



Barreiras flexíveis na Rota do Sol, RS. Soluções para proteção contra queda de blocos, fluxo de detritos e escorregamentos superficiais.

Felipe Gobbi, D.Sc.
Geobrugg AG, Rio de Janeiro, Brasil
felipe.gobbi@geobrugg.com

Marcos Strauss, M.Sc.
Azambuja Engenharia e Geotecnia Ltda., Porto Alegre, Brasil
strauss@azambuja.com.br

Luciano Busnello Amorin, Eng.
Toniollo, Busnello Ltda., Porto Alegre, Brasil
fonini@geosolucoesengenharia.com.br

Resumo: A rota do sol, RS 486, consiste em uma importante rodovia gaúcha, que tem como objetivo a ligação entre Oeste e Leste do estado. Na sua porção mais ao Leste, onde é realizada a ligação com a BR-101, a mesma atravessa um trecho de Serra, o que a torna um desafio para a engenharia Geotécnica. Em Março de 2007 uma série de instabilidades de encostas ocorreram, e foram projetadas soluções para estabilização e/ou proteção de encostas para as regiões afetadas. Este artigo apresenta quatro destes pontos, onde soluções em barreiras flexíveis foram adotadas e atualmente se encontram em execução. Salienta-se que são as primeiras barreiras flexíveis contra queda de rochas e fluxos de detritos instaladas no Rio Grande do Sul, e a primeira barreira contra escorregamentos superficiais do Brasil. São apresentados os diagnósticos destas instabilidades e as soluções finais de engenharia.

Abstract: The rota do sol road, RS 486, consists in a very important road, built to link the West and East sides of Rio Grande do Sul state. On the East end, this road crosses a mountain areas, before reach the BR 101. This mountain area is a very challenging area in the sense of Geotechnical Engineering. In 2007 March, during extreme rainfall, many landslides, debrisflows and rockfalls occurred in this road, and it results in designed solutions in order to improve the road safety. This paper describes some instabilities occurred and the flexible solutions designed for this areas. Important to note that this are the first debris flow and rockfall barriers installed in Rio Grande do Sul, and the first shallow landslide barrier installed in Brazil.

1 INTRODUÇÃO

Construída no intuito de ligar o Oeste ao Leste do Rio Grande do Sul, a rota do sol, como é conhecida a rodovia RS 486, é de grande importância para o estado.

Em especial o trecho desta rodovia que liga Terra de Areia ao topo dos campos de cima da serra, consistiu em um desafio para a engenharia geotécnica, sendo construídos túneis e viadutos a fim de minimizar as interferências com regiões acidentadas de serra.

Entretanto, mesmo com a construção destas obras de arte, vários segmentos da rodovia ficaram submetidos ao risco geotécnico, como é típico em estradas em regiões serranas.

Em Março de 2007, durante chuvas intensas, vários pontos da rodovia foram interditados devido a ocorrência de acidentes geotécnicos. A empresa Azambuja Engenharia e Geotecnia Ltda foi então contratada para dimensionar as soluções de contenção e proteção para estes pontos. Em 4 pontos desta rodovia foram projetadas barreiras flexíveis para proteção contra queda de rochas, fluxos de detritos e escorregamentos superficiais.

Estas obras estão atualmente em execução pela empresa Toniolo, Busnello Ltda., e o presente artigo trata da apresentação destas soluções, compostas por sistemas da Geobrugg AG.

No item 2 será dada uma breve descrição dos eventos de instabilidade ocorridos em Março de

2007, no item 3 serão apresentadas as soluções para os 4 pontos onde barreira flexíveis foram indicadas e encontram-se em execução, no item 5 serão apresentados os comentários finais.

2 EVENTOS DE MARÇO DE 2007

Em Março de 2007, na Serra do Pinto, ocorreram eventos pluviométricos de elevada intensidade, sendo registrada precipitação de 150mm em um dia entre os dias 03 e 04 de Março. Foi estimado período de retorno de 150 anos para as precipitações daquele evento.

Eventos de grande intensidade e curta duração tendem a deflagrar, geralmente, rupturas do tipo superficiais e fluxos de detritos.

Ocorreram nestes dias instabilidades geotécnicas em diferentes pontos da rodovia, causando interdição do tráfego. Em outras regiões da Serra os eventos foram ainda mais intensos, entretanto dada a pouca ocupação nestes locais as consequências foram de menor intensidade (Figura 1). Logo tratava-se de um local de baixo risco.



Figura 1. Vista aérea geral dos fluxos de detritos próximos à Serra do Pinto, ocorridos no dia 04/03/2007 (DAER, 2007).

Naqueles dias, no trecho entre Arroio Bananeiras e Aratinga, ocorreram várias instabilidades. Após a limpeza das mesmas foi verificado, em 6 delas, a existência de riscos remanescentes para a Rodovia, e para estes pontos foram projetadas soluções de estabilização ou contenção de encostas.

Os 6 pontos contaram com soluções diversas de estabilização ou proteção de encostas. Em 4 destes foram propostas soluções de barreiras flexíveis como medida de proteção. Nos subitens a seguir serão apresentadas as instabilidades nos pontos onde foram previstas estas barreiras.

2.1 Ponto 1 – km 1+580

No ponto 1 ocorreu um escorregamento do tipo fluxo de detritos, somado a escorregamentos planares com muitas massas laterais instáveis. Este acidente envolveu uma massa coluvionar e também uma porção de solo residual presente sobre a rocha.

O volume de material rompido foi da ordem de 2000m³, sendo uma “língua” característica de escorregamento o principal canal do fluxo (Figura 2).



Figura 2. Pé da ruptura. Material invadiu e bloqueou a rodovia.

No diagnóstico desta ruptura, além da constatação da chuva atípica, havia indícios da ocorrência de artesianismo em algumas fraturas da rocha. O que contribuiu para o aumento das poro-pressões e consquente ocorrência da ruptura.

Após a limpeza do local e estudo do material remanescente, foram identificadas trincas de tração no topo da encosta e também taludes potencialmente instáveis nas duas laterais da ruptura, o que corroborou para caracterizar o ponto como uma área de risco de ocorrência de nova interdições da pista.

2.2 Ponto 2 – km 9+300 ao 9+800

Em uma extensão inferior a 500m ocorreram três escorregamentos translacionais de solo coluvionar, solo residual e blocos de rocha, sobre a estrada antiga. Neste trecho a estrada antiga fica entre dois trechos do traçado atual da Rota do Sol (Figura 3).

Das três instabilidades ocorridas neste trecho, uma foi de blocos de rocha, e denominada na época de 2c. Uma fotografia desta área é apresentada na Figura 4.

No caso 2c foi verificada a influência da questão geométrica, talude íngreme e de grande altura, com blocos compartimentados do maciço pela condição estrutural da rocha, e a perda de

fundação de parte de destes blocos que era assente em solo.

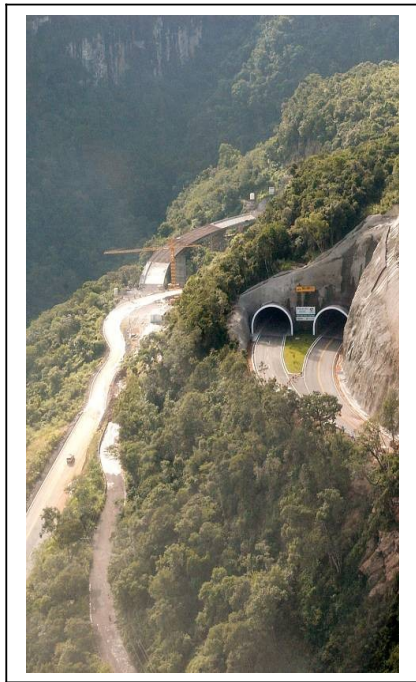


Figura 3. Foto aérea da região do acidente, entre o emboque do túnel (à direita) e a rodovia (à esquerda).



Figura 4. Vista da ruptura do caso 2(c).

Este ponto foi o considerado mais crítico, por haver a expectativa de novas quedas de bloco e por haver pouco amortecimento na trajetória esperada para estes blocos. Através da realização de simulações de queda de blocos foi verificada uma possível nova queda poderá atingir a Rota do Sol na porção de montante da estrada antiga.

2.3 Ponto 6 – km 12+100 até km 13 (viaduto da Cascata)

Este ponto se caracteriza por receber dois talvegues, distantes 50m ao atingirem o atual traçado da Rota do Sol, mas que convergem para o km 12+350.

Ocorreu na época uma ruptura de encosta, com largura de aproximadamente 20m e comprimento de 80m cujo material foi lançado no primeiro talvegue. O material rompido em parte se depositou no próprio talvegue e o restante se projetou sobre a estrada com grande energia e seguiu pelo eixo do talvegue a jusante da estrada.

No eixo do talvegue se encontra um dos pilares do viaduto existente, o que justifica o estudo de alternativas de proteção para esta estrutura.



Figura 5. Vista do topo da ruptura na lateral do primeiro talvegue.



Figura 6. Vista do pilar do viaduto sujeito ao risco de impacto de material proveniente de processos de instabilidade.

3 SOLUÇÕES INDICADAS

Conforme citado anteriormente diferentes soluções foram indicadas para os seis pontos críticos das rupturas de Março de 2007. Entretanto neste trabalho serão apenas relatados os 4 pontos onde foram indicadas barreiras flexíveis.



3.1 Ponto 1 – km 1+580

Para o Ponto 1 dois conceitos de solução foram inicialmente ventilados: contenção da massa *in loco* com solo grampeado ou ancoragens ativas e barreiras de impacto junto a rodovia, sendo estas últimas com duas opções, muro de massa (gabiões, etc) ou barreiras dinâmicas.

As soluções de barreira de impacto foram as que resultaram nos menores custos de implantação, sendo preferidas na fase de projeto. Na fase de obra a escolha pelo sistema flexível se deu devido a possibilidade de utilizar uma menor altura (por ser esbelta garante maior retenção de volume), repidez construtiva e por possuir um faceamento plenamente drenante.

Figura 7. Seção tipo da solução de barreira flexível para o ponto 1.

A barreira foi dimensionada para conter a carga estática do tardoz preenchido com material proveniente dos escorregamentos, estimado em 1.500m³, e também para a carga dinâmica de eventuais quedas de blocos de até 1m³ e também para o impacto dos escorregamentos de solo. Dada as diferentes condicionantes de projeto, esta barreira não consiste em uma barreira de queda de rochas, e sim em um sistema apto a também receber impactos de massa, por isto o sistema é denominado RXI 100 Spec, e foi desenvolvido especificamente para este projeto sofrendo inclusive algumas modificações na fase de implantação dadas algumas alterações das condicionantes locais.

Quando da redação deste artigo esta barreira encontrava-se na fase de execução das bases de fundação para instalação do sistema.

3.2 Ponto 2 – km 9+300 ao 9+800

Ponto 2 foi dividido em diferentes trechos, defindidos de acordo com o tipo de instabilidade. A intervenção diretamente na encosta foi descartada devido a necessidade de remoção de grande quantidade de vegetação para tal.

As soluções de muros de gravidade não puderam ser implementadas porque necessitavam de bases muito largas e não havia espaço neste local. Então novamente soluções de proteção foram adotadas.

Nos trechos onde prevalecia o impacto de massa a baixas velocidades foi implementada uma solução de muro atirantado, sendo o muro composto por peças de concreto armado

atirantadas e módulos de gabiões entre estas, dando configuração final ao muro. Esta solução permite a retenção dos volumes esperados e também proporciona a execução de um colchão de amortecimento para os impactos.

Figura 8: Seção tipo da solução de muro de impacto para parte do ponto 2.

No local onde o maior risco são as quedas de blocos, e são esperadas maiores energias de impacto, foi prevista a instalação de barreira flexível contra queda de rochas. A barreira adotada foi uma barreira RXI 100, com capacidade de retenção de de energia de até 1.000kJ.

Figura 9: Seção tipo da solução de barreira flexível para parte do ponto 2.

A execução da barreira do Ponto 2 é prevista para início no mês de **Maio de 2012**.

3.3 Ponto 6 – km 12+100 até km 13 (viaduto da Cascata)

Conforme apresentado anteriormente este ponto está sujeito ao risco de impacto de massa, principalmente um dos pilares do viaduto da cascata. Duas soluções flexíveis foram indicadas para este local, sendo uma composta por uma barreira de prevenção contra fluxo de detritos, prevista para instalação no eixo de um dos talwegues e a outra consiste em uma barreira de queda de rochas, junto ao pilar do viaduto, para auxiliar na deflexão de possíveis blocos de rocha que possam a ser projetados contra esta estrutura.

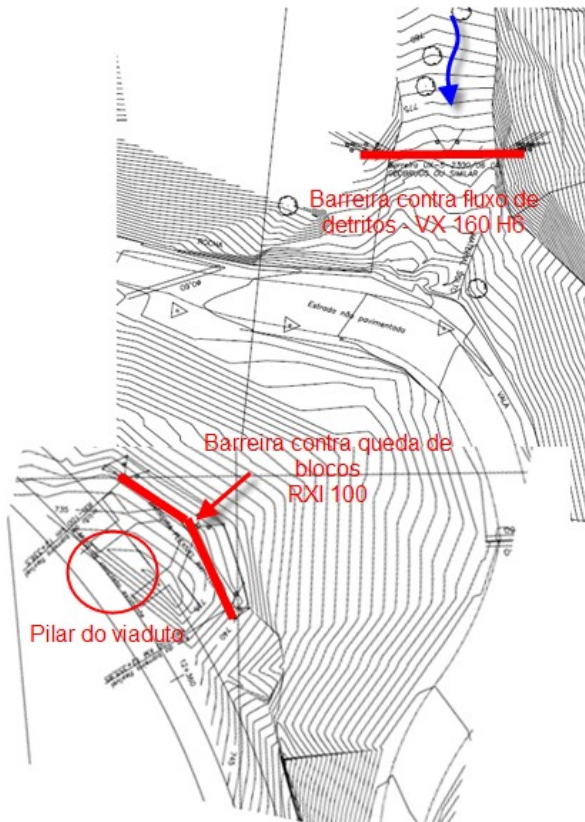


Figura 10: Planta baixa do ponto 6, com indicação das barreiras projetadas.

A barreira de proteção contra fluxo de detritos foi projetada segundo a metodologia proposta por Wendeler *et al* (2006), que usa os fundamentos de Rickenmann, (1999), Roth *et al* (2004). Na fase de obra foi realizada uma verificação segundo Wendeler (2008).

A barreira para proteção contra fluxos de detritos foi instalada em março de 2012 (Figura 11), e a barreira contra queda de rochas está em execução atualmente.



Figura 11: Fotografia atual da barreira contra fluxo de detritos já montada

4 CONCLUSÕES

A rodovia Rota do Sol possui um trecho em serra, bastante acidentado topograficamente, o que resulta em um trecho de rodovia altamente suscetível a ocorrência de acidentes geotécnicos.

Em Março de 2007 acidentes ocorreram em vários pontos, sendo adotadas diferentes soluções para cada problema verificado em campo.

Das soluções propostas naquela época, em quatro pontos foram indicadas soluções de barreiras flexíveis como solução de proteção. Da análise de fatores técnicos e econômicos estas soluções se justificaram frente a outras alternativas possíveis.

Esta é a primeira obra de instalação de barreiras contra queda de rochas e fluxo de detritos no Rio Grande do Sul, e a primeira obra de barreira contra escorregamentos superficiais no Brasil. O caráter histórico já evidencia a importância do projeto, que buscou soluções inovadoras (no mercado brasileiro) para a proteção da rodovia.

Atualmente as obras se encontram em execução, o que certamente proporcionará um importante incremento de segurança para esta rodovia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem – DAER. (2007) Projetos de estabilização de encostas, relatório de projeto e memória descritiva, RS/486, trecho arroio bananeiras – aratinga. P. 192.

C. Wendeler, B.E. McArdell, D. Rickenmann, A. Volkwein, A. Roth, M. Denk. Field testing and numerical modeling of flexible debris flow barrier (2006). Geobrugg AG, internal publication. P.8.

Rickenmann, D. 1999. Empirical relationships for debris flows. *Natural Hazards*. 19(1): 47-77.

Roth, A., Kästli, A. & Frenez, Th. (2004). Debris Flow Mitigation by Means of Flexible Barriers, Proc. Int. Symp. Interpraevent. Riva del Garda, Italy. Klagenfurt: Interpraevent.

Wendeler C. (2008) Murgangrueckhalt in Wildbächen – Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barriern. Ph.D. Thesis.