

Vegetação como instrumento de proteção e recuperação de taludes

Vegetation as a tool for protection and recovery of slopes

Frances Ley Melo¹, João Batista Pavesi Simão², Marco Aurélio Costa Caiado³, Otacílio José Passos Rangel⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi levantar as características da vegetação, suas condições e técnicas de cultivo, e seus benefícios na recuperação ambiental em taludes. Trata-se de uma revisão do que existe, especialmente utilizando vegetação, onde buscou explicar as razões de sua utilização, a importância dos cuidados na escolha das espécies, de iniciar com gramíneas e leguminosas, comparar os tipos de raízes e reconhecer funções diferenciadas para cada grupo de plantas. É apresentada uma lista dos efeitos benéficos do capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), que conjuga os benefícios da vegetação arbórea com os benefícios das gramíneas. São descritos quando e em quais condições a vegetação arbórea é necessária e cita principais métodos de plantio sobre áreas em declive para o controle de processos erosivos. Apesar dos efeitos antagônicos da vegetação em áreas de talude (Coelho e Pereira, 2006), não deixa dúvida quanto à sua importância e de como viabilizar sistemas ecológicos mais sustentáveis. Uma análise dos fatores ambientais, edáficos, climáticos e até da orientação do talude com relação ao eixo cartesiano, implica técnicas diferenciadas. Enquanto a vegetação de menor porte ou rasteira tem função de revestir e proteger o talude, a vegetação arbórea tem influência na proteção de talude contra rupturas.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas, taludes, gramíneas, leguminosas, árvores

Abstract - The aim of this study was to present a literature review on the vegetation characteristics, conditions and cultivation techniques, and their benefits to the environmental recuperation of embankments. In this article, we explain the reasons of using vegetation, the importance of choosing the species and to start with grasses and legumes. In addition, we compared types of roots and recognize different functions for each plant group. A list of the beneficial effects of the Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*), which combines the benefits of trees with the ones of grasses. It is described when and in what conditions woody vegetation is required and cited the main methods for planting in areas of steep slopes for erosion control. Despite the antagonistic effects of vegetation on steep areas, this article shows the importance of more sustainable ecological systems and how to implement them. It is shown that an analysis of edaphic and climatology factors, as well as the slope orientation, implies different techniques of recuperation. In addition, it is shown that, while short vegetal species has the functions of covering and protecting slopes, arboreal vegetation protects embankments against disruptions.

Keywords: recovery of degraded areas, slopes, grasses, legumes, trees

INTRODUÇÃO

Taludes desprotegidos sofrem processos erosivos, perda de solo produtivo, degradação ambiental e geram riscos de acidentes, quando a força da gravidade se sobressai aos fatores de resistência do maciço que se rompe e acontecem os movimentos de massas gravitacionais. O desmatamento causa instabilidade (SUAREZ, 1997), a vegetação é importante agente estabilizador em taludes (SILVA, 2008-a).

Com a expansão urbana e as construções sendo feitas em regiões de encostas, acima delas com a retirada de vegetação nativa, o revolvimento de terra, a prática de cultivos impróprios, e abaixo das encostas, fazendo escavações e desestruturando o relevo e desestabilizando ainda mais os taludes. A ocupação desordenada de morros adiciona carga extra à massa sedimentada.

Progressivamente, taludes desprotegidos e degradados sofrem deslizamentos e vitimam vidas, deixando famílias desestruturadas, chocando o mundo, além de enormes prejuízos financeiros. Constantemente,

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/11/2013; aprovado em 14/12/2013

¹Formação em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Ambiental, Especialização em Agroecologia e Especialização em Análise e Perícia Ambiental. Perito de Meio Ambiente do Ministério Público. E-mail: melofrances@yahoo.com.br

²Eng. Agr. D. Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: jbpavesi@ifes.edu.br

³ Eng. Agr., Ph.D. Biological Systems Engineering, Prof. Adj. do Inst. Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Vitória. E-mail: mcaiado@ifes.edu.br

⁴ Eng. Agr. D. Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: ojprangel@ifes.edu.br

estradas são interditadas, áreas deixam de ser agricultáveis.

A necessidade do conhecimento na prevenção destes prejuízos é fundamental. Existem trabalhos de engenharia civil, agrônômica ou florestal, de geotecnia, dentre outras áreas, que tratam da utilização de vegetação na proteção e recuperação de taludes. Mesmo na construção civil a vegetação está entre as opções mais utilizadas.

O objetivo deste trabalho foi levantar as características da vegetação apropriada, suas condições e técnicas de cultivo, e seus benefícios na recuperação ambiental em taludes.

A importância da Vegetação

O desmatamento causa instabilidade (SUAREZ, 1997), a vegetação é importante agente estabilizador em taludes e sua retirada é a principal causa dos movimentos gravitacionais de massa (SILVA, 2008-a). Coelho e Pereira (2006) comparam dois taludes nas mesmas condições de declividade e fator de segurança, porém, um com vegetação e outro sem. Ambos reagiram de forma diferente, sendo que a vegetação contribuiu para melhorar a estabilidade do talude, mesmo em condição saturada.

Segundo Silva (2008-b) a remoção da vegetação de uma encosta implica em uma série de fatores que tendem a reduzir o coeficiente de segurança, que conforme Guidicini e Nieble (1983) é a cessão imediata do efeito estabilizador sobre os prejuízos causados pelas variações térmicas e climáticas que atuam nos solos, como a quebra dos agregados, e desestruturando o solo. Cessão também dos efeitos das partes aéreas, tais como interceptação, retenção e evapotranspiração, aumentando a quantidade de água que atinge o terreno e que nele se infiltra.

Em curto prazo, acontece a elevação do lençol freático, pela calcinação e erosão da camada superficial de detritos, e pela perda da evapotranspiração, com possíveis reflexos na saturação do solo superficial e aumento de seu peso. Em médio prazo, acontece a perda dos efeitos mecânicos pela deterioração do sistema radicular, e a redução da resistência às rupturas pelo talude. Também influenciando na elevação do lençol freático, Blight (1987) considera a redução das tensões capilares pela perda da vegetação.

Para Bertoni & Lombard Neto (1990), entre os efeitos da vegetação na proteção do solo estão o aumento da infiltração através dos canalículos que as raízes das plantas deixam no solo após sua decomposição, e a redução da velocidade do escoamento superficial.

Cuidados na escolha da vegetação

Para Pereira (2006) é de grande importância o conhecimento das espécies para a escolha adequada e aplicação nos locais desejados. Sobre a interferência da

vegetação sobre a estabilidade dos taludes apresenta os principais efeitos positivos das plantas por meio das raízes, em que elas agregam partículas de solo aumentando a coesão, a resistência do solo, a taxa de infiltração de água e a porosidade, e funcionam como canais de sucção. Pelos caules e folhas, elas reduzem a erosão pelo efeito *Splash*, a erosão laminar, a rugosidade e, nos caso das rasteiras, recobrem eficientemente o solo. Como principais efeitos negativos das plantas, por meio das raízes, elas podem danificar estruturas cimentadas. Quando secas, as raízes podem concentrar fluxo de água pluvial, as finas e superficiais impedem a infiltração e desagregam partículas de solo. Pelos caules e folhas, as árvores em taludes, o peso aumenta as forças atuantes provocando deslizamentos. As plantas altas e de folhas largas podem causar erosão pelo aumento do efeito *Splash*, o vento em árvores produz forças sobre as massas de solo, ativando deslizamentos.

Greenway (1987), Coppin e Richards (1990) sintetizam os principais efeitos hidromecânicos da vegetação na estabilidade de taludes, com efeitos positivos (+) e efeitos negativos (-), conforme apresentado na tabela 1.

Bertoni & Lombard Neto (1990) enfatizam a necessidade do reconhecimento da textura e do pH do solo. Através da textura é possível conhecer a quantidade de água disponível para a planta, o desenvolvimento das raízes e a erodibilidade do solo. Se tratando de plantas resistentes, estas se adaptam às variações de texturas de solo, em que a maioria têm um bom desenvolvimento com o pH entre 5,5 e 7,0, mas existem aquelas que toleram elevados níveis de acidez, tornando-se de grande importância para recuperação de áreas degradadas, especialmente taludes com solos ácidos.

Segundo Angelis Neto et al. (2004), a escolha da vegetação para recuperação de áreas degradadas deve pautar-se nas espécies nativas da região, quando as condições ambientais do solo não exigir plantas mais resistentes. Segundo Jakovac (2007) são comumente utilizadas no Brasil espécies exóticas como a braquiária (*Brachiaria* sp.), além de outras, por apresentarem altas taxas de germinação e rápido crescimento. Segundo Petersen (2004), o desenvolvimento das nativas pode demorar mais, embora sejam mais resistentes às variações do ambiente e perturbações climáticas. Outra vantagem (KAGEYAMA & GANDARA, 2000) é que em seu habitat natural a vegetação mantém maior interatividade com os fatores do ambiente como os polinizadores, dispersores de sementes, predadores naturais, dentre outras.

Tabela 1 – Efeitos hidromecânicos da vegetação na estabilidade de solos de taludes

Natureza do efeito	Influência	Mecanismo hidrogeológico	Superficia	Subsuperficia	Profunda ³
			I ¹	II ²	
Equilíbrio de forças da massa do solo	Reforçament o radicular	Raízes reforçam o solo, aumentando sua resistência ao cisalhamento	+	+	
	Atirantament o radicular	Raízes de árvores podem ancorar em estratos firmes,		+	+
	Ancorament o radicular	proporcionando suporte a estratos superiores de menor coesão		+	+
	Sobrecarga	O peso de árvores sobrecarrega o talude, aumentando os componentes da força normal e descensional		-	
	Tombament os	A vegetação exposta ao vento transmite forças dinâmicas para o talude		-	
	Recobriment o superficial	A folhagem e a biomassa decaída protegem o solo e fornecem substâncias agregantes	+	+	
	Retenção	Partículas minerais do solo são soldadas pelas raízes superficiais	+		
Alterações do regime hídrico do solo	Interceptaçã o	A parte aérea intercepta e evapora a precipitação, reduzindo a quantidade de água infiltrada	+	+	
	Infiltração	Raízes e ramos aumentam a rugosidade superficial e a permeabilidade do solo, aumentando a infiltração	+/-	+/-	+/-
	Evapotranspi -ração	A sucção radicular retira umidade, reduzindo a poropressão da água no solo. Em situações extremas, pode gerar trincamentos, gerando altos índices de infiltração	+/-	+/-	+/-
Microclima solo-atmosfera	Proteção	Diminuição da força trativa de ventos	+		
	Isolamento térmico do solo	Proteção contra trincamentos por calor ou frio	+	+	

Fonte: adaptado de Coelho e Pereira (2006);

(1) até 0,30 m de profundidade; (2) de 0,30 a 1,50 m de profundidade; (3) mais de 1,50 m de profundidade.

A importância do plantio iniciar com gramíneas e leguminosas

Segundo Bandeira *et al.* (2003) o plantio deve começar pelas gramíneas. Elas são as preferidas para os projetos de recuperação ambiental, por suas características morfológicas e fisiológicas que promovem rápida formação de cobertura vegetal no solo e criação, até certo ponto, de um novo sistema sustentável (CAMPELLO, 1996). Demandam menores quantidades de nutrientes e liberam boa quantidade de matéria orgânica para o solo.

As gramíneas apresentam características que as tornam mais evoluídas e diversificadas quanto ao desempenho fotossintético, arquitetura das raízes e formas

de reprodução (PEREIRA, 2006), possuem metabolismo do tipo C4, portanto, com crescimento acelerado e elevada produção de matéria seca (KRETSCHMER e PITMAN, 1995); o volume de raízes desenvolvidas é superior ao da parte aérea, o que reforça a indicação deste grupo de plantas como meio de incrementar as condições físicas do solo (EINLOFT 1996); apresentam sistema radicular fasciculado, em que a raiz primária não é desenvolvida e as secundárias são ramificadas e abundantes, ficando na camada mais superficial do solo e contribuindo com sua estrutura (GRAY e SORTIR, 1996); pela relação carbono/nitrogênio das raízes que são decompostas lentamente, essas plantas atuam como agentes

estabilizadores dos macroagregados (TISDALL e OADES, 1982).

As gramíneas são as plantas mais bem adaptadas à queima, graças aos meristemas protegidos abaixo do solo (DAUBENMIRE, 1968; COUTINHO, 1994); a queima somente das partes aéreas das gramíneas não afetam sua estabilidade e proteção, desde que mantidas as condições ambientais para sua recuperação e rebroto (COUTO, 2010); geralmente as raízes das gramíneas chegam a menos de 1 metro de profundidade, com exceção do Capim Vetiver em que as raízes atingem até 3 metros de profundidade e, dependendo do cultivo, pode chegar a até 5 metros (PEREIRA, 2006); e essas condições são exatamente as de solos secos, pois em nível freático alto, suas raízes não se prolongam tanto (TRUONG, 2008).

As plantas leguminosas são eficientes na restauração da fertilidade dos solos, incluído aí o de taludes de corte, especialmente com as herbáceas, pois interagem com bactérias que conseguem fazer a fixação de nitrogênio do ar transformando-o em forma absorvível e servindo de adubo para as plantas; podem ser consorciadas com as gramíneas na fase primária de sucessão ecológica, produzindo biomassa e compondo ainda mais o solo para estas e outras plantas se fixarem e desenvolverem, fazendo a composição da mata e a manutenção do ecossistema (PEREIRA, 2006); pioneiras na cronossequência da sucessão vegetal, de crescimento rápido, fácil manipulação por sementes e tolerantes às condições extremamente adversas (CAMPELLO, 1996).

Ao contrário da maioria das gramíneas, a maioria das leguminosas, principalmente as herbáceas, apresenta raízes pivotantes, com desenvolvimento da raiz primária predominando sobre as secundárias, que permite boa exploração de camadas profundas e compactadas. Existem as estoloníferas que podem apresentar raízes adventícias próximas aos nós do estolão e formando uma estrutura radicular fibrosa (KRETSCHMER e PITMAN, 1995).

Segundo Boni (1994) as leguminosas concorrem expressivamente para maior agregação das partículas do solo, ciclagem de nutrientes, maior retenção de água no solo, dentre outros fatores físicos, bem como proteção de cobertura, diminuindo as perdas. Sabe-se também que a proteção de cobertura protege o solo dos agentes climáticos. Segundo Souza (1997), essas plantas gastam uma quantidade maior de energia no desenvolvimento das partes aéreas, que contribuem mais com a produção de matéria seca para o solo do que as gramíneas.

A consorciação desses dois grupos, de composição bem heterogênea de espécies, aumenta a intensidade da ciclagem de nutrientes, reduz a incidência de pragas, aumenta o recobrimento do solo e a eficiência na estabilização laminar, tendo em vista que cada espécie escolhida atinge uma profundidade diferente (COUTO *et al.*, 2010).

Segundo Resende *et al.* (2001), um outro aspecto relevante para recuperação de áreas degradadas é a

simbiose micorrízica que ocorre entre alguns fungos e raízes de plantas, aumentando a capacidade da planta em explorar maiores volumes de solo e maior absorção de nutrientes e de água. Esse efeito acontece justamente em solos estressados, onde a absorção de nutrientes vai além das raízes, através das hifas micorrízicas.

Segundo Galas (2006) a escolha das sementes deve levar em consideração a pureza e o poder germinativo da mesma. As espécies devem ser selecionadas considerando a adaptabilidade edafoclimática, rusticidade, capacidade de reprodução, perfilamento e velocidade de crescimento.

Para Resende *et al.* (2001), a utilização das leguminosas apresenta benefícios adicionais, com diminuição de custos com a redução da necessidade de insumos externos, sobretudo fertilizantes nitrogenados e minimiza riscos de contaminação dos recursos naturais.

Para Resende *et al.* (2001), a escolha de plantas bem adaptadas e eficientes maximiza a produção de biomassa. Em princípio, qualquer espécie pode ser utilizada. Mesmo as que não nodulam, por apresentarem baixa relação carbono/nitrogênio, favorecem a decomposição e reciclagem de material orgânico e cria um ambiente favorável à vida microbiana do solo.

A interferência das raízes na estabilidade de taludes

Uma vegetação densa de gramíneas ou de herbáceas pode diminuir em até mil vezes o processo de erosão (USDA, 1978) e oferecer uma das melhores proteções superficiais, pois o tipo de vegetação e o tipo de processo de degradação condicionam os benefícios que se pretende alcançar, se de proteção, ou de estabilização de encostas (GRAY & SOTIR, 1996; ARAÚJO *et al.*, 2005). Enquanto a vegetação herbácea é mais efetiva no controle da erosão superficial, a vegetação arbórea desempenha um melhor papel na prevenção ou mitigação de rupturas superficiais de massa, principalmente nos deslizamentos superficiais de encostas e taludes (GRAY e LEISER, 1989).

Enquanto as raízes da maioria das gramíneas se restringem à proteção superficial, para Silva (2008-b) as raízes das leguminosas de porte arbustivo e subarbustivo exploram camadas mais profundas do solo, logo, dando maior estabilidade ao talude. Segundo Morgan & Rickson (1995), as árvores adicionam cargas ao talude aumentando seu peso, mas as raízes das árvores reforçam o solo, influenciando indiretamente no ciclo hidrológico e pressões internas do talude.

Segundo Coelho e Pereira (2006) o aumento da resistência ao cisalhamento é feito especialmente pelas radículas das plantas pela relação superfície/volume radicular. Já a estabilização de movimentos de massa é feita pelas raízes pivotantes, que atuam como “tirantes vivos”, promovendo o ancoramento dos materiais do talude. Através deste ancoramento as tensões de cisalhamento exercidas sobre o talude são transferidas

diretamente para as raízes das plantas, aumentando a resistência do talude ao cisalhamento.

Trata-se do reforçamento radicular, que pode variar em decorrência dos fatores, tais como: valores de resistência das raízes à tensão; propriedades da interface entre as raízes e o solo; concentração, características de ramificação e distribuição das raízes ou arquitetura radicular; espaçamento, diâmetro e massa de solo explorada pelas raízes; espessura e declividade do perfil do solo do talude e; parâmetros geotécnicos relativos à resistência ao cisalhamento do solo. Esses fatores que regulam o reforçamento radicular, por sua vez, podem ser influenciados pela espécie da planta, pelas variações ambientais nas condições de crescimento e pela época do ano (COELHO E PEREIRA, 2006).

Segundo Orozco (2009), a morfologia das raízes com sua arquitetura radicular, diâmetro, dentre outras características, incide sobre a estabilidade do talude e é determinada por fatores genéticos e ambientais. Por exemplo, à medida que a umidade é ausente e a demanda por oxigênio é maior, deixam de crescer ou tendem a ficar próximas à superfície, chegando a apenas 1,5 metro de profundidade.

Segundo Coelho & Pereira (2006, p. 6), fazendo uma comparação entre diferentes diâmetros de raízes considera que “O diâmetro das raízes, em geral, é inversamente proporcional à resistência radicular à tensão. Raízes finas possuem a vantagem de não apenas possuírem altas resistências à tensão radicular, mas também maiores resistências ao arranquio [...]”.

O decaimento das raízes e a perda da resistência radicular após a derrubada da vegetação é a principal causa da perda da estabilidade e do aumento dos índices de deslizamentos de massa. Segundo Prandini *et al.* (1976), raízes vivas incrementaram a força de resistência do talude proporcionalmente à densidade das raízes. Esse efeito gradativamente se encerra com a morte vegetação até próximo aos 4 ou 5 anos, à medida em que as raízes vão se decompondo.

Para Lemes (2001), para taludes de diferentes tipos de solos, sugere utilização associada de diferentes tipos de plantas, com diferentes comprimentos de raízes, de maneira que as plantas de raízes maiores travem as outras, e também as camadas de solo do talude. A quantidade de indivíduos para alguns grupos também é importante.

O capim Vetiver na estabilização de taludes

O capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) possui características morfológicas, fisiológicas e ecológicas únicas, conforme apresentado na Tabela 2. Estas características são de grande importância na proteção ambiental e na construção civil, pois conjuga os efeitos benéficos de seu grupo com baixa estatura, conseqüentemente menor peso, com os efeitos das arbóreas, utilizando-se das extensas raízes, funcionando como tirantes, grampeamento e estabilizador de taludes (OROZCO, 2009).

Tabela 2 – Características do *Chrysopogon zizanioides*

Características	Vantagens
Morfológicas	Talos duros e eretos que podem resistir a fluxos de água intensos; Densas barreiras quando plantadas juntas, reduzindo a velocidade do fluxo e formando um eficiente filtro; Sistema radicular profundo e denso.
Fisiológicas	Tolerância a variações extremas do clima (secas, fogo, geada, alagamento); Ampla faixa de pH no solo (de 3 a 10,5); Alta tolerância a níveis tóxicos de metais (Al, Mn, Cd, Cr etc.).
Ecológicas	Reprodução por mudas, sendo assim uma planta não invasora (sementes estéreis); Promove a sucessão natural.

Fonte: adaptado de Orozco (2009)

Considerando um diâmetro de raízes entre 0,2 e 2,2 mm, a resistência média do *Chrysopogon zizanioides* às tensões de cisalhamento é de aproximadamente o equivalente à 1/6 do aço doce. O diâmetro mais comum das raízes dessa gramínea varia de 0,7 a 0,8 mm (TRUONG & HENGCHAOVANICH, 1997; TRUONG, 2008). Normalmente é capaz de atingir raízes em torno de 3 m de profundidade nos primeiros 2 anos, e em alguns casos, tem-se conseguido raízes com até 5 metros. Para Pereira (2006), o fato do Vetiver ser uma planta C4, se desenvolve melhor em plena exposição solar, sendo ao mesmo tempo planta xerófila e hidrófila, e vivendo em locais de diferenças de umidade extremas.

O vetiver sobrevive em solos arenosos, argilosos, cascalhados, e até mesmo os com altos teores de alumínio. É uma planta resistente a pragas, doenças, déficit hídrico, geadas e fogo. Para Truong e Loch (OROZCO, 2009, p. 17), “[...] O pasto vetiver, devido a sua alta resistência, freqüentemente atua como planta pioneira, estabelecendo-se em condições hostis e criando micro-climas que permitem o desenvolvimento de plantas nativas”. Para Pereira (2006), esta planta funciona como barreira que retém sedimentos, dado que a planta cresce uma em direção à outra, e na estabilização de aterros e áreas erodidas.

A vegetação arbórea na proteção e recuperação de taludes

Segundo Lemes (2001) as árvores apresentam efeitos benéficos na estabilização de rupturas rasas em solos de talude, embora existam algumas controvérsias. Apesar da maioria dos autores em discussão reconhecerem a importância da interceptação da água pelas copas das árvores, alguns sugerem que a altura das árvores influencia negativamente na energia cinética da água aglutinada nas folhas e que precipitam e causam erosão no solo. Para Guerra (1994) esse impacto erosivo pode ser evitado por meio de uma cobertura vegetal arbustiva abaixo da copa das árvores.

Para Lemes (2001), existe outra controvérsia, que é quanto ao peso das árvores sobre o talude. Que alguns autores consideram esse peso negativo dependendo do ângulo de segurança do talude ou de sua inclinação relacionada a determinados fatores. E que outros indicam que é quando a chuva é muito intensa e em curto período de tempo. Gray (1970) considera que é justamente nestas condições pluviométricas que o peso poderá aumentar a resistência de atrito do solo e ao cisalhamento do talude.

Quanto ao vento, este transfere cargas dinâmicas através das árvores para o talude, tendendo a rompê-lo. Essa sobrecarga é negativa quando ocorrem tempestades ou ventos fortes. Ao mesmo tempo, as árvores protegem o solo do talude contra a erosão eólica (SUAREZ, 1997;).

Segundo Lemes (2001), o efeito de cunha produzido pelas raízes das plantas pode ser de deslocar pedras e matações, mas em terrenos com camadas inferiores mais permeáveis, pode melhorar a drenagem. E se tratando de árvores, o efeito de ancoragem e de contenção do solo é importante tanto em descontinuidades de solos rochosos quanto em solos permeáveis.

Segundo Pereira (2006), as árvores apresentam impactos negativos sobre os taludes, se implantadas inadequadamente. O peso das árvores provoca deslizamentos, assim também as forças do vento sobre as árvores. As raízes podem danificar passeios, sistemas de drenagens e outros revestimentos, podem concentrar fluxo de água pluvial e provocar até ravinamentos. As plantas altas e de folhas largas contribuem para as gotas de chuva

se aglutinarem e adquirirem força cinética cada vez maior e com maior impacto sobre o solo.

As raízes das árvores ancoradas nas descontinuidades da rocha formam um cilindro de solo, contendo o terreno acima da árvore e produzindo um arqueamento no solo (PEREIRA, 2006).

As árvores de grande porte no terço superior das encostas de alta declividade devem ser erradicadas, podendo ser substituídas pelas de pequeno ou médio porte, mais compatíveis com as condições topográficas do local. Podendo ser algumas frutíferas e servirem como alimento (ALHEIROS *et al.*, 2004). As bananeiras, muito comuns nos morros e freqüentes em determinados acidentes, também devem ser erradicadas. É muito comum seu desenvolvimento nos colúvios ou em aterros não compactados, acompanhados de lixo orgânico, aproveitando a porosidade para acumular água necessária ao seu metabolismo, deixando o terreno encharcado e reduzindo a resistência do solo (BANDEIRA, 2003).

Segundo Alheiros (2004), as árvores nos patamares, afastadas da borda da encosta, geralmente não oferecem risco. As árvores situadas no pé da encosta, que podem funcionar como barreira vegetal, devem ser mantidas. Deve-se adotar, para o revestimento dos taludes próximos às moradias, gramíneas de menor porte, a fim de evitar ninhos de animais nocivos. Em taludes muito próximos da casa, usar preferencialmente revestimentos cimentados. Adotar a recomposição vegetal nativa nas áreas desmatadas, em encostas íngremes e em áreas não edificáveis, interditadas à ocupação, adotando práticas de plantio de mudas ou lançamento de sementes. É importante sugerir ou induzir, através da doação de mudas, o plantio de frutíferas de pequeno porte, como pitanga, acerola, goiaba, que não oferecem perigo nas encostas e representam fonte alimentar.

Métodos de plantio no controle da erosão em taludes de corte

A escolha da época adequada para o plantio, o tipo de solo e principalmente a declividade é importante para a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Influência da Inclinação do Talude no Estabelecimento da Cobertura Vegetal

Inclinação	Grama	Arbusto/árvore
De 0° a 30°	Dificuldade baixa: recomendam-se técnicas usuais de plantio	Dificuldade baixa: recomendam-se técnicas usuais de plantio
De 30° a 45°	Dificuldade média: recomenda-se hidrosseadura	Dificuldade elevada
Maiores de 45°	Dificuldade elevada	Recomenda-se plantio em bermas

Fonte: adaptado de Geo-Rio (apud BANDEIRA, 2003).

Para Pereira (2006), há situações em que é necessário aumentar a taxa de sementeira, entre elas, quando o talude é bem inclinado, o preparo do solo e o coveamento são deficientes, quando o vento é freqüente, a região tem pouca disponibilidade de água, há predadores de sementes, quando as sementes apresentam baixo teor cultural, as técnicas de proteção do solo são rústicas, quando o solo é arenoso ou siltoso ou tem baixa fertilidade natural.

Existe uma variedade de métodos de plantio sobre os taludes e não há uma padronização técnica. Segundo Fernandes (2004) são os objetivos de cada empreendedor que definem qual metodologia que será utilizada, os quais podem variar desde que por questões estéticas até pela composição de um ecossistema auto-sustentável. Fazendo referência a taludes de corte de estrada, ele sugere as seguintes metodologias de plantio: placa de grama; plantio em covas/semeadura a lanço; transposição de serrapilheira; hidrossemeadura; sacos de aniagem; geossintéticos; e outros. Jakovac (2007) por meio de pesquisas comprova o uso do banco de sementes florestais contido no *topsoil* como estratégia eficaz de recuperação de taludes, na técnica de contenção do *topsoil* depositado madeiramento.

São técnicas mais eficientes para revegetação e obtenção de estabilidade em taludes, a regeneração natural, a sementeira de espécies exóticas e de espécies nativas, o transplante de plântulas, a aplicação de fertilizantes junto à escarificação do solo, o uso de mantas sintéticas, de biomantas, e a hidrossemeadura com polímeros em gel (GRAY & SOTIR, 1996; Petersen *et al.*, 2004). Os métodos mais utilizados atualmente é o revestimento com gramíneas em placas e a hidrossemeadura.

Segundo Pereira (2006), além do conhecimento técnico, a escolha adequada das espécies e respectivas quantidades que determinam o sucesso do projeto de proteção e recuperação de taludes, diversos fatores devem ser considerados, tais como: edáficos, climáticos e ambientais.

O conhecimento do regime hídrico da região, com limites mínimos e máximos e manutenção do balanço hídrico, a prevenção ao fogo para evitar a queima de reservas que sustentam o crescimento das plantas e que reduz a fertilidade e umidade do solo são essenciais (BERTONI, 1990). Existem os fatores topográficos, considerando a altitude e declividade do talude ou encosta, formas do relevo e exposição solar (SILVA, 2008-b). A variabilidade de radiação solar em função da inclinação topográfica e orientação solar do talude são fatores topoclimáticos locais mais importantes no sucesso do estabelecimento da vegetação. Estas encostas sofrem mais com a seca, esterilidade, chuvas pesadas e lavagem das sementes. Acontece mais o déficit hídrico, pela baixa infiltração e alto escoamento superficial ou *runoff* (ANH *et al.*, 2002).

Encostas voltadas para o norte estão sujeitas a uma incidência de calor três vezes maior que as voltadas

para o sul. Segundo Oliveira *et al.* (1995), esses fatores topoclimáticos resultam em alterações nas seguintes características: diferença de umidade na serrapilheira; incidência de calor; distribuição de espécies; utilização do solo; temperatura dos solos, diferenças pedogenéticas estruturais; exposição a ventos e massas de ar; susceptibilidade a incêndios; contaminação atmosférica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao tratar a importância da vegetação na proteção e recuperação de taludes, este trabalho apresenta argumentações mínimas suficientes, não deixando dúvidas sobre esta importância, mesmo que possa haver efeitos antagonísticos da vegetação em taludes.

O texto sugere estabelecimento de sistemas ecológicos mais independentes de insumos externos, adotando-se a consorciação de espécies herbáceas leguminosas e gramíneas. Entretanto, não trata da utilização desses insumos, ou se eles poderiam contribuir.

Foi sugerida a análise dos fatores edáficos, climáticos e ambientais de um talude a ser recuperado e a utilização de técnicas de produção de biomassa em sistemas mais sustentáveis. A orientação do talude com relação ao eixo cartesiano influi nas condições ambientais e implica em intervenções técnicas diferenciadas.

A vegetação arbórea protege o talude contra rupturas, respeitadas as restrições que foram apresentadas. Novas pesquisas com foco na utilização de árvores na proteção e recuperação de taludes devem ser feitas, conhecendo as profundidades possíveis das rupturas em taludes e a relação das raízes das plantas com essas rupturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, Margareth M. (Coord.) *et al.* **Manual de ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. Recife: Ensol, 2004. 32 p.

ANGELIS NETO, Generoso De; ANGELIS, Bruno L. D. De; OLIVEIRA, Daniel S. de. O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 26, p. 65-73, 2004.

ANH, T. B.; CHO, S. D.; YANG, S. C. Stabilization of soil slope using geosynthetic mulching mat. **Geotextiles and Geomembranes**, n. 20, p. 135-146, 2002

ARAUJO, G.; ALMEIDA, J.; GUERRA, A. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

BANDEIRA, Ana P. N. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe-PE**. Recife:

- Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 209 folhas. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BLIGHT, G. E. **Lovening of the groundwater by deep rooted vegetation**. In: 9h European Conference on soil mechanics and foundation Engineering, Dublin, Ireland 1: 1987, 285-288.
- BONI, N. R.; ESPINDOLA, C. R.; GUIMARÃES, E. C. **Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado**. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Areas Degradadas, 1., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Curitiba: UFPR/FUPEF, 1994. P.563-568.
- CAMPELLO, E. F.C. **O papel de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 1)**. In: III CURSO DE ATUALIZAÇÃO – RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 1996. p. 9-16.
- COELHO, Arnaldo T.; PEREIRA, Aloísio R. **Efeitos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas**. Belo Horizonte: FAPI Ltda., 2006. 20 p. Boletim Técnico.
- COPPIN, R.; RICHARDS, T. **Use of vegetation in civil engineering. Sevenoaks, Kent**: Butterworths. 1990. 305 p.
- COUTO, Laércio; Gonçalves Wantuelfer; Coelho, Arnaldo T. *et al.* **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Viçosa: CBCN, 2010. 118 p.
- DAUBENMIRE, R. **Ecology of fire in grasslands**. In: CRAGG, J.B. (Ed). **Advances in ecological research**. New York: Academic Press, 1968. v. 5, p. 209-266.
- COUTINHO, L. M. **O uso do fogo em pastagens naturais brasileiras**. In: PUIGNAU, J. P. (Ed.). **Utilización y manejo de pastizales**. Montivideo: IICA-Procisur, 1994. p. 159-168. (Dialogo XL).
- EINLOFT, R. **Crescimento de gramíneas e leguminosas em substrato rico em manganês proveniente de área de empréstimo**. Viçosa: UFV, 1996. 67 f. Dissertação Mestrado em Ciência Florestal.
- FERNANDES, L. S. **Avaliação de mantas comerciais na vegetação de talude em corte de estrada**. Viçosa: UFV, 2004. 81 p. Dissertação Mestrado em Ciências Florestais.
- GALLAS, Naruna D. **Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes**. São Paulo: Universidade Anhembi, 2006. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil.
- GRAY, D.H.; SOTIR R.B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1996. 378 p.
- GREENWAY, D. R. **Vegetation and slope stability**. In: ANDERSON, M. G.; RICHARDS, K.S. (Ed.). **Slope stability**. John Wiley & Sons 1987, Chiochester, p.187-230.
- GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S. **Geomorfologia: uma atualização de conceitos e bases**. 1994. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. 211p.
- JAKOVAC, Ana C. C. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 148 f. Dissertação Mestrado em Biologia Vegetal.
- KAGEYAMA, P. GANDARA, F. B. 2000. **Recuperação de áreas ciliares**, In: **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: Editores Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hemógenes de Freitas Leitão Filho. Editora da Universidade de São Paulo-Fapesp. P.249-269.320p.
- KRETSCHMER JR., A. E.; PITAN, W. D. **Tropical and subtropical forages**. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. (Ed.). **An introduction to grassland agriculture**. 5. ed., v. 1. Iowa: Iowa University Press, 1995. p. 283-304.
- LEMES, Marta R. T. **Revisão dos efeitos da vegetação em taludes**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 140 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil.
- MORGAN, R.P.C; RICKSON, R.J. **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. London: Chapman & Hall, 1995. 274 p.
- OLIVEIRA, R. R., ZAÚ, A. S., LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R., VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, F. D. **Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. Oecologia Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 523-541, 1995.
- OROZCO, Margarita M. D. **Caracterização da gramínea Vetiveria zizanioides para aplicação na recuperação de áreas degradadas por erosão**. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 96 f. Dissertação Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

PEREIRA, Aloísio R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 1. ed. Belo Horizonte: Fapi Ltda., 2006. 150 p.

PETERSEN, S.L.; ROUNDY, B.A.; BRYANT, R.M. Revegetation methods for high-elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. **Restoration Ecology**, 12 (2): 248-257, 2004.

PRANDINI, E. L., GUIDICINI, G., OBTURA, J. A., PONCANO, W. C., SANTOS, A. R. **Atuação da Cobertura Vegetal na Estabilidade de Encostas: Uma Resenha Crítica**, In: IPT, Publicação No 1074, Mossoró, 1976, 22p.

RESENDE, Álvaro V. de; KONDO, Marcos K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 46-56, maio/jun., 2001.

SILVA, Fabiana C. **Métodos de semeadura e uso de mantas no controle de erosão em taludes de corte**. Viçosa: UFV, 2008-b. 62 p. Dissertação Mestrado em Ciências Florestais.

SILVA, Marcos A. da. **Aplicação de Lógica Nebulosa para Previsão do Risco de Escorregamentos de Taludes em Solo Residual**. Rio de Janeiro: UERJ, 2008-a, 150 p. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil.

SOUZA, M. G. **Revegetação de taludes com geotêxtil em área minerada**. Viçosa: UFV, 1997. 47f. Dissertação Mestrado em Ciência Florestal.

SUAREZ, J.D. **La Vegetación en la Estabilización de Deslizamientos**. 1997. II PSL /II COBRAE, Rio de Janeiro, Vol. 2, p. 739-746. 1997.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. **Organic matter and water-stable aggregates in soil**. **J. Soil Sci**, v.33, n.2, p. 141-163, 1982.

TRUONG, P.; TAN, T. V.; PINNERS, E. **Sistema de aplicação vetiver**. 2.ed. Santa Catarina: Rede Internacional de Vetiver, 2008. 116p.

TRUONG, P.; HENGCHAOVANICH, D. Application of the Vetiver grass system in land stabilization, erosion and sediment control in civil construction. In: **Queensland Main Roads Southern Region Symposium**, 1997, Toowoomba.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Prediction rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Handbook n. 537. Washington D.C.: USDA, 1978. 407p.