

# NOTAS SOBRE A ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS NA ESTRADA DA LEBA, NA SERRA DA CHELA

Notes on the slope stability of the Leba Road on the Chela mountain range

Amândio Teixeira-Pinto\*

Manuel J.A. Leal Gomes\*\*

**RESUMO** – Através de exemplos de várias situações de instabilização de taludes e ravinamentos na Estrada da Leba, no Sul de Angola, tenta-se tipificar a natureza e as causas dos acidentes que se verificaram nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2011, quando ali ocorreram chuvadas repetidas de elevada intensidade. Estes acidentes são agora mais prováveis no futuro sob condições meteorológicas similares, pelo que se nada for feito para os controlar pode-se estar perante uma situação de destruição progressiva em diversos pontos de uma área crítica de grande extensão desta Estrada, que é um dos marcos mais notáveis e conhecidos da Engenharia em Angola.

**SYNOPSIS** – Several problems of slope stability, soil sliding and other major geotechnical incidents that occurred in Estrada da Leba in Southern Angola during the first 3 months of 2011 are herein commented. The intention of this paper is to typify those incidents as a consequence of the intense rainfall that occurred in that period. Nowadays those problems are more probable in the coming future, even in the case of less intense rainfall, considering the complete wash out of the vegetation and small trees that once protected the slopes. Something must be done to control the area which is large, extended and very critical in some points otherwise we shall assist to the progressive destruction of one of the most remarkable and well known engineering features of Angola.

**PALAVRAS CHAVE** – Estabilidade de taludes, fluxos de solos, escorregamentos, estabilização de taludes, ravinamento.

## 1 – INTRODUÇÃO

De um ponto de vista geológico-geotécnico a Estrada entre o Lubango e o Namibe desenvolve-se em siltitos, argilitos, arenitos e vulcanoclastitos do Grupo Chela e em calcários dolomíticos com estromatólitos na Formação da Leba-Tchamalindi. Mais para Ocidente (na zona da Leba), a via atravessa o complexo xisto-quartzítico, mais antigo que os anteriores, com mais de 2500 milhões de anos, onde afloram enormes batólitos graníticos e granodioríticos correspondentes à orogenia Limpopo-Liberiana, sendo todos estes terrenos Pré-Câmbricos.

Os taludes naturais da Serra da Chela e em particular na zona sobranceira à conhecida descida da Leba apresentam-se com inclinações muito vizinhas dos 45°, o que indicia uma situação quase limite em termos da resistência ao corte dos melhores terrenos. Em certas zonas de fácies mais rochoso, a inclinação vai mesmo muito acima desse valor (até perto dos 90°), apesar do grau de alteração das formações em causa e das condições de instabilidade que daí decorrem. Frequentemente, os solos e o talus cobrem estas vertentes num contraste brusco com a rocha subjacente (basicamente quartzitos muito fissurados), o que faz com que o contacto seja uma zona preferencial de

---

\* Universidade Privada de Angola, Lubango, Angola. E-mail: [ateixeirapinto@gmail.com](mailto:ateixeirapinto@gmail.com)

\*\* Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal. E-mail: [mlgomes@sapo.pt](mailto:mlgomes@sapo.pt)

percolação de águas. A maior parte da região em estudo apresenta, por outro lado, uma grande uniformidade em termos geomorfológicos.

A precariedade da estabilidade destes taludes foi evidenciada em vários locais ao longo do traçado da Leba durante as chuvas intensas que ocorreram nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2011, período a que se refere o presente trabalho, quando se verificaram inúmeras instabilizações, quer sob a forma de escorregamentos e queda de blocos, quer mesmo pela ocorrência de graves problemas de fluxos de solos. As linhas de água sofreram ainda profunda agudização do ravinamento, apresentando perfis marcantes de elevada erosão.

No presente trabalho vão referir-se sumariamente algumas dessas situações, tentando compreender a causa das instabilizações e o grau de perigo que representam – face ao risco de perda de vidas, a degradação de uma importante e emblemática via de comunicação do Sul do País e a destruição das condições de estabilidade até então existentes, que embora fossem limitadas estão agora drasticamente alteradas. É preciso tirar daqui as ilações devidas para tentar perceber de que modo vai ser necessário agir para controlar o evoluir da situação que pode ser muito desfavorável no futuro imediato. São apontadas algumas soluções para definir um processo tão definitivo quanto possível, de modo a garantir a utilização permanente da via.

## 2 – ESCORREGAMENTOS

Por questões metodológicas abordamos desde logo a problemática dos escorregamentos mais importantes, conforme documentação fotográfica que se apresenta para ilustrar o que se vai expondo.

Como se vê nas Figuras 1 e 2, o escorregamento que consideramos típico envolve uma zona de cobertura arbustiva e arbórea natural na sua quase totalidade, marcada por uma pendente bastante acentuada, e que se encontra subjacente a uma falésia das mais imponentes da Serra da Chela.



**Fig. 1** – Escorregamento.

É visível na Fig. 1 a existência de um muro de espera que se manteve estável durante a ocorrência do fenómeno, mas que não evitou o galgamento. O volume de material em fluxo invadiu a estrada, ravinando com intensidade o talude subjacente a esta, como a Fig. 2 documenta (o ravinamento mais pronunciado situa-se em posição quase central).

Esta mesma conclusão se retira da Fig. 3, que mostra o talude subjacente à estrada.



**Fig. 2** – Escorregamento visto de longe.



**Fig. 3** – Escorregamento da Fig. 1 do outro lado da estrada.

Percebe-se pelo tipo de ravinamento observado, que se verificou o escorregamento de uma massa rochosa alterada e muito fissurada, embebida em solos de alteração que constituíram o veículo fluido de movimentação após a saturação induzida pela precipitação.

A Fig. 1 permite perceber o que se viu francamente na visita ao local: a formação de uma depressão central em V que define muito provavelmente dois planos de diaclasamento concorrentes sobre os quais deslizou, revoltou e em lama, toda a massa sobrejacente que o muro de espera no pé da encosta não conseguiu conter.

Esta massa considerável, depois de galgar a estrada atingiu os mesmos planos de diaclasamento convergentes existentes no talude subjacente, recobertos por terrenos também em estado de pré-escorregamento, provocando um fenómeno em cadeia. A Fig. 3 não mostra toda a extensão do ravinamento resultante, que é de grande expressão.

### 3 – SOLUÇÕES

Coloca-se então agora a questão de saber o que deve ser feito para evitar que o fenómeno se agrave, promovendo o controlo do processo erosivo francamente desencadeado neste episódio. A acção deve ser dirigida especialmente às zonas de ravinamento.

Sendo natural que devido ao tipo de rocha de base, se verifiquem estratificações no diaclasamento, ou seja, que, haja paralelismo nos planos de fractura, a solução que parece mais indicada para controlar o processo consistirá na realização de pregagens perpendiculares aos planos de debilidade, de acordo com uma distribuição não necessariamente muito apertada, mas escolhida após reconhecimento das condições geológicas locais. O acesso ao local limita a envergadura dos equipamentos, no máximo, a ferramentas do tipo supermartelo, que todavia pode realizar furos até 20 m de profundidade com diâmetros de até 3", estando qualquer destes valores acima do que, em primeira aproximação, se pensa ser suficiente.

Dentro da reserva que este tipo de problemas obviamente coloca, admite-se que não será preciso ir muito além de furos de 2,5" de diâmetro com profundidades da ordem dos 5-6 m, armados com varões de 32 mm de diâmetro devidamente selados com calda de cimento. Esta furação poderia fazer-se alternadamente de cada lado da depressão, a distâncias desfasadas de 2 m. Teríamos assim a zona do leito de escoamento reforçada com armadura o que conteria, ao longo da ravina, a progressão e agravamento das condições desta.

Este tipo de solução poderia servir, como base de partida, para a consolidação de outras zonas onde ocorreram escorregamentos do mesmo tipo e que se verificaram um pouco por toda a Serra da Chela, como se vê na Fig. 4, devendo porém o tratamento ser limitado aos incidentes considerados graves para a estabilidade da estrada, por óbvias razões financeiras.



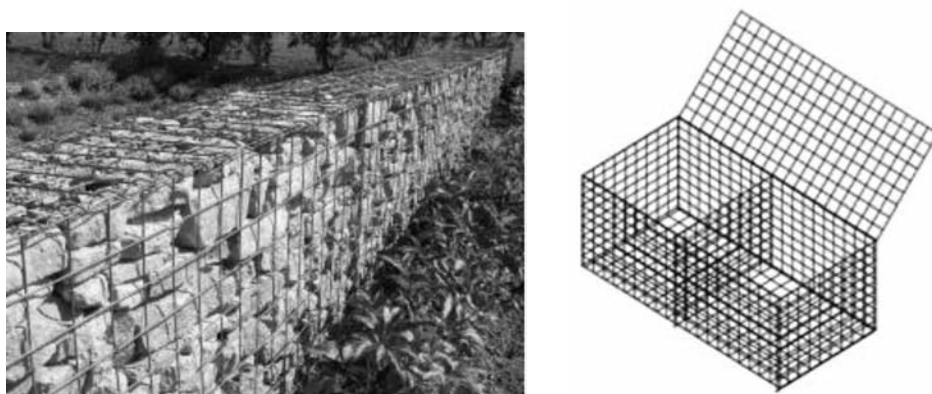
**Fig. 4** – Ravinamentos múltiplos.

Apesar de todos estes cuidados, há que ter em atenção que estas ravinas, agora agravadas, se converteram em canais preferenciais de escoamento das águas, sendo fácil de perceber que algumas de facto já o eram anteriormente. Todavia, agora, após a lavagem provocada pelas escorrências, o processo não só é mais concentrado devido à maior velocidade, como a acção erosiva da água é também muito superior.

A técnica que nos parece aconselhada para ser implementada nas ravinas que possam representar perigo para a estrada, com o objectivo de controlar ou impedir a movimentação de caudais



sólidos, envolve, para além da pregagem já referida, a utilização de gabiões de pedra (que pode ser facilmente recolhida na zona), ancorados ao substrato rochoso por intermédio de varões do mesmo tipo que foi indicado. Esses gabiões formarão pequenas barragens ou travessões de correcção torrencial que vão reter e armazenar no tardo os volumes sólidos arrastados pelas águas. Dado que os gabiões são pela sua própria natureza estruturas auto-drenantes, a água poderá passar sem dificuldade, ficando apenas retido o volume sólido. Nestes depósitos acabará por se desenvolver vegetação com o tempo (em Angola tal não exigirá mais do que dois ou três anos), que não só estabilizará o dito volume sólido como concorrerá para reduzir significativamente a velocidade da água.



**Fig. 5 – Gabiões.**

O emprego deste tipo de travessões apresenta várias vantagens. Logo à partida a disponibilidade local de pedra, a matéria-prima básica para encher os caixotes de arame galvanizado. Mas em segundo lugar, e muito importante, a referida capacidade auto-drenante do gabião, o que permite que a água passe, funcionando o gabião como um autêntico filtro que irá reter o volume sólido transportado pelas águas revoltas.

#### **4 – FLUXOS DE SOLOS**

Importará agora tecer alguns considerandos sobre a ocorrência de fluxos de solos, para perceber a dimensão e extensão de fenómenos que envolveram muitos milhares de metros cúbicos de sedimentos entre lama e pedras de pequena e grande dimensão.

Tomando como referência o escorregamento e ravinamento associados no episódio documentado na Fig. 1, proceder-se-á, em seguida, à reconstituição do ocorrido, em termos teóricos.

A inclinação da pendente local é de cerca de 30 a 35° e o material mobilizado da parte de cima da estrada da ordem dos 800 m<sup>3</sup> pelo menos, tendo rolado cerca de 80 m até galgar o muro de espera. Usando o expediente proposto por Erismann e Abele (2001), para calcular a energia cinética, de considerar a queda livre do material,  $\Delta z$ , vem:

$$v = (2g\Delta z)^{1/2} \quad (1)$$

onde  $v$  é a velocidade da massa em movimento e  $g$  a aceleração da gravidade.

Com  $\Delta z$  sensivelmente entre 40 a 45,9 m, por cálculo trigonométrico para taludes entre 30 a 35°, vem que a velocidade alcançada foi algures entre 28 e 30 m/s, ou seja, ligeiramente superior a 100 km/h. Por aqui se pode apreciar a enorme energia do processo.

Se estendermos estas considerações à parte abaixo da estrada, onde o desnível é da ordem dos 100 m, poderíamos chegar a valores da velocidade acima de 150 km/h, evidenciando bem que a força erosiva da torrente terá sido muito elevada.

Há ainda um factor adicional de preocupação com a possibilidade de desprendimentos de blocos de rocha como os da Fig. 6, fruto da evolução geomorfológica da disjunção paralelipipédica do quartzito, que podem facilmente atingir mais de 40 toneladas, e que caso ocorram na vizinhança do ravinamento podem rolar livremente pela encosta e provocar estragos perfeitamente imprevisíveis até se deterem no pé da encosta ou em plena via rodoviária.



**Fig. 6** – Desprendimento de blocos.

## **5 – INSUFICIÊNCIA DE VAZÃO**

Importará ainda fazer uma análise, não tanto de carácter geotécnico, mas de natureza hidráulica, ao problema das passagens de água inferiores à estrada e que se revelaram na maior parte das vezes insuficientes para dar vazão à torrente de lama, pedras e vegetação afluyente. De facto este caudal misto de água, pedras e vegetação acabou por entulhar quase completamente essas passagens, originando a formação de pequenas barragens, o que obrigou a lama numa primeira fase a acumular-se. Rapidamente porém galgou a estrada, provocando do outro lado desta e face a pendentes já muito acentuadas problemas muito sérios de ravinamento que podem, se não forem controlados, acabar por descalçar a plataforma da via já que são extremas e violentas as actuais condições de escoamento em período de pluviosidade intensa.

A passagem hidráulica (PH) que a Fig. 7 mostra insere-se no atravessamento de uma linha de água cujo aspecto do lado de montante a Fig. 8 não consegue mostrar com toda a dimensão.

A bacia de alimentação desta linha de água desenvolve-se ao longo de uma distância superior a 1,5 km como se pode perceber na imagem pois vai até à base da falésia que se vê em segundo plano, e apresenta um desnível apreciável, que como a figura mostra é capaz de produzir intensa acção erosiva e transporte de sólidos.

É perfeitamente admissível que a secção de vazão da actual PH seja suficiente para escoar o caudal que possa ocorrer ou ser excedido pelo menos uma vez em determinado período de retorno (usualmente de 100 anos), como mandam as boas regras do dimensionamento da drenagem transversal em vias rodoviárias desta importância. Mas o que não foi certamente contabilizado neste tipo



**Fig. 7** – Lado de montante da PH.



**Fig. 8** – Linha de água a montante da PH.

de estrada em zona muito acidentada, foi a possibilidade de ocorrência de arrastamento de volumes sólidos que em valor absoluto podem exceder em muito o volume da própria água.

Tendo em conta as dimensões do canal irregular da linha de água da Fig. 8, a inclinação pronunciada desse canal e as marcas deixadas pela passagem da água, calculou-se, com recurso à Fórmula de Manning-Strickler (Lencastre, 1996):

$$U = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{onde } R \text{ é o raio hidráulico} = S/P) \quad (2)$$

e nas seguintes condições:

$S$  = secção molhada ( $54 \text{ m}^2$ ) e  $P$  = perímetro molhado ( $23,5 \text{ m}$ )

$L$  =  $15 \text{ m}$  (largura média do rasto do canal trapezoidal com espaldas 1:1)

$H$  =  $3 \text{ m}$  (altura média do escoamento)

$K_s = 25$  (valor típico para ravinas de montanha)

$i = 8 \%$  (inclinação média do canal, valor elevado mas aceitável face à topografia da zona)

para as quais a eq. (2) vem:

$$U = 25 \times (54/23,5)^{2/3} \cdot (0,08)^{1/2} = 12,3 \text{ m/s}$$

o valor do caudal:

$$Q = U.S = 12,3 \times 54 = 665 \text{ m}^3/\text{s}$$

Obviamente que em tais condições a PH é manifestamente insuficiente, como se constata na Fig. 7, que mostra a PH quase totalmente obstruída. A secção de vazão está presentemente reduzida a menos de 25 %.

Além disso verificámos também que algumas das PH se encontram descentradas do eixo da linha de água, circunstância que mais agravou a intensidade, o aparato e os estragos provocados pelo fenómeno.

Como é fácil de perceber uma situação deste tipo, multiplicada várias vezes ao longo da estrada, pois verificou-se em quase todas as PH, teve como consequência o galgamento da estrada com atravessamento de um caudal elevado de lama, blocos de rocha e águas revoltas, impossibilitando completamente a circulação de viaturas na via e colocando em sério perigo as viaturas que eventualmente se encontrassem na zona no momento da ocorrência. Esta situação para além de comportar prejuízos avultados à via, pavimentos, lancis, sinalização vertical e obras de arte, é perfeitamente inaceitável em termos da segurança. Além do mais, como a estrada em perfil longitudinal tem uma pendente acentuada, o escoamento ao longo da via foi certamente aumentando em volume e turbulência, anulando imediatamente qualquer margem de segurança que ainda pudesse subsistir.

Impõe-se por isso o redimensionamento urgente das PH substituindo-as por estruturas de vão único e com 5 a 6 vezes mais capacidade de vazão, de maneira a que possam escoar sem qualquer dificuldade torrentes do tipo das que agora se verificaram e que certamente no futuro próximo voltarão a ocorrer.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de fortes e repetidas precipitações na zona da Serra da Chela veio mostrar a vulnerabilidade da conhecida Estrada da Leba, que ficou fortemente danificada, obrigando à interrupção do trânsito durante alguns dias.

A dimensão dos problemas de fluxo de solos associados à insuficiência da capacidade de vazão das obras hidráulicas inferiores à via e instaladas no cruzamento desta com as várias linhas de água, deu lugar a um número anormal de episódios de galgamento da estrada por autênticas torrentes de lama e pedra que não só provocaram grandes estragos nas infra-estruturas como poderiam ter causado danos pessoais irreparáveis. O trânsito da via em tais condições é praticamente impossível, sendo extremamente perigoso para quem seja apanhado por fenómenos desta natureza quando se encontre a cruzar a estrada da Leba. Consequentemente é indispensável encontrar formas de garantir o controlo deste tipo de situações debaixo das condições atmosféricas mais adversas de maneira a que o trânsito se processe de forma permanente ainda que com velocidade adequada às exigências da segurança.

As obras hidráulicas de drenagem transversal devem ser redimensionadas e centradas com as linhas de água, aumentando consideravelmente a secção de vazão para permitir a passagem de caudais torrenciais de valor muito superior ao que se pode estimar pelo método tradicional das bacias drenantes. Devem utilizar-se vãos únicos sem obstáculos intermédios, pilares ou divisórias, e atender aos caudais que é possível estimar com base nas informações que se podem colher no terreno e de que foi dado acima um exemplo.



Será necessário, em duas ou três situações que foram detectadas, centrar a passagem com o eixo principal da linha de água.

Paralelamente há toda a conveniência em controlar a ocorrência de caudais sólidos elevados, promovendo a estabilização das ravinas e canais naturais de descarga com recurso a medidas de correcção torrencial. Essas medidas passam por realizar obras de pregagem com varões de aço nas situações que sejam identificadas como críticas e pela construção de travessões em gabiões de pedra com alturas de 2 a 3 metros, destinados a conter e a fixar o volume sólido carregado pelas águas de escorrência superficial.

Estas medidas deverão ser acompanhadas e observadas durante um período relativamente longo, para comprovar a sua eficácia. E se tal se justificar poderão ter que ser reforçadas, já que está em causa a estabilidade de uma obra rodoviária fundamental, que deve permitir o trânsito de modo permanente em quaisquer condições climáticas. Está também em causa, a capacidade da Engenharia Civil, designadamente da Angolana, de assegurar e dar resposta aos desafios da Natureza.

## **7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Erismann, T. H. e Abele, G. (2001). *Dynamics of rockslides and rockfalls*. Springer – Verlag, Berlim.

Lencastre, Armando (1996). *Hidráulica Geral*. Lisboa, Ed. Hidroprojecto.