



PREFEITURA DE MARICÁ
SECRETARIA DA CIDADE SUSTENTÁVEL

Estrada do Caxito, s/n, bairro Caxito, Maricá/RJ. CEP 24910-870. Tel. (21) 2637-1581

ANEXO III – RELATÓRIO DE ESTABILIDADE DE TALUDES

Relatório Técnico

Análise de Estabilidade do Aterro de Lixo do Município de Maricá



Eng. Rogério Luiz Feijó, D.Sc.

Rogério Luiz Feijó

RESUMO EXECUTIVO

As análises efetuadas no levantamento topográfico realizado na área do aterro de lixo do Município de Maricá mostraram que a maioria dos taludes possui geometria de inclinações suaves, variando entre 17 e 28 graus com a horizontal, e alturas de até 40 metros.

Foi observada também a existência de dois taludes com inclinações maiores, variando entre 30 e 45 graus de inclinação.

Estes taludes estão situados na intercessão entre as seções P-09 com P-14 e P-13 com P-16, constantes no levantamento topográfico.

Os fatores de segurança nestas condições de contorna mostraram-se próximos de 1, próximos da ruptura.

Dessa forma as análises de estabilidades procedidas restringiram-se a essa condição, simulando um talude com 10 metros de altura de matéria orgânica e relação 1V:2H. A idade do lixo depositado foi considerada média.

Embora não esteja explícita a ocorrência de sobrecarga, foi considerada, para efeitos de análises de estabilidade, uma sobrecarga accidental de 5 kPa na crista do talude.

Foi considerado ainda um nível d'água accidental 8 metros abaixo da cota máxima do talude simulado.

Os resultados mostraram ser essa condição suficiente com um fator de segurança alcançado de 1,4.

Para estas seções recomenda-se a realização de suavização dos taludes para uma relação 1V:2H, proteção com camada de cobertura em material terroso e revegetação.

Para os demais taludes recomenda-se apenas a proteção superficial com camada de cobertura final em material terroso, implantação do sistema de drenagem superficial e revegetação.



Análise de Estabilidade do Talude de Lixo de Maricá

Apresentam-se nesse relatório as análises procedidas para a avaliação do Fator de Segurança quanto à estabilidade dos taludes do talude de lixo do Município de Maricá.

1 - Metodologia

As seções de estudo foram obtidas a partir do levantamento planialtimétrico apresentado em anexo. Foram traçadas 18 seções de estudo.

Dessas seções pode ser observado que a conformação dos taludes obedece a uma geometria de inclinações suaves.

A metodologia utilizada nas análises foi definir um talude estável, através de métodos de equilíbrio limites, e aplicá-lo em pontos específicos onde foram observados taludes mais íngremes.

Foi utilizado o Método de Morgenstern & Price (análise equilíbrio limite) para a determinação dos fatores de segurança globais.

Foram consideradas sobrecargas de 5 kPa nas análises de estabilidade e a presença de poropressões devidas a efluentes (chorume).

Os resultados obtidos referem-se às condições a serem impostas nos taludes próximos as intercessões das seções P-09 com P-14 e P-13 com P-16, constantes no levantamento topográfico.

Os parâmetros físicos e de resistência foram obtidos a partir de estudos constantes da literatura e em especial do trabalho de LAMARE NETO (2000).



Figura 1 – Vista de um dos taludes de lixo de Maricá (1V:1H)

Regisro Pulz Fajó

2 – Composição Granulométrica

A massa do lixo pode ser caracterizada como um material predominantemente granular com elevados percentuais de frações grosseiras.

Ao longo do tempo esta característica pode ser acentuada, caso o sistema de drenagem interna do aterro seja eficiente, com a saída dos efluentes líquidos (chorume) e gasosos gerados pela decomposição do material orgânico. Caso contrário, isto é, quando a drenagem interna for ineficiente ou inexistente, a dificuldade de eliminação dos efluentes poderá gerar regiões com massas orgânicas muito moles ou mesmo regiões granulares com comportamentos heterogêneos no que se refere à capacidade de retenção e percolação destes efluentes (gases e líquidos).

3 – Peso Específico

O peso específico é influenciado pela composição granulométrica do lixo, pela espessura da camada de cobertura (argilosa) diária e, também, pelo método executivo do aterro. No que se refere a composição gravimétrica, estudos realizados, por exemplo, por Mitchell (1983), citado e LAMARE NETO (2000), comprovam um decréscimo acentuado do peso específico, com o aumento do teor de matéria orgânica.

O peso específico geralmente aumenta com a profundidade em consequência da compressão e consolidação da massa de lixo devido à sobrecarga das camadas superiores. Estudos mostram que o peso específico para profundidades de até cerca de 40m podem sofrer aumentos significativos, passando de valores de 6 kN/m³ na superfície até 12 kN/m³ àquela profundidade.

No presente estudo, foi considerada uma camada de lixo de recente a média deposição.

Nas análises efetuadas, de acordo com as sondagens realizadas no local, o aterro de lixo foi considerado apoiado em solo residual maduro de boas características mecânicas.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros gravimétricos utilizado nas análises.

Tabela 1 – Pesos específicos de lixo utilizados.

Camada de Lixo/Solo	Peso Específico (kN/m ³)
Lixo Recente	9,0
Lixo Médio	11,0
Lixo Antigo	13,0
Solo Residual Maduro	17,0



4 – Parâmetros de Resistência

Os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito interno) adotados no cálculo da estabilidade de taludes de aterros sanitários e de lixo no Brasil, até recentemente, se baseavam exclusivamente em resultados de ensaios e retroanálises de estudos constantes na literatura internacional. Esta prática tem se mostrado totalmente inadequada em razão das características distintas normalmente encontradas para os lixos no Brasil em comparação com os países da Europa e Estados Unidos.

Além disso, sabe-se que o lixo pela sua composição heterogênea e com elementos de grandes dimensões, apresenta dificuldades consideráveis para obtenção de amostras idealmente representativas. Por outro lado, diante da necessidade de equipamentos de ensaio (triaxiais e cisalhamento direto) com dimensões compatíveis (no mínimo 5 a 10 vezes superiores à partícula de maior diâmetro do lixo) e proteção adequada quanto à corrosão e segurança dos operadores, de difícil operacionalidade e custos elevados, o número de resultados de ensaios disponíveis mesmo na literatura internacional é pequeno e apresentam-se com uma apreciável gama de variação.

Assim, tomando-se como base os trabalhos de Pagott e Rinoldi (1987), Landva e Clark (1990), Singh e Murphy (1990), Richardson e Reynolds (1991), Withiam e outros (1994), Gabr e Valero (1995) e Kockel (1995), verifica-se valores para o ângulo de atrito entre 10° e 53° e coesão entre 0 e 67 Kpa. Em função desta dispersão de valores, uma estimativa confiável da resistência ao cisalhamento do lixo é difícil e, muitas vezes, conduz a resultados contraditórios em relação às reais condições de estabilidade de taludes observada no campo.

Uma dificuldade adicional quanto aos parâmetros de resistência do lixo diz respeito ao relativo desconhecimento de suas variações ao longo do tempo. Sabe-se que para aterros com elevado percentual de matéria orgânica e deficiência ou mesmo inexistência de sistemas de drenagem interna para os efluentes líquidos (chorume) e gasosos, o que é o caso típico do Brasil, existe uma tendência de redução desses valores.

Esta variação que é mais marcante nos valores de coesão, segundo as conclusões de Maisonville (1997), citado em LAMARE NETO (2000), deve-se exclusivamente a redução da resistência das fibras ao longo do tempo.

Outro aspecto importante a se considerar se refere a variação dos parâmetros de resistência em função das deformações. Neste sentido estudos efetuados por Jessberger (1990), Jessberger e Kockel (1993), Reutner (1995) e Kockel (1995), citados em LAMARE NETO (2000), demonstram que, em geral, o valor limite do ângulo de atrito é mobilizado para deformações máximas de 20%. Para a coesão o início da mobilização ocorre para deformações em torno dos mesmos 20% com o seu valor tendendo a crescer indefinidamente com a deformação, não sendo possível caracterizar um máximo.

A tabela 2 apresenta os valores de resistência tendo como base os trabalhos de Turczynski (1988), citados por Kockel (1995) e por LAMARE NETO (2000), para aterros sanitários.

Nessa tabela estão apresentados os valores propostos por Turczynski (1988) e os valores adotados nas análises efetuadas, segundo um fator de segurança (FS) igual a 1,5.

Tabela 2

Camada de Lixo/Solo	Coesão (kPa) Proposto	Ângulo de Atrito Interno (°) Proposto	Coesão (kPa) Adotado	Ângulo de Atrito Interno (°) Adotado
Lixo Recente	40	40	27	27
Lixo Médio	12	32	8	22
Lixo Antigo	10	26	7	18

Cabe ressaltar que os valores adotados estão de acordo com os estudos de Kaimoto e Cepollina (1997) que resultaram na utilização seguintes parâmetros mínimos de resistência (lixo médio): coesão (c') = 8 kPa e $\phi' = 20^\circ$, a partir de retroanálises efetuadas em deslizamento ocorrido no sub-aterro AS-1 do Aterro Sanitário Bandeirantes em 1991 (Brasil), mediante condições de elevadas poropressões nas células superficiais.

Regênio Pulz Fajó

5 - Resultados

Os resultados são apresentados sob a forma de tabelas mostrando as condições de análise e o Fator de Segurança correspondente.

A tabela 3 mostra os parâmetros adotados nas análises realizadas.

Tabela 3 – Parâmetros utilizados nas análises

Camada	Descrição	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m ³)	Coesão (kPa)	Atrito Interno (°)
1	Lixo	Var. 10 a 20	11	8	22
2	Solo residual maduro	15	16	15	30

A Tabela 4 resume os resultados da seção P-03.

Tabela 4 – Resultados da seção P-03.

Seção	Condição	Fator de Segurança
Seção Natural (Condição Natural)	Global com Sobrecarga	~1,115
Seção Proposta (com retaludamento proposto)	Global com Sobrecarga	~1,377

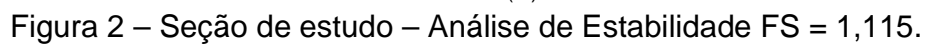
As Figuras 1 a 4, ilustram os resultados mostrados na tabela 4.

Regênio Antônio Fajó

Taludes com 1V:1H



Taludes com 1V:1H



Regina Ruiz Fajó

Condições de Contorno Proposta

Taludes com 1V:2H

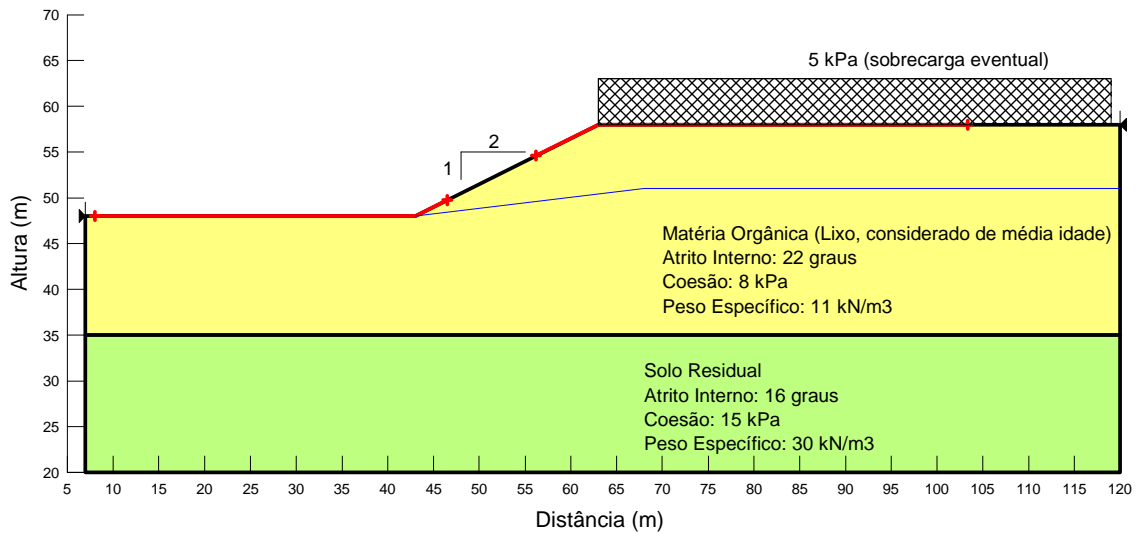


Figura 3 – Seção de estudo – Condições de Contorno com talude 1V:2H

Condições de Contorno Proposta

Taludes com 1V:2H

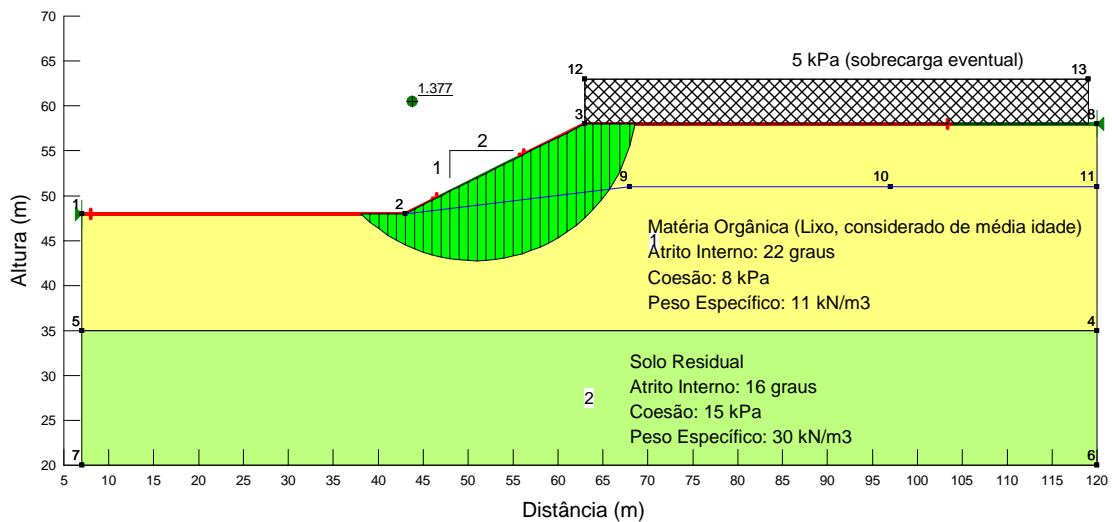


Figura 4 – Seção de estudo – Condições de Contorno com a reconformação do talude de lixo $FS = 1,377$.

Regênio Luiz Fajó

6 - Conclusões

As análises de estabilidade mostraram que o aterro sanitário, para a seção de estudo, encontra-se próximo da ruptura, segundo os critérios adotados no presente relatório.

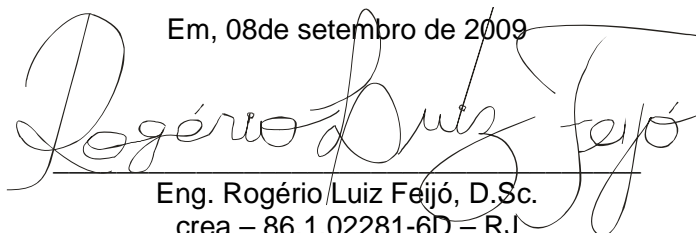
Os fatores de segurança encontrados, com o mínimo em torno de $FS = 1,000$, revelam que o aterro de lixo, na seção de estudo, encontra-se com sua condição de segurança bem abaixo do preconizam as normas de estabilidade de talude.

Uma solução possível é a reconformação do talude de lixo utilizando-se taludes 1H:2V, de altura máxima de 10 metros. A proposta está apresentada no desenho em anexo.

Esta proposta de solução para o problema eleva o fator de segurança atual de 1,115 (muito próxima da ruptura) para uma condição aceitável de segurança, $FS = 1,377$.

Vale salientar que as recomendações de estabilização requerem o dimensionamento e análises necessárias ao desenvolvimento de projeto executivo de estabilização, bem como as especificações de execução do aterro, caso seja a solução adotada.

Em, 08 de setembro de 2009



Eng. Rogério Luiz Feijó, D.Sc.
crea – 86.1.02281-6D – RJ

BIBLIOGRAFIA

LAMARE NETO, A. (2000) – “Análise de Estabilidade do Vazadouro da Rua Duarte da Silveira em Petrópolis” - Seminário de Doutorado, COPPE/UFRJ.

Reginaldo Luiz Fajó