

# SISTEMA VETIVER: TECNOLOGIA VERDE PARA ESTABILIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ENCOSTAS

João Henrique Eboli <sup>1</sup> e Carmem Lucas Vieira <sup>2</sup>

1-Engenheiro de Telecomunicações, Itaipava. Petrópolis, RJ, Brasil

[jheboli@gmail.com](mailto:jheboli@gmail.com)

2-Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Doutoranda em Planejamento e Gestão Ambiental PPGG (UFRJ)

[clucasvieira@yahoo.com.br](mailto:clucasvieira@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Características climáticas e geomorfológicas tornam a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, fortemente propensa à ocorrência de movimentos de massa. Contenções com grandes estruturas inertes geralmente demandam altos investimentos e custos de manutenção, podendo gerar um impacto visual negativo. Entre as diversas utilizações de Tecnologia do Sistema Vetiver (TSV), este trabalho apresenta uma aplicação de sucesso realizada no Distrito de Itaipava/Petrópolis, área turística na Região Serrana. Utilizaram-se materiais alternativos como sacos de juta, serragem e outras matéria orgânica para a cobertura do solo. Estruturas de solo-cimento, suportadas por toras de eucalipto tratadas, foram construídas em curvas de nível na metade baixa da encosta. No verão de 2008 houve o deslizamento translacional de grande volume de solo, atingindo a residência do autor, construída na base da encosta. O evento foi deflagrado por uma tempestade ocorrida durante a madrugada, acompanhada de muitas descargas atmosféricas de alta intensidade. Previamente ao deslizamento, registrou-se uma semana com precipitações intermitentes de grande potencial erosivo. O levantamento topográfico indicou uma superfície erodida com 1840m<sup>2</sup>, 47m de altura e 74m comprimento, sendo a maior largura de 43m. O gradiente aferido na metade superior foi 97% (44°) e na metade inferior 64% (33°). Antes do acidente, a encosta era fracamente coberta por vegetação rasteira e espécies arbustivas. Foram plantadas, inicialmente, 8.500 mudas de *Vetiveria zizanioides* em curvas de nível na metade superior, e 2.750 mudas na inferior, principalmente para o grampeamento vivo do solo. O custo total para estabilização da encosta foi, aproximadamente, US\$ 16.00/m<sup>2</sup>, incluindo materiais vivos e inertes, salários e encargos sociais e lanches para quatro trabalhadores. Desde o início do tratamento da encosta, já foram plantadas 13.820 mudas de *V. zizanioides* para controle de sedimentos e grampeamento vivo, em toda a propriedade, demonstrando o potencial do TSV na mitigação de desastres causados por fatores climáticos. Para proteger a encosta até o pleno estabelecimento do Vetiver, centenas de sacos de juta foram usados para reduzir a erosão superficial e na forma de “bio-logs” para conter sedimentos. As fortes chuvas que atingiram a Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 produziram uma das maiores catástrofes registradas no Brasil. A área tratada com a TSV não sofreu qualquer prejuízo na estabilização da encosta, sendo registrado 113mm de precipitação em cerca de 24 horas.

**Palavras chave:** Deslizamento, Estabilização de encosta, Controle de sedimentos.

## INTRODUÇÃO

Na madrugada do dia 2 de fevereiro de 2008, após cerca de uma semana de chuvas intermitentes, ocorreu um forte temporal, acompanhado de muitas descargas atmosféricas, com duração aproximada de 3 horas 30 minutos, das 23hs às 2h30min. cas. O evento atingiu a residência do autor, localizada em Itaipava, Distrito de Petrópolis, Região Serrana do Rio de

Janeiro, Brasil. Chuvas intermitentes continuaram ocorrendo por um período de mais duas semanas. Foram contabilizadas 9 vítimas fatais em Itaipava, 16 feridos, 1.880 pessoas desalojadas e 45.000 afetadas, segundo dados da Defesa Civil de Petrópolis. O solo saturado, as vibrações provocadas pelas fortes descargas atmosféricas e as características geográficas da área, causaram diversos deslizamentos em todo o Distrito. Um dos maiores eventos foi registrado na encosta considerada. A bacia erodida apresentou formato côncavo com área total deslizada de 1.840m<sup>2</sup>, 74 metros de comprimento, 43 m na maior largura e altura de 47 m (figura 1). Antes do deslizamento, a encosta era coberta com a gramínea *Melinis minutiflora* (capim meloso) e vegetação arbustiva (figura 2). Até o ano de 1993 ocorreram diversas queimadas dessa cobertura vegetal.



**Figura 1. Encosta após o deslizamento, em 2008.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2008.

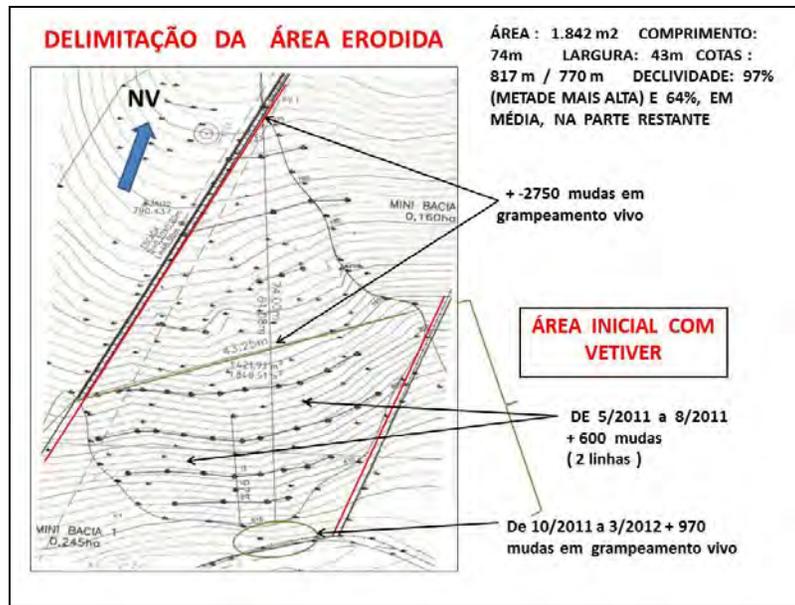


**Figura 2. Encosta em 1994, antes do deslizamento.**  
Fotografia: João H. Eboli, 1994

Segundo dados da Defesa Civil de Petrópolis, na madrugada do dia 2 de fevereiro foram registrados no intervalo de 30 minutos de maior precipitação, 130mm. Através de pesquisa bibliográfica, verificou-se a indicação de aplicação do Capim Vetiver, entre outros, para contenção de encostas (Bertoni & Lombardi, 2005, pág.104). Pesquisas subsequentes foram direcionadas ao entendimento para uso, manejo e propagação do *V. zizanioides* (Truong & Loch, 2004; Pereira, 2006; Truong, Tran T. Van, Pinners, 2008). Contatos foram efetivados junto a técnicos do Centro Integrado de Educação Rural (CIER), localizado na cidade de Boa Esperança, Estado do Espírito Santo, Brasil. A partir desses contatos, 8.600 mudas em “raiz nua” do capim Vetiver foram disponibilizadas para início do trabalho de estabilização da encosta, utilizando-se material vegetal vivo associado a materiais orgânicos inertes.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente, foi realizada uma caracterização da encosta e da área onde houve o deslizamento (figura 3). A bordo superior da área erodida esta a uma cota de 817m e a uma distância aproximada de 6m do divisor de águas. A bordo inferior foi registrado na cota de 770 m. O gradiente de declividade aferido para a metade superior foi de 97% (44°) e na metade inferior foi de 64% (33°).



**Figura 3. Delimitação da bacia erodida e áreas de intervenção com o Vetiver.**  
**Elaboração:** João H. Eboli, 2008.

A área erodida possui forte concavidade e seu eixo central perfaz um ângulo de 5 graus a noroeste da direção do norte verdadeiro, interceptando a linha de talvegue na cota de 770m, a oeste da divisa com o terreno adjacente, também fortemente atingido. As propriedades do solo foram definidas por meio da análise de amostras coletadas em diferentes pontos da encosta. Logo após o deslizamento, as análises revelaram um solo com textura franco-arenosa, ph ácido, pouca matéria orgânica, baixa fertilidade e baixos teores de bases trocáveis (CTC). Em 2013, novas análises de solo revelaram um solo de textura média, com sensível melhoria das propriedades químicas. Imediatamente após o deslizamento, foram escavados canais para desviar as águas provenientes do alto e do limite leste da área erodida, em direção à linha de talvegue. Na parte superior da encosta foram feitos patamares transversais desviando as águas para as laterais. Chuvas intermitentes seguidas de algumas precipitações mais fortes continuaram ocorrendo por aproximadamente mais duas semanas. As mudas recebidas do CIER foram plantadas em sacos plásticos com dimensões de 20 cm x 14 cm. Utilizou-se terra da encosta misturada em partes iguais de adubo orgânico, acrescentando-se de 10 a 15g/muda do adubo superfosfato simples. As mudas permaneceram no berçário por cerca de 30 dias para aclimação e desenvolvimento, antes do plantio definitivo na encosta (figura 4).



**Figura 4. Um dos cinco berçários de mudas de capim Vetiver implantados até final de 2008**

Do total de mudas utilizadas, aproximadamente 100 unidades foram separadas para eventuais manutenções, sendo também cultivadas como matrizes para futuras ampliações da área vegetada na encosta. Durante a aclimatação e desenvolvimento das mudas, foram feitos acertos na encosta (figura 5). Na metade mais alta foram plotadas as curvas de nível espaçadas de 1,0m a 1,5m. Na parte baixa foram construídos quatro patamares com solo-cimento ancorados em toras de eucalipto tratadas e impermeabilizadas, com dimensões de 2,20 m de comprimento por 12 cm de diâmetro (figura 6). A terra oriunda do acerto da metade superior foi usada para compor os patamares, o que também permitiu abaixar o centro de gravidade da encosta, contribuindo para sua estabilidade. Após o transplante das mudas do capim Vetiver e até o seu pleno desenvolvimento, foram usados retentores de sedimento auxiliares, *bio-logs*, feitos com sacos de juta (figuras 7). Para sua confecção utilizou-se diferentes materiais orgânicos no seu preenchimento, como serragem, folhas verdes de gramíneas, folhas secas, entre outros. Estes retentores foram colocados em muitos pontos da encosta. Mais tarde, foram utilizados alguns poucos retentores feitos com palhas oriundas de poda das folhas do Vetiver (figura 8). Hoje em dia, uma nova aplicação de retentores auxiliares se tornou dispensável, e todos implantados anteriormente estão plenamente incorporados ao solo.

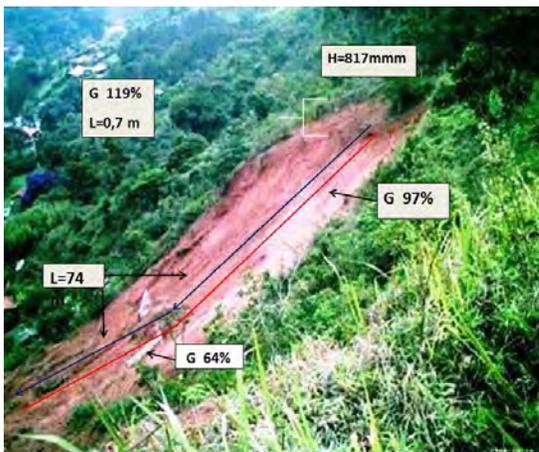


Figura 5. Acertos realizados na encosta.  
Fotografia: João H. Eboli, 2008.



Figura 6. Patamares de solo-cimento com escoras de eucalipto.  
Fotografia: João H. Eboli, 2008

Inicialmente, os intervalos entre as curvas de nível foram cobertos com a mesma mistura de materiais orgânicos na proporção de 0,5 kg/m<sup>2</sup> e forrados com sacos de juta grampeados ao solo (figuras 9 e 10). Tal procedimento reduziu o desprendimento das partículas do solo causadas pelas gotas de chuva, aumentando a rugosidade superficial e reduzindo a erosão hídrica. De modo complementar, a cobertura com matéria orgânica serviu de substrato para o desenvolvimento das mudas, protegendo-as contra a insolação direta, reduzindo a evapotranspiração, e auxiliando no estabelecimento do capim Vetiver na época de baixa precipitação, de julho a setembro.



**Figura 7. Bio logs confeccionados com juta e um mix de matéria orgânica.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2008.



**Figura 8. Bio logs confeccionados com Vetiver.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2009.



**Figura 9. Sacos de juta fixados ao solo e linhas de capim Vetiver.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2008.



**Figura 10. Capim Vetiver em área coberta com sacos de juta.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2010. ( Declividade aprox. 50°)

Foram transplantadas 10 mudas de capim Vetiver por metro linear, em curvas de nível. Na metade mais alta, foram utilizadas 8.500 mudas oriundas do CIER. Aproximadamente 100 mudas foram usadas em manutenção entre 2009 e 2010. Ainda neste período, foram transplantadas mais 2.750 mudas, sendo a grande maioria na função de grampeamento vivo. De maio de 2011 até março de 2012 foram acrescentadas 1.570 mudas, sendo mais tres linhas em nível e em grampeamento vivo, acima da cota de 870m. De outubro 2012 a março 2013 mais 900 mudas foram usadas em toda a área da residência. Em resumo, foram transplantadas cerca de 13.800 mudas, no total. Há cerca de 3.000 mudas ainda disponíveis, entre as touceiras e o berçário, para futuras utilizações.

Na função de grampeamento vivo foram usadas de 2 a 3 mudas por m<sup>2</sup>, inclusive em um pequeno talude com inclinação de 50°, que contorna a borda superior da bacia erodida.

Desde 2010, as mudas são produzidas localmente, na propriedade, sendo algumas delas originadas de touceiras já desenvolvidas e oriundas do transplante de colmos maduros. Durante o processo de reabilitação da encosta, foram plantadas de modo complementar algumas espécies de plantas leguminosas, como *Arachis pintoii*, *Crotalaria juncea*, *Stylosanthes guianensis* e *Leucaena leucocephala* (figura 11). Na parte inferior da encosta, também foram plantadas diversas árvores frutíferas de pequeno porte (figura 12).



**Figura 11. Capim Vetiver e *Arachis pintoii* (grama-amendoim).**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2011.



**Figura 12. Capim Vetiver e espécies arbóreas de acerola e pitanga.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2012.

O trabalho de drenagem superficial foi concluído em setembro de 2009. Antes de chegar à linha da drenagem pública, o *run-off* é coletado e passa por nove caixas para reduzir a energia cinética da água e decantar os sedimentos (figura 13). Atualmente, o total de nove caixas mostrou ter sido uma precaução exagerada, já que a água coletada na primeira é praticamente isenta de sedimentos e o volume escoado é, em média, a metade do projetado. Tais fatos comprovam que a encosta permanece estável, totalmente estabilizada, com excelente desempenho do capim Vetiver nas “barreiras verdes”, nos “grampeamentos vivos” e na ampla cobertura da superfície do solo (figura 14).



**Figura 13. Tubulação para coleta e drenagem da encosta.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2009.



**Figura 14. “Barreira verde” e cobertura do solo.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2011.

Experiências bem sucedidas foram feitas com colmos maduros deixados em água pura por cerca de 30 dias, até o surgimento de raízes e alguns brotos. Muitas das mudas transplantadas foram produzidas desta forma (figura 15). Após a divisão das touceiras, as mudas foram colocadas em baldes com água pura até o surgimento de novas raízes e brotos, o que levou em média de 15 a 20 dias (figura 16). Tubetes com dimensões de 15 cm x 5 cm foram utilizados para o desenvolvimento de mudas pequenas e de colmos. Esta técnica, no entanto, requer muita atenção para evitar que as raízes novas fiquem enoveladas (figura 17). Em alguns casos, após o transplante, foi constatada a dificuldade do desenvolvimento das mesmas. Atualmente, estão sendo feitas novas tentativas, e o melhor acompanhamento do desenvolvimento das mudas. Para o cultivo em embalagens plásticas, as dimensões usadas foram 20 cm x 14 cm e 15 x 13 cm. No seu preenchimento foi utilizada terra da encosta misturada, em partes iguais, com adubo orgânico e 10 a 15 g por muda de superfosfato simples (figura 18).



**Figura 15. Colmos com raízes e brotos.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2012.



**Figura 16. Mudas com raízes e brotos novos.**  
Fotografia: João H. Eboli, 2011.



**Figura 17. Muda retirada de tubete.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2012.



**Figura 18. Cultivo em embalagens plásticas e tubetes.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2012.

Com o objetivo de demonstrar o comprimento e a densidade das raízes do Vetiver, foram utilizadas duas peças de um tubo de PVC com 30 cm de diâmetro e alturas de 1 m e 2 m, preenchidos de forma diferenciada com terra compactada. Foram plantadas nessas peças duas mudas do Vetiver no início do mês de abril de 2012. O desenvolvimento da muda no tubo de 2 metros de altura recebeu maior acompanhamento, constatando-se que as raízes atingiram a base rente ao solo no final do mês de dezembro 2012, após nove meses de cultivo, com uma taxa de crescimento de aproximadamente 7,5 mm/dia (figuras 19).



**Figura 19. Vetiver em tubo de PVC; H = 2 m, h = 1, D = 0,30 m.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em 2010 a área erodida já apresentava estabilidade (figuras 20 e 21). Nos anos seguintes foram feitos melhoramentos no interior da bacia erodida, nas laterais e na cabeceira da metade superior da encosta. Nas cotas mais baixas, o Vetiver foi amplamente usado na função de grampeamento vivo.



**Figura 20. Encosta estabilizada em 2010.**

**Fotografia:** João H. Eboli, 2010.

O teste mais rigoroso ao qual a TSV foi submetida, na aplicação em causa, ocorreu em 11 de janeiro de 2011, quando em menos de 24 horas a precipitação acumulada atingiu a 113 mm, medido pelo pluviômetro instalado no local, cedido pela Defesa Civil de Petrópolis após o deslizamento de 2008. É importante destacar que em dezembro de 2010 a precipitação mensal acumulada chegou a 350 mm, com forte concentração nos últimos 15 dias do ano. A ocorrência de descargas atmosféricas neste evento, entretanto, foi baixa.



**Figura 21. Encosta totalmente vegetada. (Após as chuvas de 11/2011)**

**Fotografia:** João H. Eboli, 2011.

A encosta continuou a ser submetida a situações naturais de teste na sua estabilidade, sendo algumas bastante rigorosas. As barreiras verdes, os grampeamentos vivos com o Vetiver, a cobertura do solo em mais de 95% e o sistema de drenagem superficial tem tido um ótimo desempenho (figuras 22, 23 e 24). Em novembro de 2010, de forma muito cautelosa, foi feita uma verificação em três pontos da encosta para coleta de dados e aferições da profundidade e o volume das raízes do Vetiver. A profundidade explorada pelo sistema radicular do capim vetiver foi de aproximadamente 1,80 m a 2,50 m. O que mais impressionou, nos pontos examinados, foi o denso entrelaçamento entre as raízes, formando uma verdadeira rede, a uma profundidade aproximada de 60 cm.



**Figura 22. “Barreira verde” com Vetiver na parte superior da encosta.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2010.



**Figura 23. Canaleta de drenagem transversal ao declive da encosta.**  
**Fotografia:** João H. Eboli, 2011. ( Após as chuvas de 11/2011 )



Figura 24. “Grampeamento vivo” abaixo das escoras de eucalipto, metade baixa da encosta.

Fotografia: João H. Eboli, 2013.

A manutenção da área vegetada tem consistido na remoção de folhas secas, realização de duas podas anuais, controle de espécies invasoras, limpezas esporádicas do sistema de drenagem e inspeções em toda a área após ocorrência de fortes chuvas. Até o pleno estabelecimento das mudas, são realizadas duas irrigações por semana, dependendo da época do plantio. De 2009 até 2012 foram feitas duas adubações com NPK 10/10/10, aplicando-se 90g por metro linear em pequenos sulcos, abaixo das linhas e afastando-se 15 cm da base das mudas. Nenhuma retificação importante foi requerida na encosta, até os dias atuais (junho 2013). O custo total da técnica, de 2008 a 2009, envolvendo materiais, mão-de-obra, encargos sociais, alimentação e o projeto topográfico não superaram US\$ 29.000 para uma área de 1.840m<sup>2</sup>, correspondendo a US\$ 16 por m<sup>2</sup>. A execução do projeto envolveu a mão-de-obra do proprietário, de um caseiro e mais dois ajudantes, sem considerar a elaboração do projeto de topografia.

## CONCLUSÕES

Os trabalhos executados demonstraram o real potencial da TSV em mitigar os efeitos drásticos dos fatores climáticos que correntemente provocam desastres naturais em encostas de grande fragilidade ambiental. O uso de mudas de *Vetiveria zizanioides* de boa procedência associadas a uma correta aplicação técnica asseguraram a estabilidade da encosta, mesmo com a ocorrência das fortes chuvas subsequentes. A Tecnologia do Sistema *Vetiver* apresenta baixo custo quando comparada aos processos convencionais, e pode complementar outros métodos de estabilização de encosta como, por exemplo, a aplicação em conjunto com solo-cimento, e demonstrou sua capacidade na reabilitação da encosta erodida. O grampeamento vivo utilizando o capim *Vetiver* apresentou excelentes resultados, com a aplicação de 2 a 3 mudas por m<sup>2</sup>. Hoje, após seu pleno estabelecimento, e adequada manutenção, o emprego da TSV para estabilização de encostas demonstra grande potencial de aplicação para as condições climáticas do Brasil, especialmente a região sudeste, onde estes serviços foram realizados.

## REFERÊNCIAS

Bertoni J. e Lombardi F. (eds.) 2005. Conservação do Solo. Editora ÍCONE – São Paulo, Brasil.

Hengchaovanich, D. & Nilaweera, N. An Assesment of Strenght Properties of Vetiver Grass Roots in Relation to Slope Stabilization. – International Conference on Vetiver – Bangkok, 1996.

Rural Notícias (eds). 2008. Controle da Erosão do Solo com Vetiver. Emater. Caxambú, Minas Gerais, Brasil.

Guerra, A. J. T. e Silva, A.S. e Botelho R.M. (eds.). 1999. Erosão e Conservação do Solo – Conceitos, Temas e Aplicações. Editora BertrandBrasil – Rio de Janeiro, Brasil.

Chomchalow, N. 2000. Techniques of Vetiver Propagation. Technical Bulletin N°2000/1 (PRVN) – Bangkok, Thailand.

Pereira, A.R. 2006. Uso do Vetiver na Estabilização de Taludes e Encostas. Boletim Técnico nº3, Deflor Bioengenharia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Truong, P. e Loch R. (eds.). 2004. Vetiver System for Erosion and Sediment Control. Publicado na 13ª International Soil Conservation Organisation Conference, 2004, Brismane, Austrália.

Truong, P.; Pinnars E. e Tran Tan Van (eds.). 2008. Vetiver System Application: Technical Reference Manual. Publicado por The Vetiver Network International ( TVNI ).

Greenfield, John. Vetiver Grass: The Hedge Against Erosion.