

Estudo de Caso – A importância da geotecnia no projeto executivo de dois aterros sanitários a serem implantados em área escarpada localizada em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro

Álvaro de Freitas Viana

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, alvaro.viana@altageotecnia.com

Kadson Matheus Barreiros Gomes

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, kadson.gomes@altageotecnia.com

Manuella Suellen Vieira Galindo

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, manuella.galindo@altageotecnia.com

Patrick Botsch Cellette Gomes

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, patrick.gomes@altageotecnia.com

Renato da Costa Farias

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, renato.farias@altageotecnia.com

Guilherme Lobo

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, guilherme.lobos@altageotecnia.com

João Pedro Campos Pinto

ALTA Geotecnia, Rio de Janeiro, Brasil, joao.campos@altageotecnia.com

Tácio Mauro Pereira de Campos

PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, tacio@puc-rio.br

RESUMO. Com o crescimento das grandes cidades, os aterros sanitários estão localizados em áreas cada vez mais afastadas e, frequentemente, o terreno disponível para a sua implantação apresenta condicionantes geológicas, pedológicas, geomorfológicas e hidrológicas complexas, exigindo soluções de geotecnia diferenciadas. Tal situação se aplica aos dois aterros sanitários que serão implantados em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, objetos do presente estudo de caso. Trata-se de uma área caracterizada por vales densamente vegetados, margeados por encostas íngremes e cortados por corpos hídricos, o que torna difícil o acesso tanto por pessoas, quanto por maquinários de pequeno a grande porte. Para elaborar os projetos executivos, foi realizado um amplo programa, com duração de oito meses, que incluiu incursões a campo para mapeamentos de superfície, levantamento planialtimétrico de detalhe, investigações geotécnicas de campo e laboratório, assim como os trabalhos de escritório, que envolveram os dimensionamentos e detalhamentos necessários. As limitações de acesso à área influenciaram diretamente na confecção dos modelos geotécnicos, em face às dificuldades de se realizar sondagens em diversos trechos. Ainda assim, tais representações permitiram conceituar e definir os taludes das escavações para aumento da área útil dos vales, regularizações de fundo para implantação das canalizações das nascentes e rios, drenos de percolados, além dos posicionamentos dos diques de contenção e lagoas de acumulação de chorume em áreas com capacidade de suporte e taludes estáveis. Os cortes foram previstos apenas em solos, excetuando-se desmontes rochosos devido aos custos elevados e necessidades de licenças

diferenciadas. Já os dimensionamentos dos maciços de resíduos englobaram definições de uma geometria otimizada, com inclinações que possibilitassem a cubagem do maior volume possível, mas que ao mesmo tempo permitissem uma operação segura, incluindo o tráfego de caminhões. Foram ainda estimadas as gerações de chorume e gás, e projetadas as necessidades de drenagens pluviais. Em face ao exposto, o presente trabalho visa abordar a importância do conhecimento geotécnico em um projeto de aterro sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro sanitário, resíduos, estudo de caso, projeto executivo, estabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população resulta diretamente no aumento da geração de resíduos sólidos urbanos. No Brasil, a lei federal nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que prevê, dentre outras medidas, a necessidade de substituição dos lixões a céu aberto por aterros sanitários. Deste modo, os mais de 5.500 municípios do país terão que se adequar nos próximos anos, aumentando assim a demanda por projetos de recuperação e encerramento dos vazadouros atuais, e de implantação de novos aterros.

Além do fato de se tratar de uma obra de terra, as atividades de disposição de resíduos estão intimamente ligadas ao conhecimento geotécnico, uma vez que, assim como alguns maciços terrosos, as pilhas de lixo representam um sistema particulado multifásico, com presença simultânea de sólido, líquido e gás, atuando sob condições drenadas. Logo, tornam-se aplicáveis as teorias de resistência ao cisalhamento e adensamento.

Por outro lado, como os resíduos são extremamente heterogêneos, se degradam de forma acelerada e geram efluentes, são necessárias adaptações no que tange à confecção dos modelos geomecânicos.

Projetos de aterros sanitários devem seguir as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 8.419/96, 13.896/97 e 15.849/2010. No entanto, por se tratarem de uma obra civil, a sua área de implantação demanda, especificamente os projetos de fundação, escavação, estabilidade de taludes e drenagem.

O presente trabalho visa abordar a importância do conhecimento geotécnico em um projeto de implantação de aterro sanitário elaborado pela empresa ALTA Geotecnia para a

Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Nova Iguaçu (CTR-NI), pertencente à Foxx Haztec, situada em Nova Iguaçu, RJ.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Localizado na Baixada Fluminense, Município de Nova Iguaçu, em um terreno com 1.404.192,75m², o objeto do presente estudo é um aterro sanitário que recebe cerca de 140.000 toneladas mensais de resíduos oriundos de dez municípios vizinhos.

Por estar inserido ao sul da Serra do Tinguá, e dentro dos domínios do Maciço Serra dos Órgãos (CPRM, 2012), a região é bastante escarpada, impondo que suas unidades de aterragem sejam implantadas em vales encaixados, dentro de uma mesma cadeia montanhosa.

Atualmente, estes vales se encontram próximos do limite da vida útil (máximas cotas de alteamento de resíduos), demandando uma ampliação da área total de disposição.

Dentro da área de estudo, apenas dois trechos apresentavam viabilidade para implantação de novas unidades, sendo estes denominados de vales 5 e 6, conforme ilustrado na Figura 1.

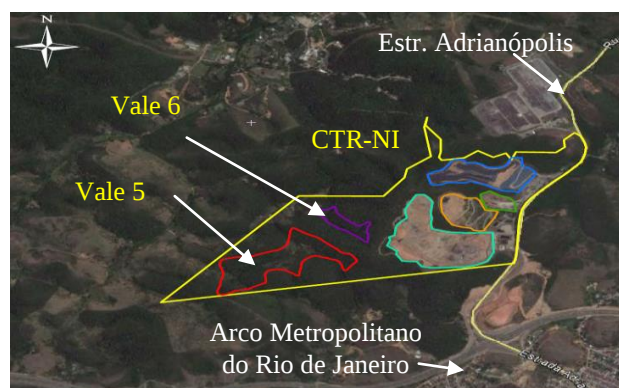


Figura 1. Vista Google Earth do empreendimento.

Ambos os locais são caracterizados pela presença de córregos e nascentes, inseridos na bacia do Rio Iguaçu. Tal fato requer cuidados especiais na implantação de um aterro, devido à necessidade da criação de mecanismos de drenagem que possibilitem um fluxo disciplinado das águas fluviais e evite a ocorrência de sub-pressões e rupturas de fundo.

O mapa pedológico da área (CPRM, 2012) mostra uma predominância de argissolos e latossolos, indicadores da presença de argila, o que é amplamente favorável à operação de um aterro devido às demandas de materiais de baixa permeabilidade para uso em impermeabilização e fechamento de células de resíduos. Por outro lado, os planossolos e gleissolos identificados demonstram a susceptibilidade da área a alagamentos, o que também faz sentido em função do relevo em vales com presença.

Ainda sobre o meio físico, observa-se que a região possui um elevado regime pluviométrico entre setembro e maio, o que demanda atenção quanto aos sistemas de drenagens pluviais e cobertura, visando reduzir infiltrações e, consequentemente, geração de chorume.

3 ESTUDOS DE DETALHE

Para detalhar as áreas de implantação, foram realizados, além de um extenso mapeamento geológico-geotécnico de campo, o levantamento planialtimétrico da área, sondagens à percussão com ensaios de SPT – *Standard Penetration Test*, sondagens mistas (percussão em solo e rotativa em rocha), sondagens a trado, amostragens de solo em todos os furos, coleta de bloco de solo indeformado, assim como a realização de ensaios de permeabilidade *in situ* e ensaios geotécnicos de laboratório.

3.1 Investigações Geotécnicas de Campo

O posicionamento das sondagens foi definido a partir do mapeamento de superfície, levando em consideração as unidades geotécnicas identificadas em campo, mas também questões de acesso, tendo em vista as dificuldades impostas pelo relevo escarpado e a densa vegetação dos vales.

Pelos resultados, observa-se que o terreno se caracteriza por rochas graníticas aflorantes pouco foliadas na base e, em alguns trechos inclinados dos vales, depósitos colúvio-aluvionares com espessuras inferiores a 3m e presença de tálus. Nas cotas mais elevadas, camadas maiores de solos são registradas, dentre material transportado mais superficial e, em adjacência, solos residuais mais resistentes.

A partir dos níveis d'água medidos nos furos de sondagens, foram traçadas as linhas equipotenciais por meio do programa Rockworks v15, determinando a direção preferencial de fluxo das águas subterrâneas. A Figura 2 ilustra o modelo definido para o Vale 5, com predomínio de fluxo SE-SO.

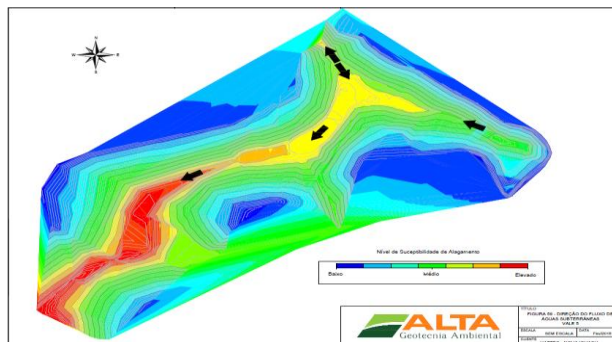


Figura 2. Direção de fluxo de águas subterrâneas Vale 5.

A realização de ensaios de permeabilidade *in situ*, com o emprego do permeâmetro de Guelph, visou determinar os parâmetros de infiltração dos solos da área, tipicamente por meio do método de carga hidráulica proposto por Elrick *et al.* (1989), a partir do qual são determinadas a vazão (Q) e a condutividade hidráulica saturada (k_s). Os resultados estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado dos ensaios de permeabilidade *in situ*.

Parâmetros	Guelph 1	Guelph 2	Guelph 3
Q (m ³ /s)	1,81 x 10 ⁻⁷	4,05 x 10 ⁻⁷	4,22 x 10 ⁻⁷
k_s (cm/s)	7,50 x 10 ⁻⁵	1,66 x 10 ⁻⁴	1,73 x 10 ⁻⁴

3.2 Amostragens de Solo

Visando caracterizar as propriedades físicas e mecânicas dos solos, foram coletadas amostras amolgadas dos furos de sondagens e blocos de solo indeformados com dimensões aproximadas de 30x30x30cm.

3.3 Ensaios de laboratório

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos para um dos materiais mais abundantes do terreno, classificado como solo maduro.

Para a caracterização física, foram realizados ensaios de granulometria, massa específica dos grãos (ps), umidade e limites de consistência (limites de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade). A Figura 3 e a Tabela 2 exibem os resultados, demonstrando mais uma vez a predominância de material argiloso na área.

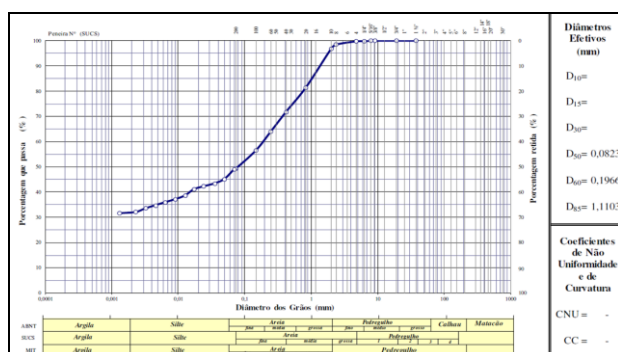


Figura 3. Curva granulométrica do solo maduro.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de caracterização do solo.

Parâmetro físico	Resultados
Limite de Liquidez – LL (%)	47,8
Limite de Plasticidade – LP (%)	32,3
Índice de Plasticidade – IP (%)	15,5
Densidade dos Grãos – Gs	2,65
Teor de Pedregulho (%)	3,3
Teor de areia (%)	49,6
Teor de silte (%)	15,2
Teor de argila (%)	31,8
Umidade Higroscópica	5,37
Peso Específico Natural – γ_t (g/cm ³)	1,97
Peso Específico Seco – γ_d (g/cm ³)	1,64
Índice de Vazios – e	0,62
Sistema Unificado de Classificação do Solo – SUCS	SC – Areias Argilosas
Índice de Atividade de Skempton (IAs)	0,48 - Argilas Inativas

Os ensaios de compactação foram realizados na modalidade Proctor Normal. Os resultados estão resumidos na Tabela 3 e Figura 4.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de compactação.

Teor de umidade ótimo	Peso específico seco máximo	Massa específica seca máxima
21,1%	1,59 g/cm ³	15,6 kN/m ³

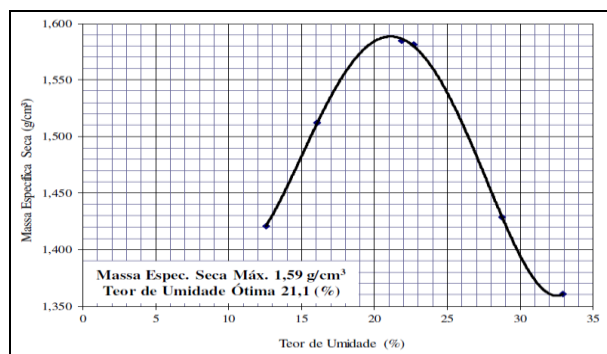


Figura 4. Curva de compactação do solo maduro.

Com a mesma amostra, foi realizado um ensaio de permeabilidade do tipo carga constante e parede rígida, conforme preconiza a Norma Brasileira – NBR-13292. O corpo de prova cilíndrico de 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura foi moldado através da compactação com o valor da umidade ótima (21,1%) determinada no ensaio de compactação.

Os resultados, resumidos na Tabela 4, confirmam que, uma vez compactada na umidade ótima, o solo maduro atinge uma permeabilidade bastante inferior à natural, determinada por intermédio dos ensaios de Guelph, melhorando de sobremaneira o seu comportamento e permitindo o seu emprego como material de construção para aterros sanitários.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de permeabilidade.

Parâmetros	Resultados
Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	$5,5 \times 10^{-6}$
Umidade inicial (%)	20,56
Umidade final (%)	64,22
Peso específico inicial total (kN/m ³)	19,33
Peso específico inicial total (kN/m ³)	16,04
Índice de vazios inicial	0,62
Grau de saturação inicial (%)	19,15

O ensaio de cisalhamento, visando determinar os parâmetros de resistência do solo maduro, foi executado com amostras inundadas, tensões verticais nominais de adensamento de 25, 50, e 100 kPa e velocidade de deslocamento horizontal constante em 0,0847mm/min, que é menor que a computada seguindo recomendações para se alcançar condições drenadas durante a fase de cisalhamento. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5. Parâmetros de resistência do solo maduro.

Coesão efetiva c' (kPa)	Ângulo de Atrito ϕ (°)
11,913	29,899

3.4 Resumo

Os resultados obtidos a partir da bibliografia técnica, topografia, mapeamentos de campo e investigações geotécnicas, possibilitaram a definição das principais vantagens e problemas da área, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6. Resumo das características da área de projeto.

Vantagens	Desvantagens
Disposição em vales, com confinamento da massa de resíduos e menor área para cobertura/fechamento	Problemas de acesso para maquinários e presença de corpos hídricos (nascentes, córregos e lagoas artificiais)
Possibilidade de aproveitamento de solos e rochas escavados como materiais de construção	Áreas potencialmente alagáveis e regime pluviométrico elevado entre setembro e maio
Solos residuais potencialmente resistentes nas encostas	Solos transportados instáveis nas encostas e com baixa capacidade de suporte na base

4 PROJETO EXECUTIVO

A seguir, são apresentadas considerações geotécnicas sobre os principais tópicos de projeto desenvolvidos.

4.1 Conformação dos fundos dos vales

Os projetos de escavação nas bases dos vales partiram das seguintes premissas:

- Escavações executadas apenas em solos;
- Espessura mínima de 2m de solo acima da superfície máxima do lençol freático;
- Proteção dos corpos hídricos;
- Conformação da base do aterro com patamar mínimo de 10m e inclinação máxima de 10% para tráfego de caminhões.

A Figura 5 mostra a relação entre corte e aterro do Vale 5, resultando em 375.000m³ de escavação e 20.000m³ de regularização.

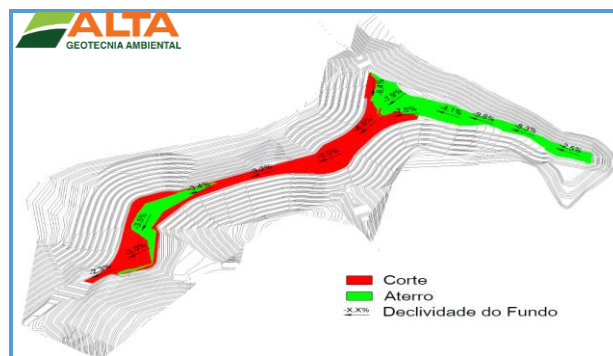


Figura 5. Áreas de corte e aterro do Vale 5.

4.2 Impermeabilização

Visando mitigar risco de contato do chorume com o subsolo, foi projetado um sistema de impermeabilização na base dos vales composto por camadas sintéticas e naturais, conforme apresentado no perfil esquemático da Figura 6.

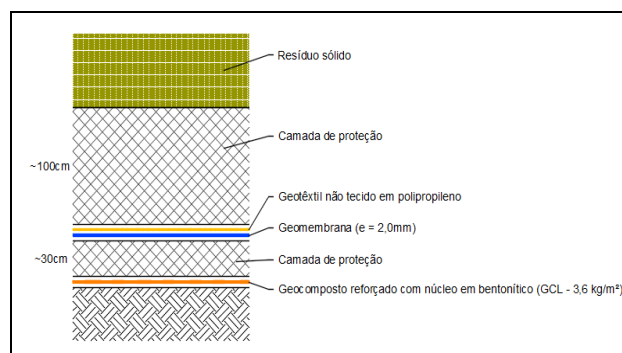


Figura 6. Impermeabilização do Vale 6.

Ressalta-se que a camada de geocomposto reforçado com núcleo em bentonita (GCL) poderia ser substituída por argila com permeabilidade mínima de 10⁻⁷ cm/s, desde que a sua espessura pudesse atingir de 30 a 50cm, o que não foi possível em função da necessidade de otimização do volume de resíduos.

4.3 Sistemas de Drenagem

Os sistemas de drenagem abrangem as águas sub-superficiais (nascentes, córregos e descidas naturais de água), os percolados e as águas pluviais, conforme descrito a seguir.

4.3.1 Drenagem de águas sub-superficiais

Devido aos riscos de ruptura de fundo por fluxo

de água desordenado na base, e tendo em vista a impossibilidade de manutenção nas estruturas subterrâneas após o início da operação do aterro, em geral os dispositivos de drenagem de fundo, sobretudo de águas sub-superficiais, são superdimensionados por parâmetros conservadores ou fatores de segurança.

No presente caso, ambos os vales apresentam corpos hídricos, demandando um sistema para disciplinar a vazão desde as cotas superiores, passando por baixo do aterro, até interligar-se aos deságues naturais.

Em face ao exposto, foram projetadas linhas longitudinais com uma seção retangular preenchida por brita nº2 e rachão com tubo corrugado perfurado de PEAD – Polietileno de Alta Densidade, sendo todo o sistema envolto por um geotêxtil não tecido, sobre o qual se aplica uma camada de areia grossa coberta por geomembrana, conforme Figura 7. O dimensionamento se baseou no método proposto por Custódio e Llamas (1976).

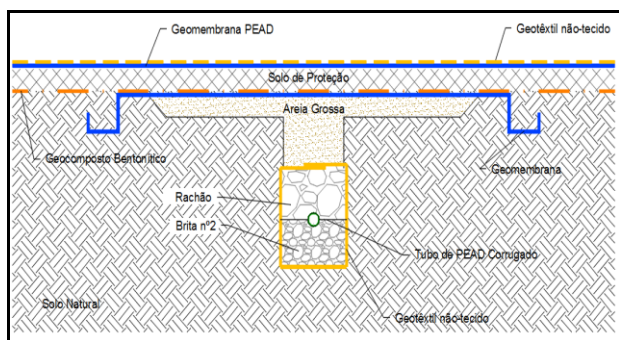


Figura 7. Esquema da drenagem de sub-superfície.

4.3.2 Drenagem de Percolados

Quanto maior o nível de chorume no maciço de resíduos, maiores as poro-pressões e mais instáveis se tornam os taludes. Assim, de forma análoga às drenagens sub-superficiais, os drenos de percolados devem ser superdimensionados, visando a sua operação no longo prazo.

De acordo com a Figura 8, o sistema do Vale 5 foi projetado com uma rede do tipo espinha de peixe constituída por drenos primários e secundários que conduzem o percolado para as cotas mais baixas, onde existem poços e caixas de passagem que o conduzem até as lagoas de acumulação, fora dos aterros.

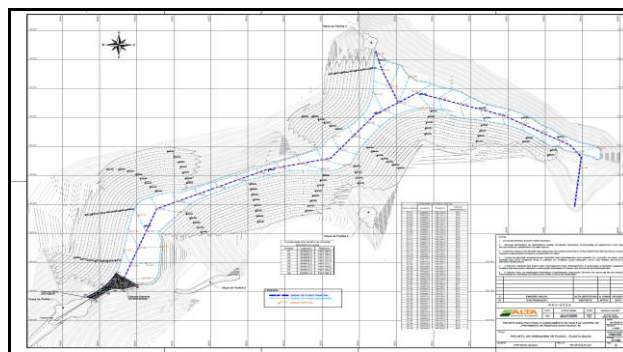


Figura 8. Sistema de drenagem do Vale 5.

Adicionalmente, em cada camada de células de resíduos com altura de 5m, são instaladas redes horizontais em formato de espinha de peixe interligadas à drenagem de base pelos drenos verticais (tipo PDR-Ranzini).

Para o dimensionamento das vazões emprega-se o Método Suíço, de ORTH (1981) *apud* LINS (2003), que correlaciona precipitação, área de contribuição do aterro e as características de compactação do lixo.

4.4 Taludes de corte

As escavações nas laterais dos vales visam aumentar o volume útil de disposição de resíduos, limpeza do material menos resistente nas camadas superficiais e ganhos no volume de terra para uso nos aterros. Seus limites foram definidos com base no perfil geológico da área.

Estes taludes foram projetados com inclinações médias de 1H:1V, 5m de altura e bermas de 3m. Os modelos geotécnicos foram estabelecidos a partir dos perfis geológicos, ensaios de laboratório e mapeamentos de campo.

As análises de estabilidade, empregando o método rigoroso de Morgenstern-Price, indicaram fatores de segurança superiores a 1,30, considerados amplamente satisfatórios tendo em vista o caráter temporário dos taludes escavados, em função do seu posterior preenchimento com resíduos.

A Figura 9 apresenta as análises de estabilidade geradas a partir de seções transversais de taludes de corte do Vale 6.

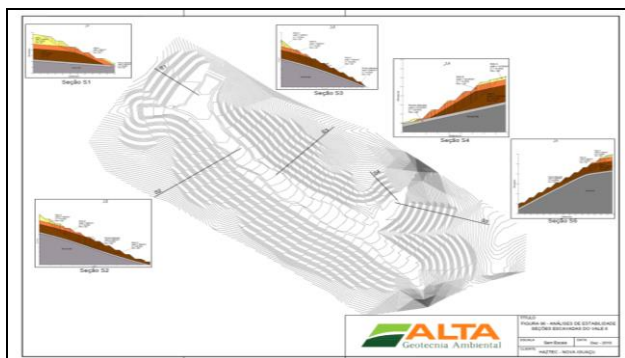


Figura 9. Estabilidade das seções escavadas do Vale 6.

4.5 Diques de Contenção

Como os resíduos são dispostos em vales, se fazem necessárias estruturas de contenção de jusante, os chamados diques. Foram projetados quatro para o Vale 5 e um para o Vale 6.

Tais elementos devem atender à NBR 11.682, com fator de segurança mínimo de 1,50.

No presente caso, projetou-se o uso do solo escavado oriundo dos vales, sendo executado em camadas de 20cm até a altura final, compactando-as em 95%.

A Figura 10 mostra o posicionamento dos diques do Vale 5.

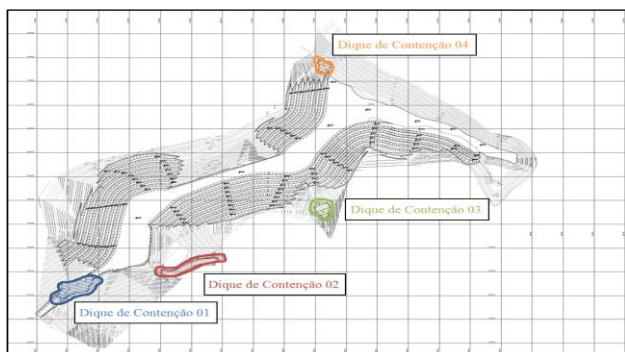


Figura 10. Localização dos diques de contenção do Vale 5.

4.6 Maciço de resíduos

Visando uma projeção geométrica que maximizasse o volume de recebimento, mantivesse espaço para o tráfego de caminhões, inclinações para as drenagens, e apresentasse taludes estáveis, foi necessária uma adequada caracterização dos parâmetros geomecânicos dos resíduos.

Conforme experiência adquirida pela ALTA Geotecnia, análises de estabilidade de aterros

sanitários são extremamente sensíveis aos seguintes fatores:

- Posição do nível piezométrico;
- Pressão de gás no maciço;
- Parâmetros de resistência dos resíduos e fundação;
- Método de análise empregado.

Na ausência de normativas de órgãos ambientais estaduais e municipais, recomenda-se o guia da US-EPA, que preconiza fatores de segurança mínimos de 1,25, 1,50 e 2,00, sem a influência de sismos, dependendo do nível de incertezas sobre as forças atuantes e potenciais consequências de uma ruptura. No caso, foi estabelecido 1,50.

Quanto aos parâmetros empregados, o peso específico foi determinado a partir de comparações entre os volumes totais dispostos e a quantidade de resíduos recebida nas unidades atuais, chegando-se a 1,32 t/m³, já descontando o recalque.

Ângulo de atrito e coesão específica, de 25° e 27kPa, respectivamente, foram definidos com base nas condições projetadas para os resíduos (tipo, composição, idade, métodos de operação) e em retroanálises de processos de rupturas em aterros brasileiros como Bandeirantes (SP) e Gramacho (RJ). Tais valores devem ser calibrados durante a operação em função de quaisquer aspectos observados, sobretudo indicadores de instabilidade, tais como trincas de tração e degraus de abatimento e elevação.

Devido às incertezas quanto à posição da linha piezométrica ao longo da operação dos aterros, as análises de estabilidade consideraram o parâmetro de poro-pressão de Bishop e Morgenstern (r_u), correspondente à pressão de água/chorume em um determinado ponto do maciço normalizada pela Tensão Vertical Total.

Assim, para cada seção transversal do maciço foram analisadas as estabilidades com valores de r_u variando entre 0 e 1,0, empregando-se o método de Morgenstern-Price, que considera uma superfície de ruptura qualquer, em geral não-circular e, portanto, mais fiel às condições heterogêneas do lixo.

Considerando camadas de resíduos com 5m de altura, taludes com inclinação aproximada de 2H:1V e bermas de 5m, com variações nos

acessos às células, constata-se que os vales 5 e 6 permanecem estáveis caso, durante a operação, sejam mantidos valores de r_u inferiores a 0,4 e 0,5 respectivamente. As Figuras 11 e 12 mostram os resultados do Vale 5.

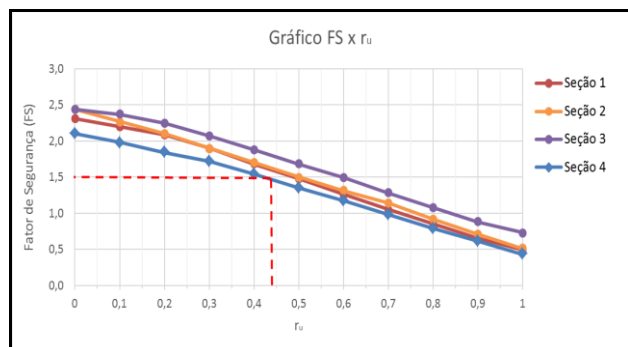


Figura 11. Fator de segurança versus r_u para o Vale 5.

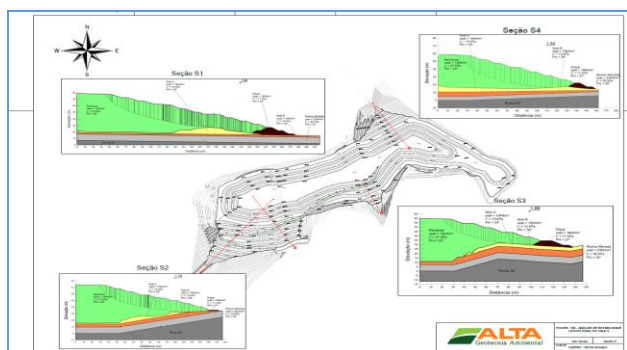


Figura 12. Análises de estabilidade do Vale 5 para $r_u=0,4$.

Finalmente, com o peso específico médio dos resíduos dispostos, capacidade volumétrica de cada vale e a estimativa de recebimento mensal para o empreendimento, definiu-se a vida útil total das novas unidades em 1.200 dias.

5 CONCLUSÕES

Embora o conhecimento sobre engenharia de aterros ainda tenha muito a evoluir, saber-se que pilhas de lixo representam um sistema particulado multifásico, com presença simultânea de sólido, líquido e gás, atuando sob condições drenadas. Logo, tornam-se aplicáveis as teorias de resistência e adensamento. Por outro lado, como os resíduos são extremamente heterogêneos, se degradam de forma acelerada e geram efluentes, são necessárias adaptações quanto à confecção dos modelos geomecânicos.

O presente trabalho demonstra que é fundamental que o engenheiro geotécnico atue em todas as fases de projeto de um aterro sanitário, e que permaneça acompanhando a sua operação durante toda a sua operação, de modo a minimizar os riscos envolvidos.

O projeto apresentado tem previsão para ser executado no segundo semestre de 2016.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Foxx Haztec / CTR-NI que, gentilmente, autorizou a sua publicação, e igualmente à ALTA Geotecnia, responsável técnica pelo projeto.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. 2010. (NBR-15.849).
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. 1997. (NBR-13.896).
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. 1996. (NBR-8419).
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Estabilidade de Taludes. 2009. (NBR-11.682).
- ALTA GEOTECNIA – Projeto executivo de implantação dos vales 5 e 6, pertencentes à Central de Tratamento de Resíduos Nova Iguaçu, RJ. RT-151218-01-v03. Fevereiro de 2016.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. *Hidrologia Subterrânea, Volume 2*. Barcelona: Omega (1976).
- ELRICK, D.E.; REYNOLDS, W.D. & TAN, K.A. – *Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses*. Ground Water Monitoring Review, N. 9, 184-193, 1989.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). *Guide to Technical Resources for the Design of Land Disposal Facilities*. Cincinnati, Ohio. USA. Dezembro de 1988.
- LEI 12.305 de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. República Federativa do Brasil.
- LINS, E. A. M., 2003. *A Utilização da Capacidade de Campo na Estimativa do Percolado Gerado no Aterro de Muribeca*, Recife, Dissertação de Mestrado, Recife, Dezembro de 2003.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Geomorfologia no Estado do Rio de Janeiro*. Projeto Rio de Janeiro. 63p.