



APLICAÇÃO DE RETROANÁLISE DETERMINÍSTICA EM DESLIZAMENTOS DE SOLOS NA REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA, ES

Recebido: 17/01/19 Aprovado: 03/05/19

Marina Nascimento da Costa Lima¹,
Mayara Lopes de Souza²,
Paulo Henrique Silva Teixeira³,
Rayane Oliveira dos Santos⁴,
Rogério Gonçalves Sarmento Júnior⁵

RESUMO

Os taludes são superfícies inclinadas que podem ser classificados como taludes naturais, formados pela ação da natureza ou taludes artificiais, quando há na superfície interferência humana. Esses elementos estão sujeitos a esforços de diferentes naturezas, tais como peso dos materiais que o constituem, força de escoamento de água e força devido à resistência ao cisalhamento. Devido a urbanização, a presença de taludes naturais e artificiais em grandes centros urbanos tornou-se comum, mesmo com o risco, aos quais essas obras de terra podem expor as populações que residem em sua proximidade. Em março de 2013, na cidade de Vitória/ES, ocorreu o deslizamento de um talude no centro urbano da capital, na região da Gruta da Onça. Na época, o principal fator apontado pelo deslizamento de terra foi o grande volume de uma elevada quantidade de lixo doméstico acumulado ao longo da encosta, que ocasionou a morte da vegetação. Na região há predominância de solo cambissólicos e litólicos entremeado com afloramentos rochosos. O objetivo do trabalho é analisar a região onde ocorreu o deslizamento de solo e rochas no Parque Natural Municipal Gruta da Onça em março de 2013, estabelecendo os motivos pelos quais o acidente foi provocado e analisando se na região há possíveis chances de novas rupturas. Para análise do ocorrido neste artigo, foi proposto a utilização do procedimento de retroanálise. A retroanálise de taludes com características semelhantes à estudada é uma forma de identificar a sua estabilidade por intermédio de estudos já realizados. Os resultados obtidos no trabalho indicam que, por meio das verificações dos dados levantados no talude pós-ruptura, há a possibilidade de novos deslizamentos.

Palavras-chave: Encostas; Parque Natural Municipal Gruta da Onça; Deslizamento de Terra.

¹ Graduanda de Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Espírito Santo. (Brasil)
E-mail: marinanclima@hotmail.com.

² Graduanda de Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Espírito Santo. (Brasil)
E-mail: ma_vix@hotmail.com.

³ Graduando de Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Espírito Santo. (Brasil)
E-mail: henrrik_teixeira@live.com.

⁴ Graduanda de Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Espírito Santo. (Brasil)
E-mail: rayane.j.oliveira@gmail.com.

⁵ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. (Brasil)
Docente pela Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Espírito Santo. (Brasil)
E-mail: rogeriosarmentojunior@gmail.com.

DETERMINISTIC RETROANALYSIS APPLICATION IN LANDSLIDES IN THE GREATER VITÓRIA REGION, ES

ABSTRACT

Slopes are sloping surfaces and can be classified as natural slopes, formed by the action of nature or artificial slopes, when there is human interference on the surface. These elements are subject to stresses of different natures, such as weight of their constituent materials, water yield strength and shear strength. Due to urbanization, the presence of natural and artificial slopes in large urban centers has become common, even with the risk to which these earthworks may expose the populations residing in their vicinity. In March 2013, in the city of Vitória / ES, there was a landslide slip in the urban center of the capital, in the Gruta da Onça region. At the time, the main factors pointed out by the landslide were the large volume of and a high amount of household waste accumulated along the slope, which caused the vegetation to die. In the region, there is a predominance of cambisolic and litholic soil interspersed with rocky outcrops. For analysis of what happened in this article, it was proposed to use the back analysis procedure. The retroanalysis of slopes with characteristics similar to the one studied is a way to identify its stability through studies already done. The results obtained in the work indicate that, through the verification of the data raised in the post-rupture slope indicate that there is possibility of new landslides.

Keywords: Slopes; Gruta da Onça Municipal Natural Park; Landslide.

INTRODUÇÃO

O deslizamento é um fenômeno comum em áreas de relevo acidentado e são mais comuns em terrenos onde há ocupação humana, onde houve a retirada da cobertura vegetal original, habitação em locais impróprios e deposição de lixo.

Pelo fato de o Brasil ter predominância de clima tropical, existem grandes índices pluviométricos no verão, tornando as encostas locais de risco, produzindo prejuízos e mortes em diversas metrópoles. O monitoramento de riscos em encostas é de extrema importância para impedir que tais eventos ocorram.

Quando ocorrem as precipitações, o solo absorve uma parcela da água e outra parte escoar. A água infiltrada no solo se confronta com alguns tipos de rochas impermeáveis, sem encontrar passagem a água começa a acumular-se em único local, tornando o solo saturado de umidade. O solo, por sua vez, não consegue suportar e se rompe, desencadeando o deslizamento.

A classificação do deslizamento utiliza como critérios o tipo de movimento e o tipo de material. Essa classificação, proposta por Varnes (1984), é uma das mais difundidas e aceitas internacionalmente (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos tipos de movimentos.

Tipo de Movimento	Tipo de Material		
	Rocha	Solo	
		Predominantemente grosso	Predominantemente fino
Quedas	Queda de blocos	Queda de detritos	Queda de solo
Tombamento	De rocha	De detritos	De solo
Deslizamento (Escorregamento)	Rotacionais de rocha	Rotacionais de rocha e solo	Rotacionais de solo
	Translacionais de rocha	Translacionais rocha e solo	Translacionais de solo
Expansões laterais	De rocha	De detritos	De solo
Corridas (Escoamentos)	Rastejo de rochas (creep)	Rastejos e corridas	
Complexos	Combinação de dois ou mais tipos de movimentos		

Fonte: Varnes (1984).

O termo deslizamento representa diversos processos que resultam na movimentação dos materiais de formação de uma encosta, sob a ação da gravidade. Os materiais podem deslizar quando a tensão cisalhante atuante é maior do que a tensão resistente da massa deslizante. Varnes (1984) descreve os principais tipos de movimentos de terra da seguinte maneira:

Queda de blocos: movimentos abruptos de volumes de rocha ou solo, detritos ou terras que se desprendem de encostas íngremes ou de escarpas, caindo e rolando pelas encostas;

Tombamento: rotação de uma massa ou bloco em torno de um alinhamento ou de um ponto situados na base ou abaixo do bloco, no sentido da encosta, sob ação da gravidade. O tombamento pode ser classificado como simples ou múltiplo;

Deslizamentos/Escoamentos: verifica-se a ocorrência de uma superfície de fraqueza separando o material escoado do material subjacente, designada por uma superfície de deslizamento ao longo da qual se dá o movimento. Normalmente, o aumento da saturação do solo provoca a diminuição ou perda total do atrito entre as partículas do solo e o deixa mais suscetível ao deslizamento. Podem ser classificados como rotacionais ou translacionais;

Expansão Lateral: pode ocorrer em situações de declividade suave ou mesmo plana. Trata-se de um deslocamento lateral de blocos formados devido à ocorrência de fraturas resultantes de esforços de tração ou ocasionados pelo fenômeno de liquefação do material subjacente em função de sismos. Esses materiais geralmente são não coesivos (constituído por silte e/ou areia), saturado e que se liquefaz devido ao aumento da pressão intersticial resultante das tensões de corte cíclicas associadas ao sismo;

Fluimentos/Escoamento: é o movimento da massa de solo que ocorre de forma similar ao de fluidos viscosos. Podem ocorrer em forma de rastejo e na forma de corridas, também ocorrem por efeitos de variações de temperatura e umidade;

Complexos: combinação de dois ou mais tipos de movimentos.

O crescimento populacional brasileiro tem gerado aumento significativo das cidades, que por vez cresce de forma irregular, ocasionando em moradias construídas em regiões de encostas, sem infraestrutura básica, com riscos de deslizamentos de terras e maciços rochosos. A falta de planejamentos construtivos, controle e monitoramento dessas áreas nas cidades tornam essas pessoas vulneráveis à catástrofe.

É preciso fiscalizar as regiões de encostas habitadas, fazer monitoramento, controle de ocupação e obras de contenções nas áreas com perigos de deslizamentos de solos e quedas de rochas, assim como também mecanismos que identifiquem os perigos a qual a população está sujeita.

A região Metropolitana de Vitória, ES, situada no Sudeste brasileiro, apresenta inúmeras localidades, com aspectos físicos e de posse, que contribuem com os respectivos acidentes (FERRÃO, 2015).

Por esse motivo, este trabalho tem como objetivo analisar a região onde ocorreu o deslizamento de solo e rochas no Parque Natural Municipal Gruta da Onça em março de 2013, estabelecendo os motivos pelos quais o acidente foi provocado e analisando se na região há possíveis chances de novas rupturas. E, assim, apresentar à comunidade e aos órgãos competentes pontos em que devem ser implantadas medidas que evitem novos deslizamentos de massa, da mesma forma como também conscientizar da importância da comunidade científica e dos estudos de eventos de deslizamento já ocorridos no processo de conhecimento e precaução de novos acontecimentos catastróficos.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Natural Municipal Gruta da Onça é situado na rua Barão de Monjardim, no centro da cidade de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, englobando uma área com 68.914,108m². O parque encontra-se no maior fragmento florestal da cidade, o Maciço Central, que possui 508,5 hectares constituído por espécies remanescentes da Mata Atlântica em unidade de conservação de proteção integral, destinada à proteção dos ecossistemas e dos recursos naturais. A Figura 1 apresenta a localização geográfica da área de estudo.

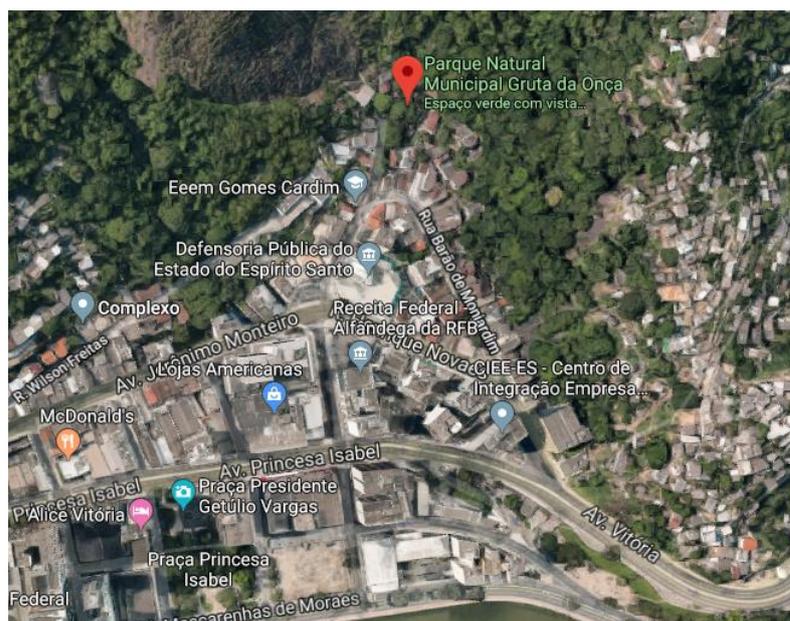


Figura 1. Localização do Parque Natural Municipal Gruta da Onça.

Fonte: Google Earth (2019)

Segundo Mapenco (2013), o Parque Nacional Gruta da Onça possui relevo acidentado, representado principalmente por rochas de natureza graníticas e caracterizado por maciços montanhosos, sendo o tipo de solo predominante o Cambissolo. O local onde ocorreu o deslizamento de terra apresenta amplitude de aproximadamente 150 metros, com camadas variadas de solo areno-argiloso, silte arenosa de cor marrom clara e principalmente silte-argilosa com espessura variável.

A área de estudo analisada foi determinada por meio de pontos a cada 50 metros delimitando o início, meio e final da rua do local onde houve o deslizamento.

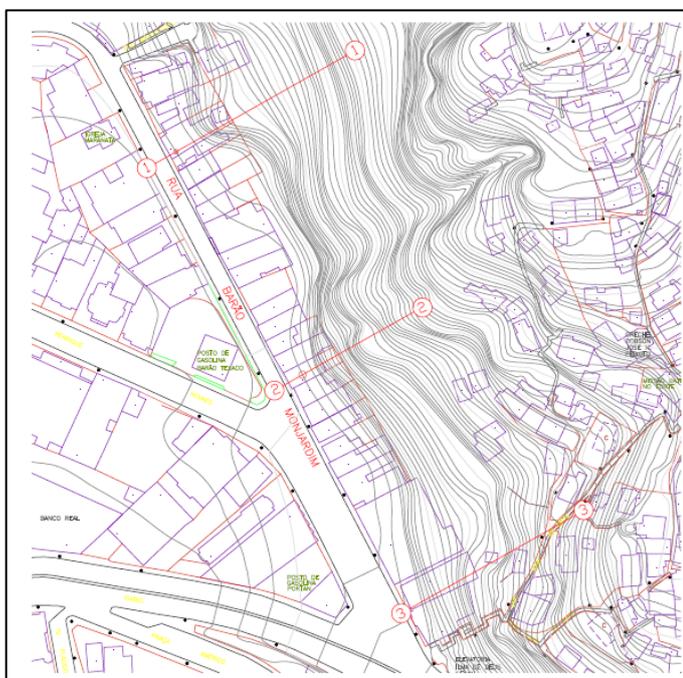


Figura 2. Localização dos pontos dos Taludes analisados.

Fonte: os autores.

A série história, elaborada pelo Incaper (2013), com registros desde o ano de 1972, demonstra que a pluviosidade média para o mês de março é de 130mm e a média anual de 140mm para o município de Vitória. Na véspera do acidente, a precipitação atingiu aproximadamente 450 milímetros, valor 346% acima da média histórica. A Figura 3 mostra a consequência do desabamento ocorrido devido à precipitação intensa.



Figura 3. Imóveis destruídos por desabamento na Gruta da Onça em março de 2013.

Fonte: Ariny Bianchi/ VC no ESTV (2013)

Os fragmentos florestais são parte do ecossistema original, rico em espécies vegetais e animais silvestres, e protegem a biodiversidade local. Solos cobertos com vegetação promovem a melhoria do ciclo hidrológico e da conservação do solo, pois ocorre elevada evapotranspiração, infiltração e pouco escoamento superficial das águas pluviais. As folhas e galhos das árvores são responsáveis por redução nos níveis de poluição atmosférica, aumentam o teor de oxigênio disponível e diminuem o teor de carbono do ar.

Os domicílios existentes na rua Barão de Monjardim são antigos e de alvenaria, o topo da encosta é ocupado por moradias populares com construções inadequadas e desprovidas de infraestrutura (MAPENCO, 2014). A encosta acima da área deslizada encontra-se adulterada pelas ações antrópicas, que modificaram os parâmetros físicos e de resistência da encosta

O município de Vitória reúne características físicas e de ocupação que propiciam acidentes geológicos e por isso há necessidade de avaliar, cadastrar e mapear criteriosamente as condições das encostas do município. Os consideráveis avanços ocupacionais em locais inapropriados à moradia, quando associados às altas precipitações pluviométricas, provocam o rompimento de taludes em várias encostas e atingem muitas vítimas.

Esses acontecimentos têm ocasionado problemas político-sociais, econômicos e ambientais que merecem maior atenção, conscientização e providência da sociedade como um todo. A Figura 4 apresenta os principais riscos na Grande Vitória.

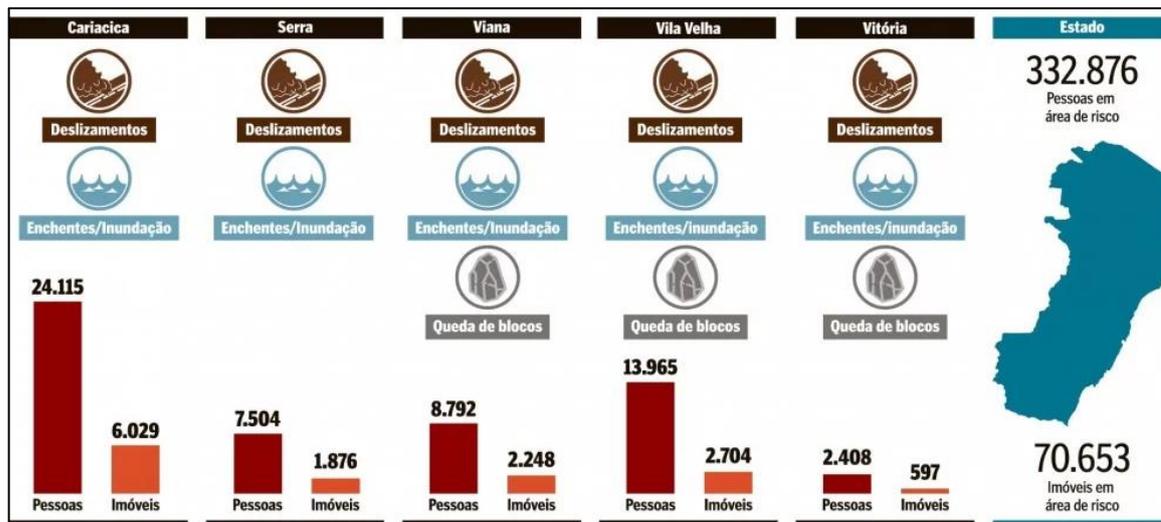


Figura 4. Principais riscos na Grande Vitória.

Fonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2016).

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES

A instabilidade de taludes é um problema habitual na Engenharia Civil, e para avaliar a estabilidade de um talude é necessária a observação de possíveis rupturas ao longo da superfície, considerando seus esforços atuantes (GERSCOVICH, 2016).

O talude pode ser compreendido por três tipos de forças atuantes: forças que ocorrem segundo o peso dos materiais, forças pelo escoamento de água e forças devido à resistência ao cisalhamento. Devido as duas primeiras forças que tendem a mesclar e movimentar porções de solo para baixo, e a última que tende a reprimir essa movimentação, é extremamente necessário o equilíbrio das mesmas (FIORI, 2015).

A análise de estabilidade de taludes é feita por etapas, onde são feitos estudos preliminares que determinam as características do terreno e do local; estudos geotécnicos e geológicos, onde são coletadas amostras para determinação de parâmetros e a análise final dos taludes, onde são definidos os tipos, sua geometria, fatores determinantes de instabilidade, avaliação de fatores de segurança, realizando a retroanálise e propostas de soluções (ABNT, 2009).

Há uma ligação entre ocasionais escorregamentos e as chuvas, onde por diversas razões leva a instabilidade. Segundo Fiori (2015), o elevado grau de saturação e a perda da coesão aparente ocasiona o aumento do peso do solo, o acumulo de pressão hidrostática e água sobre a superfície do solo, entre outros.

Outros fatores devem ser levados em consideração nos movimentos de massa, como: a geometria do talude, o tipo e remoção da vegetação natural, características do solo, abalos sísmicos naturais ou causados pela a ocupação humana (ABGE).

MORGENSTERN-PRICE (1965)

Desenvolvido no ano de 1965, o método de Morgenstern e Price é utilizado para resultados de equilíbrio limite de taludes, sendo atualmente o mais comum em utilização para projetos de estabilização, pois se destaca por poder executar todos os tipos de superfície de ruptura. Sua aplicabilidade, decerto resulta em satisfação, levando em consideração sua confiabilidade de teste já realizados por diversas empresas. O método consiste em equilíbrio de momentos e equilíbrio de forças, onde é considerado o método das fatias, sendo analisado todo o talude por parte. A Figura 6 mostra a força que é aplicada em uma fatia (FREITAS, 2011).

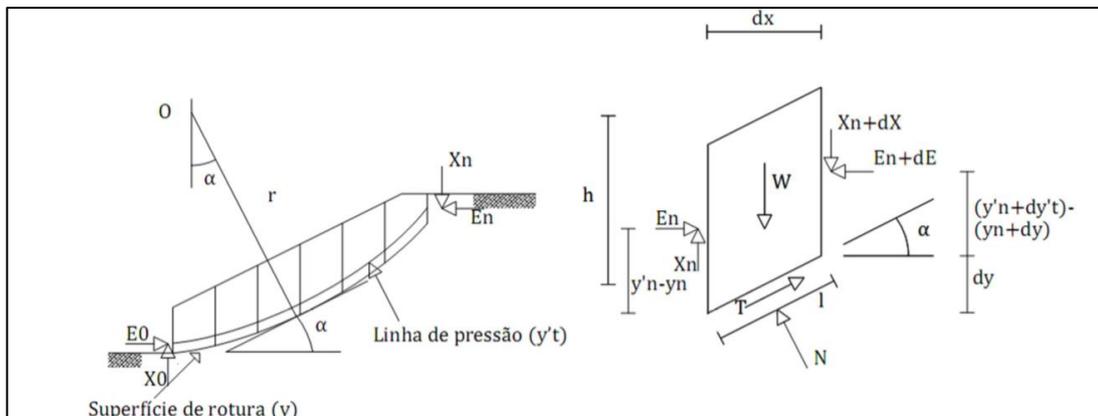


Figura 5 – Aplicação de forças em uma fatia.

Fonte: Freitas (2011)

O método de Morgenstern e Price (1965) utiliza-se da equação de equilíbrio:

$$E_n \times \left(y - y'_t + \frac{dy}{2} \right) - (E_n - dE_n) \times \left[(y + dy) - (y'_t + dy'_t) - \frac{dx}{2} \right] - X \times \frac{dx}{2} - (X + dX) \times \frac{dx}{2} = 0$$

Tendo sua expressão simplificada, considerando:

$$E_n \times \frac{dy'_t}{dx} + (y'_t - y) \times \frac{dE}{dx} - X = 0$$

Sendo, dy'_t = acréscimo de impulso, y'_t = acréscimo de impulso e dx = largura da fatia.

Segundo Silva (2016), o método permite que o fator de segurança fique a critério do programador, onde o FS é dado pela expressão matemática abaixo, porém deve-se atender aos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que atualmente está em vigor NBR 11682:2009, acentuando para que não haja riscos à vida e prejuízos financeiros (Tabela 2).

$$FS = \frac{\tau f}{\tau d}$$

Sendo, FS = Fator de Segurança, τf = resistência média ao cisalhamento do solo e τd = resistência média ao cisalhamento de ruptura.

Tabela 2. Fatores de segurança mínimos.

NÍVEL DE SEGURANÇA CONTRA DANOS MATERIAIS E AMBIENTAIS \ NÍVEL DE SEGURANÇA CONTRA DANOS A VIDAS HUMANAS	ALTO	MÉDIO	BAIXO
	ALTO	1,5	1,5
MÉDIO	1,5	1,4	1,3
BAIXO	1,4	1,3	1,2

Fonte: ABNT (2009).

Para analisar a estabilidade dos taludes foi utilizado o software Slope/W, da Geo Studio. Esse programa foi criado em 1977 em Alberta, no Canadá, e desde então auxilia

empresas de engenharia, corporações multinacionais, agências governamentais e universidades em mais de 100 países.

Slope/W é aplicado à estabilidade de taludes e obras de reforço em solo e rochas. O software analisa desde problemas simples a complexos, possibilitando o uso de várias técnicas de busca de superfícies, condições de poro pressões, porosidade dos materiais, métodos de análise e carregamentos.

Dentro da sequência de modelação foram executadas as seguintes atividades:

Desenha-se no AutoCAD o talude a analisar, configura-se o Slope/W com ingresso dos dados de análise, importa-se o talude do AutoCAD, define-se os eixos do desenho, material do talude, estados de carga, incidência de água e direcionamento de falha do talude e executa-se a corrida do modelo estático e dinâmico (análise sísmica).

Os dados de entrada utilizados para realizar as simulações no software foram obtidos por meio de estudo realizado por Ferrão (2016), onde foram recolhidas amostras em campo, utilizadas na montagem de oito corpos de prova para a realização dos ensaios de cisalhamento direto, para amostras inundadas e naturais. Os resultados quanto aos parâmetros de resistência do solo (ângulo de atrito e coesão), os limites físicos de Atterberg (limite de plasticidade, liquidez e índice de plasticidade) e as propriedades físicas dos materiais (peso específico) estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3. Características do solo determinadas após realização dos ensaios laboratoriais.

Corpo de Prova	Amostra inundada		Amostra natural	
	τ (Kpa)	σ (Kpa)	τ (Kpa)	σ (Kpa)
1 A	50	49,1	50	71,6
2 B	100	83,2	100	122,8
3 C	200	138,9	200	211,8
4 D	300	193,2	300	270,1
Coesão (c) (Kpa)	23,0		40,0	
Ângulo de Atrito (θ)	34,83		52,73	
γ_{sat} (Kn/m ³)	17,41		18,81	
γ_{sub} (Kn/m ³)	7,41		-	
Limite de Plasticidade (%)	60		60	
Limite de Liquidez (%)	23		23	
Índice de Plasticidade (%)	37		37	

Fonte: Ferrão (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados de entrada obtidos pelo Ferrão (2016), e considerando os métodos de análise de Morgenstern-Price (1965), depois de ser realizado um estudo em comparação entre Morgenstern-Price (1965) e Fellenius (1927), em que se constatou que o Morgenstern-Price apresentou resultados mais conservadores, favoráveis à segurança, foram realizadas combinações, onde os valores permaneceram constantes, considerando o peso específico $18,11 \text{ kN/m}^3$, o ângulo de atrito $43,78^\circ$ e coesão de 23 Kpa.

Tabela 4. Cálculo de estabilidade do Talude

Cálculo de estabilidade do Talude	
Talude 1	1,531
Talude 2	0,748
Talude 3	1,287

Fonte: Os autores

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 4, podemos verificar que nos resultados obtidos tanto no Talude 1 como no Talude 3 houve pouca variação, se comparado ao Talude 2, onde o resultado não consegue atingir o fator 1.

Por meio dessa análise, pode-se afirmar, levando em consideração as classificações da NBR 11682 (2009), que os Taludes 1 e 3 não têm probabilidade de ruptura, já o Talude 2 há o risco de desabamento.

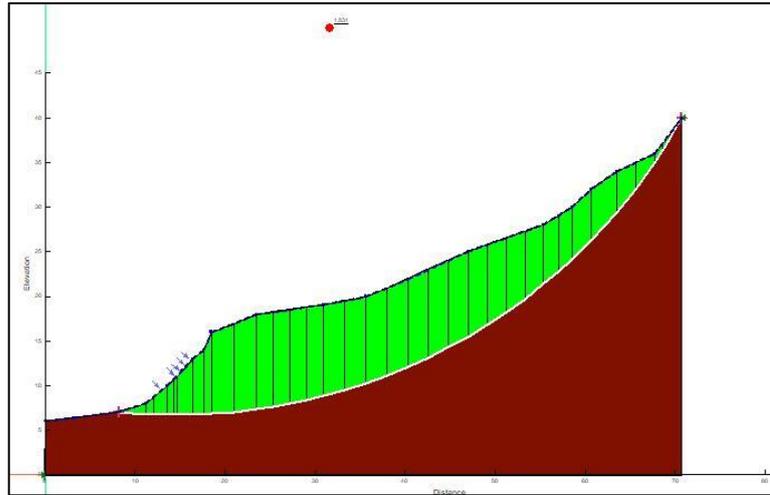


Figura 6 - Geometria do Talude 1

Fonte: Os autores

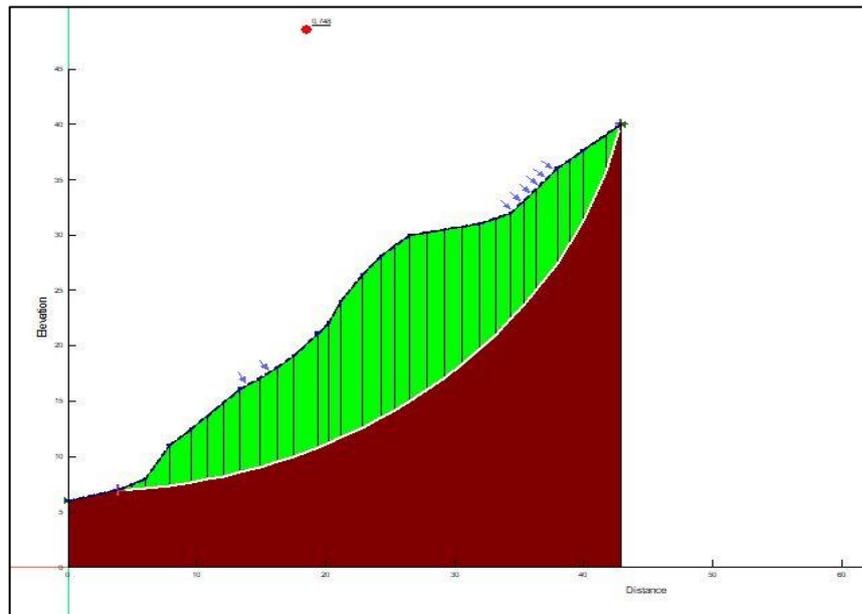


Figura 7 - Geometria do Talude 2

Fonte: Os autores

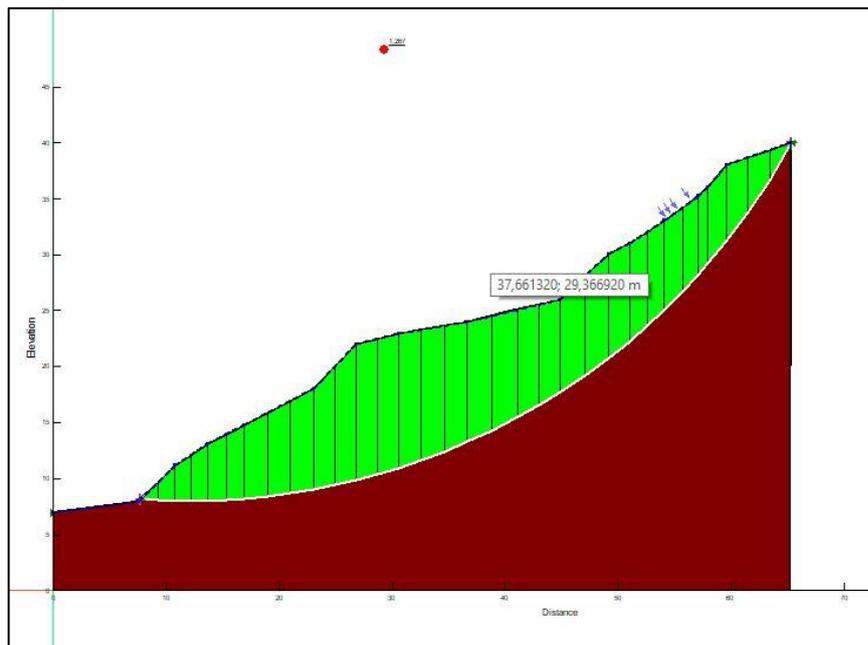


Figura 8 - Geometria do Talude 3

Fonte: Os autores.

Analisando os dados obtidos e a geometria mostrada nos gráficos, pode-se perceber que a geometria do Talude 2 tem uma assimetria maior do que comparada aos Taludes 1 e 3, podendo ter relação com a possibilidade de ruptura, porém levando em consideração que há incertezas envolvidas na exata localização superficial de ruptura.

Segundo Fritscher (2016), quando o talude é modificado, é normal que afete o mesmo, sendo uma causa para o desencadeamento de condições de instabilidade, seja pelo aumento de carga em sua parte superior ou pela retirada de massa na sua fração inferior.

CONCLUSÃO

A aplicação da retroanálise refere-se a análise pós-ruptura, onde pôde ser constatado a possibilidade de risco de ruptura no solo, após os deslizamentos, em algumas áreas, devido ao fator de segurança em uma área de estudo ter apresentado valor inferior a 1.

O deslizamento no ano de 2013, felizmente, não acarretou em mortes, mas deixou prejuízos econômicos, e considerando os riscos de novos deslizamentos no local, o mais correto é aplicar medidas para que se evite uma nova ocorrência, considerando que há habitações no local colocando em risco os moradores da região.

Algumas das possíveis causas que colaboraram para a ruptura do talude estudado é o descarte inadequado de resíduos sólidos, sendo possível ser remediado com a conscientização dos moradores para o descarte adequado.

Outra proposta seria a melhora do sistema de drenagem de água da região e a aplicação de um sistema adequado que suporte a vazão de escoamento da água da chuva.

REFERÊNCIAS

ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. Glossário: Estabilização de Talude e Encosta. 2018. Disponível em: http://www.abge.org.br/site/glossario/?name_directory_startswith=E. Acesso em: 23 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de Encostas. Informações de catálogo. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=51490>. Acesso em: 23 maio 2019.

BIANCHI, A. Defesa civil registra 118 chamados no período de chuva em Vitória. Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2013/03/defesa-civil-registra-118-chamados-no-periodo-de-chuva-em-vitoria.html>. Acesso em: 13 maio 2019.

FERRÃO, G. V et al. Análise de estabilidade de taludes em áreas urbanas. Estudo de caso de um acidente de deslizamento no centro de Vitória- ES. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015, Bento Gonçalves. Riscos e Desastres Naturais, 2015.

FERRÃO, G. V. Aplicação de Métodos Quantitativos de Mapeamento de Deslizamento de Terra nas Encostas de Vitória, ES. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil: Ensino Superior). 162p. Vitória/ES. UFES, 2016.

FIORI, A. P. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FREITAS, M. A. C et al. Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Morgenstern-Price e Correia. 2011.

FRITSCHER, E. C. Análise de estabilidade de talude: estudo de caso no município de Teutônia/RS. Lajeado/RS. UNIVATES, 2016.

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Talude. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 192 p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 13 mai. 2019.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Vitória. Vitória, ES: Incaper, 2015.

MAPENCO Web. Mapeamento de área de riscos geológico: Geotécnico monitoramento de encostas do município de Vitória, ES 2015. Disponível em: <http://www.mapenco.com.br/node/2>. Acesso em: 13 maio 2019.

MAPENCO. Laudo Geológico-Geotécnico. Vitória, ES, 2013.

MAPENCO. Laudo Geológico-Geotécnico. Vitória, ES, 2014.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. www.g1.globo.com, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/01/mais-de-330-mil-vivem-em-areas-de-risco-no-es-diz-levantamento.html>. Acesso em: 22 maio 2019.

SILVA, I. F. F.; GARCÍA, J. A. B. Avaliação do comportamento mecânico de um solo do distrito federal compactado em diferentes umidades para ser utilizado na conformação de aterros rodoviários. Programa de Iniciação Científica-PIC/UniCEUB-Relatórios de Pesquisa, n. 1, 2016.

VARNES, D. J. Landslide hazard zonation: A Review of Principles and Practice. Paris: UNESCO, 1984. 63 p.