <sup>2</sup>
Área de disposição de resíduos	559.892,32 m <sup>2</sup>

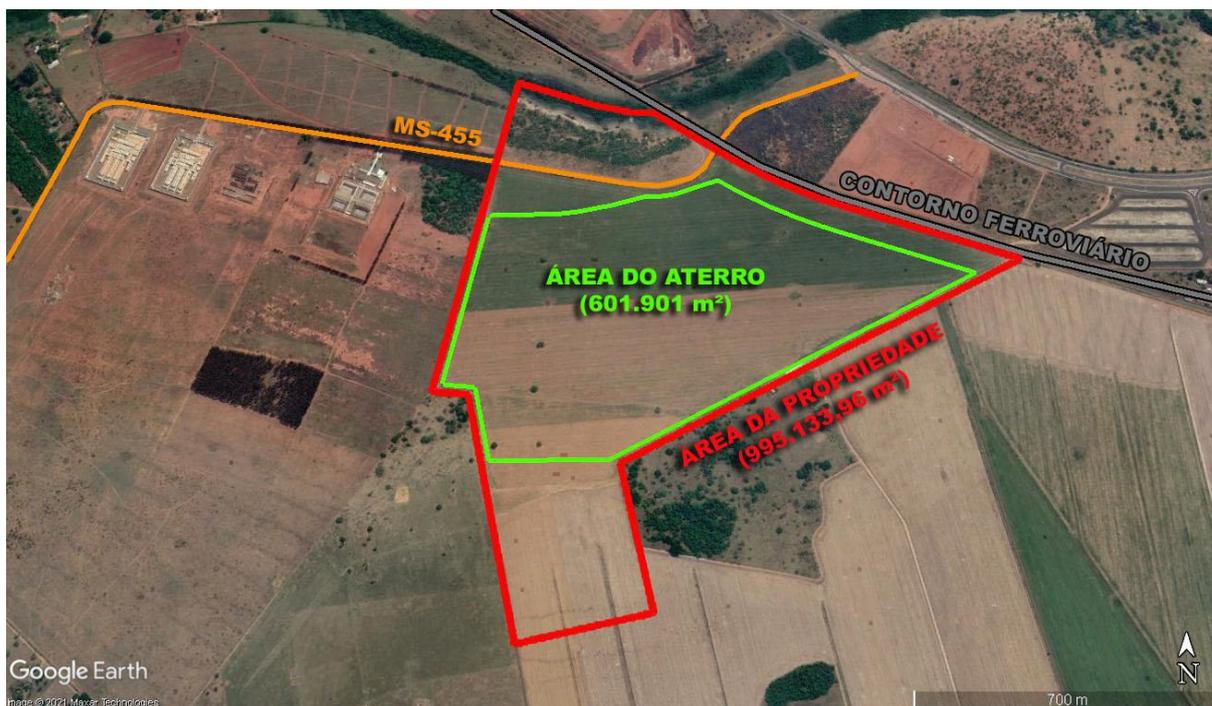
**Tabela 1-1. Áreas do empreendimento.**

As figuras a seguir apresentam a localização do empreendimento em relação ao município de Campo Grande.



FONTE: Adaptado de Google Earth, Imagem de 18/07/2018 (Escala gráfica).

**Figura 1-1. Localização do empreendimento e principais vias de acesso.**



FONTE: Adaptado de Google Earth, Imagem de 30/09/2020 (Escala gráfica).

**Figura 1-2. Área de implantação do Aterro Sanitário Ereguçu.**

O Aterro Sanitário, aqui caracterizado, deverá receber os resíduos sólidos industriais não perigosos e resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta de resíduos domiciliares, comerciais, de poda, capina, varrição e limpeza de feiras-livres e logradouros públicos, qualificados como resíduos não perigosos Classe II-A e II-B, conforme estabelecido na Norma Técnica NBR 10.004/2004<sup>1</sup> da ABNT.

Para a efetivação do projeto pretendido será necessária à execução de serviços de escavação e terraplenagem, além da implantação do dique de disparo de solo compactado, e dos sistemas de impermeabilização de base, drenagem de gases e lixiviados, bem como o sistema de armazenamento de lixiviados, instrumentos de controle tecnológico e drenagem de águas pluviais no entorno do aterro. Os principais serviços previstos, bem como os sistemas a serem implantados estão descritos mais detalhadamente no Item 5 – Descrição e especificações dos elementos de projeto.

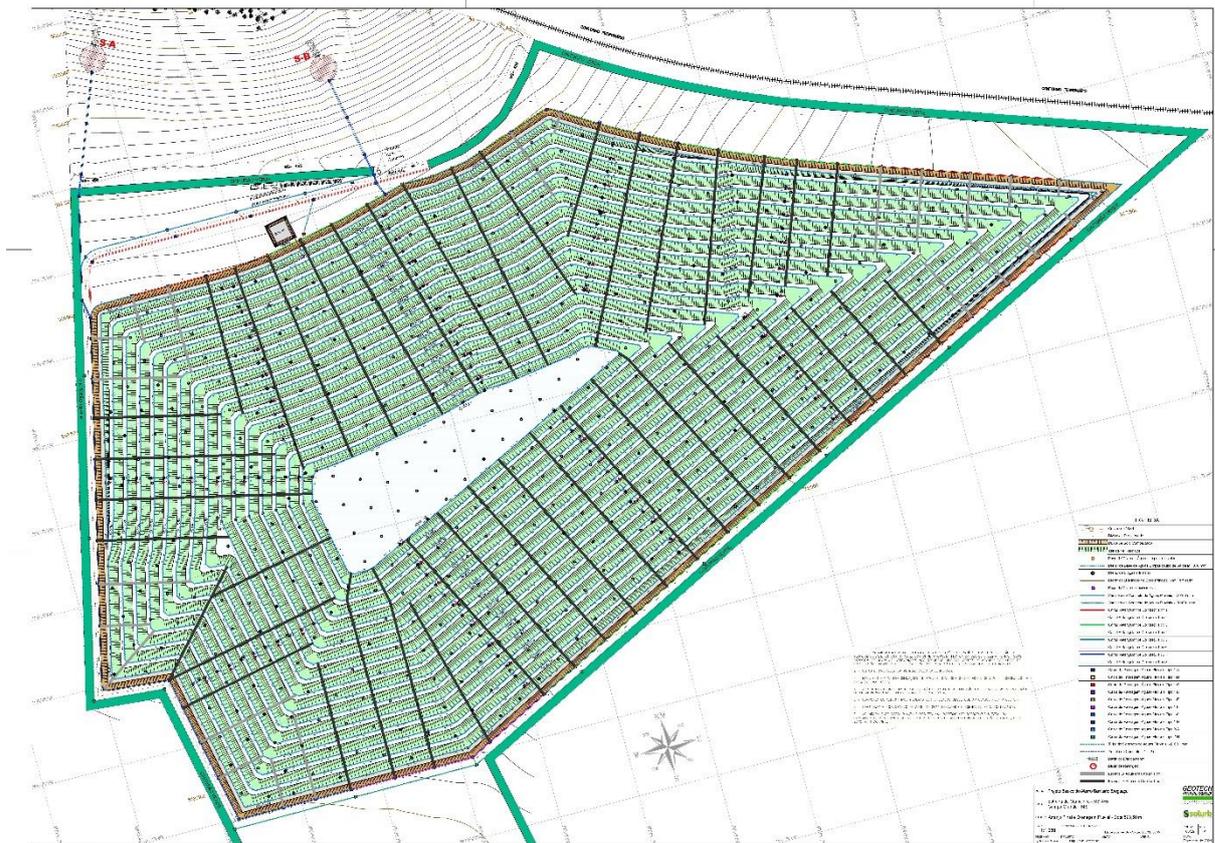
O aterro sanitário proposto será desenvolvido da cota 510,00 m até atingir a cota máxima prevista de 593,50 m, através da execução de 17 camadas de resíduos e solo

<sup>1</sup> NBR 10.004/2004 - Resíduos Sólidos – Classificação.

de cobertura, com altura máxima de 5,0 m para cada camada, taludes com inclinação máxima de 1:2,3 (V:H) e bermas com largura de 5,0 m. Na Figura 1-3 apresenta-se o arranjo final do Aterro Sanitário.

O empreendimento terá capacidade em torno de 20.516.306 m<sup>3</sup> de volume total espacial, comportando cerca de 19.832.405 m<sup>3</sup> de resíduos, a serem dispostos nas 17 camadas projetadas. Assim, o Aterro Sanitário Classe II terá capacidade útil de operação por cerca de 42 anos e 10 meses, considerando um peso específico médio de 0,97 t/m<sup>3</sup> dos resíduos compactados e adotando-se a taxa de operação inicial de 1098 t/dia (ano 2022), com estimativa de taxa operacional até 1.765 t/dia (ano de 2064) e 313 dias operacionais ao ano.

Para a adequada execução do projeto aqui descrito faz-se necessário o detalhamento das fases de implantação e operação do aterro sanitário a nível de projeto executivo, atendendo às necessidades das características operacionais locais do empreendedor. Esta fase será realizada após a conclusão pela viabilidade ambiental do empreendimento, com obtenção da Licença Prévia Ambiental, LP, e solicitação da Licença de Instalação, LI.



**Figura 1-3. Arranjo final do Aterro Sanitário Ereguauçu.**

## 2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

A Tabela 2-1 apresenta as informações cadastrais da empresa responsável pelo empreendimento.

<b>Tipo de Informação</b>	<b>Informações</b>
<i>Denominação do Empreendimento:</i>	Aterro Sanitário Ereguaçu
<i>Razão Social do Empreendedor:</i>	SOLURB Soluções Ambientais – SPE Ltda.
<i>CNPJ:</i>	17.064.901/0001-40
<i>Endereço da Obra:</i>	Rodovia MS 455 KM 0 + 500 m
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua Alberto Neder, 238 – Centro, Campo Grande, MS – CEP 79110-040
<i>Telefone(s) de Contato:</i>	(67) 3303-9200/ (67) 9.9983-7434
<i>e-mail:</i>	bveloso@solurb.eco.br
<i>Responsável:</i>	Bruno Velloso Vilela

**Tabela 2-1. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento.**

A Tabela 2-2 apresenta as informações cadastrais da consultoria responsável pela elaboração do projeto do Aterro Sanitário Ereguaçu, localizado no município de Campo Grande/MS.

<b>Tipo de Informação</b>	<b>Informações</b>
<i>Razão Social da consultoria:</i>	Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda.
<i>CNPJ:</i>	01.847.195/0001-72
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua João da Cruz Melão, 131 Jardim Leonor, São Paulo – SP CEP 05621-020
<i>Telefone de Contato:</i>	11-3742-0804
<i>e-mail:</i>	<a href="mailto:geotech@geotech.srv.br">geotech@geotech.srv.br</a>
<i>Representante Legal e Responsável Técnico:</i>	Engº Civil Marcelo Benvenuto CREA/SP nº 5.069.305.675

**Tabela 2-2. Informações cadastrais da empresa responsável pela elaboração do projeto básico.**

A Tabela 2-3. apresenta as informações cadastrais da consultoria responsável pela elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – Rima.

<b>Tipo de Informação</b>	<b>Informações</b>
<i>Razão Social da consultoria:</i>	Flora Brasil Engenharia E Consultoria Ambiental
<i>CNPJ:</i>	08.546.059/0001-91
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua Miguel Seror, 15 – Santa Rosa Center
<i>Telefone de Contato:</i>	(065) 3664-4603
<i>e-mail:</i>	alex@florabrasilmt.com.br
<i>Representante Legal e Responsável Técnico:</i>	Alex Alves de Souza

**Tabela 2-3. Informações cadastrais da consultoria responsável pela elaboração do EIA/Rima.**

A Tabela 2-4 apresenta as informações cadastrais da empresa que será responsável pela operação do empreendimento.

<b>Tipo de Informação</b>	<b>Informações</b>
<i>Denominação do Empreendimento:</i>	Aterro Sanitário Ereguaçu
<i>Razão Social do Empreendedor:</i>	SOLURB Soluções Ambientais – SPE Ltda.
<i>CNPJ:</i>	17.064.901/0001-40
<i>Endereço da Obra:</i>	Rodovia MS 455 KM 0 + 500 m
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua Alberto Neder, 238 – Centro, Campo Grande, MS – CEP 79110-040
<i>Telefone(s) de Contato:</i>	(67) 3303-9200/ (67) 9.9983-7434
<i>e-mail:</i>	bveloso@solurb.eco.br
<i>Responsável:</i>	Bruno Velloso Vilela

**Tabela 2-4. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento.**

### 3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são classificados conforme as determinações da norma NBR 10.004/2004, definida pela ABNT, transcrita a seguir.

**Classe I** – *Resíduos Perigosos; são aqueles que apresentam periculosidade, seja por inflamabilidade, corrosividade, toxicidade ou patogenicidade.*

**Classe II** – *Resíduos Não Perigosos são classificados em:*

**Classe II-A** - *Não Inertes: são aqueles que não se classificam nas classes I e II-B e podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.*

**Classe II-B** – *Inertes: quaisquer resíduos que não sejam Resíduos da Construção Civil – RCC e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10.007 – “Amostragem de Resíduos”, e submetidos a um contato estático e dinâmico com água destilada ou deionizada a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo a NBR – 10.006/04 – “Solubilização de Resíduos”, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem n.º8, Anexo H, da mesma norma.*

No aterro proposto somente será permitida a disposição de resíduos sólidos não perigosos (classe II-A e II-B), conforme segue:

- Resíduos Sólidos Industriais Não Perigosos.
- Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), das seguintes origens:
  - Domiciliar e Comercial: compreendem os resíduos coletados nas residências e estabelecimentos comerciais. Especificamente, os resíduos domiciliares são os resíduos gerados nas atividades diárias em casas,

apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais. Os resíduos comerciais são os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida. Nas atividades de limpeza urbana, os tipos "doméstico" e "comercial" constituem o chamado "lixo domiciliar", que, junto com o lixo público, representam a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos nas cidades.

- Varrição e limpeza de logradouros públicos: compreendem os resíduos resultantes de serviços de varrição de ruas, logradouros públicos, desobstrução de galerias e bocas de lobo, pintura de guias e remoção de resíduos não coletados pelo sistema regular;
- Poda, capina e roçada: compreendem os resíduos resultantes dos serviços de podas de árvores e dos serviços de capina e roçadas nos logradouros e praças públicas; e
- Feiras-Livres: compreendem os resíduos provenientes da limpeza das feiras-livres.

A disposição de lodos de Estações de Tratamento de Esgoto – ETE será permitida, desde que sejam desidratados e classificados como classe II (resíduos não perigosos). O lodo apresenta parâmetros geotécnicos de baixa resistência e também interfere na drenagem do aterro, podendo causar entupimento dos drenos e colmatação dos sistemas de drenagem. Um aterro com alta porcentagem de lodo tem um comportamento diferente de um aterro de resíduos, devendo ser um aterro específico para lodo.

Com objetivo de evitar problemas de ruptura, o lodo encaminhado ao aterro deverá ser desidratado, devendo apresentar umidade inferior a 40% na base úmida. Além disso, o teor de lodo a ser recebido no aterro num determinado dia deve ser de, no máximo, 5% em peso, em relação ao total de resíduos recebido nesse dia. O teor máximo de 5% só poderá ser alterado caso o empreendimento viabilize mecanismos que permitam uma disposição segura, como solidificação do lodo, com elaboração de projetos específicos.

Durante a operação do empreendimento será observada a tipologia dos resíduos a serem dispostos no local, utilizando procedimento adequado de controle na entrada do empreendimento.

O controle de recebimento dos resíduos será feito pela pesagem da carga através de balança na entrada do empreendimento. A procedência dos resíduos e sua classificação, conforme a norma da ABNT, a NBR 10.004/04, deverá ser verificada, sendo registradas informações como identificação do veículo, placa, motorista e horário. Na saída, após o descarregamento, os caminhões transportadores também serão pesados para o levantamento quantitativo dos resíduos recebidos, possibilitando um acompanhamento de sua evolução ao longo da vida útil desta unidade.

Desta forma, conforme mencionado anteriormente, o aterro sanitário do município de Campo Grande terá capacidade de atender a taxa de operação inicial de 1.098 toneladas até 1.765 toneladas diárias de resíduos Classe II-A e II-B, durante toda sua vida útil. Considerando uma densidade dos resíduos a serem dispostos no aterro sanitário de 0,97 t/m<sup>3</sup> e 313 dias operacionais, estima-se que o volume total de resíduos do projeto é de 19.832.405 m<sup>3</sup> resultando em uma operação de, aproximadamente, 42 anos e 10 meses.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Neste item apresentam-se as características ambientais locais relativas ao meio físico, definidas conforme levantamento realizado pela Flora Brasil Engenharia e Consultoria Ambiental Ltda. para o Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – Rima, além de sondagens à percussão realizadas no local de implantação, ensaios *in situ* de permeabilidade do solo e análise em laboratório dos parâmetros físicos do solo.

### 4.1 Caracterização geológico-geotécnica

Conforme descrito no item referente à análise do contexto geológico do estudo ambiental, na área em que será implantado o Aterro Sanitário ocorre principalmente os sedimentos do Grupo Caiuá (K2c), compostos por arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio de ambiente continental desértico: dunas eólicas, interdunas e lagos efêmeros.

Para melhor caracterizar geotecnicamente os solos da área do empreendimento foram realizadas 5 sondagens à percussão pela empresa Gonvees Sondagens e Fundações Ltda. e posteriormente mais 2 sondagens a trado, ensaios de permeabilidade *in situ* e ensaios geotécnicos laboratoriais pela empresa Geotec Estudos geotécnicos Ltda.

#### 4.1.1 Sondagens a percussão

Em 22 e 23/05/2019 foram realizadas 05 sondagens à percussão com avanço a seco até a profundidade do nível d'água pela empresa Gonvees Sondagens e Fundações Ltda. O ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) em cada metro de perfuração para determinar o índice de resistência a penetração,  $N_{SPT}$  dos solos nos perfis individuais e suas descrições geológicas foram realizadas conforme prescrito nas normas vigentes.

Complementarmente foram realizadas mais 2 sondagens à trado pela empresa Geotec Estudos geotécnicos Ltda., até a profundidade de 1,50 m, se apresentando secas, sem nível d'água até esta profundidade.

Cabe ressaltar que as locações das sondagens e suas cotas foram estabelecidas a partir do levantamento planialtimétrico fornecido pelo cliente e estão apresentadas no Anexo I do Volume II, na Folha 02/09.

Nas tabelas a seguir são apresentados os valores de  $N_{SPT}$  médios das sondagens em função da profundidade. Os boletins de sondagens são apresentados no Anexo I desse memorial.

De (m)	Até (m)	SP-01	SP-02	SP-03	SP-04	SP-05
1,00	1,45	2	2	2	2	2
2,00	2,45	2	2	2	2	2
3,00	3,45	2	2	2	2	2
4,00	4,45	4	2	4	2	2
5,00	5,45	2	2	2	2	3
6,00	6,45	2	3	3	3	7
7,00	7,45	6	4	5	4	7
8,00	8,45	4	4	4	4	9
9,00	9,45	4	5	5	5	8
10,00	10,45	6	4	6	4	10
11,00	11,45	6	6	6	6	11
12,00	12,45	7	11	8	11	12
13,00	13,45	8	14	7	14	
14,00	14,45	8	13	11	13	
15,00	15,45	14		14		
<b>NSPT Médio Geral</b>		<b>5 golpes*</b>				

**Tabela 4-1.  $N_{SPT}$  obtido nas sondagens à percussão em solo com medidas de  $N_{SPT}$ .**

A partir dos dados obtidos da identificação visual-táctil das amostras nas sondagens pode-se verificar a ocorrência predominantemente de areia siltosa de coloração marrom, as vezes cinza, de acordo com GONVEES (2019) estas areias são classificadas como fofas a medianamente compacta. No entanto, analisando-se ambas as classificações, considera-se que o arcabouço geológico-geotécnico em que será implantado o aterro sanitário denota boas características de carga.

Os dados obtidos nas sondagens a percussão subsidiarão o critério a ser adotado para a escavação proposta no projeto do Aterro Sanitário.

#### 4.1.2 Ensaios de permeabilidade *in situ*

Em novembro de 2020 foram realizados cinco ensaios de permeabilidade “*in situ*” do tipo infiltração acima do nível d’água pela empresa Geotec Consultoria Topografia Projetos e Obras Eireli, tendo como referência os procedimentos estabelecidos no guia de Ensaios de Permeabilidade em solos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE, 2013).



**Figura 4-1. Localização dos pontos de ensaios de infiltração (Geotec, 2020).**

Através dos dados obtidos nos ensaios realizados nas amostras pode-se calcular a permeabilidade dos solos “*in situ*”, obtendo-se valores de entre  $1,9 \times 10^{-3}$  cm/s, e  $2,0 \times 10^{-3}$  cm/s.

Nesse sentido, a favor da segurança, contemplou-se neste projeto, o coeficiente de permeabilidade da ordem de  $2,0 \times 10^{-3}$  cm/s para os solos naturais que permanecerão sob o sistema de impermeabilização de base.

Com a finalidade de atender as condicionantes hidrogeológicas estabelecidas na norma ABNT NBR 13.896:97, que estabelece que, obrigatoriamente, sob o aterro sanitário exista uma zona não saturada, não inferior a 1,50 metros de espessura com coeficiente de permeabilidade não superior a  $5 \times 10^{-5}$  cm/s, de modo conservador, neste projeto contemplou-se o uso de geocomposto bentonítico tipo *Geosynthetic Clay Liner – GCL*, que possui espessura de 2 centímetros e coeficiente de permeabilidade de  $5 \times 10^{-9}$  cm/s.

Nesse sentido, através das cotas propostas de regularização do terreno, conclui-se que a zona não saturada será composta por uma camada de espessura de 2,70 m de solo natural com coeficiente de permeabilidade média de  $2,0 \times 10^{-3}$  cm/s, seguida de uma camada de 0,60 m de espessura de solo local compactado com coeficiente de permeabilidade de  $3,1 \times 10^{-5}$  cm/s, recoberta por geocomposto bentonítico tipo *Geosynthetic Clay Liner – GCL*, que possui espessura de 2 centímetros e coeficiente de permeabilidade de  $5 \times 10^{-9}$  cm/s. Portanto, a zona não saturada terá espessura de 3,62 metros e coeficiente de permeabilidade equivalente médio de  $9 \times 10^{-7}$  cm/s, satisfazendo assim os condicionantes hidrogeológicas estabelecidas na norma ABNT NBR 13.896:97.

No Anexo I desse memorial são apresentados os boletins de ensaios de permeabilidade “*in situ*” e suas locações são apresentadas no Volume II, Anexo I, Folha 02/09.

#### 4.1.3 Ensaios geotécnicos laboratoriais

Visando melhor caracterizar os solos da área do aterro, foram realizados ensaios geotécnicos de laboratório, estando os resultados destes ensaios apresentados no Anexo I desse memorial.



**Figura 4-2. Localização dos pontos de amostragem para realização de ensaios geotécnicos laboratoriais.**

Sobre as amostras enviadas para o laboratório foram realizados ensaios de massa específica real dos grãos; limites de Atterberg (LL e LP); análise granulométrica por peneiramento e sedimentação; compactação Proctor normal; permeabilidade sob carga variável, sobre corpo de prova moldado com teor de umidade ótima e massa específica aparente seca máxima, do ensaio de compactação Proctor Normal. Na Tabela 4-2 apresenta-se o resumo dos resultados obtidos em laboratório.

<b>RESUMO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES EM LABORATÓRIO</b>		
<b>Análise granulométrica conjunta</b>	<b>Furo 01</b>	<b>Furo 02</b>
Argila	13,8%	14,93%
Silte	5,4%	5,73%
Areia	80,8%	79,3%
<i>Fina</i>	13,2%	13,86%
<i>Média</i>	67,4%	65,34%
<i>Grossa</i>	0,18%	0,14%
Pedregulho	0,0%	0,0%
<b>Ensaio de compactação Proctor</b>		
Teor de Umidade Ótima	10,40%	9,20%
Massa Espec. Aparente Seca Máx.	1.910 kg/m <sup>3</sup>	1.931kg/m <sup>3</sup>
<b>Limites de Atterberg</b>		
Limite de Liquidez (LL)	NP	NP
Limite de Plasticidade (LP)	NP	NP
Índice de Plasticidade (IP)	NP	NP
<b>Massa Específica real dos grãos</b>		
Média	2.657 kg/m <sup>3</sup>	2.657 kg/m <sup>3</sup>
<b>Permeabilidade sob carga variável – amostra moldada com</b>		
K <sub>20°C</sub>	2,6 x 10 <sup>-5</sup> cm/s	3,7 x 10 <sup>-5</sup> cm/s

**Tabela 4-2. Resultados dos ensaios geotécnicos laboratoriais**

Pelos resultados das análises em laboratório, conclui-se que os solos a serem escavados e utilizados no aterro são classificados como areia média argilosa com pouco silte, mostrando-se, técnica e economicamente viável para sua utilização nos sistemas de impermeabilização de base com o uso de geossintéticos e solos de cobertura do aterro.

#### **4.2 Caracterização hidrogeológica**

Conforme descrito no item referente à Hidrogeologia da ADA, na área em que será implantado o Aterro Sanitário ocorre principalmente o Sistema Aquífero Caiuá, que consiste de arenitos quartzosos. Este aquífero é classificado como sendo um aquífero livre e poroso, posicionados nas cotas superiores a 530 m.

Para caracterização da hidrogeologia foram utilizados dados contidos nos boletins de sondagens geotécnicas e ambientais, poços de monitoramento existentes e dados hidrológicos do Córrego Formiga.

A partir dos dados obtidos pode-se verificar que a superfície potenciométrica na área do aterro sanitário aqui proposto, se apresenta na cota de 501,46 metros (PM-01) e na cota 511,67 metros (PM-02), na região a jusante e a montante do Aterro, respectivamente. Portanto devido aos sistemas de impermeabilização e de aterros de base aqui adotados, define-se que o empreendimento proposto **não** possui fatores impactantes à dinâmica de águas sub-superficiais, visto que na concepção de projeto foi adotado um liner composto de aterro de solo compactado e uso de geocomposto bentonítico tipo *Geosynthetic Clay Liner – GCL* e geomembrana de Polietileno de Alta Densidade – PEAD.

De acordo com o arranjo geral do empreendimento, verifica-se que os poços de monitoramento instalados são adequados para o monitoramento de águas subterrâneas do aterro sanitário e de seu entorno e suas locações não interferirão na área de disposição de resíduos, portanto, poderão ser mantidos PM-01, PM-02 e PM-03. Os poços de monitoramento PM-04 e PM-05 serão devidamente tamponados e selados, quando a implantação/operação do aterro sanitário atingir suas locações, sendo estes substituídos por novos poços de monitoramento, conforme a locação proposta no Anexo I, Folha 02/09 do Volume II.

Na Tabela 4-3 a seguir são apresentados os dados hidrogeológicos utilizados para a elaboração do Mapa Potenciométrico da área de implantação do aterro sanitário, juntamente com suas direções de fluxos preferenciais de águas subterrâneas (Janeiro de 2021).

Poço de monitoramento	Coordenada UTM E (m)	Coordenada UTM N (m)	Cota do terreno (m)	Nível d'água (m)	Nível d'água (m)	Cota Potenciométrica (m)
PM-01	743.994,32	7.723.564,64	509,60	8,14	8,02	501,58
PM-02	744.729,08	7.723.141,18	515,25	3,58	3,9	511,35
PM-03	743.784,55	7.723.082,98	513,00	7,21	7,07	505,93
PM-04	744.525,28	7.723.591,52	511,50	7,15	5,7	505,80
PM-05	744.364,80	7.723.337,14	513,75	7,15	6,94	506,81

**Tabela 4-3. Dados hidrogeológicos da área de implantação do aterro sanitário.**

As locações dos poços de monitoramento existentes e dos poços propostos na área do empreendimento, assim como o Mapa Potenciométrico são apresentados no Volume II, Anexo I, na Folha 02/09, e nas Folhas 06/09 a 07/09 são apresentadas as seções geológico-geotécnicas juntamente com as superfícies potenciométricas respectivas.

## 5 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO

A descrição dos elementos de concepção do projeto do Aterro Sanitário Ere瓜çu contemplou a execução de isolamento, execução de serviços de regularização do terreno e implantação dos sistemas de proteção ambiental e sanitária, cujos detalhes estão devidamente apresentados a seguir.

Ressalta-se que os sistemas de proteção ambiental e sanitária aqui descritos foram dimensionados para atender ao aterro sanitário aqui proposto, estes sistemas foram caracterizados e dimensionados individualmente.

### 5.1 Instalações de apoio

O empreendimento deverá contar com instalações de apoio, tais como:

- ✓ Portão e guarita com cancela;
- ✓ Balança rodoviária;
- ✓ Iluminação e energia: para permitir o uso de diversos equipamentos necessários à operação do aterro (equipamentos de escritório, de operação, bombas, compressores, etc); e
- ✓ Dependências físicas (administração, estacionamento, vestiário, sanitários e refeitório);

Os efluentes gerados nas instalações de apoio deverão passar por tratamento de esgoto do tipo fossa séptica e filtro conforme estabelecido na norma da ABNT NBR 7.229/1997, que fixa as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

Tais instalações de apoio são necessárias para garantir o funcionamento adequado do aterro sanitário aqui pleiteado.

## 5.2 Isolamento, sinalização e sistema de vigilância

Em consonância com a Norma Técnica – NBR 13.896/1997<sup>2</sup>, nos sistemas de isolamento e sinalização propostos são previstos:

- a) Cerca de divisa que circunde completamente o perímetro da área do empreendimento;
- b) Portão junto ao qual seja estabelecida uma forma de controle de acesso ao local;
- c) Sinalização na(s) entrada(s) e na(s) cerca(s) com placas contendo os dizeres como “PERIGO – NÃO ENTRE”;
- d) Cerca viva arbustiva ou arbórea ao redor da instalação, quando os aspectos relativos à vizinhança, ventos dominantes e estética assim o exigirem; e
- e) Faixa de proteção sanitária *non-aedificant* de no mínimo 10 m de largura.

Para o sistema de vigilância devem ser contratados funcionários suficientes para esta finalidade, que possam realizar rondas no perímetro do aterro, além de dispositivos que auxiliem na eficácia desse sistema, como: iluminação, rádios comunicadores, vestuário adequado e treinamento.

Na Folha 02/09 do Anexo I do Volume II apresenta-se a localização da cerca para isolamento da área.

## 5.3 Cinturão Verde

Em todo perímetro da área do empreendimento do aterro sanitário proposto deverá ser implantado um cinturão verde através do plantio de espécies vegetais, que

---

<sup>2</sup> NBR 13.896/1997 – Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação.

funcionará como uma zona de amortecimento e uma barreira, tornando o empreendimento menos visível às regiões contíguas, e minimizando a propagação de eventuais ruídos e odores.

Esse cinturão verde deverá ser composto, principalmente, de espécies nativas e se possível de rápido crescimento, para formar rapidamente uma barreira visual densa. A largura desse cinturão verde será de 10 m, com área total de 45.668 m<sup>2</sup> e representa a faixa de *non-aedificant*, conforme determinado na ABNT NBR 13.896/1997.

O crescimento e desenvolvimento desse cinturão serão monitorados desde seu plantio, até o término da vida útil e encerramento do empreendimento. A localização do cinturão verde pode ser visualizada no Volume II, Anexo I - Folhas de Projeto, a partir da Folha 03/09.

#### **5.4 Obras de regularização do terreno**

Para viabilizar a implantação do aterro sanitário em questão deverão ser realizadas obras de regularização do terreno através de cortes no solo natural, de modo que possibilite a adequada implantação dos sistemas de proteção, além de promover a máxima disposição de resíduos.

As escavações serão feitas no terreno natural com a finalidade de configurar um platô de base com declive mínimo de 1%, necessário ao funcionamento adequado da drenagem de lixiviados e conseqüente encaminhamento do lixiviado para o reservatório de armazenamento temporário de lixiviados que em seguida, será encaminhado para Estação de Tratamento de Efluentes – ETE Los Angeles, já existente, através de caminhão pipa.

Os solos provenientes desta escavação deverão ser aplicados na cobertura diária dos resíduos. Estima-se que no total, seja escavado cerca de 316.804 m<sup>3</sup> de solo, que serão utilizados no empreendimento, conforme apresentado no Volume II – Memorial Técnico.

Visando caracterizar os solos provenientes desta escavação, que serão utilizados apenas para cobertura operacional do empreendimento, foram realizados ensaios físicos de laboratório, estando os resultados destes ensaios apresentados no Anexo I desse memorial.

As escavações poderão ser subdividas, e deverão seguir concomitantes ao avanço dos taludes de resíduos, sendo que o detalhamento, bem como a divisão das fases de escavação serão apresentadas no projeto executivo do aterro sanitário a ser apresentado por fases. No Anexo I do Volume II - Folhas de Projeto, na Folha 03/09 apresenta-se a planta de escavação do terreno.

As escavações foram devidamente orientadas perante os dados da geologia local, conforme diagnóstico do meio físico e sondagens realizados pelas empresas Gonvees Sondagens e Fundações Ltda e Geotec Consultoria Topografia Projetos e obras Eireli.

O boletim das sondagens realizadas em maio de 2019 encontra-se devidamente apresentadas no Anexo I desse memorial e os pontos onde foram realizadas as sondagens encontram-se na Folha 02/09 do Anexo I do Volume II - Folhas de Projeto.

## **5.5 Dique de disparo de solo compactado**

Para viabilizar o empreendimento prevê-se a execução de um dique de disparo de solo compactado, em todo perímetro da área do perímetro de resíduos, que deverá ser executado com solo compactado com equipamentos convencionais de terraplenagem, com GC  $\geq$  95% e desvio de umidade em torno da umidade ótima do ensaio de compactação Proctor Normal.

As declividades dos taludes do dique deverá ser, do talude externo de 1:1,5 (V:H), e do talude interno de 1:1 (V:H), com cristas de 5,0 m de largura e deverão ter declividade de 2% no sentido interno, disciplinando o escoamento das águas pluviais em direção ao pé do talude para canaletas. No Anexo I do Volume II, Folha 03/09 é possível visualizar a locação do dique em planta e na Folha 08/09, seus detalhes.

## 5.6 Sistema de impermeabilização

O sistema de impermeabilização proposto deverá ser implantado em toda área do perímetro de resíduos do Aterro Sanitário Ereguáçu, com o objetivo de isolar os resíduos e evitar a penetração de lixiviados no solo, devendo, portanto, ser aplicado também na região dos taludes. O emprego do sistema de impermeabilização proposto poderá ocorrer concomitantemente a disposição de resíduos.

Desta forma, o sistema de impermeabilização aqui descrito foi projetado para ser composto, primeiramente, por uma camada de 0,60 m de solo compactado, com permeabilidade da ordem de  $10^{-5}$  cm/s, anterior à instalação do geocomposto bentonítico tipo *Geosynthetic Clay Liner* – GCL, seguido ainda por uma geomembrana de Polietileno de Alta Densidade – PEAD de 2,0 mm de espessura, que por sua vez deverá ser recoberta com geotêxtil de polipropileno não tecido (RT-31), para proteção mecânica da geomembrana.

O perímetro onde será instalado o sistema de impermeabilização adotado pode ser visualizado em planta no Anexo I, Volume II, na Folha 04/09, estando seus detalhes na Folha 08/09. Os geossintéticos utilizados para o sistema de impermeabilização, GCL, PEAD e geotêxtil, serão devidamente ancorados no dique de disparo de solo compactado, conforme detalhes apresentados no Volume II, na Folha 08/09.

## 5.7 Sistema de drenagem e encaminhamento de lixiviados e gases

Os lixiviados são líquidos contidos no próprio resíduo, gerado pela decomposição biológica do mesmo, por microrganismos, e potencializado pelas infiltrações de águas pluviais. Esse líquido quando não drenado adequadamente pode ocasionar diversos problemas ao aterro sanitário, como o aumento da pressão sobre o maciço de resíduos e conseqüente instabilidade geotécnica, aumento de potencial de sollicitação às estruturas do aterro (camada de impermeabilização de base, por exemplo) e em excesso, retarda o processo de biodegradação dos resíduos e geração de biogás.

Desta forma, foi dimensionado o sistema de drenagem de lixiviados e o sistema de biogás no interior do maciço de resíduos do aterro sanitário, composto por drenos de base e de camadas, drenos de biogás, além do reservatório de armazenamento temporário de lixiviados, descritos a seguir.

Ressalta-se, que o lixiviado armazenado temporariamente no reservatório será encaminhado para Estação de Tratamento de Efluentes ETE Los Angeles (operada pela concessionária de água e esgoto Águas Guariroba) existente, através de caminhão pipa.

#### 5.7.1 Drenos de base de lixiviados

O sistema de drenagem de base foi concebido de modo que exista drenos de base principais, que receberão as contribuições dos drenos de base secundário neste conectados. Assim, a drenagem de lixiviados de base foi concebida para ser implantada sobre o sistema impermeabilizante, em contato direto com os resíduos, de modo que seja mantido o declive mínimo de 1%, que permitirá o funcionamento adequado dos drenos dispostos em formato “espinhas de peixe” interligadas, e com direcionamento dos lixiviados para seu respectivo ponto de saída, para o reservatório de armazenamento temporário de lixiviados. No entanto, o sistema adotado encontra-se interligado, como um sistema de malha, visando manter um sistema capaz de drenar todos os pontos do perímetro de resíduos, com garantia de desempenho ao longo do tempo.

Desta forma, a rede de drenagem de lixiviados de base irá contar com drenos principais com inclinação mínima de 1% ( $\varnothing$  315 mm), e drenos secundários ( $\varnothing$  225 mm) com declividade mínima de 1,0%, devendo suas conexões com o dreno principal seguir as locações previstas no projeto, conforme apresentado no Anexo I - Folhas de Projeto, Volume II, na Folha 04/09 e seus detalhes apresentados na Folha 08/09.

O dreno de base principal será composto por um tubo de PEAD – ISO 4427/PE-100/DE 315 mm e espessura de 35,0 mm/SDR 9,25/PN 20,0, perfurado com furos de

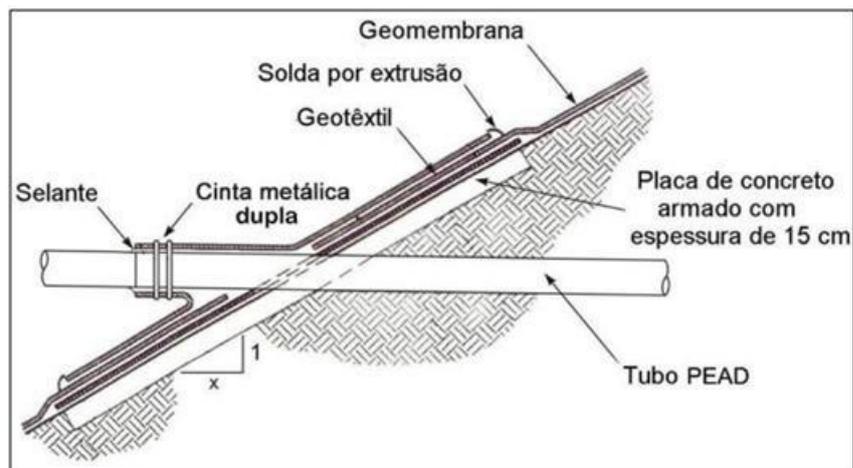
Ø 18 mm, enquanto que os drenos de base secundários serão compostos por tubo de PEAD – ISO 4427/PE-80/DE 225 mm e espessura de 25,0 mm/SDR 9/PN 20,0, perfurado com furos de Ø 18 mm, ambos envoltos por uma camada de transição de brita-rachão-brita, não calcárias, e geotêxtil de polipropileno não tecido (RT-16). Salienta-se que estes tubos atendam às pressões futuras atuantes sobre os mesmos, preservando a sua integridade, conforme apresentado no Volume II – Memorial Técnico.

O geotêxtil utilizado tem a finalidade de proteção do dreno na fase de implantação, e deverá ser “aberto” na fase de operação, para evitar a “colmatação” pelos lixiviados, ou seja é desejo que os resíduos sólidos urbanos, RSU, estejam diretamente em contato com as britas de transição granulométricas, por ser um material granular.

A área de disposição de resíduos do aterro sanitário possui aproximadamente 559.892,32 m<sup>2</sup> e foi estimada uma geração máxima de lixiviados aproximadamente 300 m<sup>3</sup>/dia, no mês mais chuvoso e estando toda área de resíduos em operação na frente de trabalho, cobertura operacional e final. Para esta área determinou-se 1 saída de encaminhamento de lixiviados (Coordenada UTM E 744.175,88 e Coordenada UTM N 7.723.547,12, em metros), direcionada, por gravidade, diretamente para o reservatório de armazenamento temporário de lixiviados. A locação da saída do dreno de base de lixiviados é apresentada no Anexo I do Volume II, Folha 04/09.

O tubo de PEAD DE 315 mm (dreno principal) é capaz de atender a uma vazão de 1.000 m<sup>3</sup>/dia, considerando um declive de 1% e um coeficiente de *Manning* de 0,012 em seção parcial de escoamento de 0,3, ou seja, muitas vezes maior à contribuição total de 300 m<sup>3</sup>/dia. Já o tubo de PEAD DE 225 mm (dreno secundário) é capaz de atender a uma vazão de 407 m<sup>3</sup>/dia, considerando um declive de 1% e um coeficiente de *Manning* de 0,012 em seção parcial de escoamento de 0,3, ou seja, maior que a contribuição total de 300 m<sup>3</sup>/dia. Contudo, ressalta-se que estes tubos de PEAD (DE 315 mm e DE 225 mm) foram superdimensionados visando evitar sua colmatação ao longo de sua vida útil e encerramento do aterro sanitário, embora com o encerramento e cobertura definitiva as vazões de lixiviados tendem a diminuir.

O lixiviado drenado deverá ser encaminhado pelo dreno de base principal para o reservatório de armazenamento temporário de lixiviados, passando pelo dique de solo compactado, de modo que este transpasse deverá ser feito, conforme as orientações norma NBR 16.199:2020 – Barreira geossintéticas – Instalação de geomembranas poliméricas, da ABNT, datado de 25/03/2020 e ilustrado na Figura 5-1.



**Figura 5-1. Transpasse do tubo de drenagem de lixiviados no dique de solo.**

Ressalta-se, que neste mesmo transpasse, deverá ser feita a conexão entre o dreno de base principal perfurado com o dreno não perfurado para o adequado encaminhamento dos lixiviados ao reservatório de armazenamento temporário de lixiviados que em seguida, será encaminhado por caminhão pipa para ETE Los Angeles. No Anexo I do Volume II, na Folha 04/09 é apresentado os pontos dos transpasses da drenagem de lixiviados no dique de solo, e na Folha 08/09, seus detalhes.

#### 5.7.2 Drenos sub-horizontais de camada de lixiviados e gases

Os drenos de camada sub-horizontais serão aqueles implantados sobre a camada de cobertura operacional, a cada 5,0 m de altura, com abertura de trincheira de 0,80 m x 0,80 m sobre os resíduos. No fundo dessa trincheira, em contato com os resíduos, deverá ter uma camada de 0,20 m de solo compactado, seguido de geotêxtil

não tecido de polipropileno (RT 16) e por último o rachão de origem não calcária, conforme detalhe apresentado no Anexo I do Volume II, Folha 08/09.

Estas drenagens, dispostas em malha, deverão ser interconectadas entre si, conforme previsto no projeto, cujo fluxo conduzirá os lixiviados captados aos drenos de biogás, os quais deverão desempenhar também a função de drenagem de lixiviados verticais, através da drenagem descendente dos mesmos até a drenagem de base. Esses drenos horizontais também terão a função de drenar o biogás para os drenos verticais de gases de forma a minimizar os bolsões de bases e chorume na massa.

### 5.7.3 Drenagem de biogás e lixiviados

O sistema de biogás tem a função de drenar os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica, de forma controlada, executando-se uma rede de drenagem adequada, através de drenos que atravessam todo o aterro no sentido vertical e sub-horizontal, desde o sistema de impermeabilização de base até acima do topo da camada de cobertura, devendo estes drenos, serem colocados em pontos projetados para o aterro, a fim de constituir uma malha de drenagem de biogás.

Nesse sentido, para essa drenagem de biogás serão utilizados tubos de concreto armado com Ø 0,60 m, perfurados, que terão fluxo ascendente de gases e drenagem descendente de lixiviados. Estes tubos deverão ser de encaixe tipo ponta e bolsa, envoltos por brita 04 ou rachão não calcários, com 0,50 m de espessura, contido por tela de aço, para formar um espaço anelar preenchido por material granular. Os gases serão conduzidos para este sistema e deverão ser queimados nas saídas dos tubos de concreto através de *flares* em aço ou ferro fundido. À medida que o aterro for alteado, esses tubos deverão ser prolongados, com o cuidado de substituir o tubo que será enterrado, caso este tiver sido utilizado para a queima dos gases, sem o uso do *flare* projetado de aço ou ferro fundido. Esta medida visa garantir a integridade estrutural do sistema de tubos.

O tubo inferior da coluna do dreno de biogás deverá ser penetrado pelo dreno de base de lixiviados e se apoiar sobre uma laje de concreto armado quadrada, de 1,60 m de

lado e 0,15 m de espessura, para distribuir as tensões aplicadas sobre a camada de impermeabilização. Este tubo inferior deverá ter sua perfuração aumentada, para facilitar a entrada/saída dos lixiviados, sendo totalmente preenchido com brita 4 não calcária. Os demais tubos de concreto não deverão ser preenchidos por brita ou rachão, para facilitar as drenagens de lixiviado e gases em forma de chaminé

Os drenos sub-horizontais de camadas de lixiviados deverão penetrar a drenagem de biogás, se conectando nos respectivos tubos de concreto da drenagem de biogás em suas cotas definidas, ao longo da altura de cada camada de disposição dos resíduos, definida aqui de 5,0 m de altura.

Quanto à malha de drenos de biogás no aterro sanitário, sua distribuição foi definida considerando um espaçamento mínimo de aproximadamente 30,0 m de distância entre os drenos, de modo que a drenagem de biogás e lixiviados seja eficiente e contemple toda a área do aterro.

No Anexo I do Volume II, na Folhas 04/09 e 05/09 são apresentadas as localizações dos drenos de biogás que contemplam todas as fases de implantação e operação, e na Folha 08/09, seus detalhes.

#### 5.7.4 Geração e Armazenamento temporário de lixiviados

A geração total de lixiviado estimada para o aterro sanitário será da ordem de 300 m<sup>3</sup>/dia, considerando o perímetro total de resíduos de aproximadamente 56 hectares (559.892,32 m<sup>2</sup>).

Para o dimensionamento de geração de lixiviados no aterro foram utilizados os resultados do Balanço Hídrico modelados para a área a partir dos dados de climatologia, computados e trabalhados estatisticamente pelo programa Help Model (1996).

Destaca-se ainda que grande parte do volume de lixiviado é gerado pelas infiltrações das chuvas, e que a contribuição das águas dos resíduos é de volume finito e muito pouco significativo, para compor a geração do volume de lixiviados ao longo do tempo.

Os lixiviados gerados serão encaminhados e armazenados temporariamente em 1 reservatório projetado, sendo este localizado a norte da área da propriedade. A capacidade total do reservatório, sem *free-board*, é de 2.115,17 m<sup>3</sup>, com tempo de retenção de 7 dias, considerando a geração máxima de lixiviados de 300 m<sup>3</sup>/dia prevista para toda a área, conforme mencionado anteriormente.

O dimensionamento do reservatório de lixiviados a ser implantado é apresentado no Volume II – Memorial Técnico.

## 5.8 Drenagem de águas pluviais

O objetivo deste sistema é disciplinar a drenagem pluvial na área do aterro sanitário – nas áreas de implantação, operação e encerradas -, preservando a qualidade das águas, sem ter contato com os resíduos, propiciando que a energia da mesma seja dissipada e grande parte dos sedimentos seja retida antes de seu lançamento à jusante do aterro.

O sistema de drenagem pluvial proposto foi definido de modo a coletar as águas de chuva, utilizando-se de dispositivos pluviais, que deverão funcionar de maneira associada.

Os dispositivos de drenagem pluvial são:

- Valetas retangulares de concreto, na drenagem periférica do aterro sanitário;
- Canaletas de concreto tipo meia-cana;
- Descidas hidráulicas em gabião;
- Caixas de passagem de concreto;
- Galerias em tubos de concreto armado (travessias);
- Galerias em aduelas de concreto armado (travessias);
- Bacia de retenção de sedimentos e de águas pluviais; e
- Bacia de enrocamento.

O dimensionamento deste sistema é apresentado no Volume II – Memorial Técnico, estando a locação dos componentes deste sistema apresentado no Anexo I - Folhas de Projeto, Volume II, nas Folhas 03/09 a 05/09, e seus detalhes, na Folha 09/09.

Primeiramente, no início das obras de implantação, deverá ser executada a drenagem pluvial periférica definitiva do empreendimento, para desviar e disciplinar as águas pluviais das áreas de montante que incidem sobre o empreendimento, bem como captar e conduzir as águas pluviais drenadas dentro do empreendimento, até as saídas d'água projetadas. No total foram projetadas duas saídas d'água.

Essa drenagem pluvial periférica definitiva deverá ser executada no início das obras de implantação, e será composta basicamente por: valetas retangulares de concreto, canaletas de concreto tipo meia-cana, caixas de passagem de concreto, travessias subterrâneas (tubos de concreto armado e aduelas de concreto armado), bacias de retenção e bacias de enrocamento.

No aterro sanitário, junto à cobertura definitiva, a drenagem pluvial definitiva será composta por: canaletas de concreto tipo meia-cana, escadas d'água de gabião tipo colchão Reno e caixas de passagem em concreto, nas mudanças de direção, nas transições entre os componentes de drenagem pluvial e nas travessias subterrâneas.

As valetas retangulares de concreto deverão ser implantadas nos acessos externos do aterro sanitário (drenagem pluvial periférica). Nos acessos deverá ser considerada declividade mínima de 2% na direção das valetas.

As canaletas de concreto tipo meia-cana deverão ser implantadas nos acessos internos e externos do aterro de resíduos, nas bermas dos taludes e alguns platôs. Nas bermas dos taludes onde serão assentadas as canaletas deverá ser adotada declividade mínima de 2% na direção dos pés dos taludes, para impedir que o escoamento das águas pluviais desça diretamente na direção de maior inclinação dos taludes. Nos acessos internos e externos foi considerada declividade mínima de 2% também, na direção das canaletas.

Na Figura 5-2 é apresentado um exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.



**Figura 5-2. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.**

As descidas de água pluvial no aterro sanitário se darão por descidas hidráulicas trapezoidais de gabião tipo manta (colchão), que consistem em caixas de arame galvanizado tipo gaiola, preenchidas com pedras britadas (brita 3 ou 4). Os colchões acompanharão a declividade dos taludes e bermas, com suas partes inferiores sobrepondo-se às superiores dos elementos seguintes de jusante. A seção transversal destas escadas será trapezoidal, tendo o colchão 0,17 m de espessura, com inclinação do talude lateral da seção interna da escada de 1:2 (V:H). Os colchões de gabião manta deverão ser assentados, sobre uma base, composta por: primeiramente, sobre solo compactado (cobertura definitiva) e após uma geomembrana de PEAD (1,0 mm), seguido por um geotêxtil (RT 16) tipo não tecido de polipropileno e por último, os colchões de gabião manta, que deverão ser ancorados lateralmente, por grampos metálicos (espaçamento de 0,5 m).

Essas descidas hidráulicas deverão ser implantadas, perpendicularmente às faces do maciço do aterro sanitário, ou seja, atravessando os taludes e bermas das faces do maciço.

Devido a isso, as seções hidráulicas dessas descidas serão distintas, quando estiverem nos taludes e nas bermas. Nos taludes, as seções hidráulicas serão menores, devido a declividade dos taludes dos maciços sanitários (1:2; V:H) e nas bermas, as seções hidráulicas serão maiores, em função da horizontalidade das bermas, definindo-se em 2% em direção à próxima camada.

Na Figura 5-3 é apresentado um exemplo de descida hidráulica de gabião manta (colchão).



**Figura 5-3. Exemplo de descida hidráulica de gabião tipo manta (colchão).**

As caixas de passagem de concreto serão implantadas em diversas situações: nas mudanças de direção e para diminuição da energia do escoamento das canaletas//valetas de berma ou acesso e nas transições das descidas hidráulicas de gabião, escadas de concreto, canaletas, valetas e/ou travessias subterrâneas.

A seguir são apresentadas as caixas de passagem de concreto projetadas:

- ✓ Tipo 1 (P1): na interligação das linhas de descidas hidráulicas com canaletas/valetas e travessias subterrâneas, para direcionar melhor o escoamento das águas, possibilitar a dissipação de energia hidráulica e retenção de sedimentos;



**Figura 5-4. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 na interligação de descidas hidráulicas com canaletas/canais e travessia subterrânea.**

- ✓ Tipo 2 (P2): nas mudanças de direção e diminuição da energia do escoamento das canaletas/valetas e retenção de sedimentos, bem como transição com travessias subterrâneas;



**Figura 5-5. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas/valetas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b).**

Em diversos pontos do empreendimento, devido aos acessos, foram propostas travessias subterrâneas de escoamento das águas pluviais, através de tubos de concreto armado ou aduelas quadradas de concreto armado.

Com relação às saídas de águas pluviais definidas no empreendimento, foram definidas duas saídas, tendo em cada uma, um sistema de dissipação de energia e

retenção de sedimentos, composto por bacia de retenção e bacia de enrocamento, com a função de diminuir as velocidades elevadas de escoamento, reter sedimentos, e com isso direcionar adequadamente as águas pluviais para as áreas de jusante do empreendimento (drenagens existentes), minimizando efeitos erosivos e de assoreamento.

As bacias de retenção, também conhecidas como reservatórios de acumulação, são comuns em áreas rurais, principalmente em estradas vicinais. A função deste tipo de dispositivo de drenagem pluvial é acumular as vazões de pico das águas pluviais drenadas e propiciar a retenção temporária das águas e de sedimentos.

Basicamente, essas bacias de retenção são executadas, escavando-se o terreno natural até que se obtenha o volume desejado. As águas pluviais que se acumularem temporariamente nessas bacias, serão conduzidas para jusante, até uma bacia de enrocamento, antes de serem lançadas à drenagem de jusante existente.

As bacias de enrocamento deverão ser executadas com rachão/pedra-de-mão (podendo ser rachão/pedra-de-mão reciclado).

Na Figura 5-6 é apresentado um exemplo de bacia de retenção e de bacia de enrocamento.



Fonte: [www.codasp.sp.gov.br](http://www.codasp.sp.gov.br)

(a)

(b)

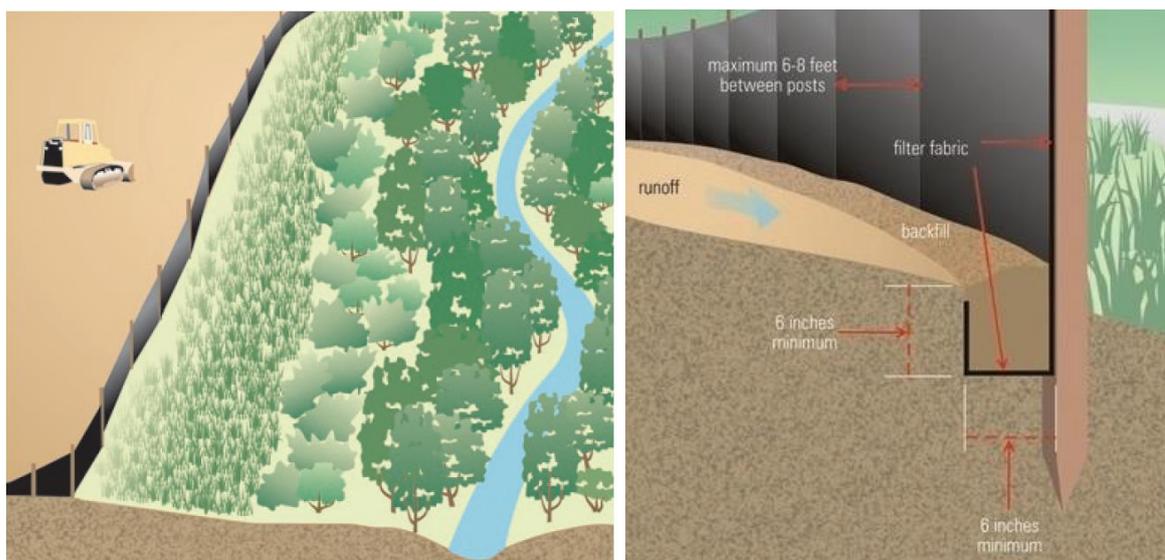
**Figura 5-6. Exemplo de bacia de retenção (a) e de bacia de enrocamento (b).**

Caso necessário, cercas-silte deverão ser implantadas nas saídas d'água pluviais do empreendimento, nas suas laterais, formando uma segunda linha de proteção contra o carreamento de sedimentos e assoreamento em áreas indesejadas, como áreas verdes.

As cercas-silte ou *silt fences* ou *filter fence*, basicamente, são barreiras ou cercas que são instaladas nas áreas mais baixas do terreno, para impedir o carreamento de sedimentos, o que permite apenas a passagem de água. Estas cercas-silte são compostas geralmente por geotêxteis estendidas entre estacas de madeira ou ferro, cravadas e espaçadas uniformemente, formando uma linha horizontal de barreira, que acompanha a cota do terreno. No entanto, nunca devem ser instaladas interceptando as linhas de drenagem principais, como cursos d'água ou pequenos córregos, mas sim nas suas laterais.

Esse tipo de medida é uma barreira bastante eficiente e relativamente fácil de construir, além do baixo custo. No entanto, quando mal executadas (mal estendidas, estacas pouco cravadas, etc.) e sem manutenção, tem seu desempenho bastante reduzido, podendo se tornar ineficazes.

Na Figura 5-7 são ilustrados exemplos de cercas-silte:



**Figura 5-7. Exemplos de cercas-silte (Fonte: EPA, 2007).**

## 6 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO PROPOSTO

Neste item estão descritos os aspectos operacionais que serão adotados para o Aterro Sanitário de Ere瓜çu.

### 6.1 Acessos do Aterro Sanitário

Os acessos serão desenvolvidos através da utilização de brita compactada com espessura média de 0,30 m, propiciando o acesso mesmo durante a ocorrência de chuvas.

Os resíduos dispostos nas regiões dos acessos internos, onde o tráfego se dará por sobre os resíduos, deverá ser bem compactado para diminuição dos recalques e aumento da resistência de massa dos resíduos.

Para o traçado dos acessos propostos foram consideradas rampas com declividades máximas de 10%. Os acessos perimetrais (sobre solo) terão largura de 10,0 m e inclinação média de 10%, os acessos secundários pelas bermas (sobre os resíduos) terão largura de 5,0 m e inclinação média de 2%, no sentido da crista para o pé de talude e canaletas.

Ressalta-se, que os acessos principais (operacionais sobre resíduos), serão detalhados no projeto executivo.

No Anexo I do Volume II, na Folha 05/09 apresenta-se os acessos do projeto.

### 6.2 Disposição dos resíduos sólidos

Prevê-se que a implantação do aterro sanitário ocorra gradualmente, através de fases, que deverão ser detalhadas a partir da elaboração do projeto executivo do aterro sanitário.

Após o devido preparo da frente de disposição em operação, os resíduos transportados pelos caminhões de coleta serão depositados e compactados através de trator de esteira, no sentido ascendente contra o talude, formando rampa com inclinação 1:3 (V:H). Para a adequada compactação dos resíduos, deverão ser executadas pelo trator, de 5 a 8 passadas sobre o material disposto.

Ao final de cada dia de trabalho, a célula de resíduos correspondente a essa jornada deverá ser recoberta com uma camada de solo de 0,15 m ou manta impermeável de sacrifício. A última camada da célula terá a superfície final recoberta com uma camada de solo compactado, que deverá constituir a cobertura definitiva do aterro de 0,60 m, devendo esta mesma técnica, também ser utilizada no acabamento dos taludes. A descrição da cobertura operacional e final dos resíduos encontra-se no Item 6.3 Cobertura Operacional e Final dos Resíduos.

A frente de trabalho deverá ser mantida sempre com a menor superfície exposta de resíduos, planejando-se a disposição diária com o recebimento dos resíduos durante o período operacional. Diariamente no início dos trabalhos, a frente de trabalho deverá ser descoberta, retirando-se a cobertura operacional, e os resíduos compactados sobre os do dia anterior.

### **6.3 Cobertura Operacional e Final dos Resíduos**

A cobertura operacional se dará ao final de cada dia de trabalho, cuja célula de resíduos correspondente a essa jornada, deverá ser recoberta com uma camada de 0,15 m de solo ou com manta impermeável temporária geossintética.

A cobertura definitiva deverá ser aplicada concomitante a conformação geométrica de cada camada finalizada, em todas as superfícies expostas, consistindo em um sistema de evapotranspiração e impermeabilização. Desta maneira, os taludes geometricamente finalizados serão submetidos ao recobrimento com solos, e os provisórios com a cobertura temporária de solos ou geossintética.

Os taludes definitivos, após a cobertura prevista com camada solo compactado de 0,60 m de espessura e permeabilidade da ordem de  $10^{-5}$  cm/s, deverão ser imediatamente submetidos ao plantio de grama, a fim de resguardá-los das erosões laminares, sulcos nos taludes e aumentar a evapotranspiração. Concomitante à cobertura final e ao plantio de gramíneas, deverá ser implementada a drenagem de águas pluviais, conforme já descrito no Item 5.8 – Drenagem de águas pluviais.

Esta camada é a principal responsável pelo funcionamento adequado do sistema proposto de confinamento geotécnico, tendo como função impedir a migração e percolação das águas pluviais, além de restringir movimentos eventuais de gases nos resíduos de maneira descontrolada e propiciando a evapotranspiração.

Nas bermas definitivas, além dessa cobertura final, deverão receber recobrimento com solo e tratamento de pavimento primário a fim de se estabelecerem como vias de acesso operacional.

#### **6.4 Controle tecnológico**

Segundo a Norma Técnica NBR 13.896/1997<sup>3</sup> um aterro sanitário deve ser operado e mantido de forma a minimizar a possibilidade deslizamento/vazamento de resíduos/lixiviados que possam constituir ameaça à saúde humana ou ao meio ambiente.

Nesse sentido, visando garantir o bom desempenho, a segurança do aterro sanitário e sua qualidade ambiental, algumas medidas de controle tecnológico devem ser adotadas seguindo as prescrições do projeto aqui descrito.

Todos os materiais a serem empregados deverão ser fiscalizados durante o recebimento e aplicação, inclusive os geossintéticos dentro das normas específicas.

---

<sup>3</sup> NBR 13.896/1997 – Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.

#### 6.4.1 Monitoramento geotécnico

O objetivo principal do monitoramento geotécnico é identificar fatores de instabilidade da massa de resíduos, orientando a operação quanto à geometria das camadas e, mantendo o adequado funcionamento dos sistemas de proteção ambiental e sanitária.

Sendo assim, durante a operação e o encerramento do aterro sanitário, este monitoramento avaliará as condições de estabilidade e de funcionamento dos sistemas componentes da drenagem de lixiviados, de biogás e pluvial, até a inertização da massa de resíduos.

O sistema de monitoramento geotécnico constará de instrumentos especiais que medirão:

- Poropressões de lixiviados e biogás no interior do aterro (piezômetro);
- Deslocamentos horizontais e verticais do aterro (marco superficial);
- Vazões de lixiviados; e
- Pluviometria local.

Os pontos a serem monitorados pelos marcos superficiais e piezômetros foram escolhidos de maneira que permita a análise ao longo do tempo do funcionamento e desempenho dos diversos sistemas do aterro sanitário proposto, principalmente nas áreas mais críticas, como as de maior altura do maciço.

Sendo assim, o projeto do aterro em questão contemplou a instalação de 47 piezômetros e 94 marcos superficiais, até o final da operação do aterro. No Anexo I do Volume II, na Folha 05/09 é apresentada a localização em planta dos marcos superficiais e dos piezômetros.

A leitura destes instrumentos deverá ser realizada com periodicidade de no mínimo uma vez a cada mês e os dados tratados, para avaliação do comportamento do aterro sanitário, de modo que seja possível avaliar as condições geotécnicas do maciço de resíduos. Os detalhes dos marcos superficiais e piezômetros estão apresentados no Anexo I do Volume II, na Folha 08/09.

Assim, conforme os resultados que serão obtidos da análise de estabilidade das seções mais críticas do aterro sanitário, que serão realizadas ao longo do desenvolvimento do aterro sanitário, os níveis de alerta deverão ser considerados, conforme a análise.

Os critérios de segurança relativos aos deslocamentos para as áreas sobre resíduos poderão seguir as recomendações aqui apresentadas conforme a Figura 6-1.

RECALQUE		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$20 < x \leq 40$ mm/dia	$40 < x \leq 100$ mm/dia	$x > 100$ mm/dia
DESLOCAMENTO HORIZONTAL		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$10 < x \leq 25$ mm/dia	$25 < x \leq 50$ mm/dia	$x > 50$ mm/dia

**Figura 6-1. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais.**

Em geral, o deslocamento horizontal dos marcos superficiais a uma velocidade inferior a 25 mm/dia é considerado um padrão aceitável para os aterros sanitários tradicionais de resíduos sólidos urbanos no Brasil. As posições dos marcos superficiais no maciço foram definidas pelas condições geométricas nos pontos, ou seja, levando-se em consideração principalmente, à altura, inclinação média do talude e espessura dos resíduos.

Além destes importantes instrumentos de medição, marcos superficiais e piezômetros, outros dois instrumentos deverão ser instalados, visando auxiliar o monitoramento geotécnico, sendo:

- Pluviômetro

No aterro sanitário deverão ser feitas leituras diárias do índice pluviométrico, sempre no mesmo horário. Este índice servirá como referência na análise do nível piezométrico e de vazão de lixiviados, além de verificar as características de comportamento do aterro frente as precipitações, definindo um modelo local para o balanço hídrico real. A plotagem das leituras num gráfico facilita a determinação dos períodos

chuvosos característicos da região, bem como a intensidade destes períodos.

- Medidor de vazão de lixiviados

A leitura da vazão de lixiviados deverá ser realizada diariamente e sempre no mesmo horário. A observação destes valores permitirá uma análise da eficiência da drenagem subterrânea de lixiviados, sistema este que tem como função evitar o acúmulo de líquidos no interior do maciço.

No caso de se verificar valores de vazão de lixiviados que não estejam dentro de intervalos esperados, as causas desta anormalidade poderão ser detectadas e as ações corretivas que se façam necessárias poderão ser executadas. Desta forma evita-se o risco da ocorrência de situações de instabilidade geotécnica no aterro.

A ETE Los Angeles que irá tratar o lixiviado, já possui um medidor de vazão e deverá ser instalado um pluviômetro para a medição das chuvas locais dentro do perímetro do empreendimento.

Ainda como parte desse monitoramento deverá ser realizada, conjuntamente, inspeções técnicas periódicas com preenchimento de formulários, baseados em *check-list*, por especialista geotécnico para verificação das condições de estabilidade do maciço.

Nestas inspeções deverão ser registradas as seguintes observações:

- Drenagem dos taludes – disfunções e assoreamento do sistema de drenagem;
- Erosões e proteção superficial das superfícies dos taludes;
- Trincas e instabilidades nas bermas e taludes;
- Recalques e poças d'água em platôs e bermas;
- Carreamento de sólidos para os corpos d'água de jusante;

- Reparos a serem realizados nos sistemas; e
- Surgências de gases e lixiviados.

A periodicidade dessas inspeções deve ser mensal, podendo ser mais intensa após períodos chuvosos, excepcionais, de grande intensidade ou duração. As medições da vazão de líquidos lixiviados para o acompanhamento de sua geração deverá ser diária, a fim de se associar às variações das condições atmosféricas de períodos seco e chuvosos.

Visando ainda atestar a viabilidade do presente projeto foram realizados cálculos e análises, que modelam e comprovam a estabilidade do projeto, através da modelagem computacional, contemplando as situações futuras do aterro sanitário, cujos resultados se encontram apresentados no Anexo II – Memorial de Cálculo de Estabilidade, do Volume II – Memorial Técnico.

Ao longo da vida útil do aterro recomenda-se a execução de sondagens geotécnicas tipo *Standard Penetration Test – SPT*, para calibrar a resistência dos resíduos com os diversos fatores influentes, tais como, compactação, conforme estabelecido por Benvenuto (2012).

#### 6.4.2 Monitoramento de águas subterrâneas

O desenvolvimento do plano de monitoramento das águas subterrâneas, para identificação de eventuais contaminações durante a operação do aterro, contemplou a manutenção de 3 poços existentes e instalação de quatro poços de monitoramento, de modo que as amostras de águas subterrâneas sejam representativas do aquífero freático e de qualquer contribuição fortuita das águas pluviais que adentrem a área de inserção do empreendimento, conforme descrito a seguir.

Na área do aterro sanitário, foram implantados 5 poços de monitoramento de águas subterrâneas. Conforme descrito anteriormente, de acordo com o arranjo geral do empreendimento, verifica-se que os poços de monitoramento instalados são adequados para o monitoramento de águas subterrâneas do aterro sanitário e de seu

entorno e poderão ser utilizados futuramente, PM-01, PM-02 e PM-03, à jusante maciço de resíduos. Já os poços de monitoramento PM-04 e PM-05 deverão ser devidamente tamponados e selados, quando a implantação/operação do aterro sanitário atingir suas locações, sendo estes substituídos por novos poços de monitoramento, conforme a locação proposta no Volume II, Anexo I, Folha 02/09.

Sendo assim, com a finalidade de atender todo perímetro da área de disposição de resíduos, em situação final de projeto, contemplou-se a instalação de 4 novos poços de monitoramento, PM-06, PM-07 e PM-08 e PM-09. Suas implantações poderão ser atreladas ao avanço da área de disposição de resíduos ao longo do tempo, de modo que exista pelo menos 1 poço de monitoramento a montante da área, para subsidiar as análises do contexto hidrogeoquímico do empreendimento e de seu entorno.

As locações dos poços de monitoramento implantados e a implantar são apresentadas no Anexo I do Volume II, na Folha 02/09.

A implantação dos poços de monitoramento foi realizada tendo-se como referência as normas pertinentes existentes:

- NBR 15.495-1/2009 – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção”; e
- NBR 15.495-2/2008 – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento”.

A amostragem de água subterrânea deverá seguir a norma:

- NBR 15.847/2010 – “Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga”.

As amostragens das águas subterrâneas de cada poço de monitoramento deverão ser realizadas trimestralmente, visando identificar quaisquer influências das atividades do empreendimento na dinâmica da geoquímica das águas subterrâneas perante o desenvolvimento de atividades com potencial de contaminação.

Todas as amostras deverão ser coletadas utilizando-se o método de amostragem de baixa-vazão (micro-purga) para águas subterrâneas. Este método baseia-se na

amostragem por meio da adoção de uma baixa velocidade na vazão da água, sendo o controle realizado por meio do acompanhamento do rebaixamento do nível d'água durante o bombeamento realizado e análise em tempo real dos parâmetros indicadores de estabilização.

A análise do nível d'água dinâmico deverá ser realizada através da utilização de uma sonda elétrica para medição contínua do rebaixamento do nível d'água em cada poço (medidor de rebaixamento) e equipamento de medida acoplado. Quando obtidas leituras próximas e sucessivas dos parâmetros medidos *in situ* é fornecida a indicação de que foram alcançadas as condições ideais para a amostragem ou para as leituras da água da formação.

As leituras que devem ser consideradas são as que variaram dentro de um intervalo, conforme apresentado na tabela que segue, baseada na norma ABNT NBR 15.847 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento: Métodos de purga - jul/2010.

Parâmetro	Variação permitida
pH	0,2 unidades
Condutividade elétrica	5% das leituras
Potencial oxi-redução	20 milivolts
Temperatura	0,5 °C
Oxigênio Dissolvido	10% ou 0,2 mg/L

**Tabela 6-1 - Variações máximas dos parâmetros durante a estabilização.**

As amostras das águas subterrâneas deverão ser submetidas à análise laboratorial, visando determinar suas características físico-químicas, utilizando-se as metodologias usuais que atendam aos limites mínimos de quantificação da amostra, de modo a atender aos valores orientadores descritos. Além disso, deverão ser adotados os adequados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, com registro de cadeia de custódia.

O laboratório a ser contratado pelo interessado deverá possuir situação ativa no banco de dados do Instituto Nacional de Metrologia (ABNT NBR ISO/IEC 17.025 – Ensaio).

Os parâmetros a serem contemplados são apresentados a seguir, segundo a lista dos valores orientadores para águas subterrâneas exigida na Licença de Operação do aterro existente.

- ✓ Alcalinidade total;
- ✓ Bário;
- ✓ Cádmio;
- ✓ Chumbo;
- ✓ Cloreto;
- ✓ Cobre;
- ✓ Coliformes totais;
- ✓ Condutividade elétrica;
- ✓ Cromo;
- ✓ DBO<sub>5</sub>;
- ✓ DQO;
- ✓ E. coli.;
- ✓ Fenois Totais;
- ✓ Fenol;
- ✓ Fosfato Total;
- ✓ Mercúrio;
- ✓ Níquel;
- ✓ Nitrato;
- ✓ Nitrito;
- ✓ Nitrogênio Amoniacal;
- ✓ Nitrogênio Orgânico;
- ✓ Nitrogênio Total Kjeldahl;
- ✓ Oxigênio dissolvido;
- ✓ pH;
- ✓ Sólidos Totais;

- ✓ Temperatura ambiente;
- ✓ Temperatura da amostra;
- ✓ Turbidez.

As amostras da água subterrânea deverão ser submetidas à análise laboratorial, visando determinar suas características físico-químicas e biológicas, utilizando-se as metodologias usuais que atendam aos limites mínimos de quantificação da amostra, de modo a atender aos Valores Orientadores descritos. Além disso, deverão ser adotados os adequados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, com elaboração de cadeia de custódia.

Os resultados obtidos serão consolidados e interpretados, de modo a diagnosticar eventuais interferências na hidrogeoquímica na área do empreendimento e seu entorno.

#### 6.4.3 Monitoramento de águas superficiais

O desenvolvimento do plano de amostragem das águas superficiais se faz necessário para identificação de eventuais interferências na dinâmica e qualidade da água dos recursos hídricos na área de influência do empreendimento.

Para a avaliação dos recursos hídricos superficiais deverá ser realizada a coleta de amostras de águas superficiais em dois pontos, sendo um à montante (AAS-01) e um à jusante (AAS-02) do empreendimento, que receberá as águas pluviais drenadas na área do Aterro Sanitário Ereguaçu. Esses pontos de coleta (montante e jusante) foram definidos para identificar rapidamente qualquer alteração na qualidade dessas águas. Na Tabela 6-2 a seguir são apresentadas as Coordenadas UTM's dos pontos de amostragem de águas superficiais.

Ponto de Amostragem de Águas Superficiais		
Ponto	Coordenadas UTM (m)	
	E (m)	N (m)
AAS-01	744.419	7.723.863
AAS-02	743.982	7.723.952

**Tabela 6-2. Coordenadas UTM dos pontos de amostragem de águas superficiais, em metros.**

Para a adequada amostragem de água superficial deverão ser adotados os métodos descritos na Norma Técnica ABNT NBR 9.898/1987 e no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da CETESB e ANA (2011).

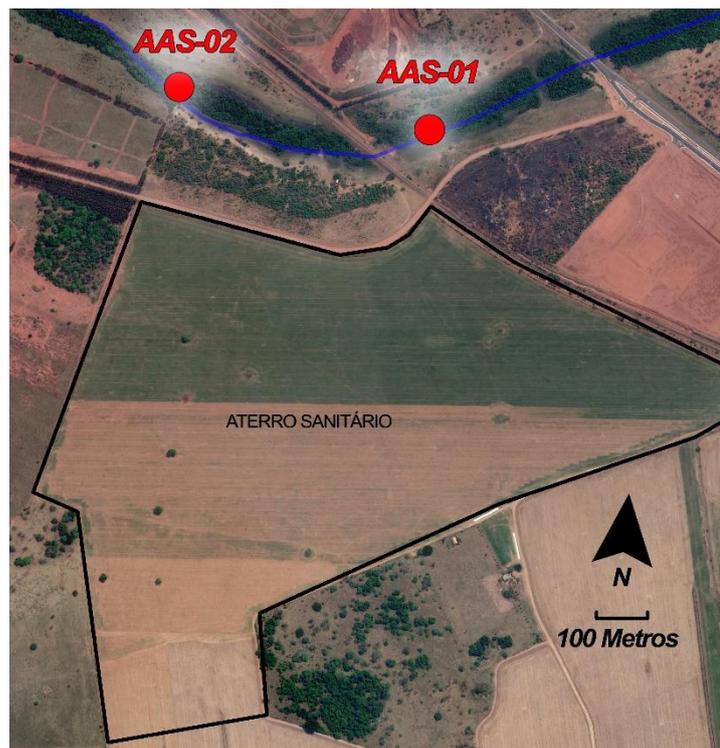
Estas amostragens deverão ser realizadas por empresa especializada, com certificação de cadastro ativo no banco de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO).

A coleta e amostragem terão periodicidade trimestral, sendo que ocorrerá juntamente com a coleta de águas subterrâneas, embora com parâmetros e Valores de Referência distintos, aplicados conforme a listagem estabelecida na licença de operação do aterro existente, no âmbito das águas superficiais, sendo eles:

- ✓ Cálcio;
- ✓ Cloretos;
- ✓ Condutividade Elétrica;
- ✓ Cobre;
- ✓ DBO<sub>5</sub>;
- ✓ DQO;
- ✓ Ferro total;
- ✓ pH;
- ✓ Sulfato;
- ✓ Nitrogênio Amoniacal;
- ✓ Nitrogênio nitrato;
- ✓ Zinco;

- ✓ Fósforo total;
- ✓ Magnésio;
- ✓ Potássio;
- ✓ Sódio;
- ✓ Oxigênio Dissolvido;
- ✓ Sólidos totais dissolvidos;
- ✓ Turbidez; Fitoplâncton;
- ✓ Coliformes totais e termotolerantes; e
- ✓ E. coli.

Os pontos de amostragem de águas superficiais são apresentados na Figura 6-2 apresentada a seguir.



**Figura 6-2. Pontos de monitoramento de águas superficiais.**

Os resultados obtidos serão consolidados e interpretados, de modo a diagnosticar eventuais interferências na dinâmica das águas superficiais na área do empreendimento e seu entorno.

#### 6.4.4 Monitoramento de Odores e Particulados

Os odores a serem gerados pelo empreendimento se restringirão aos setores que terão mais contato com os resíduos, principalmente na frente de trabalho do aterro sanitário, na execução das células diárias de resíduos e cobertura.

Além disso, os queimadores, ou *flares*, contemplados nas saídas dos drenos de biogás atenuarão os odores gerados pela degradação dos resíduos, no interior do aterro sanitário, através da queima do biogás.

Com relação à emissão de particulados provenientes do empreendimento, em especial os provenientes das vias de acessos não pavimentadas, deverá ser monitorada constantemente, principalmente nos dias mais secos, de modo que quando necessário as vias sejam umectadas por caminhões pipa.

Além disso, o cinturão verde a ser contemplado no entorno da área do empreendimento, deverá atuar como barreira física para a dispersão tanto de particulados provenientes do aterro, como de eventuais odores que possam atingir núcleos habitacionais do entorno, ainda que distantes e escassos.

Para impedir que resíduos leves possam ser levados pelo vento, durante a disposição de resíduos na frente de trabalho, propõe-se a adoção de cercas móveis especiais, para conter os resíduos junto a área de descarga e operação, associados a coleta manual diária de eventuais espalhamentos.

Como medida preventiva, a regulagem periódica dos motores a combustão com emissão gasosa é necessária para a manutenção da qualidade do ar.

#### 6.4.5 Monitoramento de Vetores e Enfermidades

A manipulação de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários propicia a proliferação de vetores de enfermidade, tais como: ratos, baratas, moscas e aves. Sendo assim, uma das medidas mais importantes para o empreendimento proposto, em relação ao monitoramento ambiental, é em relação aos vetores, tornando-se

imprescindível a implementação de um Plano de Controle Integrado de Pragas para insetos rasteiros (baratas, traças e aranhas) e roedores (camundongo, rato preto e rato de esgoto).

Este plano é um trabalho abrangente que pode ser definido como um sistema que incorpora ações preventivas e corretivas destinadas a impedir que as pragas ambientais possam gerar problemas significativos.

O Plano de Controle Integrado de Pragas baseia-se em duas grandes linhas de ação:

- Medidas preventivas: que compreendem as boas práticas de operação e os trabalhos de educação e treinamento, visando evitar infestações. Quem faz a limpeza e a higiene de um produto, ambiente ou serviço é o ser humano, e esta pessoa deve ser orientada e conscientizada. As necessidades de treinamento de pessoal devem ser identificadas e os procedimentos para prover treinamentos devem ser estabelecidos e mantidos sob registro documentado.
- Medidas corretivas: que compreendem a implementação de barreiras físicas, sendo que tais medidas são complementadas pela empresa de controle de pragas através da instalação de dispositivos de captura, iscas e controle químico.

A utilização de técnicas adequadas na manipulação dos resíduos sólidos urbanos reduz e, em alguns casos, inibe a proliferação destes animais que são considerados vetores de enfermidades.

Na aplicação das medidas de monitoramento e controle dos vetores e enfermidades devem ser tomados os devidos cuidados para restringir seus efeitos apenas dentro da área do empreendimento, de modo a não afetar a fauna e flora local, no entorno do empreendimento, ou seja, não os prejudicando.

#### 6.4.6 Plano de Inspeção e Manutenção Periódica

Para garantia e manutenção das condições operacionais dos sistemas projetados, bem como da segurança operacional do aterro sanitário, é proposto um plano de inspeções e manutenção periódica para análise das condições de manutenção dos principais elementos projetados, de modo que todos os sistemas componentes do empreendimento deverão ser avaliados periodicamente, por exemplo, através de um *check-list*.

Sendo assim, eventuais anomalias e não conformidades deverão ser registradas e corrigidas com recomposição das características conforme as definidas no projeto.

Este *check-list* deverá ser realizado por funcionário credenciado e o seu resultado fornecido ao órgão ambiental para conhecimento e análise. Os sistemas de drenagem pluvial, coberturas operacionais e definitivas finais deverão ser inspecionados por técnico especialista, mensalmente e, sempre após a ocorrência de chuvas intensas, para garantia de manutenção da operação e encerramento dentro das condições projetadas.

Na tabela a seguir é apresentada uma planilha modelo para a realização do *check-list*. Os componentes inseridos nessa planilha têm caráter apenas demonstrativo, podendo ser alterados ou acrescidos de acordo com as condições de projeto ou observadas em campo na época da vistoria dos órgãos ambientais competentes.

Componente e/ou estrutura da instalação, sistema ou peça de equipamento	Possível falha ou deterioração	Frequência de inspeção	Sugestões para ações corretivas
Edificações	Conservação inadequada	Mensal	Manutenção predial
Portões e Cercas	Mau funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Acessos Internos	Formação de lama e poças d'água	Mensal	Drenagem superficial e conservação da pavimentação
Sistema de Drenagem Superficial	Assoreamento, solapamento, mudança de declividade, rupturas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Limpeza e manutenção
Cobertura Final	Erosões, proteção vegetal danificada	Mensal ou após chuvas excepcionais	Recomposição dos sistemas de cobertura
Drenos de Lixiviados	Mau funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Reservatório de Armazenamento Temporário de Lixiviados	Vazamentos e condições de nível dos lixiviados	Semanal	Manutenção e remoção dos lixiviados
Poços de Monitoramento	Quebra do sistema de proteção, solapamento, falta d'água	Trimestral	Manutenção, esgotamento, substituição do poço defeituoso
Piezômetros e Marcos Superficiais	Quebra, mau funcionamento	Mensal	Manutenção, conserto, substituição
Proteção Vegetal dos Taludes	Não crescimento de espécies, escorregamentos da proteção vegetal, falhas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Replantios e correções locais
Cinturão Verde	Deficiência do crescimento da vegetação	Trimestral	Correção com replantio de novas mudas ou tratamento do solo.
Sistemas de Drenagem e Queima de Gases	Drenos apagados, ruptura dos tubos	Mensal	Substituição dos tubos e acendimento dos <i>flares</i>

**Tabela 6-3. Modelo de *check-list*.**

## **7 PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO**

O processo construtivo concebido para o Aterro Sanitário considerou que na medida em que forem sendo concluídas as camadas de células de resíduos, algumas atividades visando à desativação serão, concomitantemente, consolidadas.

Os platôs finais das camadas de células, assim como os taludes já concluídos receberão uma cobertura definitiva de solo compactado com espessura de 0,60 cm respeitando os declives do projeto, e terá por finalidade selar a superfície final do aterro sanitário. Após este encerramento ocorrerá o desenvolvimento de uma área verde, com cobertura de gramíneas em seus taludes e platôs, visando evitar a ocorrência de processos erosivos. As bermas serão mantidas como vias de acesso para veículos/maquinário.

O sistema de drenagem de águas pluviais descrito anteriormente também será construído com o objetivo de permanecer em uso após a desativação da atividade de disposição de resíduos sólidos, e também se constitui em um dos importantes sistemas de proteção dessa gleba após a paralisação das atividades.

Após a desativação das diversas etapas do aterro sanitário, bem como de toda a unidade de disposição de resíduos sólidos, deverão ser realizadas nessa gleba, operações de manutenção de todo o maciço construído.

Essas operações visam garantir a estabilidade física do maciço, através da correção de possíveis recalques diferenciais, principalmente nos taludes frontais do aterro sanitário, que ocorrem principalmente devido à decomposição da fração orgânica dos resíduos sólidos. Além disso, deverão ser realizadas operações de correção e manutenção da drenagem de águas pluviais, líquidos lixiviados e de biogás. Os líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário serão encaminhados por caminhão pipa para tratamento adequado na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Los Angeles, já existente.



**Foto 7-1 – Exemplo de aterro sanitário encerrado.**

A área do Aterro Sanitário Ere瓜çu deverá ainda ser integrada à paisagem com o incremento do plantio de vegetação no seu entorno, não devendo ser ocupada por edificações ou áreas de recreação até que se garanta a completa inertização e estabilidade da massa de resíduos.

Esta área, após a verificação de término das atividades biológicas internas do aterro, poderá ser aproveitada como área de lazer e de parque podendo-se aproveitar as áreas em solo natural e as edificações implantadas, inclusive como locais para palestras e orientações de alunos de escolas, dentro de um plano de educação ambiental e de um circuito de passeios ecológicos da região, divulgando a área como exemplo de disposição segura de resíduos sólidos domiciliares.

As medidas de controle tecnológico deverão dar seguimento conforme descrito no presente projeto por um período mínimo de 20 anos após o encerramento da disposição de resíduos, conforme prevê a Norma Técnica da ABNT, NBR 13.896/1997<sup>4</sup>, com inspeções periódicas de especialistas, até que garanta a completa inertização e estabilidade da massa de resíduos. Este período poderá ser

---

<sup>4</sup> NBR 13.896/1997 – Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação.

reduzido, uma vez constatado o término da geração dos lixiviados e de gases, ou conforme determinações do órgão ambiental responsável.

Desse modo, o plano de monitoramento proposto para a área encerrada contempla:

- a) Monitoramento geotécnico (marcos superficiais e piezômetros);
- b) Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, por um período de 20 anos após o fechamento da instalação.
- c) Manutenção da cobertura de modo a corrigir subsidências, fissuras ou erosões;
- d) Manutenção do sistema de monitoramento, coleta, armazenamento e transporte dos lixiviados, até o término da sua geração;
- e) Manutenção do sistema de drenagem de biogás até que seja comprovado o término de sua geração;
- f) Manutenção do isolamento do local, caso exista risco de acidente para pessoas ou animais; e
- g) Monitoramento da recomposição vegetal (cobertura vegetal e cinturão verde).

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA – ABGE. Ensaios de permeabilidade em solo: orientações para sua execução em campo. São Paulo. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. **Curso anual de treinamento sobre Aterros Sanitários - Licenças/Projeto/Operação**. São Paulo: ABLP, 2008 a 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 07p.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 11.682**: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12p.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 15.847**: **Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento**: Método de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 21p.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 15495-1**: **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 1**: Projeto e Construção. ABNT. Rio de Janeiro. 2007.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 15495-2**: **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 2**: Desenvolvimento. ABNT. Rio de Janeiro. 2007.

\_\_\_\_\_, ABNT. **NBR 16.199**. **Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental**. ABNT. Rio de Janeiro. 2013.

BAGCHI, A. **Design Construction and Monitoring of Landfills**, 2<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., 1994.

BENVENUTO C. et al. **A Metodologia Geotécnica Aplicada à Disposição dos Resíduos Sólidos**. In: GEOAMBIENTAL SEMINÁRIO SOBRE GEOTECNIA DE ATERROS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS - ÊNFASE EM ATERROS SANITÁRIOS, 1994, Rio de Janeiro, RJ. COPPE-UFRJ, 1994.

BENVENUTO C.; CIPRIANO, M. A. **Modelo reológico de comportamento de resíduos e aterros sanitários, segundo critérios de projeto e operação atuais no Brasil**. Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 74. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2010.

BENVENUTO C. **Monitoramento Geotécnico e a estabilidade dos aterros sanitários**. Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 77. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2011.

BENVENUTO C.; BENVENUTO M. **Ensaio mecânicos em resíduos sólidos urbanos: as teorias e as finalidades práticas**. Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 81. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 ago. 2010.

BRASIL. Resolução CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 mar. 2005.

BRASIL. Resolução CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes

para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez. 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resíduos Sólidos Domésticos: Tratamento e Disposição Final**. São Paulo: CETESB, 1994.

CONSONI, A. J. SILVA, I. C. GIMENEZ FILHO, A. **Sistema de drenagem de biogás**. In: D'ALMEIDA, M. L. O. & VILHENA, A. (coord.). Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. Cap. V, p. 285.

DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Revista Água e Energia**, São Paulo, Ano 05, n. 14. p 28, 1988.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Engesur Consultoria e Estudos Técnicos Ltda. 2 Ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Consulta ao banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>>.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (UNITED STATES). **Developing your storm water pollution revention plan: A guide for construction sites**. EPA, Mai de 2007. Disponível em: <[www.epa.gov/npdes/pubs/sw\\_swppp\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/sw_swppp_guide.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. 1999. p. 88-90.

SANTOS, A.R.; PASTORE, E.L.; AUGUSTO JÚNIOR, F.; CUNHA, M.A. **Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: IPT, 1988. 125 p.

## ANEXO

### ANEXO I – Sondagens a percussão e Ensaios Geotécnicos Laboratoriais.

**RELATÓRIO DE SONDAGEM**

**SPT**



**Contratante: CONSÓRCIO CG SOLURB SOLUÇÕES  
AMBIENTAIS SPE LTDA.**

**Local: FAZENDA GAMELEIRA, ZONA RURAL, CAMPO  
GRANDE/MS.**

**Data: NOVEMBRO DE 2020**

**GONVEES – SONDAGENS E FUNDAÇÕES**

*Sondagem a Percussão - SPT*

**Relatório 39-2020**

Solicitante: Consórcio CG Solurb Soluções Ambientais SPE Ltda.

Local: Fazenda Gameleira, Zona Rural, Campo Grande/MS

Campo Grande/MS, 12 de novembro de 2020.

Prezados Senhores, temos o prazer de remeter a V.Sa., os resultados das sondagens a percussão por nós realizados na Fazenda Gameleira, na Zona Rural de Campo Grande/MS.

Foram executados 05(cinco) furos de sondagem de reconhecimento (SPT) totalizando 71,00 metros.

A sondagem foi executada pelo método de percussão com registro do índice de penetração do amostrador padrão de 34,9 mm (1" 3/8), e 50,8 mm (2"), de diâmetro interno e externo, respectivamente, em todos os terrenos penetráveis a este tipo de sondagem.

As perfurações executadas foram por percussão com auxílio de circulação de água e protegidas por um tubo de revestimento de diâmetro nominal de 2 1/2", conforme indicado nos perfis individuais. A extração das amostras foi feita com a cravação do amostrador descrito acima.

Anotou-se o número de golpes de um peso de 65 Kg, que cai em queda livre de 75 cm de altura, para cravar 45 cm do amostrador padrão descrito acima, em 03 seções de 15 cm cada, nas camadas de solo atravessadas.

Os números fracionários indicam no numerador o número de golpes e no denominador a penetração correspondente em cm. Quando o numerador dessa fração for zero, o amostrador padrão penetrou o comprimento indicado no denominador, sob o peso próprio das hastes.

O número de golpes para cravar os 30 cm finais do amostrador padrão, fornece a indicação da compactidade (caso dos solos de predominância arenosa ou siltosa), ou da consistência (caso dos solos de predominância argilosa), dos solos em estudo.

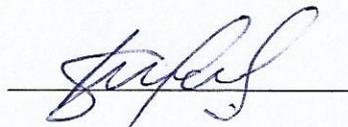
Os diversos níveis de água no terreno estão indicados nos desenhos, anexo, nas posições em que foram encontrados durante a execução das sondagens. A correta verificação destas posições poderá ser obtida através de um poço de maior diâmetro, que traduzirá melhor as condições

da permeabilidade do subsolo. Aos furos de sondagem à percussão correspondem os perfis individuais indicados: cota da boca do furo em relação ao RN indicado; números de golpes necessários à cravação do amostrador padrão, em terreno penetrável à percussão; posição das amostras extraídas à percussão; cota do nível da água na data indicada; avanço do furo e revestimento; profundidade das diversas camadas encontradas em relação à superfície do terreno e, finalmente a classificação das camadas atravessadas, de acordo com a nomenclatura da ABNT.

Segundo informação de Vs. Sas, estas sondagens destinam-se ao reconhecimento do subsolo para EDIFICAÇÕES.

Nos desenhos anexo, acham-se indicados a locação da(s) sondagem(s) em plantas, e o(s) perfil(s) individual (is) de cada sondagem à percussão.

Atenciosamente,



Pcgonvees Ltda.



## PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

CLIENTE: SOLURB

OBRA: Fazenda Gameleira

LOCAL: Campo Grande/ MS

INÍCIO: 22/05/2019

TÉRMINO:

COTA: 15,45 M

FURO

SP01

REV.	AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO Nº DE AMOSTRA	REVESTIMENTO = 63.5 mm		ENSAIO PENETRO-MÉTRICO			RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		PENETRAÇÃO (GOLPES)							
					AMOSTRADOR { Ø INTERNO = 34.9 mm Ø EXTERNO = 50.8 mm PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm		1º	2º	3º	30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS	FOFA	PDU.C	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.			
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL										COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)									
										4 8 18 40									
TH			0	00															
			1	01	AREIA FINA COR MARROM		1	1	1	2	2								
			2	02			1	1	1	2	2								
			3	03			1	1	1	2	2								
			4	04			2	2	2	4	4								
		N.A.	5	05			1	1	1	2	2								
			6	06			1	1	1	2	2								
			7	07			2	3	3	5	6								
			8	08	AREIA SILTOSA COR MARROM		2	2	2	4	4								
			9	09			2	2	2	4	4								
			10	10			2	3	3	5	6								
			11	11			3	3	3	6	6								
			12	12			3	4	3	7	7								
			13	13			3	4	4	7	8								
			14	14			4	4	4	8	8								
			15	15			5	7	7	12	14								
			16																
			17																
			18																
			19																

OBS.: - SONDAGEM EXECUTADA CONFORME NORMAS DA "ABNT", NBR-6484 E NBR-7250. OBEDECENDO A CRITÉRIOS PREESTABELECIDOS PELO CLIENTE.

- N.A. ENCONTRADO NA PROFUNDIDADE DE 5.20M.

2	5	10	19
INDICE	MEDIA	RJJA	DURA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
		5,20	15,45

FOLHA: 01 / 01	ESCALA: SEM ESCALA	COORDENADAS: X: 7723602 Y: 744020	SONDADOR: PAULO CÉSAR	EQUIPE
----------------	--------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------



## PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO

CLIENTE: SOLURB  
 OBRA: Fazenda Gameleira  
 LOCAL: Campo Grande/ MS

INÍCIO: 23/05/2019  
 TÉRMINO:  
 COTA: 15,45 M  
 FURO SP03

REV.	AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO N° DE AMOSTRA	REVESTIMENTO = 63.5 mm		ENSAIO PENETRO-MÉTRICO			RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		PENETRAÇÃO (GOLPES)							
					AMOSTRADOR	PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm	1°	2°	3°	30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS	COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)							
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL																			
TH			0	00															
			1	01	AREIA FINA COR MARROM			1	1	1	2	2							
			2	02				1	1	1	2	2							
			3	03				1	1	1	2	2							
			4	04				2	2	2	4	4							
		N.A.	5	05				1	1	1	2	2							
			6	06				1	2	1	3	3							
			7	07				2	2	3	4	5							
			8	08	AREIA SILTOSA COR MARROM			2	2	2	4	4							
			9	09				2	2	3	4	5							
			10	10				2	3	3	5	6							
			11	11				3	3	3	6	6							
			12	12				3	4	4	7	8							
			13	13				4	4	3	8	7							
			14	14				4	6	5	10	11							
			15	15				6	7	7	13	14							
			16																
			17																
			18																
			19																

OBS.: - SONDAÇÃO EXECUTADA CONFORME NORMAS DA "ABNT", NBR-6484 E NBR-7250. OBEDECENDO A CRITÉRIOS PREESTABELECIDOS PELO CLIENTE.  
 - N.A. ENCONTRADO NA PROFUNDIDADE DE 5,20M.

2	5	10	19
INÍCIO	MÉDIA	RIJA	DURA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
		5,20	15,45

FOLHA: 01 / 01	ESCALA: SEM ESCALA	COORDENADAS: X: 7723345 Y: 744364	SONDADOR: PAULO CÉSAR	EQUIPE
----------------	--------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------

*Handwritten signature*

**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO**

CLIENTE: SOLURB

INÍCIO: 23/05/2019

OBRA: Fazenda Gameleira

TÉRMINO:

FURO

LOCAL: Campo Grande/ MS

COTA: 14,45 M

SP04

REV.	AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO Nº DE AMOSTRA	REVESTIMENTO = 63.5 mm AMOSTRADOR { Ø INTERNO = 34.9 mm Ø EXTERNO = 50.8 mm PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO			RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		PENETRAÇÃO (GOLPES)				
						1º	2º	3º	30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS	FOFA PDL, G	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.	
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL						1º	2º	3º	30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS	4	8	18	40	
TH			0	00											
			1	01	AREIA FINA COR MARROM	1	1	1	2	2					
			2	02		1	1	1	2	2					
		N.A.	3	03		1	1	1	2	2					
			4	04		1	1	1	2	2					
			5	05		1	1	1	2	2					
			6	06		2	1	2	3	3					
			7	07		2	2	2	4	4					
			8	08	AREIA SILTOSA COR MARROM	2	2	2	4	4					
			9	09		2	3	2	5	5					
			10	10		2	2	2	4	4					
			11	11		2	3	3	5	6					
			12	12		5	5	6	10	11					
			13	13		6	7	7	13	14					
			14	14		7	6	7	13	13					
			15												
			16												
			17												
			18												
			19												

 OBS.: - SONDAÇÃO EXECUTADA CONFORME NORMAS DA "ABNT", NBR-6484 E NBR-7250. OBEDECENDO A CRITÉRIOS PREESTABELECIDOS PELO CLIENTE.  
 - N.A. ENCONTRADO NA PROFUNDIDADE DE 3.00M.

2	5	10	19
MOLE	MEDIA	RJJA	DURA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
		3,00	14,45

FOLHA:

ESCALA:

COORDENADAS:

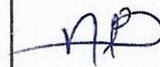
SONDADOR: PAULO CÉSAR

01 / 01

SEM ESCALA

 X: 7722987  
 Y: 744040

EQUIPE



**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO**

CLIENTE: SOLURB

OBRA: Fazenda Gameleira

LOCAL: Campo Grande/MS

INÍCIO: 22/05/2019

TÉRMINO:

FURO

COTA: 12,45 M

SPOS

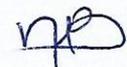
REV.	AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO Nº DE AMOSTRA	REVESTIMENTO = 63,5 mm AMOSTRADOR { Ø INTERNO = 34,9 mm Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm	ENSAIO PENETROMÉTRICO			RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		PENETRAÇÃO (GOLPES)						
						1º	2º	3º	30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS	COMPACTIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)						
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL											FOFA	FOU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.		
											4	8	18	40			
TH		N.A.	0	00													
			1	01	AREIA FINA COR CINZA	1	1	1	2	2							
			2	02		1	1	1	2	2							
			3	03		1	1	1	2	2							
			4	04		1	1	1	2	2							
			5	05		1	1	2	2	3							
			6	06	AREIA SILTOSA COR CINZA	2	3	4	5	7							
			7	07		4	3	4	7	7							
			8	08		4	4	5	8	9							
			9	09	ARGILA SILTOSA COR CINZA	4	4	4	8	8							
			10	10		5	5	5	10	10							
			11	11		5	5	6	10	11							
			12	12	ARGILA SILTOSA COR VERMELHA	5	6	6	10	12							
			13														
			14														
			15														
			16														
			17														
			18														
			19														

OBS.: - SONDAÇÃO EXECUTADA CONFORME NORMAS DA "ABNT", NBR-6484 E NBR-7250. OBEDECENDO A CRITÉRIOS PREESTABELECIDOS PELO CLIENTE.

- N.A. ENCONTRADO NA PROFUNDIDADE DE 1.30M.

2	5	10	19
MÉDIA	RIJA	DURA	

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
		1,30	12,45

FOLHA: 01 / 01	ESCALA: SEM ESCALA	COORDENADAS: X: 772549 Y: 744092	SONDADOR: PAULO CÉSAR EQUIPE	
----------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------------------	---



Anotação de Responsabilidade Técnica -  
ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO  
1320200101318

### Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do CREA-MS

#### 1. Responsável Técnico

VALDER SILVA GARCEZ	RNP: 1314118447
Título Profissional: ENGENHEIRO CIVIL	Registro: MS2565
Empresa Contratada:	Registro:

#### 2. Dados do Contrato

Contratante: CONSORCIO CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPE LTDA	CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40	
Rua: RUA BARÃO DE LADÁRIO	Bairro: SOBRINHO	Número: 85
Cidade: CAMPO GRANDE	UF: MS	País: Brasil
Contrato:	Celebrado em: 12/11/2020	CEP: 79.110-040
Valor: R\$ 3.200,00	Tipo de Contratante: PESSOA JURÍDICA	Vinculado à ART:
Ação Institucional:		

#### 3. Dados Obra/Serviço

Logradouro	Bairro	Número	Complemento	Cidade	UF	País	Cep	Coordenada
FAZENDA GAMELEIRA	ZONA RURAL	SN		CAMPO GRANDE	MS	BRA	79.100-000	
Data de Início: 12/11/2020		Previsão Término: 12/11/2020					Código:	
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA		Proprietário: CONSORCIO CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPE LTDA					CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40	
Finalidade: EXECUÇÃO DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO (SPT), SENDO TRÊS FUROS COM QUINZE METROS, UM FURO DE CATORZE METROS E UM FURO DE DOZE METROS.								

#### 4. Atividades Técnicas

Grupo/Subgrupo	Atividade Profissional	Obra / Serviço	Complemento	Quantidade	Unidade
Geotecnia e Geologia da Engenharia - Sondagens	Execução de serviço técnico	de sondagem geotécnica	a percussão	71,0000	METRO
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART					

#### 5. Observações

--

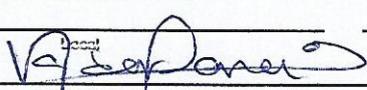
#### 6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.
---

#### 7. Entidade de Classe

--

#### 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.
 data: / / 175410.341-34 - VALDER SILVA GARCEZ 17.064.901/0001-40 - CONSORCIO CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPE LTDA

#### 9. Informações

A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.  
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creams.org.br](http://www.creams.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br).  
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creams.org.br](http://www.creams.org.br) [creams@creams.org.br](mailto:creams@creams.org.br)  
tel: (67)3368-1000 fax: (67) 3368-1000



**CREA-MS**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Mato Grosso do Sul

Nosso Número: 14000000007563888

Valor ART: R\$ 88,78

Registrada em 12/11/2020

Valor Pago: R\$ 88,78

# ESTUDOS GEOTÉCNICOS

SONDAGEM A TRADO  
COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO  
PERMEABILIDADE IN SITU  
CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O.S. Nº 433/2020  
SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS



# GEOTEC

[www.geotecconsultoria.com.br](http://www.geotecconsultoria.com.br)



® Todos os direitos reservados a Geotec Consultoria. Fica proibida a utilização ou reprodução deste, por terceiros, sem a devida autorização prévia. Art. 184 - Código Penal.

---

**GILVANE ALVES DE SOUZA**

*Diretor Executivo*



Campo Grande/MS, 07 de Dezembro de 2020

À

**Solurb - Soluções Ambientais**

R. Alberto Neder, 328 Sala 1 - Jardim dos Estados - Cep 79002-160

Campo Grande/MS

At. Departamento Técnico

Assunto: Sondagem a trado, Infiltração, Permeabilidade e Caracterização do Solo

O.S.: 433/2020

Obra: Aterro Sanitário

Local: Prox. Rodovia BR 262

Prezados,

Estamos lhes encaminhando o Relatório de nº 433/2020, referente aos estudos geotécnicos realizados Prox. Rodovia BR 262, necessários para implantação do Aterro Sanitário.

Sem mais, agradecemos a oportunidade em contribuir com a Solurb - Soluções Ambientais e nos colocamos inteiramente a disposição para quaisquer outros esclarecimentos necessários.

Atenciosamente,

A Direção.

---

**GILVANE ALVES DE SOUZA**

*Diretor Executivo*



---

CLIENTE:

**SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS**

OBRA:

**ATERRO SANITÁRIO**

LOCAL:

**PROX. RODOVIA BR 262**

ASSUNTO:

**SONDAGEM A TRADO, INFILTRAÇÃO, PERMEABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO**

ARQUIVO ELETRÔNICO:

**ArquivosGS\2- LABORATÓRIO\1 - ARQUIVOS 2020\CG SOLURB SOLUCOES**

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

ArquivosGS\2- LABORATÓRIO\1 - ARQUIVOS 2020\CG SOLURB SOLUCOES

ArquivosGS\2- LABORATÓRIO\1 - ARQUIVOS 2020\CG SOLURB SOLUCOES\LOCALIZAÇÃO

ArquivosGS\2- LABORATÓRIO\1 - ARQUIVOS 2020\CG SOLURB SOLUCOES\REGISTRO FOTOGRÁFICO

DOCUMENTOS RESULTANTES:

▪ O.S. 433/2020 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS - ATERRO SANITÁRIO - CAMPO GRANDE.MS

OBSERVAÇÕES:

---

REV.	ENG. SUPERVISOR / EMITENTE	APROVAÇÃO / CLIENTE	DATA
00	LORRAINE BARBOSA	SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS	07/12/2020



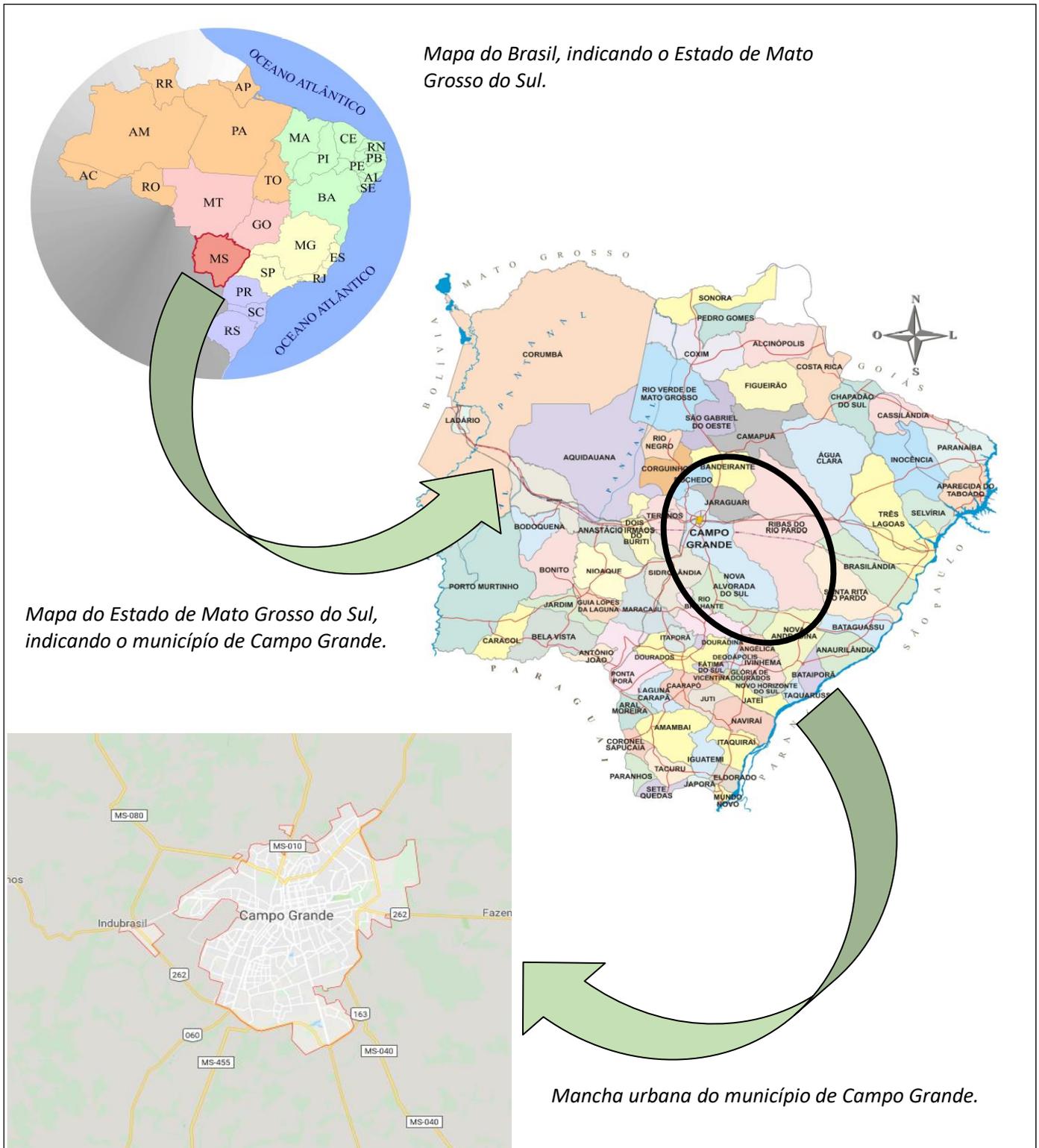
## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Croqui de Localização.....</b>	<b>6/47</b>
<b>2</b>	<b>Apresentação da Sondagem a trado.....</b>	<b>7/47</b>
<b>3</b>	<b>Croqui de Localização dos Pontos Sondados.....</b>	<b>8/47</b>
<b>4</b>	<b>Boletins de Sondagem a trado.....</b>	<b>9/47</b>
	<i>Furo 01.....</i>	<i>10/47</i>
	<i>Furo 02.....</i>	<i>11/47</i>
<b>5</b>	<b>Apresentação do Coeficiente de Infiltração.....</b>	<b>12/47</b>
<b>6</b>	<b>Croqui de Localização das Infiltrações.....</b>	<b>13/47</b>
<b>7</b>	<b>Boletins dos Coeficientes de Infiltração.....</b>	<b>14/47</b>
	<i>Teste 01.....</i>	<i>15/47</i>
	<i>Teste 02.....</i>	<i>16/47</i>
	<i>Teste 03.....</i>	<i>17/47</i>
	<i>Teste 04.....</i>	<i>18/47</i>
	<i>Teste 05.....</i>	<i>19/47</i>
	<i>Resumo dos testes.....</i>	<i>20/47</i>
<b>8</b>	<b>Croqui de Localização das Coletas.....</b>	<b>21/47</b>
<b>9</b>	<b>Apresentação dos Ensaios de Caracterização (Laboratório).....</b>	<b>22/47</b>
	<i>Amostra 01 - Carac. de Solo (<math>\gamma</math> 1,910 g/cm<sup>3</sup> / Hót: 10,4%).....</i>	<i>23/47</i>
	<i>Amostra 02 - Carac. de Solo (<math>\gamma</math> 1,931 g/cm<sup>3</sup> / Hót: 9,2%).....</i>	<i>27/47</i>
	<i>Resumo dos ensaios.....</i>	<i>31/47</i>
	<i>Massa Específica Aparente "In Situ".....</i>	<i>32/47</i>
	<i>Umidade Natural.....</i>	<i>33/47</i>
	<i>Correlação Infiltração x Permeabilidade.....</i>	<i>34/47</i>
<b>10</b>	<b>Registro Fotográfico.....</b>	<b>35/47</b>
<b>11</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>43/47</b>
<b>12</b>	<b>Referências Normativas.....</b>	<b>44/47</b>
<b>13</b>	<b>Responsáveis Técnicos.....</b>	<b>45/47</b>
<b>14</b>	<b>Anotação de Responsabilidade Técnica.....</b>	<b>46/47</b>



**1**

## CROQUI DE LOCALIZAÇÃO.....





## 2

## APRESENTAÇÃO.....

**Prezados,**

Temos o prazer de lhes apresentar os resultados dos boletins de sondagem a trado, executados por nossa empresa na obra e local mencionados.

Este ensaio estabelece uma investigação geológica-geotécnica, dentro dos limites impostos pelo equipamento e pelas condições do terreno, com a finalidade de coleta de amostras deformadas, determinação da profundidade do nível d'água, e identificação preliminar das camadas de solo que compõem o subsolo.

Os ensaios foram executadas de acordo com a norma ABNT NBR **9605:2015**.

A sondagem deve ser iniciada com o trado tipo cavadeira, utilizando a ponteira para desagregação de terrenos duros ou compactos, sempre que necessário. Quando o avanço do trado tipo cavadeira se tornar difícil, deve ser utilizado o trado helicoidal.

Usualmente, a sondagem a trado deve ser feita a seco. Entretanto, em materiais duros, solos coesivos secos ou areais sem coesão, a adição de pequenas quantidades d'água pode ajudar a

A sondagem a trado é dada por terminada nos seguintes casos:

- quando existir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- quando ocorrerem desmoronamentos sucessivos da parede do furo;
- quando o avanço do trado ou ponteira for inferior a 50mm em 10 minutos de operação contínua de perfuração;

Durante a perfuração, o operador deve estar atento a qualquer aumento aparente da umidade do solo. Ao se atingir o nível d'água, interrompe-se a operação de perfuração, anota-se a profundidade e passa-se a observar a elevação do nível d'água do furo, efetuando-se leituras a cada 5 min, durante 30 minutos. O nível d'água também deve ser medido 24h após a conclusão do furo.

Ao seu inteiro dispor para quaisquer esclarecimentos, firmamo-nos.



**3 CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DA SONDAGEM ST.....**



Fonte: Google Earth



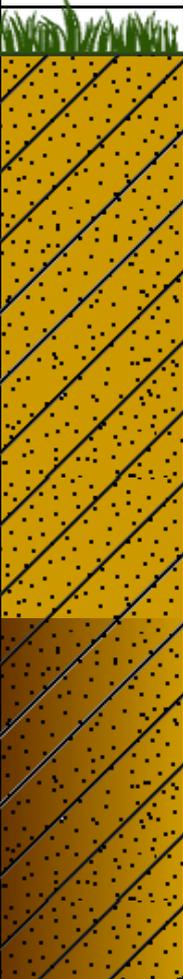
**4**

**BOLETINS DE SONDAGEM A TRADO.....**

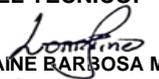
- Intervalo de perfuração;
- Descrição geológica/geotécnica;
- Umidade de coleta;
- Profundidade do nível de água.

<b>CLIENTE:</b>	SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS	<b>COORDENADA N:</b>	744406	<b>BOLETIM Nº:</b>	433/2020 - SP 01
<b>OBRA:</b>	ATERRO SANITÁRIO	<b>COORDENADA E:</b>	7723013	<b>LIMITE DO FURO (M):</b>	1,50
<b>MUNICÍPIO/UF:</b>	CAMPO GRANDE (MS)	<b>COTA (Z):</b>	-	<b>DATA DE INÍCIO:</b>	25/11/2020
<b>LOCAL:</b>	PRÓX. RODOVIA BR 262	<b>DESLOCAMENTO:</b>	-	<b>DATA DE TÉRMINO:</b>	26/11/2020

**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À TRADO ST 01**

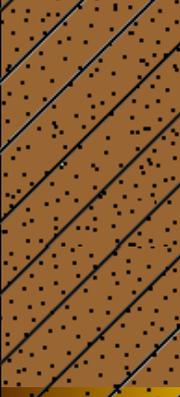
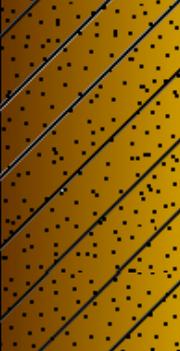
Profundidade (m)	Perfil Geotécnico	Descrição Geológica/Geotécnica: Cor dominante, tonalidade, granulometria (% de granulos, areia grossa, areia média, areia fina, silte, argila), arredondamento dos grãos, matriz, textura, estrutura, etc.)	Umidade de Campo: (seco / pouco úmido / úmido / saturado)	Nível D'Água
-0,22		CAMADA VEGETAL (PLANTAÇÃO DE SOJA) + TERRENO NATURAL - AREIA ARGILOSA, AMARELA	POUCO ÚMIDO	SEM N.A.
-1,10		AREIA ARGILOSA, AMARELA	ÚMIDO	
-1,50		AREIA ARGILOSA, VARIEGADA		

1,50 metros - Limite contratado.

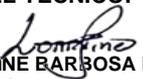
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO	AMOSTRA COLETADA	PROF. DO NÍVEL D'ÁGUA		MÉTODO EXECUTIVO		
		INICIAL	em	AVANÇO DO FURO	φ	PROFUNDIDADE (m)
	( X ) SIM	-	em	TRADO CONCHA	100mm	0,00   1,00
		FINAL	em	TRADO HELICOIDAL	56mm	0,00   1,50
	( ) NÃO	OBSERVAÇÕES:		RESPONSÁVEL TÉCNICO:		
		Sondagem executada conforme a norma da "ABNT" NBR - 9603. Obedecendo critérios preestabelecidos pelo cliente.		 LORRAINE BARBOSA M. BARRETO		

<b>CLIENTE:</b>	SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS	<b>COORDENADA N:</b>	744366	<b>BOLETIM Nº:</b>	433/2020 - SP 02
<b>OBRA:</b>	ATERRO SANITÁRIO	<b>COORDENADA E:</b>	7723335	<b>LIMITE DO FURO (M):</b>	1,50
<b>MUNICÍPIO/UF:</b>	CAMPO GRANDE (MS)	<b>COTA (Z):</b>	-	<b>DATA DE INÍCIO:</b>	25/11/2020
<b>LOCAL:</b>	PRÓX. RODOVIA BR 262	<b>DESLOCAMENTO:</b>	-	<b>DATA DE TÉRMINO:</b>	26/11/2020

**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À TRADO ST 02**

Profundidade (m)	Perfil Geotécnico	Descrição Geológica/Geotécnica: Cor dominante, tonalidade, granulometria (% de granulos, areia grossa, areia média, areia fina, silte, argila), arredondamento dos grãos, matriz, textura, estrutura, etc.)	Umidade de Campo: (seco / pouco úmido / úmido / saturado)	Nível D'Água
-0,20		CAMADA VEGETAL (PLANTAÇÃO DE SOJA) + TERRENO NATURAL - AREIA ARGILOSA, AMARELA	POUCO ÚMIDO	SEM N.A.
-1,10		AREIA ARGILOSA, MARROM	ÚMIDO	
-1,50		AREIA ARGILOSA, VARIEGADA		

1,50 metros - Limite contratado.

CROQUI DE LOCALIZAÇÃO	AMOSTRA COLETADA	PROF. DO NÍVEL D'ÁGUA		MÉTODO EXECUTIVO		
		INICIAL	em	AVANÇO DO FURO	φ	PROFUNDIDADE (m)
	( X ) SIM	-	em	TRADO CONCHA	100mm	0,00   1,00
		FINAL	em	TRADO HELICOIDAL	56mm	0,00   1,50
	( ) NÃO	OBSERVAÇÕES:		RESPONSÁVEL TÉCNICO:		
		Sondagem executada conforme a norma da "ABNT" NBR - 9603. Obedecendo critérios preestabelecidos pelo cliente.		 LORRAINE BARBOSA M. BARRETO		



## 5

## APRESENTAÇÃO.....

**Prezados,**

Temos o prazer de lhes apresentar os resultados dos ensaios de capacidade de absorção do solo, executados por nossa empresa na obra e local mencionados.

Este ensaio tem como objetivo determinar o coeficiente de infiltração do solo, o assim como a velocidade de infiltração. Um procedimento preliminar é adotado para simular a condição de solo saturado.

Os ensaios foram executadas de acordo com a norma **ABNT NBR 13969:1997** e **NBR 7229:1997**.

Deve-se raspar o fundo e os lados da cova, de modo que fiquem ásperos. Retirar da cova todo material solto e cobrir o seu fundo com uma camada de 5 cm de brita. Enche-se as covas com água e aguarda-se que estas se infiltrem totalmente. Encher novamente as covas com água até a altura de 15 cm e cronometrar o período de rebaixamento de 15 cm até 14 cm, correspondente às alturas da água em cada cova. Quando este intervalo de tempo para rebaixamento de 1 cm se der em menos de 3 min, refazer o ensaio cinco vezes, adotando o tempo da quinta medição. Com os tempos determinados no processo de infiltração das covas, é possível obter os coeficientes de infiltração do solo ( $L/m^2 \times dia$ ).

A escolha entre a utilização de valas de infiltração ou sumidouros, deve levar em conta o nível do lençol freático, e a finalidade para o ensaio. É prudente que o fundo da vala ou do sumidouro esteja no mínimo a 1,50 m acima do nível máximo do lençol freático.

Analisando-se os resultados obtidos, apresentamos os coeficientes de infiltração, gráficos e prováveis camadas do solo e sua natureza.

Ao seu inteiro dispor para quaisquer esclarecimentos, firmamo-nos.



**6**

**CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DAS INFILTRAÇÕES.....**



Fonte: Google Earth

PÁGINA:

13/47



**7**

## **BOLETINS DE INFILTRAÇÃO DO SOLO.....**

- Tipo de solo;
- Coeficiente de Infiltração;
- Absorção relativa.



LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262

DATA: 25/11/2020

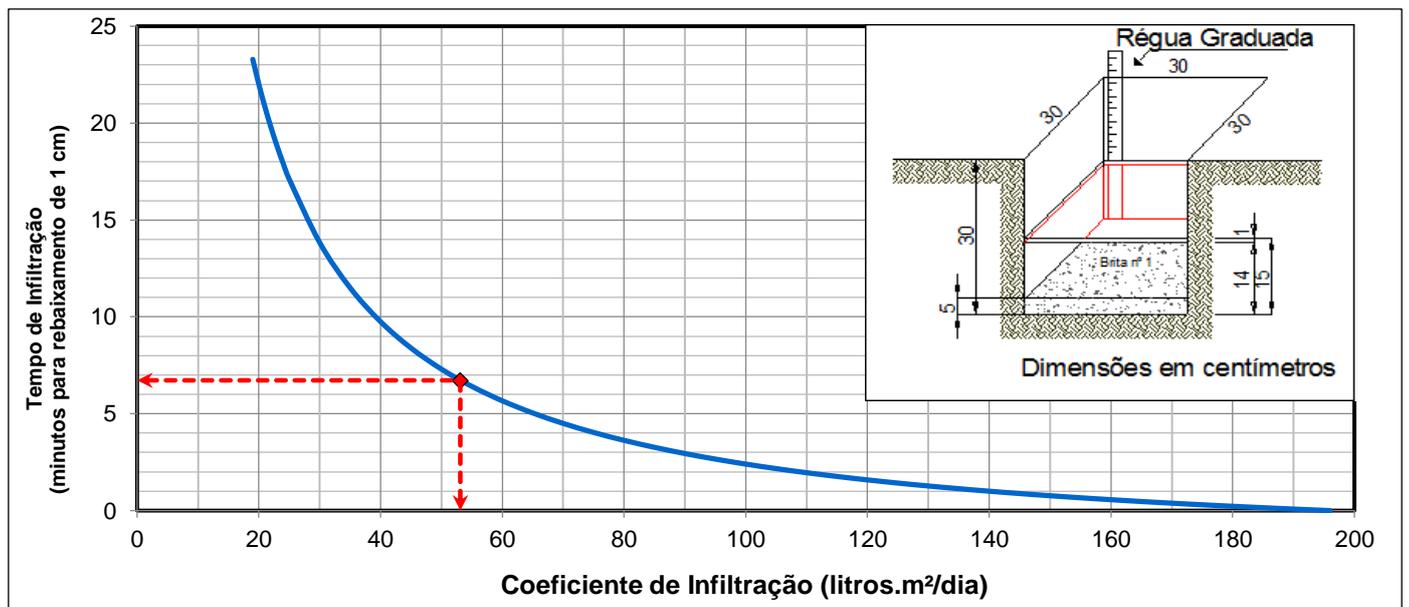
MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

COORDENADA: 21K | 744020 | 7723602

Furo	Teste	L1 e L2 (m)	Altura (m)	Área (m²)	Leitura do Ensaio			Coeficiente de Infiltração (Ci)
					Inicial	Final	Tempo	
01	01	0,30	0,30	0,09	14:11:05	14:17:52	00:06:47	52,8 lts/m²/dia
	02	0,30	0,30	0,09	14:19:50	14:26:29	00:06:39	53,6 lts/m²/dia
	03	0,30	0,30	0,09	14:28:12	14:34:56	00:06:44	53,1 lts/m²/dia

<b>Tempo Médio de Infiltração (1 cm)</b>	<b>00:06:43</b>
<b>Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)</b>	<b>53,13 lts/m²/dia</b>

Tipos de Solo	Coefic. de Infiltração (Litros/m² x Dia)	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	> 90	Rápida
Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
<b>Argila arenosa e/ou siltosa, variando à areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.</b>	<b>40 a 60</b>	<b>Vagarosa</b>
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando à argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando à rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	< 20	Impermeável



Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262

DATA: 25/11/2020

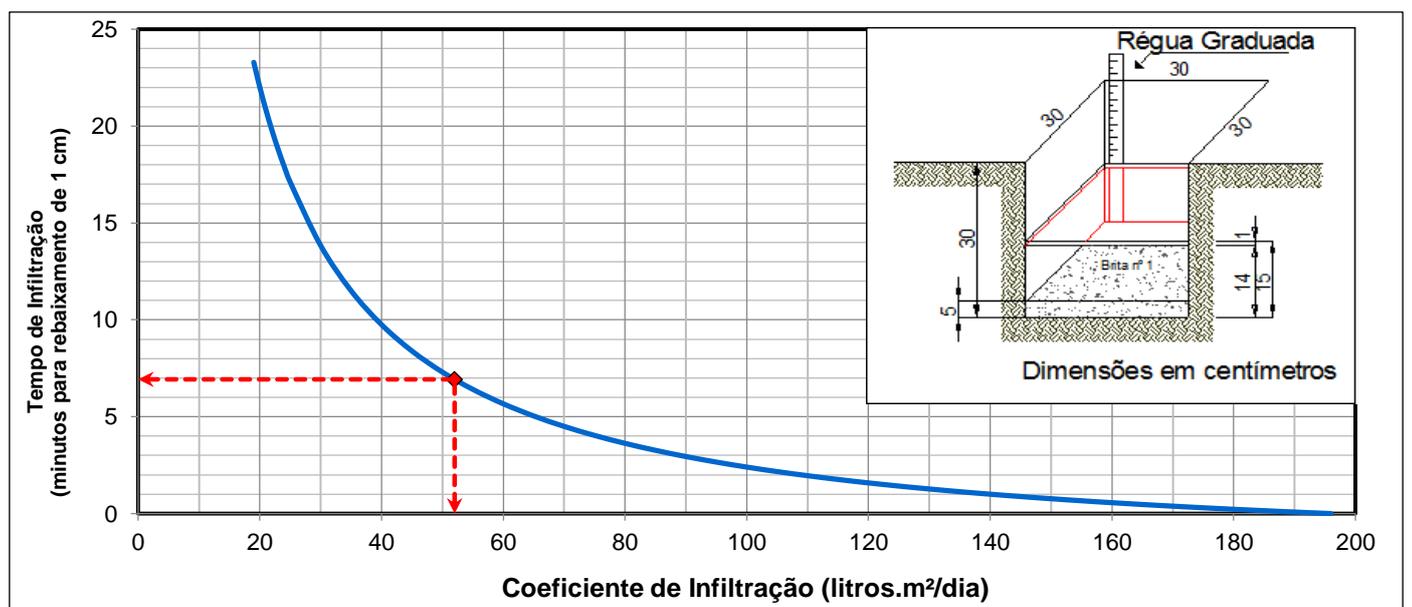
MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

COORDENADA: 21K | 745031 | 7723397

Furo	Teste	L1 e L2 (m)	Altura (m)	Área (m²)	Leitura do Ensaio			Coeficiente de Infiltração (Ci)
					Inicial	Final	Tempo	
02	01	0,30	0,30	0,09	13:38:02	13:45:06	00:07:04	51,2 lts/m²/dia
	02	0,30	0,30	0,09	13:48:08	13:55:03	00:06:55	52,0 lts/m²/dia
	03	0,30	0,30	0,09	13:57:10	14:03:58	00:06:48	52,7 lts/m²/dia

<b>Tempo Médio de Infiltração (1 cm)</b>	<b>00:06:56</b>
<b>Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)</b>	<b>51,98 lts/m²/dia</b>

Tipos de Solo	Coefic. de Infiltração (Litros/m² x Dia)	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	> 90	Rápida
Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
<b>Argila arenosa e/ou siltosa, variando à areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.</b>	<b>40 a 60</b>	<b>Vagarosa</b>
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando à argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando à rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	< 20	Impermeável



Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262

DATA: 25/11/2020

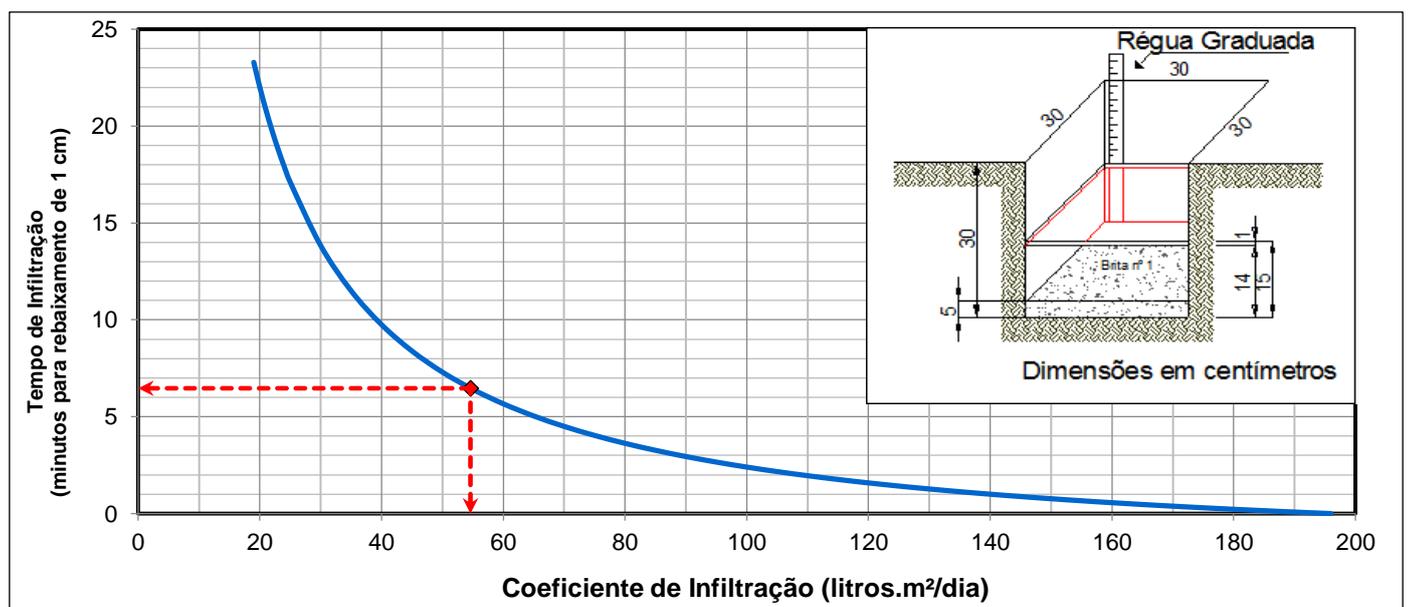
MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

COORDENADA: 21K | 744364 | 7723345

Furo	Teste	L1 e L2 (m)	Altura (m)	Área (m²)	Leitura do Ensaio			Coeficiente de Infiltração (Ci)
					Inicial	Final	Tempo	
03	01	0,30	0,30	0,09	11:53:22	11:59:55	00:06:33	54,1 lts/m²/dia
	02	0,30	0,30	0,09	12:03:19	12:09:46	00:06:27	54,7 lts/m²/dia
	03	0,30	0,30	0,09	12:10:05	12:16:29	00:06:24	55,1 lts/m²/dia

<b>Tempo Médio de Infiltração (1 cm)</b>	<b>00:06:28</b>
<b>Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)</b>	<b>54,65 lts/m²/dia</b>

Tipos de Solo	Coefic. de Infiltração (Litros/m² x Dia)	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	> 90	Rápida
Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
<b>Argila arenosa e/ou siltosa, variando à areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.</b>	<b>40 a 60</b>	<b>Vagarosa</b>
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando à argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando à rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	< 20	Impermeável



Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262

DATA: 25/11/2020

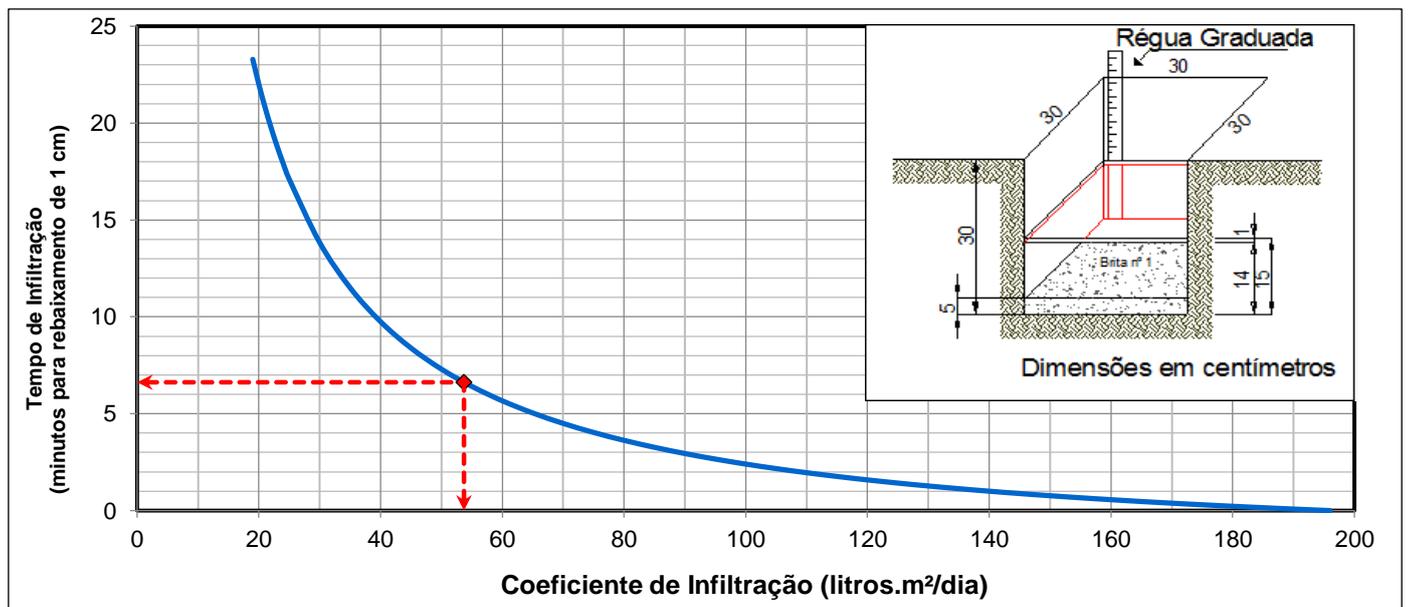
MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

COORDENADA: 21K | 744040 | 7722987

Furo	Teste	L1 e L2 (m)	Altura (m)	Área (m²)	Leitura do Ensaio			Coeficiente de Infiltração (Ci)
					Inicial	Final	Tempo	
04	01	0,30	0,30	0,09	13:20:12	13:26:56	00:06:44	53,1 lts/m²/dia
	02	0,30	0,30	0,09	13:29:01	13:35:36	00:06:35	53,9 lts/m²/dia
	03	0,30	0,30	0,09	13:38:08	13:44:41	00:06:33	54,1 lts/m²/dia

<b>Tempo Médio de Infiltração (1 cm)</b>	<b>00:06:37</b>
<b>Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)</b>	<b>53,72 lts/m²/dia</b>

Tipos de Solo	Coefic. de Infiltração (Litros/m² x Dia)	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	> 90	Rápida
Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
<b>Argila arenosa e/ou siltosa, variando à areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.</b>	<b>40 a 60</b>	<b>Vagarosa</b>
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando à argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando à rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	< 20	Impermeável



Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



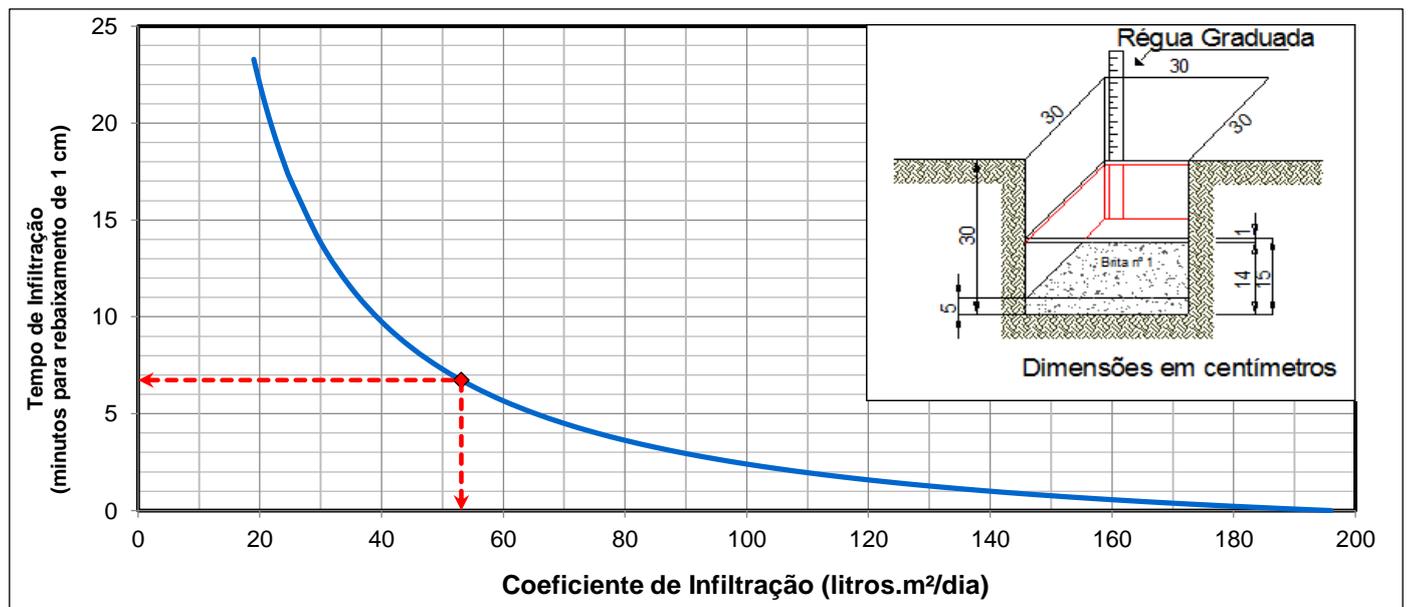
LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262  
MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

DATA: 25/11/2020  
COORDENADA: 21K | 744092 | 7722549

Furo	Teste	L1 e L2 (m)	Altura (m)	Área (m²)	Leitura do Ensaio			Coeficiente de Infiltração (Ci)
					Inicial	Final	Tempo	
05	01	0,30	0,30	0,09	10:06:22	10:13:06	00:06:44	53,1 lts/m²/dia
	02	0,30	0,30	0,09	10:14:41	10:21:28	00:06:47	52,8 lts/m²/dia
	03	0,30	0,30	0,09	10:25:13	10:31:54	00:06:41	53,4 lts/m²/dia

Tempo Médio de Infiltração (1 cm)	00:06:44
Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)	53,07 lts/m²/dia

Tipos de Solo	Coefic. de Infiltração (Litros/m² x Dia)	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	> 90	Rápida
Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
<b>Argila arenosa e/ou siltosa, variando à areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.</b>	<b>40 a 60</b>	<b>Vagarosa</b>
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando à argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando à rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	< 20	Impermeável



Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



LOCAL: PROX. RODOVIA BR 262

MUNICÍPIO/UF: CAMPO GRANDE (MS)

OBRA: ATERRO SANITÁRIO

OPERADOR: JORGE AVELINO

### QUADRO DE RESUMO - COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO

Furo	Área (m <sup>2</sup> )	Tempo Médio de Infiltração (1 cm)	Coeficiente Médio de Infiltração (C.I.)
01	0,09	00:06:43	53,13 lts/m <sup>2</sup> /dia
02	0,09	00:06:56	51,98 lts/m <sup>2</sup> /dia
03	0,09	00:06:28	54,65 lts/m <sup>2</sup> /dia
04	0,09	00:06:37	53,72 lts/m <sup>2</sup> /dia
05	0,09	00:06:44	53,07 lts/m <sup>2</sup> /dia

MÉDIAS:	00:06:42	53,3 lts/m <sup>2</sup> /dia
---------	----------	------------------------------

Coordenador de Laboratório

Engenheira Civil



**8**

**CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DAS COLETAS.....**



Fonte: Google Earth

PÁGINA:

21/47



**9**

## **ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE SOLO.....**

- Próctor (Compactação);
- Índice de Suporte Califórnia (I.S.C.);
- Análise Granulométrica;
- Limite de Liquidez;
- Limite de Plasticidade;
- Curva Granulométrica;
- Classificação TRB.

## ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182 : 2016

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA: <b>26/11/2020</b>	
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>01</b>	PRÓCTOR/ENERGIA: <b>NORMAL</b>	
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	Nº DE CAM: <b>3</b>	Nº DE GOLP: <b>10</b>

Item	Unidade	1	2	3	4	5	6	Um. Higroscópica	
Cápsula	nº	115	216	154	127	34		72	255
Peso Bruto Úmido	g	62,56	54,25	57,62	106,06	75,42		92,24	95,58
Peso Bruto Seco	g	60,44	51,15	53,62	96,73	68,09		90,87	94,17
Peso da Água	g	2,12	3,10	4,00	9,33	7,33		1,37	1,41
Peso da Cápsula	g	25,09	12,39	13,22	19,64	16,09		18,19	20,13
Peso do Solo Seco	g	35,35	38,76	40,40	77,09	52,00		72,68	74,04
Umidade "Cápsulas" <input checked="" type="checkbox"/>	%	6,0%	8,0%	9,9%	12,1%	14,1%		1,9%	1,9%
Umidade Média "Cálculada" <input type="checkbox"/>	%							<b>1,9%</b>	
Água Total	g							Peso do Material g	
Água Adicionada	g							3.000,00	
% Água Adicionada	%							P. Mat. Seco g	
Cilindro	nº	2	2	2	2	2		2.944	
Peso Bruto Úmido	g	3.860,0	4.024,0	4.109,0	4.128,0	4.086,0		Peso Água g	
Peso do Cilindro	g	1.983	1.982,8	1.983	1.983	1.983		56	
Volume do Cilindro	cm³	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014		% Adic. p/ ponto	
Peso do Solo Úmido	g	1.877	2.041	2.126	2.145	2.103		2,0%	
Massa do Solo Úmido	g / cm³	1,851	2,013	2,097	2,116	2,074		<b>Soquete</b>	
<b>Massa do Solo Seco</b>	<b>g / cm³</b>	<b>1,747</b>	<b>1,864</b>	<b>1,908</b>	<b>1,887</b>	<b>1,818</b>		<b>GRANDE</b>	

### RESULTADOS

MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA (g/cm³)

**1,910**

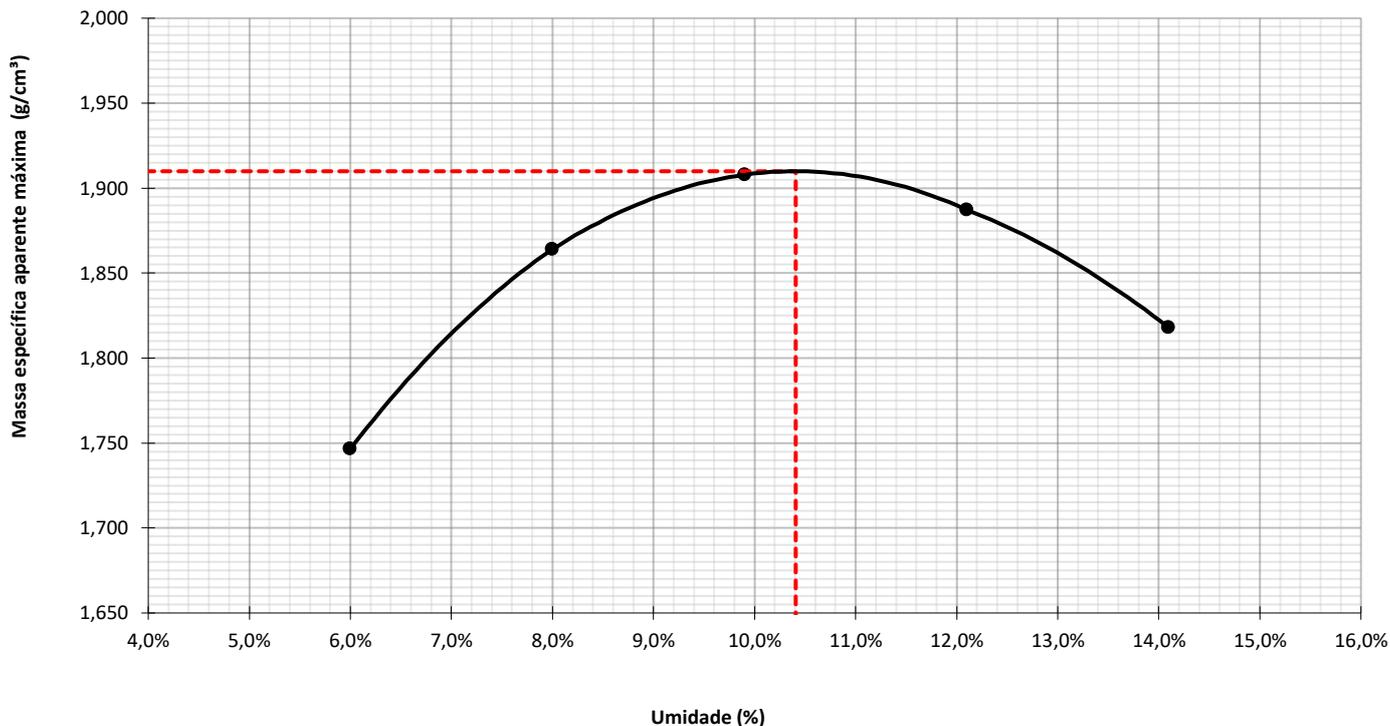
ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA (%)

UMIDADE ÓTIMA (%)

**10,4%**

EXPANSÃO (%)

Curva de Compactação



*Gleyson Garcia da Silva*  
Laboratorista

*[Assinatura]*  
Enc. Laboratório

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR 7181 : 2016

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA GRANULOMETRIA: <b>30/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>01</b>	DATA LL/LP: <b>30/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	

UMIDADE HIGROSCÓPICA			PENEIRAMENTO GROSSO					φ do grão (mm)	
Cápsula nº	198	209	Peneiras		Peso da amostra seca (g)		% que passa da amostra total		
Solo úmido+tara (g)	84,90	83,26	nº	mm	Retido	Passado			
Solo seco + tara (g)	83,58	81,94	2"	50,0	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
Tara da cápsula (g)	12,28	12,60	1 ½"	37,5	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
Água (g)	1,32	1,32	1"	25,0	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
Solo seco (g)	71,30	69,34	¾"	19,0	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
Umidade (%)	1,9%	1,9%	3/8"	9,50	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
Umidade Média (%)	<b>1,9%</b>		4	4,75	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
			10	2,00	0,00	981,6	<b>100,0%</b>		
AMOSTRA TOTAL SECA			PENEIRAMENTO FINO						
Amostra total úmida (g)	<b>1.000,0</b>		Peneiras		Amostra seca (g)		% que Passa da am.		
Solo seco ret. pen. nº 10	0,00		nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total	
Solo úm. pass. pen. nº 10	1.000,0		16	1,19	0,00	117,85	100,00%	<b>100,0%</b>	
Solo seco pass. pen. nº 10	981,57		30	0,59	0,21	117,64	99,82%	<b>99,8%</b>	
Amostra total seca	981,6		40	0,42	4,99	112,65	95,59%	<b>95,6%</b>	
PENEIRAMENTO FINO			50	0,30	15,23	97,42	82,66%	<b>82,7%</b>	
Peso da am. úmida:	120,06		100	0,15	59,23	38,19	32,40%	<b>32,4%</b>	
Peso da am. seca:	117,85		200	0,08	17,36	20,83	17,67%	<b>17,7%</b>	

SEDIMENTAÇÃO									
Hora	Leitura	Temp. (°C)	Correção	Leitura Corrigida	Altura de queda	Alt. de queda (Corrigida)	tempo (seg)	φ do grão (mm)	% < φ
30 segundos	14	28,0	0,20	14,20	18,0	15,44	30	0,069	<b>19,2%</b>
1 minuto	14	28,0	0,20	14,20	18,00	15,44	60	0,049	<b>19,2%</b>
2 minutos	14	28,0	0,20	14,20	18,00	15,44	120	0,034	<b>19,2%</b>
4 minutos	13	28,0	0,20	13,20	17,20	14,82	240	0,024	<b>17,9%</b>
8 minutos	13	28,0	0,20	13,20	17,20	14,82	480	0,017	<b>17,9%</b>
15 minutos	13	28,0	0,20	13,20	17,20	14,82	900	0,012	<b>17,9%</b>
30 minutos	13	29,0	0,50	13,50	17,20	14,77	1800	0,009	<b>18,3%</b>
1 hora	12	29,0	0,50	12,50	17,20	14,95	3600	0,006	<b>16,9%</b>
2 horas	12	29,0	0,50	12,50	17,20	14,95	7200	0,004	<b>16,9%</b>
4 horas	11	30,0	0,80	11,80	17,20	15,08	14400	0,003	<b>16,0%</b>
8 horas	11	30,0	0,80	11,80	17,20	15,08	28800	0,002	<b>16,0%</b>
24 horas	10	28,0	0,20	10,20	17,20	15,36	86400	0,001	<b>13,8%</b>

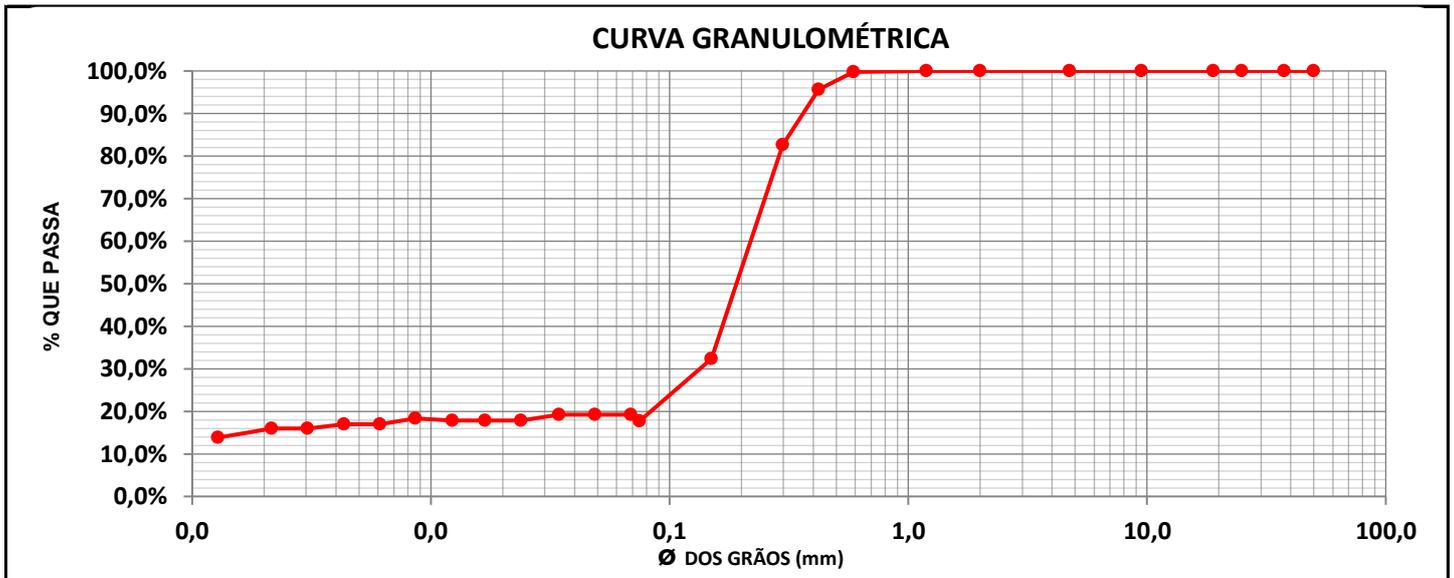
DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CONFORME NBR 6502							
Argila e argila coloidal	Silte	Areias			Pedregulhos		
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
<b>13,82%</b>	<b>5,42%</b>	<b>13,17%</b>	<b>67,42%</b>	<b>0,18%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL:</b>		<b>AREIA MÉDIA, ARGILOSA COM POUCO SILTE</b>					

*Gleydson Erica da Silva*  
Laboratorista

*[Assinatura]*  
Enc. Laboratório

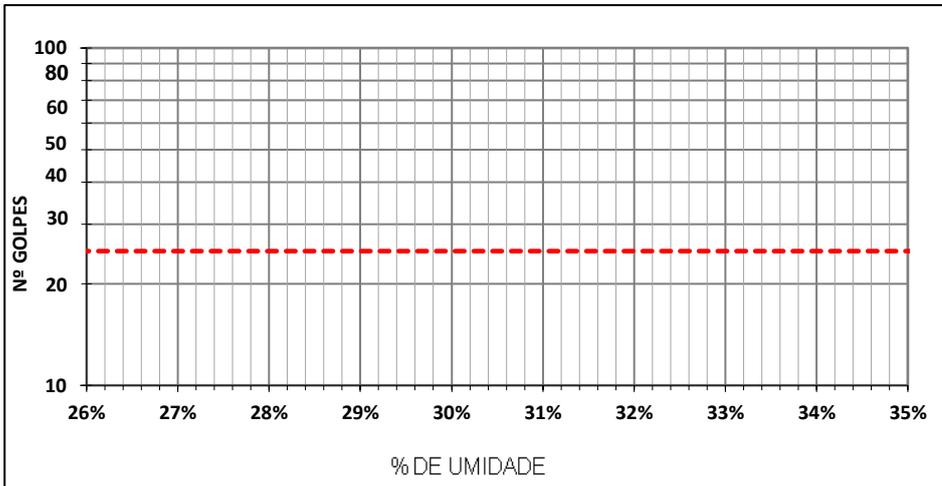
## CURVA GRANULOMÉTRICA - NBR 7181 : 2016

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA GRANULOMETRIA: <b>30/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>01</b>	DATA LL/LP: <b>30/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	



### LIMITE DE LIQUIDEZ (NBR 6459 : 2016) E LIMITE DE PLÁSTICIDADE (NBR 7180 : 2016)

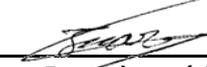
	Limite de liquidez				Limite de plasticidade			
Cápsula nº								
Cáp.+solo úmido								
Cápsula+solo seco								
Peso da cápsula								
Peso da água								
Peso do solo seco								
% de água								
Nº de golpes								



RESUMO	
LL	NP
LP	NP
IP	NP
IG	0
TRB	A-2-4

EQUIVALENTE DE AREIA - NBR 12052 : 1992			
Proveta	1	2	3
h 1			
h 2			
E.A.			
E.A. Média			

  
 Laboratorista

  
 Enc. Laboratório

**DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE SOLOS ARGILOS À CARGA VARIÁVEL - 14545:2000**

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA INICIAL: <b>18/09/2019</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>01</b>	DATA FINAL: <b>19/09/2019</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	

**DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL (NBR 6508)**

	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
Picnômetro nº			
(P1) Peso do Picnômetro (g)	84,43	99,45	99,35
(P2) Peso do Picnômetro + Solo (g)	134,47	149,70	149,97
(P3) Peso do Picnômetro + Solo + Água (g)	382,64	375,34	373,56
(P4) Peso do Picnômetro + Água (g)	351,29	343,82	341,80
Peso do Solo (g)	50,04	50,25	50,62
Volume do Solo (cm³)	18,69	18,73	18,86
Temperatura de Ensaio:	27,0 °C	27,0 °C	27,0 °C
<b>Fator de Correção devido à temperatura:</b>	<b>0,9983</b>	<b>0,9983</b>	<b>0,9983</b>
Massa específica real do agregado (g/cm³)	2,673	2,678	2,679
<b>Massa específica real média (g/cm³)</b>	<b>2,677</b>		

**DADOS DO CORPO DE PROVA**

**ÍNDICE DE VÁZIOS (NBR - 12004/NBR - 12051)**

<b>MOLDAGEM</b>		<b>MÉDIA</b>			<b>MÁXIMO</b>	<b>MINÍMO</b>
ALTURA (cm)	17,92	ALTURA (cm)				
DIAMÊTRO (cm)	15,23	DIAMÊTRO (cm)				
AREA (cm²)	182,18	AREA (cm²)				
VOLUME (cm³)	3264,58	VOLUME (cm³)				
PESO BRUTO (g)	11128,00	PESO BRUTO (g)				
PESO DO CILNDRO (g)	4442,60	PESO DO CILNDRO (g)				
MASSA (g)	6685,40	MASSA (g)				
MASSA ESPECÍFICA (g/cm³)	2,048	<b>MASSA ESPECÍFICA SECA SOLTA (g/cm³)</b>				
<b>MASSA ESPECÍFICA SECA (g/cm³)</b>	<b>1,878</b>	<b>ÍNDICE DE VAZIO (e<sub>máx</sub> &amp; e<sub>min</sub>)</b>				
<b>ÍNDICE DE VAZIO</b>	<b>0,43</b>					
<b>GRAU DE SATURAÇÃO INICIAL (%)</b>	<b>56,81%</b>	<b>GRAU DE COMPACIDADE (%)</b>				
<b>GRAU DE SATURAÇÃO FINAL (%)</b>	<b>72,78%</b>					

**TEOR DE UMIDADE**

<b>MOLDAGEM (UMIDADE ÓTIMA)</b>			<b>DEPOIS DO ENSAIO (SATURADA)</b>		
CÁPSULA Nº:	19	182	CÁPSULA Nº:	155	115
PESO DA CÁPSULA+SOLO ÚMIDO (g)	64,26	65,31	PESO DA CÁPSULA+SOLO ÚMIDO (g)	91,66	115,40
PESO DA CÁPSULA+SOLO SECO (g)	60,11	61,27	PESO DA CÁPSULA+SOLO SECO (g)	83,84	105,93
PESO DA CÁPSULA (g)	13,57	17,01	PESO DA CÁPSULA (g)	15,25	25,09
PESO DA ÁGUA (g)	4,15	4,04	PESO DA ÁGUA (g)	7,82	9,47
PESO DO SOLO SECO (g)	46,54	44,26	PESO DO SOLO SECO (g)	68,59	80,84
TEOR DE UMIDADE (%)	8,9%	9,1%	TEOR DE UMIDADE (%)	11,4%	11,7%
<b>TEOR DE UMIDADE MÉDIA (%)</b>	<b>9,0%</b>		<b>TEOR DE UMIDADE MÉDIA (%)</b>	<b>11,6%</b>	

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE**

ALTURA INICIAL DA ÁGUA (cm)	155,0	152,5	150,0	155,0	154,5	154,0
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	152,5	150,0	147,7	154,5	154,0	153,5
TEMPO DE ENSAIO (s)	300	300,0	300,0	60,0	60,0	60,0
KT (cm/s)	3,14E-05	3,2E-05	3,0E-05	3,1E-05	3,0E-05	3,0E-05
TEMPERATURA (°C)	27,0 °C					
CORREÇÃO, CK	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>2,7E-05</b>	<b>2,7E-05</b>	<b>2,6E-05</b>	<b>2,7E-05</b>	<b>2,6E-05</b>	<b>2,6E-05</b>

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**2,6E-05**

## ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - NBR 7182 : 2016

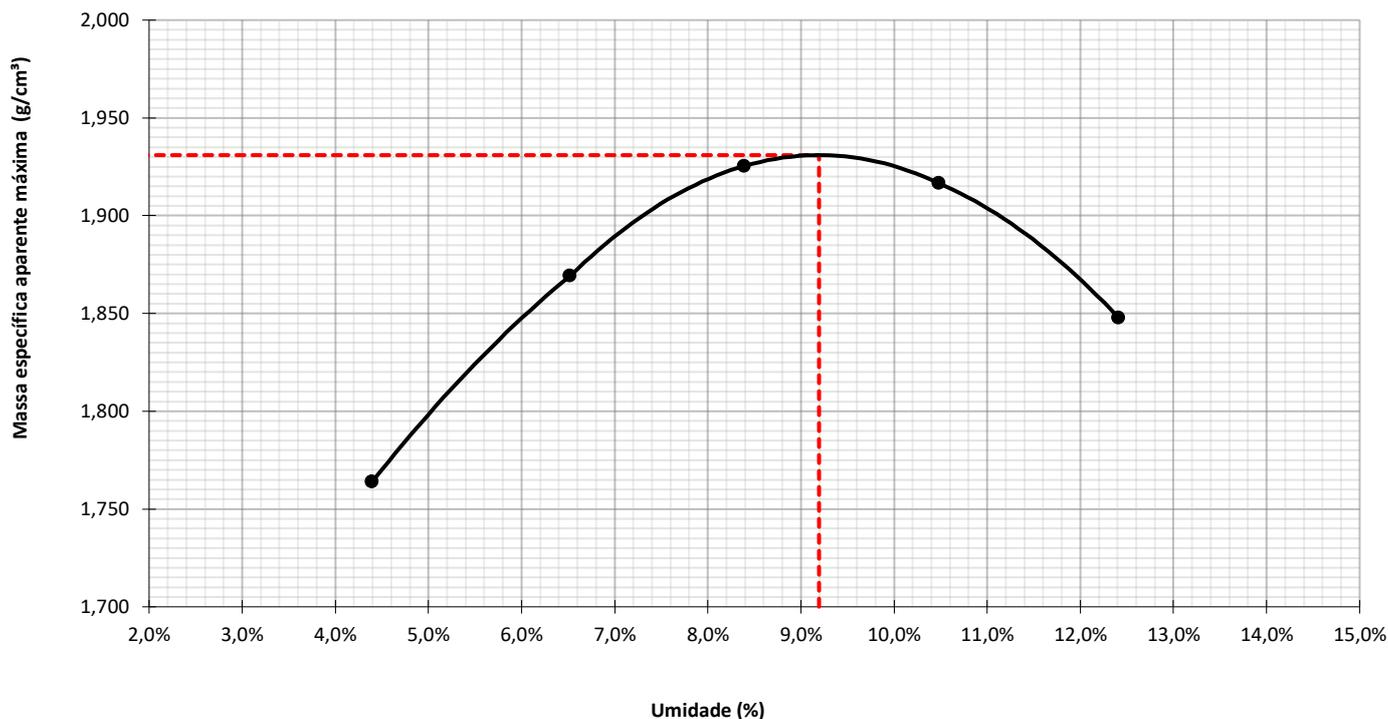
	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA: <b>26/11/2020</b>	
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>02</b>	PRÓCTOR/ENERGIA: <b>NORMAL</b>	
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	Nº DE CAM: <b>3</b>	Nº DE GOLF: <b>10</b>

Item	Unidade	1	2	3	4	5	6	Um. Higroscópica	
Cápsula	nº	171	23	120	168	115		179	70
Peso Bruto Úmido	g	72,18	73,16	81,37	68,75	70,55		86,27	82,10
Peso Bruto Seco	g	70,39	69,46	76,17	63,60	65,53		86,03	81,85
Peso da Água	g	1,79	3,70	5,20	5,15	5,02		0,24	0,25
Peso da Cápsula	g	29,65	12,74	14,20	14,48	25,09		12,86	15,83
Peso do Solo Seco	g	40,74	56,72	61,97	49,12	40,44		73,17	66,02
Umidade "Cápsulas" <input checked="" type="checkbox"/>	%	4,4%	6,5%	8,4%	10,5%	12,4%		0,3%	0,4%
Umidade Média "Cálculada" <input type="checkbox"/>	%							<b>0,4%</b>	
Água Total	g							Peso do Material g	
Água Adicionada	g							3.000,00	
% Água Adicionada	%							P. Mat. Seco g	
Cilindro	nº	2	2	2	2	2		2.989	
Peso Bruto Úmido	g	3.850,0	4.002,0	4.099,0	4.130,0	4.089,0		Peso Água g	
Peso do Cilindro	g	1.983	1.982,8	1.983	1.983	1.983		11	
Volume do Cilindro	cm³	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014		% Adic. p/ ponto	
Peso do Solo Úmido	g	1.867	2.019	2.116	2.147	2.106		2,0%	
Massa do Solo Úmido	g / cm³	1,841	1,991	2,087	2,118	2,077		<b>Soquete</b>	
<b>Massa do Solo Seco</b>	<b>g / cm³</b>	<b>1,764</b>	<b>1,869</b>	<b>1,925</b>	<b>1,917</b>	<b>1,848</b>		<b>GRANDE</b>	

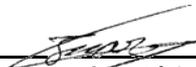
### RESULTADOS

**MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA (g/cm³)**      **1,931**      **ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA (%)**  
**UMIDADE ÓTIMA (%)**                      **9,2%**                      **EXPANSÃO (%)**

Curva de Compactação



  
 Laboratorista

  
 Enc. Laboratório

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR 7181 : 2016

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA GRANULOMETRIA: <b>26/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>02</b>	DATA LL/LP: <b>30/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	

UMIDADE HIGROSCÓPICA			PENEIRAMENTO GROSSO					φ do grão (mm)	
Cápsula nº	48	217	Peneiras		Peso da amostra seca (g)		% que passa da amostra total		
Solo úmido+tara (g)	84,92	80,05	nº	mm	Retido	Passado			
Solo seco + tara (g)	84,68	79,81	2"	50,0	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
Tara da cápsula (g)	15,73	14,17	1 ½"	37,5	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
Água (g)	0,24	0,24	1"	25,0	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
Solo seco (g)	68,95	65,64	¾"	19,0	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
Umidade (%)	0,3%	0,4%	3/8"	9,50	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
Umidade Média (%)	<b>0,4%</b>		4	4,75	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
			10	2,00	0,00	996,4	<b>100,0%</b>		
AMOSTRA TOTAL SECA			PENEIRAMENTO FINO						
Amostra total úmida (g)	<b>1.000,0</b>		Peneiras		Amostra seca (g)		% que Passa da am.		
Solo seco ret. pen. nº 10	0,00		nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total	
Solo úm. pass. pen. nº 10	1.000,0		16	1,19	0,00	119,84	100,00%	<b>100,0%</b>	
Solo seco pass. pen. nº 10	996,44		30	0,59	0,17	119,67	99,86%	<b>99,9%</b>	
Amostra total seca	996,4		40	0,42	4,48	115,19	96,12%	<b>96,1%</b>	
PENEIRAMENTO FINO			50	0,30	14,87	100,32	83,71%	<b>83,7%</b>	
Peso da am. úmida:	120,27		100	0,15	58,96	41,36	34,51%	<b>34,5%</b>	
Peso da am. seca:	119,84		200	0,08	18,56	22,80	19,03%	<b>19,0%</b>	

SEDIMENTAÇÃO									
Hora	Leitura	Temp. (°C)	Correção	Leitura Corrigida	Altura de queda	Alt. de queda (Corrigida)	tempo (seg)	φ do grão (mm)	% < φ
30 segundos	15	29,0	0,50	15,50	18,0	15,21	30	0,068	<b>20,7%</b>
1 minuto	15	29,0	0,50	15,50	18,00	15,21	60	0,048	<b>20,7%</b>
2 minutos	14	29,0	0,50	14,50	18,00	15,39	120	0,034	<b>19,3%</b>
4 minutos	13	29,0	0,50	13,50	17,20	14,77	240	0,024	<b>18,0%</b>
8 minutos	13	29,0	0,50	13,50	17,20	14,77	480	0,017	<b>18,0%</b>
15 minutos	13	29,0	0,50	13,50	17,20	14,77	900	0,012	<b>18,0%</b>
30 minutos	13	28,0	0,20	13,20	17,20	14,82	1800	0,009	<b>17,6%</b>
1 hora	13	28,0	0,20	13,20	17,20	14,82	3600	0,006	<b>17,6%</b>
2 horas	12	28,0	0,20	12,20	17,20	15,00	7200	0,004	<b>16,3%</b>
4 horas	12	30,0	0,80	12,80	17,20	14,90	14400	0,003	<b>17,1%</b>
8 horas	11	30,0	0,80	11,80	17,20	15,08	28800	0,002	<b>15,7%</b>
24 horas	11	28,0	0,20	11,20	17,20	15,18	86400	0,001	<b>14,9%</b>

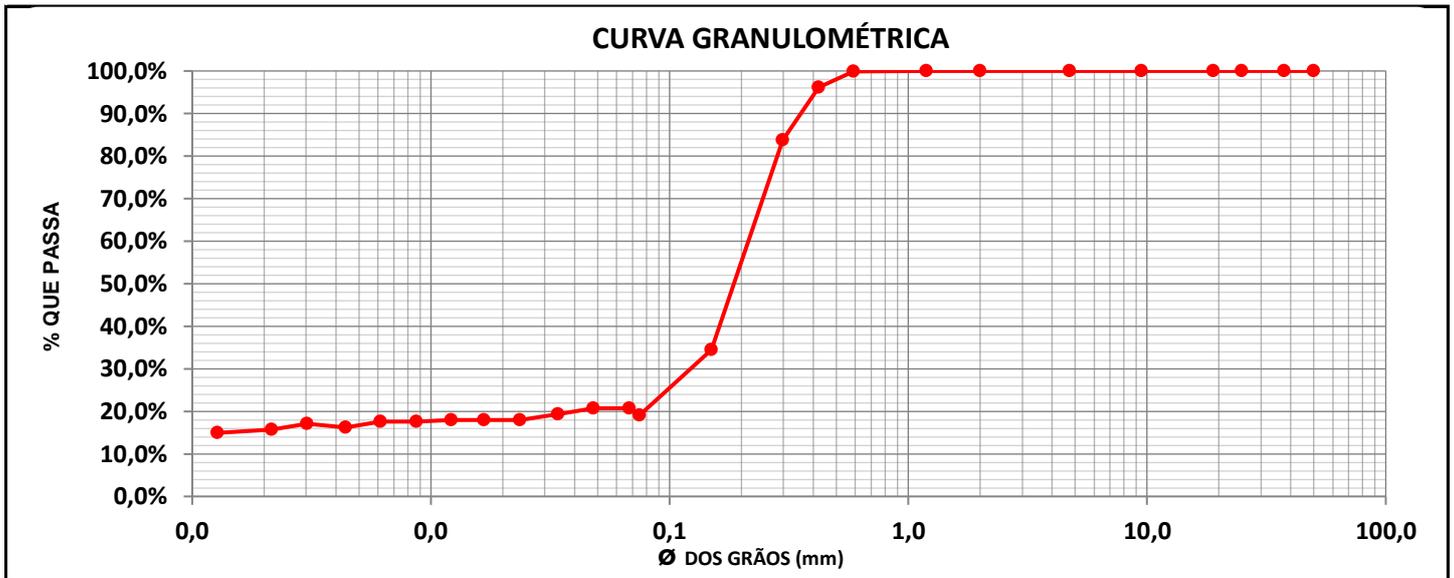
DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CONFORME NBR 6502							
Argila e argila coloidal	Silte	Areias			Pedregulhos		
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
<b>14,93%</b>	<b>5,73%</b>	<b>13,86%</b>	<b>65,34%</b>	<b>0,14%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL:</b>		<b>AREIA MÉDIA, ARGILOSA COM POUCO SILTE</b>					

GLEYSON ERICH DA SILVA  
Laboratorista

Enc. Laboratório

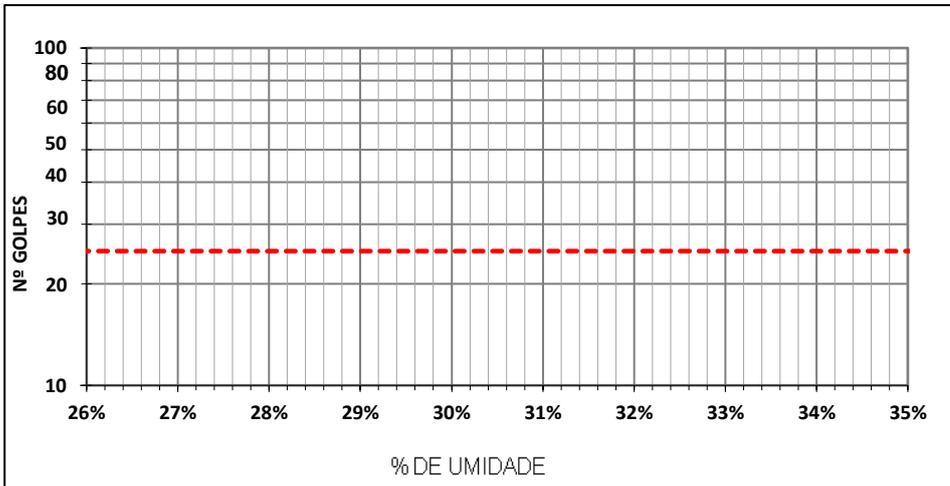
## CURVA GRANULOMÉTRICA - NBR 7181 : 2016

<b>GEGTEC</b>	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA GRANULOMETRIA: <b>26/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>02</b>	DATA LL/LP: <b>30/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	



### LIMITE DE LIQUIDEZ (NBR 6459 : 2016) E LIMITE DE PLÁSTICIDADE (NBR 7180 : 2016)

	Limite de liquidez				Limite de plasticidade			
Cápsula nº								
Cáp.+solo úmido								
Cápsula+solo seco								
Peso da cápsula								
Peso da água								
Peso do solo seco								
% de água								
Nº de golpes								



RESUMO	
LL	NP
LP	NP
IP	NP
IG	0
TRB	A-2-4

EQUIVALENTE DE AREIA - NBR 12052 : 1992			
Proveta	1	2	3
h 1			
h 2			
E.A.			
E.A. Média			

Laboratorista

Enc. Laboratório

**DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE SOLOS ARGILOS À CARGA VARIÁVEL - 14545:2000**

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA INICIAL: <b>26/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	FURO: <b>02</b>	DATA FINAL: <b>30/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JUARES BASILIO</b>	PRONF.: <b>0,70 A 1,50</b>	PROCEDÊNCIA: <b>SOLO LOCAL</b>	

**DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL (NBR 6508)**

Picnômetro nº	1	4	7
(P1) Peso do Picnômetro (g)	95,93	99,41	84,42
(P2) Peso do Picnômetro + Solo (g)	146,13	150,27	135,07
(P3) Peso do Picnômetro + Solo + Água (g)	376,19	375,87	383,19
(P4) Peso do Picnômetro + Água (g)	344,72	344,00	351,44
Peso do Solo (g)	50,20	50,86	50,65
Volume do Solo (cm³)	18,73	18,99	18,90
Temperatura de Ensaio:	27,0 °C	27,0 °C	27,0 °C
<b>Fator de Correção devido à temperatura:</b>	<b>0,9983</b>	<b>0,9983</b>	<b>0,9983</b>
Massa específica real do agregado (g/cm³)	2,676	2,674	2,675
<b>Massa específica real média (g/cm³)</b>	<b>2,675</b>		

**DADOS DO CORPO DE PROVA**

**ÍNDICE DE VÁZIOS (NBR - 12004/NBR - 12051)**

MOLDAGEM		MÉDIA	MÁXIMO	MINÍMO
ALTURA (cm)	17,92	ALTURA (cm)		
DIAMÊTRO (cm)	15,23	DIAMÊTRO (cm)		
AREA (cm²)	182,18	AREA (cm²)		
VOLUME (cm³)	3264,58	VOLUME (cm³)		
PESO BRUTO (g)	11107,00	PESO BRUTO (g)		
PESO DO CILNDRO (g)	4442,60	PESO DO CILNDRO (g)		
MASSA (g)	6664,40	MASSA (g)		
MASSA ESPECÍFICA (g/cm³)	2,041	<b>MASSA ESPECÍFICA SECA SOLTA (g/cm³)</b>		
<b>MASSA ESPECÍFICA SECA (g/cm³)</b>	<b>1,906</b>	<b>ÍNDICE DE VAZIO (e<sub>máx</sub> &amp; e<sub>min</sub>)</b>		
<b>ÍNDICE DE VAZIO</b>	<b>0,40</b>			
<b>GRAU DE SATURAÇÃO INICIAL (%)</b>	<b>47,13%</b>	<b>GRAU DE COMPACIDADE (%)</b>		
<b>GRAU DE SATURAÇÃO FINAL (%)</b>	<b>71,58%</b>			

**TEOR DE UMIDADE**

MOLDAGEM (UMIDADE ÓTIMA)			DEPOIS DO ENSAIO (SATURADA)		
CÁPSULA Nº:	206	256	CÁPSULA Nº:	244	248
PESO DA CÁPSULA+SOLO ÚMIDO (g)	65,41	64,52	PESO DA CÁPSULA+SOLO ÚMIDO (g)	167,82	121,55
PESO DA CÁPSULA+SOLO SECO (g)	61,92	61,14	PESO DA CÁPSULA+SOLO SECO (g)	154,12	111,98
PESO DA CÁPSULA (g)	12,88	13,55	PESO DA CÁPSULA (g)	25,13	24,76
PESO DA ÁGUA (g)	3,49	3,38	PESO DA ÁGUA (g)	13,70	9,57
PESO DO SOLO SECO (g)	49,04	47,59	PESO DO SOLO SECO (g)	128,99	87,22
TEOR DE UMIDADE (%)	7,1%	7,1%	TEOR DE UMIDADE (%)	10,6%	11,0%
<b>TEOR DE UMIDADE MÉDIA (%)</b>	<b>7,1%</b>		<b>TEOR DE UMIDADE MÉDIA (%)</b>	<b>10,8%</b>	

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE**

ALTURA INICIAL DA ÁGUA (cm)	155,0	151,5	148,1	154,8	154,1	153,4
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	151,5	148,1	144,8	154,1	153,4	152,7
TEMPO DE ENSAIO (s)	300	300,0	300,0	60,0	60,0	60,0
KT (cm/s)	4,41E-05	4,4E-05	4,3E-05	4,4E-05	4,3E-05	4,4E-05
TEMPERATURA (°C)	27,0 °C					
CORREÇÃO, CK	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>3,8E-05</b>	<b>3,7E-05</b>	<b>3,7E-05</b>	<b>3,8E-05</b>	<b>3,7E-05</b>	<b>3,7E-05</b>

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**3,7E-05**

**DETERMINAÇÃO DA MASSA ESP. AP. IN SITU (MÉTODO FRASCO DE AREIA) - DNER - ME 092/94**

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	DATA: <b>25/11/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	SERVIÇO: <b>SOLO LOCAL</b>	
LABORATORISTA: <b>JORGE AVELINO</b>	RODOVIA/TRECHO: <b>-</b>	SEGUIMENTO: <b>IN NATURA</b>	

Furo	1	2					
Posição	-	-					
Profundidade (cm)	17,00	18,00					
Descrição do Solo	TRB						
EQUIPAMENTO USADO NA COMPACTAÇÃO							
VOLUME	Peso do frasco antes (A) (g)	7000	7000				
	Peso do frasco depois (B) (g)	3865	3700				
	Peso da areia deslocada (C=A - B) (g)	3135	3300				
	Peso da areia no funil e na placa(D) (g)	503	503				
	Peso da areia na cavidade (E=C-D) (g)	2632	2797				
	Massa específica aparente da areia (F <sub>xg</sub> /dm <sup>3</sup> )	1352	1352				
	Volume do solo (G=E/F) dm <sup>3</sup>	1,947	2,069				
	PESO	Recipiente Nº					
Peso do solo e do recipiente (H) g		3450	3940				
Peso do recipiente (I) g		0,00	0,00				
Peso do solo (J=H-I) g		3450	3940				
UMIDADE	Cápsula nº						
	Peso da Cápsula e do solo úmido (g)						
	Peso da Cápsula e do solo seco (g)						
	Peso da Cápsula (g)						
	Peso da água (g)						
	Peso do solo seco (g)						
	Teor de umidade (K)	<b>8,1%</b>	<b>7,7%</b>				
CAMPO	M. Esp. do solo úmido (g/dm <sup>3</sup> ) (L=J/G)	1772	1904				
	M. Esp. do solo seco (g/dm <sup>3</sup> ) (M=L 100 )	1640	1768				
LABORATÓRIO	Registro da amostra ensaiada no laboratório						
	M. esp. seca máxima (g/dm <sup>3</sup> ) (N)	1910	1931				
	Umidade Ótima	10,4%	9,2%				
	Grau de compactação	<b>85,8%</b>	<b>91,6%</b>				

*Gleudson Erick da Silva*  
Laboratorista

*[Assinatura]*  
Enc. Laboratório



## UMIDADE NATURAL DO SOLO

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	EMPREENDIMENTO: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	O.S / CONTRATO :Nº <b>433/2020</b>
	MUNICÍPIO: <b>CAMPO GRANDE (MS)</b>	SERVIÇO : <b>UMIDADE NATURAL</b>	ESPECIFICAÇÕES - NORMA (Nº) : <b>-</b>

LOCALIZAÇÃO		Data	CÁPSULA Nº	P.B. ÚMIDO	P.B. SECO	PESO DA ÁGUA	PESO DA CÁPSULA	P. SOLO SECO	% DE UMIDADE	MÉDIA
PONTO	PROF.									
F-01		25/11/2020	176	80,54	75,77	4,77	17,80	57,97	8,23%	<b>8,09%</b>
			167	72,96	69,01	3,95	19,30	49,71	7,95%	
F-02		25/11/2020	100	86,82	81,90	4,92	19,89	62,01	7,93%	<b>7,70%</b>
			81	80,20	75,85	4,35	17,60	58,25	7,47%	

  
 Laboratorista

  
 Enc. Laboratório

**DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE SOLOS ARGILOS À CARGA VARIÁVEL - 14545:2000**

	INTERESSADO: <b>SOLURB - SOLUÇÕES AMBIENTAIS</b>	SERVIÇO: <b>ESTUDOS GEOTÉCNICOS</b>	DATA: <b>25/11/2020</b>
	OBRA: <b>ATERRO SANITÁRIO</b>	AMOSTRA: <b>IN NATURA - CORRELAÇÃO INFILTRAÇÃO</b>	DATA FINAL: <b>25/11/2020</b>
LABORATORISTA: <b>JORGE AVELINO</b>	TRECHO: <b>CAMPO GRANDE/MS</b>	ALTURA (CM): <b>15</b>	ÁREA (CM²): <b>900</b>

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE - BASEADO NOS DADOS DA INFILTRAÇÃO**

**1**

ALTURA ÍNICIAL DA ÁGUA (cm)	15,00	15,00	15,00			
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	14,00	14,00	14,00			
TEMPO DE ENSAIO (s)	407	399	404			
KT (cm/s)	2,5E-03	2,6E-03	2,6E-03			
TEMPERATURA (°C)	32,0 °C	32,0 °C	32,0 °C			
CORREÇÃO, CK	0,767	0,767	0,767			
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>1,9E-03</b>	<b>2,0E-03</b>	<b>2,0E-03</b>			

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**2,0E-03**

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE - BASEADO NOS DADOS DA INFILTRAÇÃO**

**2**

ALTURA ÍNICIAL DA ÁGUA (cm)	15,00	15,00	15,00			
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	14,00	14,00	14,00			
TEMPO DE ENSAIO (s)	424	415	408			
KT (cm/s)	2,4E-03	2,5E-03	2,5E-03			
TEMPERATURA (°C)	32,0 °C	32,0 °C	32,0 °C			
CORREÇÃO, CK	0,767	0,767	0,767			
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>1,9E-03</b>	<b>1,9E-03</b>	<b>1,9E-03</b>			

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**1,9E-03**

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE - BASEADO NOS DADOS DA INFILTRAÇÃO**

**3**

ALTURA ÍNICIAL DA ÁGUA (cm)	15,00	15,00	15,00			
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	14,00	14,00	14,00			
TEMPO DE ENSAIO (s)	393	387	384			
KT (cm/s)	2,6E-03	2,7E-03	2,7E-03			
TEMPERATURA (°C)	32,0 °C	32,0 °C	32,0 °C			
CORREÇÃO, CK	0,767	0,767	0,767			
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>2,0E-03</b>	<b>2,0E-03</b>	<b>2,1E-03</b>			

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**2,0E-03**

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE - BASEADO NOS DADOS DA INFILTRAÇÃO**

**4**

ALTURA ÍNICIAL DA ÁGUA (cm)	15,00	15,00	15,00			
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	14,00	14,00	14,00			
TEMPO DE ENSAIO (s)	440	395	393			
KT (cm/s)	2,3E-03	2,6E-03	2,6E-03			
TEMPERATURA (°C)	32,0 °C	32,0 °C	32,0 °C			
CORREÇÃO, CK	0,767	0,767	0,767			
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>1,8E-03</b>	<b>2,0E-03</b>	<b>2,0E-03</b>			

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**1,9E-03**

**ENSAIO DE PERMEABILIDADE - BASEADO NOS DADOS DA INFILTRAÇÃO**

**5**

ALTURA ÍNICIAL DA ÁGUA (cm)	15,00	15,00	15,00			
ALTURA FINAL DA ÁGUA (cm)	14,00	14,00	14,00			
TEMPO DE ENSAIO (s)	404	407	401			
KT (cm/s)	2,6E-03	2,5E-03	2,6E-03			
TEMPERATURA (°C)	32,0 °C	32,0 °C	32,0 °C			
CORREÇÃO, CK	0,767	0,767	0,767			
<b>K20 (cm/s)</b>	<b>2,0E-03</b>	<b>1,9E-03</b>	<b>2,0E-03</b>			

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE MÉDIA (K 20°C) (cm/s)**

**2,0E-03**



**10**

## **REGISTRO FOTOGRÁFICO.....**

A seguir, apresentamos nossos registros fotográficos, no que se refere ao período do relatório em questão.



Descrição: Execução da sondagem à percussão.



Descrição: Execução da sondagem à percussão.





Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.



Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.





Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.



Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.





Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.



Descrição: Preparação da cava para determinação do coeficiente de infiltração.





Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.



Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.





Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.



Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.





Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.



Descrição: Procedimento do ensaio de Permeabilidade in situ.





11

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....

11.1 Condições Específicas do Material

Os materiais empregados na execução de aterros devem ser provenientes das escavações referentes à execução dos cortes e da utilização de empréstimos, devidamente caracterizados e selecionados com base nos Estudos Geotécnicos desenvolvidos através do Projeto de Engenharia.

Descrição	Densidade máx. (g/cm³)	Hot (%)	Desvio de Umidade	Grau de Compactação	Permeabilidade (k20)
Furo 01	1,910	10,4%	-2,3%	85,84%	2,63E-05
Furo 02	1,931	9,2%	-1,5%	91,58%	3,73E-05

Entende-se por permeabilidade a capacidade de um determinado solo, sob condições normais, em permitir a passagem de água (ou outro fluido) através de seus vazios. A permeabilidade dos solos varia com o número de vazios contidos neste. Consideram-se solos permeáveis, ou que apresentam drenagem livre, são aqueles que têm permeabilidade superior a 10-7 m/s. Os demais são solos impermeáveis ou com drenagem impedida.



De acordo com a norma NBR 13896 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, construção e operação, o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com **coeficiente de permeabilidade inferior a 5,0 x 10-5 cm/s**; os ensaios realizados certificam que os resultados estão em conformes com os critérios estabelecidos na norma citada acima.

Baseado, nas informações dos ensaios de coeficiente de infiltração, foi realizado uma correlação seguindo os mesmos cálculos para a determinação da permeabilidade, porém com as dimensões da cava de infiltração. A partir dos resultados obtidos (Página 34), verificou-se que o coeficiente de permeabilidade do solo in natura da infiltração, apresenta uma permeabilidade maior do que o coeficiente encontrado em laboratório.

Permeabilidade (k20)
2,0E-03
1,9E-03
2,0E-03
1,9E-03
2,0E-03

11.2 Coeficiente de Infiltração do solo

Quanto aos coeficientes de infiltração, os resultados obtidos por meio deste ensaio confirmaram o tipo de solo encontrado na sondagem de simples reconhecimento com SPT. Nos primeiros metros do terreno, o solo predominante foi considerado do tipo areia argilosa, enquanto que o coeficiente de infiltração nos informou que o solo preponderante é do tipo: "Areia fina, ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte." De fato as informações coincidem, corroborando a veracidade e autenticidade nos ensaios executados por nossa empresa.

Ao seu inteiro dispor para quaisquer esclarecimentos, firmamo-nos.



**12**

## **REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....**

- a) \_\_\_\_\_. **Sondagem a trado - Procedimento:** NBR 9603. Rio de Janeiro, 2015.
  
- b) \_\_\_\_\_. **Rochas e Solos - Terminologia:** NBR 6502. Rio de Janeiro, 1995.
  
- c) \_\_\_\_\_. **Rochas e Solos - Simbologia:** NBR 13441. Rio de Janeiro, 1995.
  
- d) CREDER, HÉLIO. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 6ª Edição. LTC. 2012. (Item 3.5.2.18 - Determinação da Capacidade de Absorção do Solo, página 259).
  
- e) \_\_\_\_\_. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** NBR 7229. Rio de Janeiro, 1997.
  
- f) \_\_\_\_\_. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação:** NBR 13969. Rio de Janeiro, 1997.
  
- g) \_\_\_\_\_. **Solo - Análise granulométrica:** NBR 7181. Rio de Janeiro, 2016.
  
- h) \_\_\_\_\_. **Solo - Ensaio de compactação:** NBR 7182. Rio de Janeiro, 2016.
  
- i) \_\_\_\_\_. **Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável:** NBR 14545. Rio de Janeiro, 2000.
  
- j) \_\_\_\_\_. **Ensaio de permeabilidade em solos: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE,** 2013.



13

**RESPONSÁVEIS TÉCNICOS.....**

---

**LORRAINE BARBOSA M. BARRETO**

*Engenheira Civil*

CREA/MS 19473

---

**GILVANE ALVES DE SOUZA**

*Diretor Executivo*

CFT/BR 1317123026

#### SOLIDARIEDADE E COMPROMISSO COM O FUTURO



PATROCINADORA  
OFICIAL DA EQUIPE  
SUL-MATO-GROSSENSE  
DE FUTSAL

**INHEIROS**

#### MATRIZ

Rua Maracaibo, 259 · Coophavila II  
Campo Grande/MS · 79097-020  
geotec@geotecconsultoria.com.br  
Telefone 67 3373 1225



geotecconsultoria



# GEOTEC

[www.geotecconsultoria.com.br](http://www.geotecconsultoria.com.br)



Anotação de Responsabilidade Técnica -  
ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO  
1320200110199

### Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do CREA-MS

#### 1. Responsável Técnico

LORRAINE BARBOSA MENDES BARRETO	RNP: 1314334298
Título Profissional: ENGENHEIRA CIVIL	Registro: MS19473
Empresa Contratada: GEOTEC CONSULTORIA TOPOGRAFIA PROJETOS E OBRAS EIRELI	Registro: 10946

#### 2. Dados do Contrato

Contratante: CG SOLURB SOLUCOES AMBIENTAIS SPE LTDA	CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40
Rua: RUA ALBERTO NEDER	Bairro: JARDIM DOS ESTADOS
Cidade: CAMPO GRANDE	UF: MS
Contrato:	Celebrado em: 23/11/2020
Valor: R\$ 2.218,38	Tipo de Contratante: PESSOA JURÍDICA
Ação Institucional:	
	Número: 328
	País: Brasil
	CEP: 79.020-336
	Vinculado à ART:

#### 3. Dados Obra/Serviço

Logradouro	Bairro	Número	Complemento	Cidade	UF	País	Cep	Coordenada
PRÓXIMO A RODOVIA BR 262	ÁREA RURAL	S/N		CAMPO GRANDE	MS	BRA	79.000-000	020°34'33.77" S 054°39'19.39" O
Data de Início: 25/11/2020	Previsão Término: 10/12/2020	Código:						
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA	Proprietário: CG SOLURB SOLUCOES AMBIENTAIS SPE LTDA	CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40						
Finalidade: PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE ENGENHARIA PARA EXECUÇÃO DE 02 (DOIS) COLETAS DEFORMADAS A TRADO ATÉ 1,5MTS, PARA CARACTERIZAÇÃO DO SOLO SENDO: COMPACTAÇÃO, ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO, LIMITES ATTERBERG, UMIDADE NATURAL, MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS E PERMEABILIDADE SOB CARGA VARIÁVEL, E 05 (CINCO) ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO.								

#### 4. Atividades Técnicas

Grupo/Subgrupo	Atividade Profissional	Obra/Serviço	Complemento	Quantidade	Unidade
Geotecnia e Geologia da Engenharia - Pressões sobre os solos e resistência ao cisalhamento					
	Execução de serviço técnico	de compactação de solos		2,0000	UNIDADES
	Execução de serviço técnico	de ensaio físico de solos		2,0000	UNIDADES
	Execução de serviço técnico	de estudos geotécnicos		2,0000	UNIDADES
Saneamento Ambiental - Sistema de Abastecimento de Água					
	Execução de serviço técnico	de ensaio	de percolação de solo	5,0000	UNIDADES
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART					

#### 5. Observações

#### 6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

#### 7. Entidade de Classe

04.661.292/0001-64 - IEIMS

#### 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local

data

029.247.831-35 - LORRAINE BARBOSA MENDES BARRETO

17.064.901/0001-40 - CG SOLURB SOLUCOES AMBIENTAIS SPE LTDA

#### 9. Informações

A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.  
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creams.org.br](http://www.creams.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br).  
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creams.org.br](http://www.creams.org.br) [creams@creams.org.br](mailto:creams@creams.org.br)  
tel: (67)3368-1000 fax: (67) 3368-1000



**CREA-MS**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do  
Mato Grosso do Sul

Valor ART: R\$ 88,78

Registrada em 04/12/2020

Valor Pago: R\$ 88,78

Nosso Número: 14000000007730999

#### SOLIDARIEDADE E COMPROMISSO COM O FUTURO



PATROCINADORA  
OFICIAL DA EQUIPE  
SUL-MATO-GROSSENSE  
DE FUTSAL

**INHEIROS**

#### MATRIZ

Rua Maracaibo, 259 · Coophavila II  
Campo Grande/MS · 79097-020  
geotec@geotecconsultoria.com.br  
Telefone 67 3373 1225



geotecconsultoria



# GEOTEC

[www.geotecconsultoria.com.br](http://www.geotecconsultoria.com.br)

## RESUMO DOS ENSAIOS DO MEIO FÍSICO DA FAZENDA GAMELEIRA

### Resumo dos resultados das sondagens e ensaios da Área Gameleira



Fuso 21 K – Datum SIRGAS 2000

#### POÇOS DE MONITORAMENTO/PIEZOMETROS

Pontos Amostrados	Coordenadas		Cota	Prof. do Poço	N.E	N.E	N.E	N.E
	Latitude	Longitude			16/09/20	21/10/20	24/11/20	14/01/21
PM 1*	20°34'29.5"S	54°39'08.3"W	516 m	2,50 m	Seco	x	x	x
PM 1**	20°34'29.7"S	54°39'08.3"W	516 m	12,00 m	x	4,45	3,58	3,90
PM 2*	20°34'31.8"S	54°39'40,9"W	515 m	6,66 m	Seco	x	x	x
PM 2**	20°34'31.9"S	54°39'40,8"W	515 m	12,00 m	x	7,43	7,21	7,07
PM 3	20°34'16.1"S	54°39'33.8"W	510 m	9,32 m	7,78 m	8,43	8,14	8,02
PM 4	20°34'15.0"S	54°39'15.6"W	510 m	9,16 m	6,60 m	6,12	7,15	5,70
PM 5**	20°34'23.4"S	54°39'21.0"W	510 m	8,00 m	x	8,63	7,15	6,94

PM 1\* - piezômetro tamponado (16/09/2020)

PM 2\* - piezômetro tamponado (16/09/2020)

PM 1\*\* - sugestão para construir em 16/09/2020 – piezômetro novo – monitoramento a partir de 24/11/20

PM 2\*\* - sugestão para construir em 16/09/2020 – piezômetro novo – monitoramento a partir de 24/11/20

PM 5\*\* - sugestão para construir em 16/09/2020 – piezômetro novo – monitoramento a partir de 24/11/20

#### ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO DE SOLO – Abril/2019

Pontos Amostrados	Latitude	Longitude	Cota	Área	Coefficiente Médio de Infiltração (CI)	Absorção Relativa
INF 1	20°34'14.81"S	54°39'33.01"W	508 m	0,09 m <sup>2</sup>	53,13 l/m <sup>2</sup> /dia	Vagarosa
INF 2	20°34'21.00"S	54°38'58.01"W	518 m	0,09 m <sup>2</sup>	51,98 l/m <sup>2</sup> /dia	Vagarosa
INF 3	20°34'23.00"S	54°39'21.01"W	515 m	0,09 m <sup>2</sup>	54,65 l/m <sup>2</sup> /dia	Vagarosa
INF 4	20°34'34.79"S	54°39'32.01"W	517 m	0,09 m <sup>2</sup>	53,72 l/m <sup>2</sup> /dia	Vagarosa
INF 5	20°34'49.00"S	54°39'30.00"W	512 m	0,09 m <sup>2</sup>	53,07 l/m <sup>2</sup> /dia	Vagarosa

#### ENSAIOS DE SPT – Maio/2019

Pontos Amostrados	Latitude	Longitude	Cota	N.E (m)	Impenetrável (m)	Classificação Litológica
SPT 1	20°34'14.81"S	54°39'33.01"W	508 m	5,20	15,00	0,0 a 3,0 – areia fina marron 3,0 a 9,5 – areia siltosa marron 9,5 a 15,0 – argila siltosa marron
SPT 2	20°34'21.00"S	54°38'58.01"W	518 m	3,00	14,00	0,0 a 3,0 – areia fina marron 3,0 a 9,0 – areia siltosa marron 9,0 a 14,0 – argila siltosa cinza
SPT 3	20°34'23.00"S	54°39'21.01"W	515 m	5,20	15,00	0,0 a 3,0 – areia fina marron 3,0 a 9,5 – areia siltosa marron 9,0 a 15,0 – argila siltosa marron
SPT 4	20°34'34.79"S	54°39'32.01"W	517 m	3,00	14,00	0,0 a 3,0 – areia fina marron 3,0 a 10,5 – areia siltosa marron 10,5 a 14,0 – argila siltosa marron
SPT 5	20°34'49.00"S	54°39'30.00"W	512 m	1,30	12,00	0,0 a 3,0 – areia fina cinza 3,0 a 8,5 – areia siltosa cinza 8,5 a 11,0 – argila siltosa cinza 11,0 a 12,0 – argila siltosa vermelha

