

PROPOSTAS DE PREVENÇÃO E TRATAMENTO CONTRA EROSÃO DE TALUDES DAS MARGENS DO RIO SOTURNO/RS

Andressa Schumacher

Acadêmica do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria
andressaschumacher@hotmail.com

Helena Portela Farenzena

Acadêmica do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria
helenapfarenzena@gmail.com

Guilherme Schmitt Medina

Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria
guilhermemedina.sm@gmail.com

Magnos Baroni

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria
magnosbaroni@gmail.com

Resumo. *O presente artigo aborda diferentes estudos em amostras de solos extraídos das margens do rio Soturno, localizadas entre as cidades de Dona Francisca e Faxinal do Soturno / RS, bem como práticas que possam recuperar os taludes fluviais degradados. Este rio é de grande relevância econômica para a região, já que abastece diversas cidades com propriedades agrícolas, responsáveis pelas principais atividades econômicas existentes na sua Sub-Bacia Hidrográfica. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, representativas do subsolo, para a realização de ensaios de caracterização e resistência ao cisalhamento do solo para, assim, realizar a análise da estabilidade dos taludes fluviais através da utilização do Software Rocscience Slide 5.0. Foram apresentadas propostas técnicas de estabilização de encostas, desde obras convencionais de engenharia a técnicas mais recentes e sustentáveis dadas pela bioengenharia de solos*

Palavras-chave: *Taludes fluviais. Estabilidade de encostas. Bioengenharia de solos*

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio da humanidade as comunidades buscaram se fixar às margens de rios e córregos, sem levar em consideração a importância da manutenção da qualidade destes. Com o crescimento da população, os recursos hídricos sofreram processos destrutivos, desde a contaminação das águas até a interferência em sua estrutura, desencadeando prejuízos econômicos e sociais. O rio Soturno é um exemplo desta realidade. Localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, abastece de maneira direta quatro municípios, além de onze indiretamente (Alberti, 2015). Este rio apresenta graves problemas de erosão com presença de taludes degradados, devido, principalmente, à retirada da vegetação para a expansão de lavouras agrícolas. A Figura 1 apresenta imagens do rio Soturno e da erosão existente no local.

A região em questão é tipicamente agrícola (IBGE, 2014) e não possui condições econômicas que justifiquem o emprego de práticas convencionais de estabilidade,

caracterizadas por serem onerosas. Desta maneira são propostas, a partir de análises de resultados analíticos de estabilidade de

taludes, diferentes técnicas de bioengenharia de solos.



Figura 1 – Exemplos dos taludes fluviais existentes no rio Soturno.

A utilização da bioengenharia de solos para a estabilização de taludes fluviais é uma forma de aliar conceitos da engenharia convencional ao uso de materiais naturais, de preferência locais, para a recuperação dos cursos d'água degradados. A técnica é bastante restrita no país, embora seja um recurso técnico com custos reduzidos e que, até então, apresenta resultados positivos em sua utilização. (Durlo e Sutili, 2012)

Para a realização das análises de estabilidade, as dimensões dos taludes foram

obtidas através de levantamento topográfico. Os parâmetros de caracterização do solo e de resistência ao cisalhamento direto foram obtidos a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras coletadas *in situ*. As análises numéricas foram realizadas com o *Software Rocscience Slide 5.0*.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar e identificar os parâmetros de resistência de

amostras de solo extraídas de taludes localizados nas margens do Rio Soturno – RS e analisar suas estabilidades. Assim, relacionar os dados obtidos com possíveis técnicas para a recuperação das margens do rio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas coletas de amostras deformadas e indeformadas em três diferentes taludes fluviais. Posteriormente, foram levadas ao Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria para a realização de ensaios de caracterização e cisalhamento direto para as três encostas mostradas na Figura 1. Por fim, os resultados obtidos foram analisados utilizando o software *Rocscience Slide 5.0*, que em conjunto com os conhecimentos teóricos, permitiu abordar técnicas para a solução do problema apontado.

3.1 Área de Estudo

A Sub-Bacia Hidrográfica do rio Soturno situa-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul - Brasil, nascendo no município de Júlio de Castilhos – RS e desaguando no rio Jacuí (Bacia Hidrográfica do Alto do Jacuí), na cidade de Dona Francisca – RS, com abrangência total de 987,18 km² de área de drenagem. Neste percurso, no âmbito ambiental e socioeconômico, os municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Itaara, Ivorá, Júlio de Castilhos, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Sêca, São João do Polêsine, São Martinho da Serra e Silveira Martins. (Alberti, 2015) são os beneficiados.

Marchiori (2004) destaca que na mata ciliar da região estão às plantas reófitas, mais conhecidas como Sarandi ou Amarelho: *Sebastiania schottiana* (amarelo-branco ou branquilha), *Cephalanthus glabratus* (Sarandi-branco ou Sarandi-mole) e *Phyllanthus sellowianus* (sarandi-mata-olho), adaptadas às forças da correnteza das águas e

eventuais submersões durante as enchentes. No alto dos barrancos, em menor escala, predominam: *Inga vera*, *Inga semialata* (ingazeiros), *Sebastiania brasiliensis* (branquilha-leiteiro) e o *Guadua trinii* (taquaraçu). No Rebordo do Planalto Meridional, chamada de Floresta Estacional, encontra-se a maior floresta nativa do Estado, que vem sendo alvo de diversos programas de recuperação e preservação da sua biodiversidade (Schumacher, 2011). A economia da região está baseada no setor agropecuário, onde o principal produto cultivado é o arroz. (IBGE, 2014).

4. RESULTADOS

4.1 Ensaios de Caracterização

As três amostras retiradas, representadas na Figura 1, apresentaram, respectivamente, os teores de umidade média de 0,16%, 1,46% e 0,4%. Na Figura 2 se observam as distribuições das faixas granulométricas e porcentagens de material passante e retido em cada peneira. Baseado nas distribuições granulométricas obtidas nos ensaios de caracterização, o solo dos taludes estudados pode ser classificado como arenoso (areia média a fina), com percentual de finos sempre inferior a 12%. Pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), os três taludes são compostos por solo do tipo S. Além da distribuição granulométrica, foram realizados ensaios de dispersão normal, que evidenciam a deposição do solo em diferentes horizontes. A partir disso, foi confirmada a classificação tipo S dos taludes fluviais e permitiu classificá-los ainda como Neossolos Quartzênicos.

4.2 Ensaio de Cisalhamento Direto

Os ensaios de resistência ao cisalhamento direto foram realizados na condição saturada, obtendo-se os valores de ângulo de atrito

interno e do intercepto coesivo dos três taludes na condição de ruptura drenada, ou seja, 100% de dissipação do excesso de poropressão. As tensões normais empregadas foram de 25, 50, 100 e 200 kPa e os resultados obtidos estão

apresentados na Figura 3. Todos os corpos de prova apresentaram coesão igual a zero, situação típica de solos arenosos. Os ângulos de atrito interno dos taludes A, B e C foram respectivamente, 30,94°, 32,17° e 23,85°.

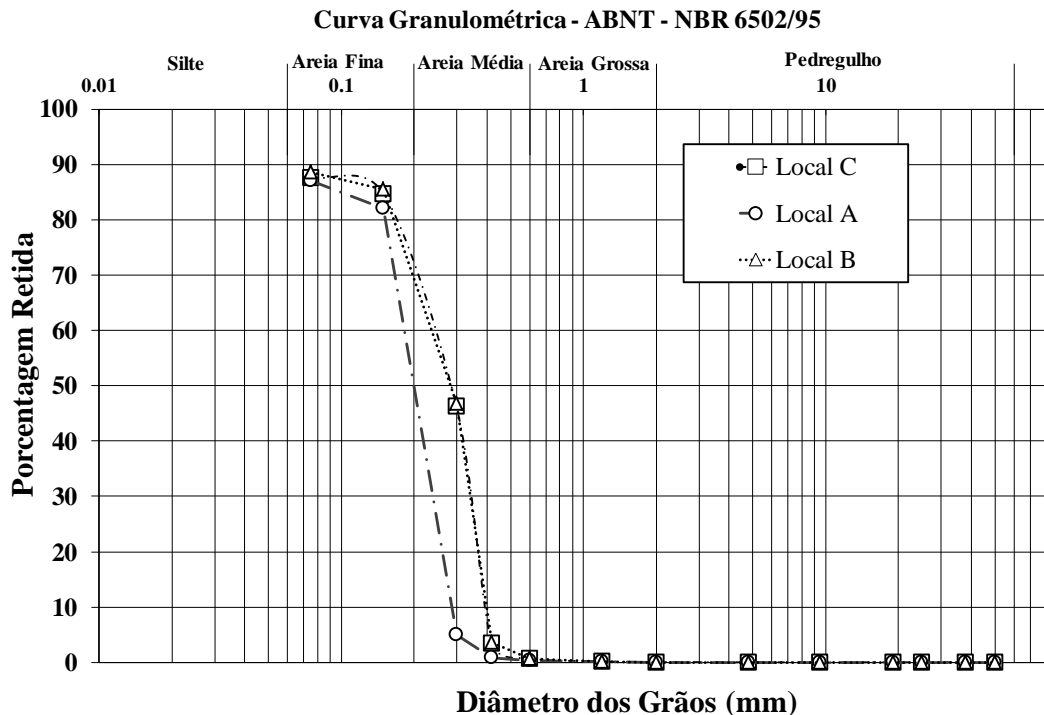


Figura 2 Curvas granulométricas dos três taludes estudados

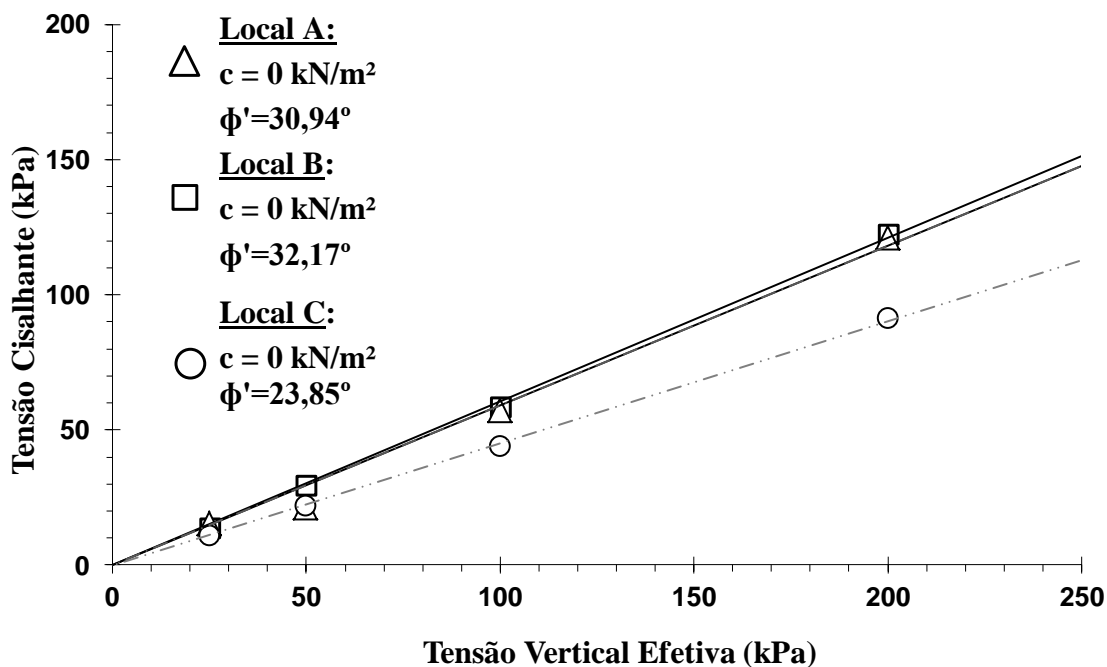


Figura 3 - Resultados dos ensaios de cisalhamento direto

Os pesos específicos naturais médios das amostras de solo coletas nos três taludes foram de 16,1; 16,03 e 15,73 kN/m³, respectivamente.

Todas as amostras de areias, analisadas em conjunto com os valores obtidos dos ângulos de atrito interno, foram classificadas como fofas de grãos arredondados, sendo os taludes A e B bem graduados e o talude C mal graduado. As areias fofas, quando submetidas ao carregamento vertical, apresentam aumento da tensão cisalhante proporcional ao aumento do deslocamento lateral, até atingir um valor máximo. As areias fofas também apresentam uma redução da variação volumétrica inversamente proporcional ao acréscimo do deslocamento horizontal, quando submetidas a tensões verticais (Lambe & Whitman, 1979).

4.3 Estabilidade dos Taludes

A partir de levantamentos topográficos realizados no campo e dos parâmetros geotécnicos obtidos com os ensaios laboratoriais, os taludes estudados foram modelados numericamente. Os resultados das retroanálises realizadas com o *Software Slide 5.0* indicaram, por quatro métodos diferentes (Bishop Simplificado, Fellenius, Janbu Simplificado e Morgenstern Price), os fatores de segurança relacionados à ruptura dos taludes. A Figura 4 exemplifica uma das análises numéricas realizadas, e a Figura 5 compara os valores obtidos pelos diferentes métodos aplicados aos três taludes estudados.

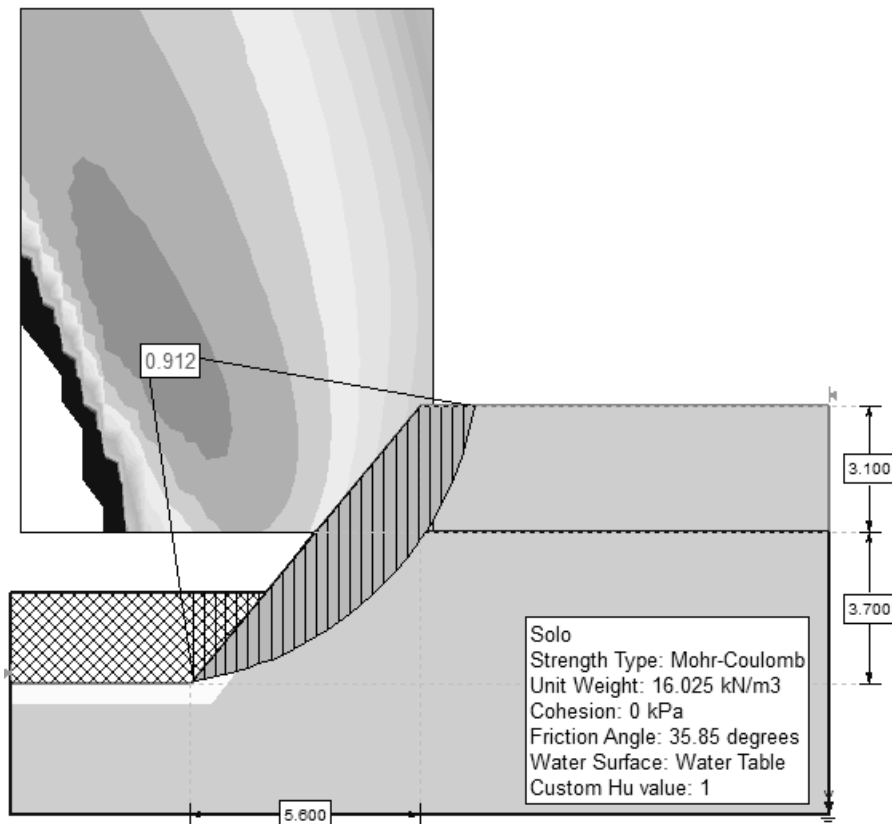


Figura 4 - Fator de Segurança encontrado pelo Método Bishop Simplificado para o talude do Local B, com inclinação de 1:1,2

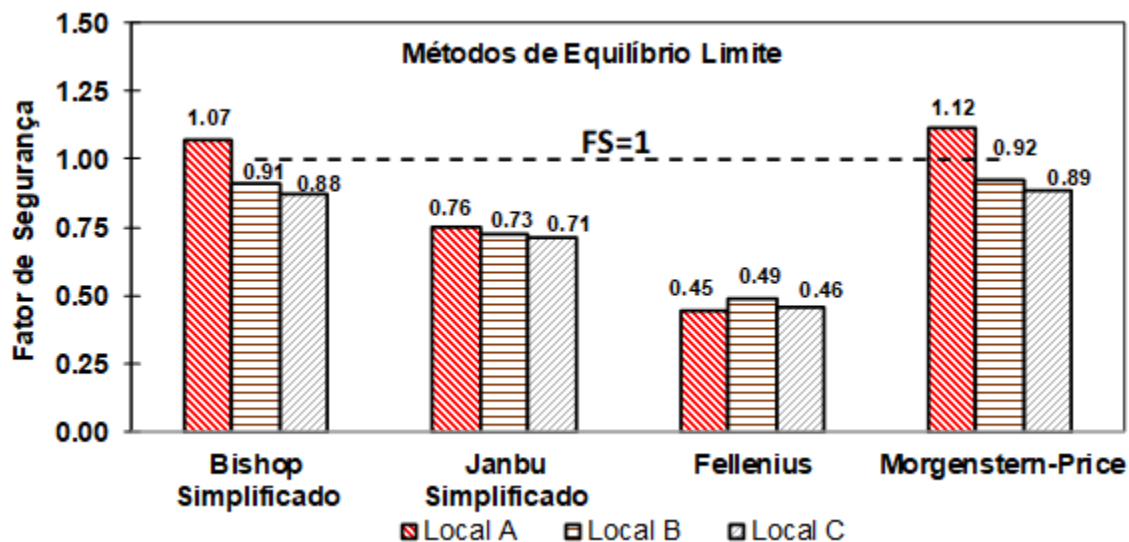


Figura 5 - Resumo dos resultados das análises numéricas realizadas

Os resultados obtidos pelos métodos de estado limite mostram que os taludes apresentam certa instabilidade, em uma média de $FS < 1,15$. Tais resultados indicam que os taludes estão em processo de ruptura, segundo a NBR 11682/1991 (ABNT:1991). Também é possível constatar a discrepância dos resultados gerados através dos diferentes métodos para um mesmo talude e, por isso, deve-se atentar ao afirmar o fator de segurança baseado em apenas um método (Bishop, 1955; Duncan, 1996; Gerscovich, 2016). Os resultados obtidos com as análises de estabilidade ressaltam a necessidade de tratamento e/ou recuperação dos taludes das margens do rio Soturno, justificando as análises propostas de tratamento e/ou remediação.

5. DISCUSSÃO

Com base no histórico de rupturas e erosões que ocorrem nas margens rio Soturno e também nos resultados obtidos com os ensaios laboratoriais e análises numéricas, fica evidente a necessidade de intervenção e remediação nos taludes. Com o intuito de colaborar com a remediação e preservação da

área em estudo, serão relacionados os principais métodos descritos na literatura e julgados adequados para implantação local.

Independente do grau de erosão e posição da margem no rio (interna ou externa), as melhores opções para remediação são as que combinam estruturas de estabilização e práticas de bioengenharia.

A remodelagem da geometria dos taludes é a forma mais rápida e com mão de obra disponível que atenderia o problema de instabilidade dos taludes. Para demonstrar esta situação, foram realizadas diferentes análises numéricas com software Geo Slide impondo diferentes inclinações aos taludes, de modo a obter os fatores de segurança próximos a 1,5. As inclinações obtidas foram: Talude A - 1:2,50; Talude B - 1:2,33 e Talude C - 1:4,00, o que representa uma inclinação extremamente suave, não sendo viável sua implantação.

Considerando que o solo local não é coesivo, torna-se necessário o tratamento das faces dos taludes, com revestimento integral das margens do rio, aliando estruturas de estabilização e bioengenharia como: esteira viva, revestimento com madeiras e blocos de pedra com vegetação e parede Krainer.

A esteira viva poderá ser implantada nas margens das curvas externas do leito do rio, pois ela suporta o impacto da água em períodos de cheia. Além disso, proporciona resistência imediata, podendo suportar cheias inesperadas após sua implantação. Sua resistência será acrescida pelo enraizamento da vegetação nativa replantada.

Já o método da parede Krainer, poderá garantir melhor resistência inicial e ao longo do tempo, além da existência de espécies vegetativas propícias para sua execução e a inclusão de estruturas de estabilização em sua composição. Este método já foi implantado por Durlo e Sutilli (2005) no Arroio Guarda Mor, no Rio Grande do Sul, e até a presente data, tem-se resultados positivos.

Um revestimento com blocos de pedra foi implantado de maneira emergencial no rio Soturno, após um grande deslizamento ocorrido próximo a um dos locais de coleta de amostra. A recuperação ocorrida em 2015 tem atendido a estabilidade do talude fluvial e evitado novas erosões, contudo esta é uma solução extrema.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo que compõe os três taludes é granular com coesão nula. A classificação predominante é areia média, de grãos arredondados e bem graduados. Os valores médios de ângulos de atrito interno para os locais A, B e C são $30,94^\circ$, $32,17^\circ$ e $23,85^\circ$, respectivamente. As curvas de tensão cisalhante versus deformação horizontal não apresentaram picos, evidenciando o comportamento típico dos solos não compactos. Além disso, os valores médios de peso específico para os taludes A, B e C, foram, respectivamente: $16,1 \text{ kN/m}^3$, $16,03 \text{ kN/m}^3$ e $15,73 \text{ kN/m}^3$.

As análises numéricas indicaram que os três taludes estudados se encontram instáveis. Os fatores de segurança obtidos por diferentes

métodos de cálculos são inferiores ao indicado pela NBR 11682/1991, resultados de processos fluviais de origem natural e agravados com o avanço do cultivo de lavouras próximas às margens do rio.

De forma indiscutível, é possível afirmar que os taludes das margens do rio Soturno necessitam de urgente recuperação. As principais técnicas economicamente viáveis e sustentáveis apresentadas foram a correção da geometria dos taludes e posterior inserção de vegetação, com utilização de técnicas de bioengenharia de solos. A vegetação existente na região pode ser utilizada para esse fim, podendo-se utilizar espécies nativas ou também em empresas já especializadas na venda deste material próprio.

Por fim, é esperado que esse trabalho seja um alerta a toda comunidade, em especial a população situada na região de abrangência da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Soturno e que possa colaborar com a realização de novos estudos necessários para a recuperação das margens e taludes deste importante rio.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, 1991. NBR 11682/1991. Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro.

Alberti, E. A. Influência do Uso da Terra em variáveis Limnológicas no rio Soturno, Rio Grande do Sul, Brasil. 2015. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Dissertação (Mestrado em Geografia) – 100 p.

Bishop, A. W., 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of Slopes, Geotechnique, vol.5, n. 1, 7-17.

Duncan, J. M., 1996. Soil Slope Stability Analysis. In: Landslides – Investigation and mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board. Washington.

Gerscovich, D.M.S. 2016. Estabilidade de Taludes com Exercícios Resolvidos. Oficina de Textos; Edição: 2ª, 192p.

Lambe, W. & Whitman, R. V., 1969. Soil Mechanics, SI Version, Ed. John Wiley & Sons, New York, USA, 1979.

Marchiori, J. N. C. 2004. Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos. 1. ed. Porto Alegre, 110p.