

O MÉTODO DAS CICATRIZES – AVALIAÇÃO CRÍTICA APÓS MEIO SÉCULO DE UTILIZAÇÃO

Jose Antonio Urroz Lopes ¹

Resumo – O Método das Cicatrizes foi desenvolvido nos anos 70 do Século XX para os projetos dos taludes de uma rodovia e uma ferrovia (ambas no Estado do Paraná) e apresentado no 3º Congresso da ABGE, em 1981. Posteriormente, foi incluído na Dissertação de Mestrado do Autor e avaliado e discutido em teses de mestrado de outros autores e ainda, em livros textos de Mecânica dos Solos e Geologia de Engenharia. Durante esse quase meio século foi utilizado em grande quantidade de projetos viários e teve a performance desses taludes acompanhada. Dispondo-se, agora, de todos esses elementos, é possível executar-se uma análise crítica das bases nas quais se apoia, da precisão e acuidade a ele inerentes e da segurança envolvida no seu emprego. Verifica-se que as bases em que se apoia são sólidas; que as hipóteses admitidas não foram contestadas pelos estudos posteriores; que os resultados obtidos, mostram-se coerentes quando comparados com os métodos de análise de estabilidade usuais, tendendo para o conservadorismo, quando comparados com os que utilizam ensaios de laboratório e que os taludes projetados passaram pelos testes da experiência acumulada.

Abstract – The Scars Method was developed at the 70's (XX Century) to slopes' projects of a highway and a railway (both in Parana State) and presented in the Third ABGE Congress, 1981. It was, after, included in the author's Master Dissertation, availed and discussed in Masters Dissertations of other authors and still in Soil Mechanics and Engineering Geology textbooks. During this half century, it was utilized in many linear Works projects and had the performance of such slopes, accompanied. Now, having, such elements, it is possible to execute, a critical review of its supporting bases, inherent precision and acuity and security involved in its use. We verify that the supporting bases are solid; the admitted hypotheses were not contested by further studies; the obtained results prove coherent when compared with usual stability analyses, tending to conservatism when compared with those ones utilizing laboratory essays and the Project slopes has resisted to the test of accumulated experience.

Palavras-Chave – estudos de regressão; encostas naturais; estabilidade de taludes; cicatrizes de escorregamentos; obras lineares.

Keywords - back methods; natural hillsides; slope stability; rupture scars; linear works.

¹ Geól., MSc, LQ Geoambiental Ltda. Rua Manoel Eufrásio, 403, Cj 11, Juvevê / Curitiba – PR, zelopes41@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

No final da década de 1970, o autor trabalhava em uma empresa projetista e se deparou com sérios problemas para dimensionar canonicamente (isto é, utilizando os métodos, então, mais comuns, de estimativas de estabilidade: Fellenius, Bishop, Spencer), os taludes de uma rodovia (BR-153 trecho Imbituva-União da Vitória) e de uma ferrovia (Joaquim Murtinho-Morros) ambas no Paraná. Em ambos os casos, os materiais constituintes - no caso da ferrovia, solos residuais de granito e, no caso da rodovia, sedimentos de formações paleozóicas da Bacia do Paraná, recobertos por solos lateríticos ou litossolos – apresentavam valores de parâmetros de resistência - c e ϕ - que variavam em curtos espaços, longitudinal e verticalmente e, no caso da rodovia, a situação era ainda mais complexa, em razão da presença de estruturas sedimentares, tectônicas etc. as mais variadas. Assim, a seguir-se, rigorosamente, o usual, os taludes teriam de ser calculados um a um e com variações, mesmo, no interior de alguns deles.

Por outro lado, eram abundantes as cicatrizes de escorregamentos naturais, em ambos os casos e tinham sido recentemente desenvolvidos (e faziam, então, grande sucesso), os ábacos de Hoek para estimativa de estabilidade de taludes. Surgiu então a ideia de usar as cicatrizes como ensaios em escala natural e as equações empíricas desse autor, como ferramentas, para estimar a estabilidade desses taludes, partindo-se da assertiva óbvia de que uma coisa escorrega porque está instável e permanece como está quando se estabiliza e, conseqüentemente, a cicatriz representa a condição limite entre uma e outra situação, isto é, o Fator de Segurança ≈ 1 .

Usando as palavras de Hoek, o Método das Cicatrizes não buscou “substituir métodos mais precisos e sofisticados que devem ser empregados quando a estabilidade de um talude é crítica e quando a exatidão dos dados utilizados justifica a aplicação desses métodos” (Hoek, 1972) e mesmo considerando-se que os ábacos desse autor foram desenvolvidos para utilização, precipuamente, por engenheiros não especializados em Mecânica dos Solos e das Rochas que trabalhavam em minas a céu aberto, eles se mostraram de enorme utilidade para técnicos que trabalham com obras lineares.

A observação das superfícies de escorregamentos mostrava que elas tinham uma forma característica, iniciando-se próximas da verticalidade e se suavizando, na medida em que se estendiam para baixo, fato já constante de observações bastante antigas para o caso de rupturas atrás de estruturas de arrimo (p. ex. Sir Benjamin Baker, 1881, transcrito por Spanger & Hardy, 1973) bem como por outros conhecidos autores da Mecânica dos Solos como Terzaghi & Peck (1966), Taylor (1966) e Lambe & Whitman (1979). Alguns autores, chegaram, inclusive, a utilizar, ao invés das costumeiras superfícies circulares, espirais logarítmicas, como Rendulic (1935 in Vargas) e o próprio Terzaghi.

As observações do autor levaram-no a concluir que a forma das rupturas obedecia, na verdade, à equação de Culmann

$$H_{cr} = (4c / \gamma) \{(\text{sen } i \cos \phi) / [1 - (\cos i - \phi)]\} \quad (\text{Eq 1})$$

onde:

H_{cr} = altura crítica (altura máxima passível de existir no material com a inclinação admitida)

c = coesão do material

γ = densidade do material

i = inclinação do talude

ϕ = ângulo de atrito interno do material

e representava a forma invertida da chamada “épura de Culmann” que reúne os lugares geométricos dos pontos representativos dos pares altura/inclinação, para um determinado material e que, conseqüentemente, esses pares poderiam ser extraídos dessa curva. O passo seguinte, foi a utilização das equações de Hoek, que correlacionam empiricamente, inclinações do talude (Função X) com alturas do mesmo talude (Função Y) para a obtenção de equações numéricas passíveis de atenderem aos pontos representativos da curva de ruptura considerada.

Posteriormente, em 1981, o Autor apresentou esse trabalho (Lopes, 1981), no terceiro CBGE, em Itapema SC e Queiroz (1986) utilizou esses critérios para o desenvolvimento de ábacos altura/inclinação dos taludes de uma ferrovia, descritos em sua Dissertação de Mestrado e, do mesmo modo, o Autor o incluiu, também, em sua Dissertação de Mestrado (Lopes, 1995). Fiori & Carmigiani incluíram o Método (por eles denominado “Método de Lopes”), em seu livro texto de Mecânica dos Solos (Fiori & Carmigiani, 2001) e Moscateli o discutiu em sua Dissertação de Mestrado (Moscateli, 2017). O Autor incluiu, ainda, o Método em seu livro sobre encostas (Lopes, 2017) e o apresentou no ENGCEO’2019, na Turquia (Lopes, 2019).

Tendo-se em vista que, como o diz o título, o presente trabalho se destina a apresentar uma avaliação crítica do Método e de sua performance e que os detalhes do mesmo constam da bibliografia citada, eles não serão repetidos aqui, reafirmando-se, apenas que se trata de um método de regressão que utiliza, como paradigmas, rupturas existentes e, como ferramentas, as equações empíricas de Hoek. A respeito das vantagens e desvantagens comparativas entre métodos computacionais que utilizam parâmetros de resistência obtidos de ensaios de laboratório e métodos de regressão que utilizam dados observacionais de campo, ver p. ex. Hoek (1972), Deere & Patton (1970), Lopes (1981, 1995, 2017), Christaras et al. (2014) e Galeandro et al. (2017).

2. O COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS NATURAIS E SUA REPRESENTATIVIDADE EM LABORATÓRIO

Como exposto no item inicial, o Método das Cicatrizes resultou, basicamente, da dificuldade de representar as heterogeneidades dos materiais naturais encontrados no campo e a possibilidade da representação de seu comportamento em laboratório, em razão não só dessa heterogeneidade como do fator escala: pequenas amostras representando grandes taludes e do próprio processo de ruptura que costuma ser rápido, em laboratório se comparado com o lento e progressivo que ocorre no campo.

No que respeita à questão das heterogeneidades, além das óbvias - xistosidade, foliação, acamamento, fraturas, falhas, dobras além de colúviação e outros processos pedogenéticos – taludes aparentemente homogêneos, quando observados em detalhe, mostram-se extremamente heterogêneos. Galeandro et al. (2017), usando penetrômetros de bolso, mostraram que camadas argilosas espessas e aparentemente homogêneas são, na realidade, extremamente heterogêneas e anisotrópicas e possuem propriedades variáveis causadas pela ação de processos como deposição, diagênese e intemperismo. “O perfil de resistência do solo mostrou que a relevante variabilidade da resistência do solo [...] era mais alta que o esperado...” (Galeandro et al., 2017). Esses mesmos autores referem-se, ainda, a outras causas de imprecisões como “...a representatividade das amostras, os erros em medições [...] as variações de procedimentos do operador, os efeitos da aleatoriedade dos testes e a incerteza das transformações...”

Christaras et al. (2014) estudando dois escorregamentos em margas do Neogeno do Golfo de Kapsali na Grécia, verificaram que essas margas, quando secas, pareciam duras e coesivas, mas quando molhadas, perdiam, imediatamente sua coesão. Testes de laboratório indicaram valores de $\phi = 23,2^\circ$ e $c = 21,5$ kPa para condições secas, que levavam à obtenção de um F_s entre 1,05 e 1,3. Os estudos de regressão, então realizados, estimaram, entretanto, ϕ de 18° e c de 4 kPa que resultaram em um F_s entre 0,993 e 0,998 (Christaras et al., 2014), e que explicava a ocorrência dos escorregamentos. A conclusão desses autores foi que “[...] o método de regressão produz resultados mais realistas do que os originais de laboratório porque leva em consideração as condições ocorrentes no momento da ruptura” (Christaras et al., 2014).

3. A CURVA DE RUPTURA E SUA RELAÇÃO COM A ÉPURA DE CULMANN

A Figura 3.1, abaixo, busca mostrar como a curva de ruptura pode ser relacionada à épura de Culmann e como, conseqüentemente, ela pode ser usada para obtenção dos pares altura/inclinação. Nela, uma estrutura de contenção, que mantinha estável uma encosta de grande altura, com material com $c = 98 \text{ kPa}$ e $\phi = 30^\circ$ e superfície superior horizontal, começa a ser rebaixada. Enquanto o rebaixamento não atingir a altura limite de estabilidade para o material, na condição de talude vertical, nada ocorre, mas no momento em que essa altura é atingida, imediatamente começa o processo de ruptura progressiva da encosta, obedecendo às condições que regem o comportamento dos pares altura/inclinação.

No lado direito da Figura 3.1 estão representadas as extensões das retas teóricas, correspondentes às condições limite de estabilidade para inclinações de 90° , 80° , 70° , 60° e 50° , de acordo com a equação de Culmann; no lado esquerdo estão representados os mesmos segmentos de retas inclinadas, mas partindo, todos, do ponto onde se inicia o segmento vertical da ruptura e, na porção central, em linha cheia, quebrada, a curva de ruptura, que liga os pares altura/inclinação limite. A observação da Figura 3.1, mostra que linhas traçadas entre o início da curva de ruptura e qualquer ponto da mesma, permitem a obtenção de pares altura/inclinação limites que dela podem ser extraídos para a sequência dos procedimentos.

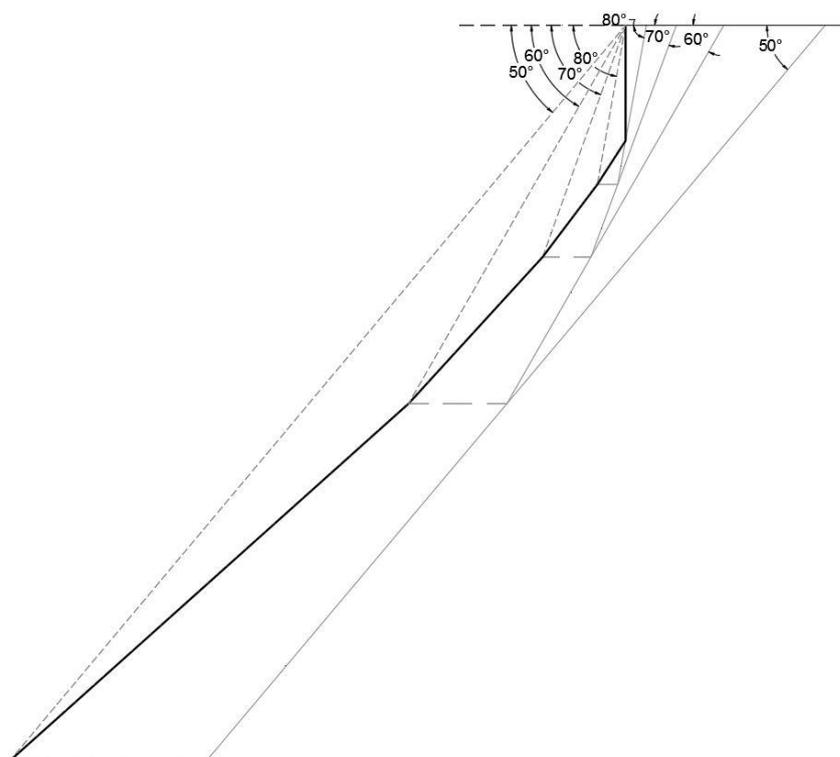


Figura 3.1 Ruptura em encosta com topo plano, originalmente mantida por estrutura de contenção: à direita aparecem as alturas críticas para diversas inclinações de taludes; à esquerda, retas inclinadas paralelas e de mesma extensão, mas partindo do topo da cicatriz de ruptura que aparece ao centro.

Generalizando o processo, pode-se considerar que ao invés de uma estrutura de contenção sendo rebaixada, a Figura 3.1 pode representar uma encosta natural com topo plano (mesa), cujo material constituinte vai sendo degradado pelo intemperismo e escorrega ao atingir sua condição limite de estabilidade, acionada, usualmente, por um processo-gatilho (Lopes, 1995, 2017).

A Figura 3.2 representa uma encosta com inclinação de 30° que, do mesmo modo que a representada na Figura 3.1, atinge seu limite de estabilidade pelo rebaixamento da estrutura de contenção que a mantinha ou pela degradação de seus parâmetros mecânicos. A curva de ruptura que se estabelece neste caso, é algo deslocada para a esquerda, se comparada com a obtida na condição representada na Figura 3.1 em razão da elevação progressiva das retas inclinadas, situadas à direita. Esse deslocamento significa que, na cicatriz, os valores das alturas, obtidos para as mesmas inclinações, serão pouco menores, levando a valores de c/ϕ algo mais conservadores.

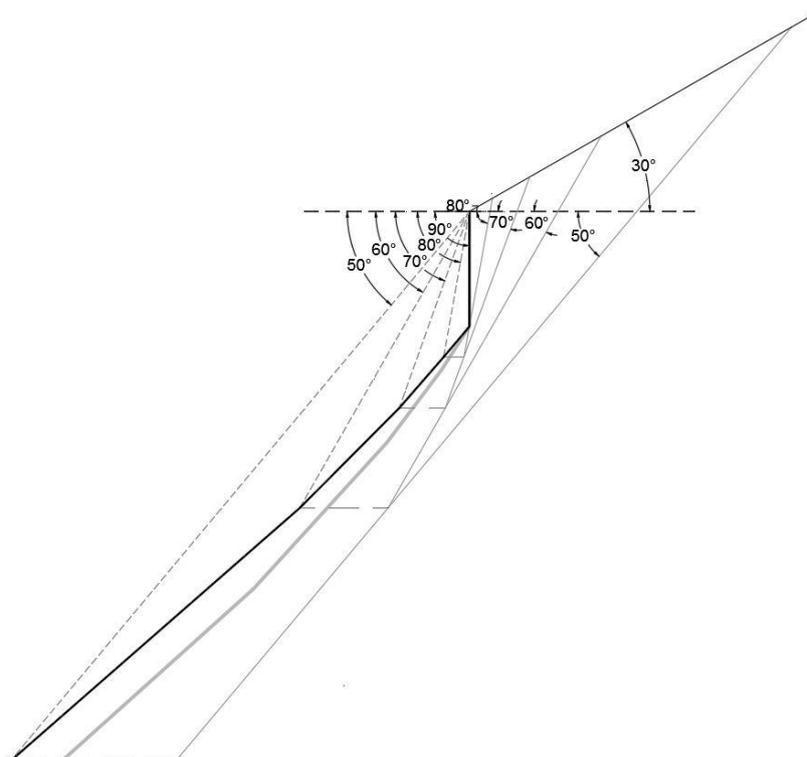


Figura 3.2 Ruptura em encosta com 30° de inclinação, originalmente mantida por estrutura de contenção como a anterior: à direita aparecem as alturas críticas para diversas inclinações de taludes; à esquerda, retas inclinadas paralelas, partindo do topo da cicatriz de ruptura que aparece ao centro, justaposta à da Figura 3.1, para fins comparativos.

Este deslocamento da curva tem consequências importantes, visto que os valores dos parâmetros de resistência obtidos das curvas utilizadas como paradigmas, serão utilizados para as estimativas dos taludes a serem construídos nas mesmas encostas e que elas, acima dos taludes, continuarão a ter as mesmas inclinações e, conseqüentemente, os materiais constituintes dessas porções situadas acima deles, continuarão a exercer seus efeitos sobre a estabilidade destes, o que torna o método mais seguro. Se se desejar, entretanto, obter valores mais próximos dos reais, médios, mobilizados durante a ruptura, é possível modificar a seção da ruptura levantada no campo, levando-se em consideração a inclinação da encosta.

4. A ACURÁCIA DO MÉTODO

A acurácia teórica do Método pode ser estimada pelo exame da Dissertação de Mestrado de Douglas Moscateli (2017) que avaliou dois projetos de correção de taludes escorregados em duas rodovias: uma no Rio Grande do Sul (BR-153, Km 2) e outra no Paraná (PR-408, Km19,8). Esse autor estabeleceu diversas comparações entre os Fatores de Segurança adotados nos projetos, para a obtenção dos quais foi utilizado o Método das Cicatrizes, com os obtidos utilizando outros métodos tradicionais.

Assim, foram comparados: (i) os Fatores de Segurança estipulados nos projetos citados que usaram os parâmetros de resistência obtidos pelo Método das Cicatrizes, com os obtidos utilizando-se os mesmos parâmetros em métodos tradicionais: Fellenius, Bishop Simplificado, Morgenstern & Price e Spencer; (ii) os Fs estipulados nos projetos com os obtidos a partir de outro método tradicional de estudo de regressão: o de Morgenstern & Price; (iii) os Fs estipulados nos projetos com os obtidos pelos métodos de Fellenius, Bishop Simplificado, Morgenstern & Price e Spencer utilizando, nestes últimos, ensaios de laboratório executados com materiais locais.

Inicialmente parece importante explicar-se o porquê de Fatores de Segurança diferentes terem sido impostos nos dois projetos examinados por Moscateli (2017). A rodovia BR-153 é uma

via de alto tráfego, particularmente de caminhões, que une o sudeste ao sul do Brasil e cuja única alternativa, em caso de interrupção - a BR-116 - elevaria muito o trajeto a ser percorrido. Além disso, uma ruptura do corte, no local estudado (Km 2), representaria um elevado risco de perdas não só materiais como de vidas, enquadrando-se, de acordo com a NBR-11.682/2009 na obrigatoriedade de um F_s máximo (1,5). Por outro lado, durante os estudos efetuados para o estabelecimento da geometria do novo talude, concluiu-se que a elevação do NA, na encosta, provocado pelo enchimento da barragem de Itá, era o responsável pela sua fragilização progressiva e ruptura final, que teve seu “déclanchement” durante uma chuva forte (mas não excepcional), com tempo de recorrência relativamente curto (ver Lopes 2017 p. 223), sendo, entretanto, na ocasião, impossível saber-se se essa elevação havia atingido seu limite superior ou se ainda se encontrava em processo de elevação. Já o outro talude analisado (km 19,8) se situa em uma rodovia de baixo tráfego (PR-408), praticamente sazonal, que une a capital do Paraná ao litoral (Antonina), e que fora afetado por uma chuva excepcional, com tempo de recorrência dilatado. Este caso, conseqüentemente, se enquadrava em uma exigência de um F_s 1,2 de acordo com a mesma NBR-11.682/2009. Assim, com base na experiência observacional do comportamento dos taludes dimensionados pelo Método das Cicatrizes e da disponível na literatura técnica acerca do conservadorismo, comum a todos os métodos de regressão em comparação com os que utilizam os dados de laboratório (supostamente utilizados como base para o estabelecimento das diretrizes da NBR-11.682/2009), optou, o projeto, por estabelecer F_s diferentes nos dois casos, ambos menores que os previstos na Norma: 1,4 no da BR-153 e 1,1 no da PR-408.

De acordo com Moscateli (2017) “o $F_s = 1,1$ estabelecido pelo Método de Lopes [Cicatrizes] para o [primeiro] talude drenado, usando os parâmetros estimados por ele, é exatamente o mesmo determinado pelas análises tradicionais, considerando os mesmos parâmetros e cenários” e “aplicando nos modelos em análise, os parâmetros obtidos de ensaios de laboratório [...] e os do método de regressão de Morgenstern & Price [...] foram verificados F_s de 1,4 e 1,2, respectivamente [...]”. “Para [a] situação intermediária [NA à meia altura do talude] verificou-se que, com os parâmetros das análises de regressão de Lopes e Mogenstern & Price, o resultado dos F_s foi o mesmo para ambas as metodologias ($F_s = 0,9$) [...] [e] um F_s mais alto, igual a 1,1 com os ensaios de laboratório” e “Na condição extrema [...] quando o NA atinge o topo [...] os valores de F_s com a aplicação de todos os possíveis pares de valores, permaneceram abaixo da unidade ou muito próximos [...]” (Moscateli, 2017).

Ainda, de acordo com o mesmo autor “O $F_s = 1,4$ considerado pelo Método de Lopes para o [segundo] talude drenado, utilizando os parâmetros estimados [por esse método][...] é 0,1 acima do F_s 1,3 determinado pelas análises tradicionais considerando os mesmos parâmetros e cenário” e “aplicando [...] os parâmetros obtidos de testes de laboratório bem como os obtidos da análise de regressão de Morgenstern & Price e definindo o talude como drenado foram verificados F_s de 2,1 e 1,5, respectivamente...” Analisando a situação intermediária [NA à meia altura do talude] [...]verificou-se, na análise com aplicação dos parâmetros de laboratório e Morgenstern & Price “... F_s de 1,9 e 1,4, respectivamente...” e, finalmente, “na situação mais crítica considerada para o excesso de poro pressão atuante no talude, começando pela aplicação [...] dos parâmetros obtidos de Lopes e Morgenstern & Price, ambos de processos de análise de regressão, os valores de F_s iniciaram abaixo da unidade [...] Em contraste {...} os parâmetros obtidos de testes de laboratório registraram um F_s de 1,3...” (Moscateli, 2017).

Em síntese, Moscateli concluiu que o Método das Cicatrizes leva a resultados muito próximos, mas geralmente pouco abaixo, quando comparados com os obtidos utilizando-se um outro método de regressão - o de Morgenstern & Price - e, quando comparado com os métodos canônicos tradicionais que usam ensaios de laboratório, mostram usualmente, valores muito mais conservadores.

5. A SENSIBILIDADE DO MÉTODO

Tendo-se em vista que o método trabalha com conjuntos de pares de parâmetros coesão/atrito interno, havia necessidade de certeza de que os pares de valores assim obtidos, fossem, não só razoavelmente precisos, como de que não houvesse extensas gamas de pares de valores capazes de atenderem às condições impostas. Em outras palavras, havia que testar-se se o método era capaz de estabelecer pequenas faixas de variação de valores dos parâmetros c e ϕ individualmente. De outro lado, havia que testar-se o porte de erros eventualmente introduzidos nos resultados, pela assunção de hipóteses erradas no campo (presença ou não de fendas de tração, presença ou não de água nas fendas etc.). Para tal, decidiu-se utilizar uma cicatriz de ruptura ocorrente em um talude de solo residual de rocha gnáissica, que colapsou durante os eventos pluviométricos excepcionais de 2011 na Serra do Mar, no Estado do Paraná. As características da seção principal dessa ruptura, ou sejam, os segmentos de retas fornecedores dos pares altura/ângulo selecionados, foram os constantes da Tabela 1, abaixo.

Tabela 1. Os pares altura/inclinação possíveis presentes na ruptura considerada.

Segmento da curva	Inclinação (°)	Altura (m)
1	35,79	8,84
2	33,10	39,70
3	30,30	67,48
4	27,3	72,03
5	24,4	73,82

Com os dados constantes da Tabela 1 foram calculados os valores possíveis de c e ϕ cobrindo todas as situações previstas nas equações de Hoek (1972), incluindo algumas quase impossíveis, como, p. ex. fendas de tração secas quando o NA se situava a $\frac{3}{4}$ da altura do talude ou fendas com água quando o NA se situava abaixo do meio do talude, com a finalidade de estimar-se a gama de possíveis erros resultantes de admissões não verdadeiras das condições de campo. Esses valores acham-se representados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de c e ϕ obtidos usando os dados da Tabela 1 (condições de fluxo descendente).

	Drenado		Hw/H=0,25		Hw/H=0,5		Hw/H=0,75		Hw/H=1,0					
			Fluxo descendente		Fluxo descendente		Fluxo descendente		Fluxo descendente					
	Sem fenda	Com fenda												
			seca	com água										
C kPa	4,6 a 4,8	4,8 a 5,1	4,6 a 5,1	4,9 a 5,1	5,2 a 5,4	4,6 a 4,8	4,9 a 5,1	5,2 a 5,4	4,6 a 4,8	4,9 a 5,1	5,2 a 5,4	4,6 a 4,8	4,9 a 5,1	5,2 a 5,4
ϕ graus	24,8 a 24,9	24,8 a 24,9	25,8 a 26,0	25,8 a 26,0	25,8 a 26,0	27,0 a 27,2	27,0 a 27,2	27,0 a 27,2	28,3 a 28,5	28,3 a 28,5	28,3 a 28,5	29,7 a 29,9	29,7 a 29,9	29,7 a 29,9

Hw/H = posição do NA/altura do talude; (Zo/H) = profundidade da fenda de tração/altura do talude adotado = 0,5, valor máximo possível, segundo Hoek.

A Tabela 2 mostra que na condição “drenado”, a indefinição dos valores de ϕ resume-se a 0,1°, independentemente da presença ou não de fendas de tração, indefinição esta que cresce para 0,2° na presença do NA em todas as classes de estimativas. Por sua vez, a comparação da condição “drenado”, sucessivamente, com as demais estimativas, mostra um crescimento de 1° (4%), 1,2° (4,6%), 1,3° (4,8%) e 1,4° (4,9%), totalizando 4,9° (19,76%) ao passar-se da condição inicial (drenado) para a última (nível d’água no topo do talude). Nos valores de coesão, a faixa de indefinição é de 0,2 kPa considerando-se a situação “sem fenda de tração” e 0,3 kPa para a condição “com fenda de tração”, acontecendo, ao mesmo tempo, um crescimento gradual dos mesmos 0,3 kPa quando se passa, sucessivamente, da condição “sem fenda” para a “com fenda

seca” e para a “com fenda cheia de água”. A diferença máxima entre a primeira e a última dessas condições é de 0,5 kPa.

Assim sendo, na prática, considerando-se a posição do NA a partir de 0,0 (drenado) até um NA a meia altura do talude ($H_w/H = 0,5$) e incluindo ou não fenda de tração, o erro possível de ser introduzido pela diferença entre as reais condições da ruptura utilizada como paradigma e as admitidas para a estimativa, poderá chegar, no máximo, a 1° no ângulo de atrito e 10% no valor da coesão.

6. CONCLUSÕES

A partir do acima discutido várias conclusões podem ser retiradas:

1. Fica demonstrado que a curva de ruptura observável no caso de solos espessos e razoavelmente homogêneos, pode, perfeitamente, ser considerada como aderente à épura de Culmann invertida;
2. A comparação dos resultados obtidos utilizando-se o Método das Cicatrizes com outro método de regressão - o de Morgenstern & Price - mostra coerência de resultados não só nos valores estimados de coesão e atrito interno, como em termos de Fatores de Segurança resultantes;
3. Utilizando-se os mesmos parâmetros de resistência nos cálculos, o Método das Cicatrizes apresenta resultados absolutamente semelhantes aos obtidos utilizando-se os métodos tradicionais de Fellenius, Bishop Simplificado, Morgenstern & Price e Spencer;
4. A utilização de parâmetros de resistência mecânica obtidos de ensaios de laboratório leva a valores mais elevados de Fatores de Segurança que os métodos de regressão analisados - Morgenstern & Price e Método das Cicatrizes, o que mostra um adequado conservadorismo destes últimos em termos de segurança dos projetos;
5. Possíveis erros no estabelecimento das condições das rupturas utilizadas como paradigmas, levam a erros muito pouco significativos, certamente não maiores que os resultantes da menor representatividade das amostras utilizadas nos ensaios de laboratório em face da heterogeneidade dos materiais naturais bem como da reprodutibilidade das condições de campo, em laboratório;
6. A experiência de utilização do Método das Cicatrizes, de cerca de 5 décadas, permite segurança suficiente para a imposição de Fatores de Segurança algo menores que os usualmente adotados quando se usa projetos baseados em ensaios de laboratório.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Angela Lucia da Silva pelo auxílio na confecção deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CHRISTARAS, B; ARGYRIADIS, M; MORAITI, E. (2014) *Landslides in the Marly Slope of the Kapsali Area in Kithira Island Greece*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 73 (3): 839-844.
- DEERE, D. V.; PATTON, F. D. (1970) *Slope Stability in Residual Soil*. Proceedings 4th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. San Juan, v.1, 87-170.
- FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. (2001) *Fundamentos de Mecânica dos Solos e das Rochas Aplicações na Estabilidade de Taludes*. Curitiba: UFPR, 604 p.

- GALEANDRO, A; DOGLIONI, A; SIMEONE, V. (2017) *Statistical Analyses of Inherent Variability of Soil Strength and Effects on Engineering Geology Design*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 76 (2): 587-600.
- HOEK, E., trad. (1972) *Estimando a Estabilidade de Taludes Escavados em Minas a Céu Aberto*. São Paulo: APGA, 57 p.
- LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. (1979) *Soil Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, 553 p.
- LOPES, J. A. U. (1981) *Algumas Considerações sobre a Estabilidade de Taludes em Solos Residuais e Rochas Sedimentares Sub-horizontais*. Anais do III Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Itapema, Santa Catarina, v. 3, 167-186.
- LOPES, J. A. U. (1995) *Os Movimentos Coletivos dos Solos e a Evolução das Encostas Naturais nas Regiões Tropicais e Subtropicais Úmidas*. M.Sc. tese, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – Paraná, 157 p.
- LOPES, J. A. U. (2017) *Encostas Evolução, Equilíbrio e Condições de Ocupação Porto Alegre: Alcance*, 342 p.
- LOPES, J. A. U. (2019) *Considerations about the so Called “Scars Method”* National Symposium on Engineering Geology and Geotechnics. ENGGEO' 2019, 03-05 October 2019, PAU, Denizli, Proceedings p. 227-234.
- MOSCATELI, D. C. (2017) *Taludes estabilizados por Retroanálise – Análise Crítica e Comparação com Métodos Tradicionais de Análise de Equilíbrio Limite*. M.Sc. tese, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - Paraná, 136 p.
- QUEIROZ, R.C. (1986) *Aplicação do Método de Retroanálise no Estudo da Estabilidade de Taludes de Estradas Situadas em Solos Oriundos da Formação Adamantina*. M.Sc. tese, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 274 p.
- SPANGLER, M. G.; HANDY, R. L. (1973) *Soil Engineering (3rd ed.)*. New York: Intext International, 748 p.
- TAYLOR, D. W. (1966) *Fundamentals of Soil Mechanics (2nd ed.)*. New York: John Wiley & Sons, 700 p.
- TERZAGHI, K; PECK, R. B. (1966) *Soil Mechanics in Engineering Practice (2nd ed.)*. New York: John Wiley & Sons, 566 p.
- VARGAS, M. (1977) *Introdução à Mecânica dos Solos*. São Paulo: McGraw-Hill, 509 p.