



ANÁLISE DO USO DE FÔRMAS GEOTÊXTEIS PARA A CONTENÇÃO DA EROÇÃO NA MARGEM DO RIO MADEIRA

Emanuele Correia Barros¹; Suelen Ferreira de Souza²; Ana Cristina Strava Correa³

ABSTRACT – The natural phenomenon called "terras caídas" is a problem that affects the urban structures over the Madeira River's bank, in Porto Velho (RO). Therefore, this paper proposed to evaluate containment solutions using commercially available geosynthetic materials. Technical viability for the filling two kind of geotextile tubes was analyzed, the SoilTain® DW and the SoilTain® CP, produced by HUESKER, in order to suggest the best option to be used in an erosion control project on the right bank of the river. According to the norms of DNIT, laboratory tests were carried out for the characterization of the river sludge, which was used to fill one of the tubes. In order to avoid that fines particles, that compose the riverbed sludge, would obstruct the pores of the SoilTain® DW geotextile tubes, a kind of polymer was addicted in order to assist the flocculation of the sludge and facilitate drainage. Tests were carried out to analyze the water percolation during the filling of each SoilTain® alternative. The SoilTain® CP tube, was chosen as the best alternative to be used in an erosion control project because it presented better performance, due to its efficiency in water's drainage, and the ease of filling it with the sludge.

Palavras-Chave – Geotêxtil, Erosão Fluvial, Rio Madeira.

1) FARO, km 6,5, BR-364, s/n, Porto Velho - RO, 76815-800, emanuele.cbarros@gmail.com, (69)92213823.

2) FARO, km 6,5, BR-364, s/n, Porto Velho - RO, 76815-800, suelenfs24@hotmail.com, (69)993818067.

3) FARO, km 6,5, BR-364, s/n, Porto Velho - RO, 76815-800, strava.eng@gmail.com.



1 - INTRODUÇÃO

O Rio Madeira é a segunda via de transporte mais importante da região amazônica, ficando atrás apenas do Rio Amazonas (DNIT, 2011), e por suas águas correm grande parte da economia de Rondônia através do modal hidroviário, o qual viabiliza o transporte dos mais variados tipos de carga, tais como granéis sólidos e líquidos, eletrônicos, eletrodomésticos, automóveis, alimentos refrigerados, entre outros, representa também fonte de abastecimento de água e alimentação para a população, além de contribuir com o comércio local, como por exemplo, o de peixes.

Apesar de toda a sua importância para a população adjacente, a dinâmica fluvial do rio Madeira tem provocado diversos problemas de erosão em suas margens, colocando em risco principalmente a segurança de muitas famílias ribeirinhas, assim como de bens e patrimônios.

Os processos de erosão fluvial que vem afetando as margens do rio Madeira é um processo natural que tem como consequência a ruptura, o solapamento e desmanche das margens do rio por processos denominados de escorregamento, tais processos são popularmente denominados de “terras caídas” (LABADESSA, 2011).

Tendo em vista que o rio em questão possui padrão meandrante, e seu comportamento é caracterizado por uma ampla migração lateral e extensas planícies de inundação (ADAMY, 2016), torna-se necessário uma opção de contenção que seja capaz de suportar a ação fluvial, condicionando a direção do fluxo do rio, sem causar grandes impactos ao meio ambiente, e garantindo, desta forma, a segurança das famílias ribeirinhas e evitando impactos à economia local.

Neste contexto aparecem os materiais geossintéticos, alternativas de materiais de construção que vêm ganhando cada vez mais destaque na Engenharia Civil, devido as inúmeras vantagens oferecidas para os mais diversos tipos de obras, como é o caso das fôrmas geotêxteis SoilTain® CP e DW, que dentre outras funções podem ser utilizadas como proteção ao avanço da erosão de margens e canais, e considerando sua flexibilidade, durabilidade, e por apresentarem-se como uma alternativa capaz de reduzir custos e garantir melhores resultados (HUESKER, 2018), estes materiais foram escolhidos para serem analisados como proposta para a contenção da erosão nas margens do Rio Madeira, e através de ensaios laboratoriais definir qual das duas opções geotêxteis SoilTain® pode ser utilizada como melhor opção econômica para proteção contra os avanços dos processos erosivos.

Considerando-se a importância da região portuária de Porto Velho, e a intensidade do avanço da erosão, que já atinge grande parte da Estrada de Belmont, as amostras utilizadas para a caracterização geotécnica e uso no preenchimento da fôrma SoilTain® DW, foram coletadas nesta região (Figura 1).

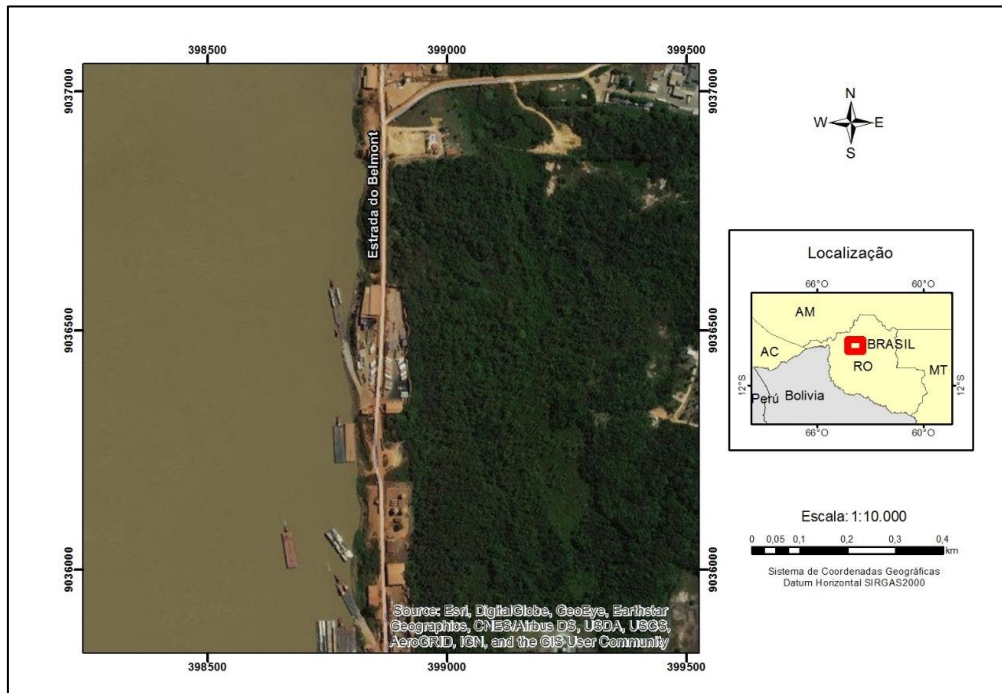


Figura 1 - Localização do ponto de coleta de amostras. Fonte: O autor.

2 - METODOLOGIA

A amostra de solo coletada para preenchimento da fôrma geotêxtil SoilTain® DW foi preparada para os ensaios de acordo com a norma DNER-ME 041/94, posteriormente foram determinados o Limite de Liquidez (LL), o Limite de Plasticidade (LP), a densidade real do solo e a análise granulométrica, para que pudesse ser efetuada o preenchimento da fôrma geotêxtil.

2.1 - Limite de Liquidez – LL: Utilizando 70g da amostra seca, o LL foi determinado seguindo as recomendações da norma DNER-ME 122/94, através do método de referência e obtendo os resultados através da curva de fluidez produzida através de uma reta com os valores de umidade, marcados em abcissas como os números de golpes correspondentes, marcados em ordenadas.

2.2 - Densidade real: A densidade real de um solo é determinada à temperatura de 20 °C, realizada pelas recomendações da norma DNER-ME 093/94. Foi dada pela média de três amostras, determinada pela equação 1:

$$D_t = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)} \quad (1)$$

Como a temperatura ambiente diferia dos 20 °C foi feito o cálculo de correção, com um valor K, determinado na Tabela presente nesta norma, pela equação 2:



$$D_{20} = k_{20} x D_t \quad (2)$$

2.3 - Análise granulométrica – Sedimentação: A análise tátil visual da amostra coletada indicou a presença de grandes porcentagens de partículas finas no solo, o que tornou necessário a realização do ensaio de sedimentação.

Para este ensaio, foi necessária a utilização de reagentes - hexametáfosfato de sódio (defloculante) e carbonato de cálcio (para elevar o PH da solução) – como sugerido pela norma DNER-ME 051/94, adotada para a realização deste ensaio. O ensaio foi realizado em um período total de 25h, no qual foram coletados dados de variação da densidade da solução e, posteriormente calculadas as porcentagens de material em suspensão para cada leitura, expresso por Q, de acordo com a equação 3:

$$Q = N_x \frac{\delta}{\delta-1} x \frac{1000(L-1)}{P_s} \quad (3)$$

Já para a determinação dos diâmetros das partículas em suspensão, foi aplicada a equação 4 baseada na Lei de Stokes:

$$d = \sqrt{\frac{1800 \eta}{\delta - \delta_a}} x \frac{a}{t} \quad (4)$$

2.4 - Ensaio de floculação: A presença de material fino pode ocasionar a colmatção dos poros do material do SoilTain® DW, sendo assim, torna-se necessária a utilização de polímeros que auxiliem a floculação do material. Foram testados quatro tipos de polímeros superfloculantes da marca KEMIRA, o C-492, o C-494, o A-130 e o N-300. Para a realização do ensaio de floculação, os polímeros foram diluídos em água, numa proporção de 1g/L, separadamente, com o auxílio de agitadores magnéticos. Após a diluição, foi adicionada uma quantidade de 200g da amostra de solo coletado para cada solução a fim de se analisar o desempenho de cada polímero no processo de floculação do solo.

Para a análise da velocidade de percolação das soluções pelo material geossintético, cada solução foi passada por um funil moldado com uma amostra do SoilTain® DW. Assim, pôde-se analisar qual dos polímeros teve o melhor desempenho no processo de floculação, sendo o C-492 escolhido pelo melhor resultado na filtração.

2.5 - Preenchimento do tubo geotêxtil SoilTain® CP com areia lavada: Para testar a percolação da água na fôrma SoilTain® CP, foi necessário o uso de areia lavada, água, um tubo de PVC com uma altura média de 1,5m de queda para a solução que foi introduzida por meio de um funil. O SoilTain® CP foi colocado sobre um estrado, montado com o tubo encaixado na abertura e um funil. Para o preenchimento, foi aplicada a solução na proporção de 2:1 litros de água para areia, agitando continuamente antes do lançamento no funil de queda para a bolsa, até o seu



completo preenchimento. O peso total do material sólido preenchido foi obtido após a completa drenagem da fôrma.

Preenchimento do tubo geotêxtil SoilTain® DW com solo do rio:

Para o ensaio com o SoilTain® DW, preliminarmente preparou-se uma solução com a diluição de 30g do polímero C-492 em 50 litros de água, ou seja, uma diluição de 1g para cada 1,5L de água. Com a solução preparada, foi montado para o ensaio, um sistema semelhante ao utilizado com SoilTain® CP, com uma altura de queda de 1m.

A lama para preenchimento do SoilTain® DW foi obtida pela diluição em um balde, na proporção de 5,5 kg do solo para em 5L da solução com o polímero. O lançamento foi efetuado procurando-se manter a solução sempre em agitação. Após o completo preenchimento da bolsa com a lama, observou-se um intervalo 10 minutos para drenagem do excesso de água. Após intervalo, ainda foi possível colocar 4L da lama, e após mais 10 minutos de drenagem, mais 1L da solução e a bolsa ficou completamente cheia novamente. O peso total do material sólido preenchido foi obtido após a completa drenagem da fôrma.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade real do solo ensaiado é igual a 1,227mg/L. Seu índice de plasticidade (IP) foi de 2%, indicando tratar-se de um solo com baixa plasticidade, determinado pela diferença do limite de liquidez (LL) de 28% e do limite de plasticidade (LP), igual a 26%.

Pela análise tátil visual, constatou-se que o solo era constituído por uma grande porcentagem de partículas finas, posteriormente confirmado pelo ensaio de sedimentação. De acordo com a curva granulométrica (Figura 2), observou-se que o solo analisado é constituído por 55% de silte e 45% de argila, classificação granulométrica de acordo com ABNT 6502/95, podendo assim, ser classificado como um solo silte-argiloso de baixa plasticidade.

A presença de material fino poderia comprometer a permeabilidade da fôrma geotêxtil SoilTain® DW, desta forma, tornou-se necessária a utilização de polímeros para auxiliar na floculação do solo, a fim de evitar a colmatação dos poros no SoilTain® DW. O polímero foi selecionado através do ensaio de floculação, sendo o C-492 o que apresentou o melhor desempenho para ser usado no preenchimento do material geossintético.

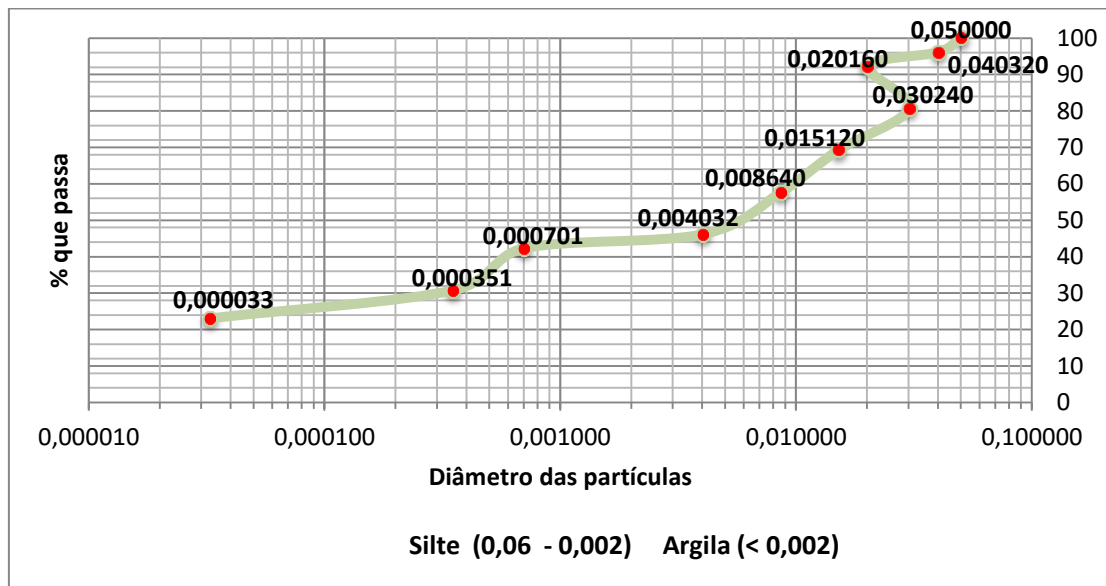


Figura 2 - Curva Granulométrica da amostra de solo. Fonte: O autor.

Durante o preenchimento da fôrma geotêxtil SoilTain® DW, foi observado que a lama com o material do rio, apresentou uma velocidade de drenagem média, coerente com a permeabilidade do solo silte-argiloso. O tempo de dessecação da lama dentro da fôrma geotêxtil, para que esta pudesse ser completamente preenchida apenas com o solo está apresentado na Figura 3.

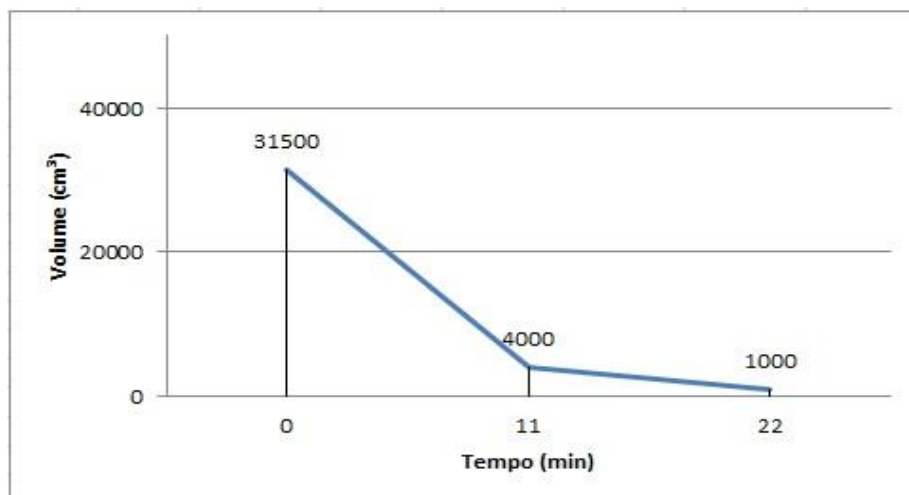


Figura 3- Curva de dessecação do lodo dentro do SoilTain® DW.

Para a elaboração desta curva, foram estipulados dois tempos, de acordo com a observação do processo de dessecação do lodo. Após 10 minutos do primeiro preenchimento total, conseguiu-se acrescentar 4.000 cm³ (4 litros) do lodo. No 2º tempo de dessecação, após 10 minutos, do 2º preenchimento total, foi possível acrescentar apenas 1000 cm³ (1 litro) do lodo.

A capacidade total de volume da fôrma geotêxtil SoilTain® DW, foi de 31,5 kg de material sólido, dado este obtido após a drenagem completa da fôrma.



No preenchimento com a fôrma geotêxtil SoilTain® CP, foi observado que a drenagem ocorreu com maior velocidade, em comparação com a SoilTain® DW. A facilidade para a permeabilidade da água, nessa situação, é devido à granulometria do material arenoso. A capacidade total de volume da fôrma geotêxtil SoilTain® CP, obtida após a drenagem completa da bolsa, foi de 51,5 kg de material sólido (areia).

A capacidade volumétrica das fôrmas não pode ser comparada para fins de análise de viabilidade técnica-econômica, porque estas não possuíam as mesmas medidas ou proporcionais.

A julgar pela facilidade do processo e pela velocidade de drenagem, a solução mais viável seria o uso da fôrma geotêxtil SoilTain® CP, no entanto, sugere-se o estudo econômico mais aprofundado, uma vez que a areia deveria ser transportada para o local de aplicação, devido ao fato de o material do leito do rio, como mencionado anteriormente, possuir em sua composição uma grande porcentagem de argila.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambas as opções das fôrmas geotêxteis SoilTain® analisados nesta pesquisa apresentaram um bom desempenho nos ensaios realizados, no entanto, a opção SoilTain® CP, foi a que permitiu uma drenagem mais eficiente, e que, aliada à não necessidade do uso de polímeros no processo de preparação da solução, foi sugerida como a melhor opção para ser utilizada de forma permanente na contenção da erosão nas margens do rio Madeira.

O uso da fôrma geotêxtil SoilTain® CP, apresenta vantagens consideráveis para a implantação como contenção da erosão na margem do rio Madeira, como alta resistência à tração a longo prazo, garantem uma barreira contínua, mesmo ao longo de grandes extensões (como no caso do rio Madeira), economia devido à diminuição significativa dos volumes requeridos de pedra e outros recursos naturais, além de elevada resistência ao intemperismo e flexibilidade para atender requisitos específicos do projeto, no entanto, considerando a possibilidade de vandalismo, caso recorrente em nosso país, e a possibilidade de acidentes com embarcações, seria necessário a utilização de um material de proteção acima das fôrmas geotêxteis, como exemplo, as geomembranas, o que diminuiria os riscos de danos à qualidade do produto e elevaria o tempo de vida útil da obra para aproximadamente 120 anos, prazo este, garantido pelo fabricante

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem a HUESKER pela concessão dos materiais para a realização da pesquisa, e ao engenheiro Pedro Henrique Marcondes, coordenador técnico da empresa, pelo apoio técnico necessário para a realização dessa pesquisa.



Vitória/ ES – Brasil

HIDROSEDIMENTOLOGIA NO CONTEXTO NEXO
PARA UMA SOCIEDADE SUSTENTÁVEL

XIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos
I Partículas das Américas

24 a 28 de setembro de 2018



REFERÊNCIAS

ADAMY, A. (2016). *“Dinâmica fluvial do Rio Madeira”* in Porto Velho: cultura, natureza e território, Org, por Silva, R. G. C., 2016, pp.120 - 147.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. DNER-ME 041/94: *Solos – preparação de amostras para ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. DNER-ME 051/94: *Solos – análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. DNER-ME 082/94: *Solos – determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. DNER-ME 093/94: *Solos – determinação da densidade real*. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. DNER-ME 122/94: *Solos – determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT. (2011). Hidrovia do Madeira. <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-madeira>, acessado em 05/2018.

LABADESSA, A. S. (2011). *“Terras Caídas”, as causas naturais e antrópicas: uma ocorrência na comunidade São Carlos – médio Madeira/RO*. Geingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Maringá, v. 3, n. 1, pp.45 - 61.

HUESKER, (2018). SoilTain® CP. <https://www.huesker.com.br/produtos/geossinteticos/formas-texteis/soiltain-cp.html>, acessado em 05/2018.

HUESKER, (2018). SoilTain® DW. <https://www.huesker.com.br/produtos/geossinteticos/formas-texteis/soiltain-dw.html> acessado em 05/2018.