

USO DO VETIVER NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES E ENCOSTAS

BOLETIM TÉCNICO



Barreiras Vivas de Vetiver em taludes



Proteção margem curso d'água



Sistema radicular do Vetiver



Grampeamento verde em aterros



Construção de barreiras Vivas



BOLETIM TÉCNICO:

Veículo de divulgação de material técnico da DEFLOR Bioengenharia.
O Boletim Técnico publica, trimestralmente, trabalhos originais de contribuição técnica-científica no campo da engenharia ambiental e áreas afins. Os trabalhos são submetidos à comissão editorial, para avaliação, revisão e aprovação.

COMISSÃO EDITORIAL:

Aloísio Rodrigues Pereira - DEFLOR Bioengenharia.
Terezinha Cássia Brito Galvão - UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
Gustavo Ferreira Simões - UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
Luiz Augusto Barreto Lucena - DEFLOR Bioengenharia.
Diego Aniceto Oliveira - ENGETA Engenharia e Tecnologia Ambiental
Arnaldo Teixeira Coelho - Ingá Engenharia

REVISOR: Maria de Lourdes (Tucha)

CIRCULAÇÃO: Departamento de Comunicação da DEFLOR Bioengenharia

IMPRESSÃO: Editora FAPI Ltda.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Rua Major Lopes, 852 - São Pedro - CEP: 30330-050 - Belo Horizonte, MG
Tel.: 55 (31) 3284-5622 FAX: 55 (31) 3284-5688
E-MAIL: deflor@deflor.com.br

TIRAGEM: 5000 exemplares

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA (Reprodução permitida desde que indicada a fonte)

USO DO VETIVER NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES E ENCOSTAS

Aloísio Rodrigues Pereira*

RESUMO

O capim vetiver é uma gramínea utilizada pelo Banco Mundial na década de 1980 para auxiliar no controle de erosões, conservação de solos e água em áreas com poucos recursos, especialmente para os países em desenvolvimento.

Os resultados obtidos foram excelentes, e desde o início da década de 1990, essa planta se tornou importante ferramenta na engenharia ambiental, na estabilização de taludes, na proteção de cursos d'água e de praias, difundindo seu uso para todos os continentes.

O vetiver não é uma planta invasora, pois só se reproduz por meio de mudas, não disseminando por sementes, rizomas ou estolões, facilitando, assim, sua recomendação para qualquer sítio ecológico.

No Brasil, apesar de a produção de vetiver ainda ser pequena e haver pouco conhecimento sobre a função da planta no controle da erosão, as perspectivas são animadoras nesse sentido, por isso, certamente, será ampliado o uso dela.

Neste trabalho são apresentados os principais usos do capim vetiver, sua aplicação no Brasil e em vários países do mundo e, ainda, as técnicas e metodologias usadas na estabilização de taludes, controle de erosões e áreas degradadas.

1 – INTRODUÇÃO

O vetiver, uma gramínea de origem indiana, conhecido no mundo científico como *Vetiveria zizanioides*, tem sido utilizado para diversas finalidades, como aromatizantes, perfumes finos, planta medicinal e protetores do solo. Entretanto, o vetiver tem sido plantado, em sua maioria, junto a banquetas de arroz, nas margens de rios e lagos, taludes de canais, para estabilizar e evitar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água.

Desde 1931 foi observado o desenvolvimento do vetiver em Kuala Lumpur, na Malásia, com o objetivo de contenção de encostas e taludes íngremes. No Brasil, o uso do vetiver para controle de erosão, estabilização de encostas e recuperação de áreas degradadas ainda é muito restrito, em razão da deficiência de produção de mudas e do pouco conhecimento das técnicas.

* Eng.º Ambiental; Eng.º Civil e Eng.º Florestal; Doutor em Solos e Diretor da DEFLOR Bioengenharia Rua Major Lopes, 852 – São Pedro – CEP: 30.330.050 – Belo Horizonte, MG – Brasil – E-mail: deflor@deflor.com.br

O vetiver tem múltiplas aplicações a favor do ambiente: ela controla a erosão, é um filtro biológico, recarrega aquíferos, permite recuperar zonas marginais ou degradadas, etc. Além disso, tem um impacto social positivo, fornecendo matéria-prima para atividades como artesanato e também para a construção civil.

É utilizada há mais de 3 mil anos na Índia e em grande parte da Ásia como base para perfumes e medicamentos, repelente de insetos, para possibilitar um ambiente natural e, também, para o controle de erosão em solos cultivados.

Das raízes de vetiver são extraídas essências para a fabricação de perfumes masculinos em reconhecidas marcas francesas, bem como de outros países.

Inicialmente, o uso do vetiver se deu para a confecção de diversos produtos artesanais e também como forro para as casas. Não sabemos ao certo quando se começou a utilizar o vetiver como barreiras vivas para o controle de erosão. Após o cultivo, o vetiver passou a ser utilizado em obras civis como estradas e ferrovias, mas o maior avanço foi na década de 1970, que compreende a fase do desenvolvimento das teorias e práticas modernas para o controle de erosão utilizando o sistema Vetiver. Os pioneiros que impulsionaram essa tecnologia foram os pesquisadores John Greenfield da Nova Zelândia e o norte-americano Richard Grimshaw, que receberam grande apoio do Banco Mundial. Posteriormente foram-se descobrindo diversas potencialidades do vetiver na biorremediação. Nesse aspecto, o australiano Paul Truong trouxe muitas contribuições importantes, enfatizando as ótimas características dessa planta na criação de barreiras vivas e outros usos na conservação dos solos.

De acordo com Greenfield (2002) em seu livro *Vetiver: a barreira contra erosão*, escrito publicado pelo Banco Mundial em 1990, para que uma espécie tenha ótimas condições para conservar a umidade dos solos deverá cumprir com uma série de medidas que resumimos em seguida: não se propague por sementes nem crie corredores ou rizomas, de modo a não se tornar uma planta invasora; que seja resistente ao fogo, ao pisoteio e pastejo; por outro lado, deverá ser uma planta perene e permanente, formando perfilhos densos que permitam minimizar o efeito erosivo das águas de enxurradas, e agir como um filtro, promovendo a infiltração da água das chuvas; além disso, deverá ter características das plantas xerófitas e hidrófitas, que permitam sobreviver em condições ambientais extremas; a planta ideal deverá ter um sistema radicular profundo ocupando o solo e o subsolo verticalmente e vegetar em condições de solos não favoráveis; finalmente, que tenha ampla adaptação de pH, de salinidade e presença de metais tóxicos.

Se possível uma planta ideal para a proteção ambiental deve ser tolerante a doenças e pouco atacada por pragas, sobreviver em ampla faixa de variedade de climas, suportar a secas e inundações sucessivas e, em relação à reprodução, deverá ser de fácil execução e de baixo custo econômico.

Na Venezuela, pelo que se sabe, o vetiver foi introduzido, possivelmente, há mais de 100 anos, mas há 25 anos que se vem estudando sobre suas propriedades antierosivas. Esses estudos iniciaram-se na Faculdade de Agronomia da Universidade Central da Venezuela, pelos professores Napoléon Fernandez e Oscar Rodrigues, tendo sido introduzida anteriormente nos campos de experimentação nessa faculdade pelo professor Jaime Henao Jaramillo. Contudo foi graças ao apoio da Rede Mundial do vetiver, criada por iniciativa do Sr. R. G. Grimshaw, que se desenvolveu desde 1996 um programa de divulgação na Venezuela. Posteriormente apoiou-se a criação da Rede Latino-americana do Vetiver, estabelecida em Costa Rica, a cargo de James Smyle e Joan Miller, atualmente fixada na Venezuela, com sede na Sociedad Conservacionista Aragua, situada em Limón, Maracay.

2 – CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

O vetiver é uma planta herbácea, ereta, pertencente ao grupo das gramíneas (Poaceae) do tipo C4, portanto se desenvolve melhor em plena exposição solar, alcançando uma altura que varia de 1,5 a 2 m, com folhas de 2 cm de largura na base, terminando em pontas pontiagudas. Por meio de testes de DNA, tem-se comprovado que a maioria dos cultivos de *Vetiveria zizanioides*, distribuídos entre mais de 120 países tropicais e subtropicais, são estéreis, apesar de apresentarem uma inflorescência de coloração avermelhada bastante atraente.

A esterilidade e a incapacidade de produzir rizomas e estolões são características que podem parecer uma desvantagem, mas favorecem sua utilização como uma barreira viva não invasora que vai se formando por perfilhos que crescem paralelamente à planta mãe. Um grande perfilho pode gerar 100 novas mudas partindo de apenas uma, dentro de um ano ou mais, sendo necessário o arranquio desses novos perfilhos pela ação do homem, para que a planta se perpetue em outras áreas.

3 – TAXONOMIA

Foi Linneo, em 1771, que classificou o vetiver como *Phalaris zizanioides*. É uma das dez espécies de gramíneas do gênero vetiver encontradas por Nasa, e uma recente revisão feita por Roberty a coloca no gênero *Chrysopogon*. Sem restrições, o autor, com grande autoridade como Greenfield, utiliza a tradicional nomenclatura *Vetiveria zizanioides*. Sem desmerecer os valores sobre a validade de *Chrysopogon zizanioides*, a literatura mundial, em sua maioria segue os mesmos critérios utilizados por Greenfield sobre essa planta.

4 – CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DO VETIVER

Muitos estudos demonstram com bastante convicção que o vetiver é uma planta com ampla faixa de adaptação às mais diversas condições ambientais. O certo é que pode sobreviver em solos áridos ou com alta umidade. É considerada uma planta xerófica e hidrófica, o que parece um paradoxo, mas é um fato amplamente demonstrado e comprovado. O vetiver pode vegetar em solos extremamente ácidos e básicos com pH que variam de 3,5 até 9,6, e altos níveis de saturação de alumínio de até 68%, desde que preencham os níveis adequados de nitrogênio e fósforo. Pode vegetar em solos leves, como os da beira de rios, até os bastante argilosos, como os vertissolos que são frequentes nas savanas inundáveis.

O vetiver pode sobreviver em solos desde os moderadamente salinos até os muito salinos. Também é muito tolerante a níveis altos de metais pesados, como cádmio, mercúrio, níquel, cobre, zinco, arsênico, cromo e selênio.

As raízes do vetiver formam uma densa rede que, normalmente, alcançam 3 m de profundidade, e em alguns casos tem-se observado raízes de até 5 m de comprimento.

5 – O PROBLEMA DA EROSÃO

No mundo inteiro a perda de solos cultivados em decorrência do arraste de partículas por águas provenientes de precipitações representa milhões de toneladas por ano. Isso provoca o empobrecimento dos terrenos cultivados, tornando-os cada vez mais improdutivos, numa época em que a população mundial aumenta significativamente, a demanda por alimentos, conseqüentemente, também aumentando .

Civilizações inteiras desapareceram como as dos Maias por causa do empobrecimento das terras cultivadas, como conseqüência da erosão. A África do Norte foi chamada de "O Grande Império Romano" e hoje possui um grande deserto infértil. Em todo o mundo, muito solos agrícolas estão em processo de degradação cada vez maior. Na América Latina, em particular no Brasil, as perdas de solos agrícolas por causa da erosão hídrica são muito preocupantes.

A erosão hídrica tem causado diversos danos às terras cultivadas, assim como às estradas, oleodutos e gasodutos, diversas infra-estruturas são danificadas pela erosão causada pela enxurrada descontrolada.

O transporte de sedimentos para represas, lagos e rios reduz a capacidade de armazenamento de água e, se os sedimentos forem originados de áreas de mineração, poderá ocorrer poluição de córregos, rios e reservatórios.

Comprovou-se que os solos erodidos diminuem o volume de água subterrânea, acelerando a escassez de água e até a seca de poços que são utilizados para o consumo humano, na irrigação ou para uso industrial.

A falta de estabilização em áreas ao redor de estradas, taludes e lagoas podem contribuir para falhas estruturais e perdas valiosas de infra-estrutura, incluindo residências familiares, e em alguns casos ocorrendo também perdas de vidas humanas. No controle de todos esses processos degradantes, tem-se comprovado a eficácia do vetiver como barreiras vivas. É uma prática bem mais econômica quando comparada a diversas outras utilizadas pela engenharia na recuperação e conservação de solos e águas.

6 – USO DAS PLANTAS VIVAS DE VETIVER

Deve-se distinguir entre usos agrícolas e não agrícolas. O vetiver, tradicionalmente, é utilizado na Índia e em outros países asiáticos na conservação dos solos e águas em zonas rurais.

A função primordial dessa planta na agricultura é conservar os solos e águas, formando linhas localizadas que são barreiras vivas permeáveis controlando o efeito da erosão promovido pela ação das águas. Perpendiculares à direção dos ventos, controlam a erosão eólica, desde que devidamente espaçadas. Dependendo do grau de proteção às culturas, protege contra os processos erosivos, ajudando a reter mais a umidade no solo, promovendo a infiltração da água e reduzindo a evaporação promovida pelos ventos. Ensaios realizados na Estación Experimental Bajo Seco da Universidad Central de Venezuela durante as décadas de 1980 e 1990 confirmaram a utilização do vetiver como planta conservacionista em solos de encostas, possibilitando volumosa informação sobre essa planta, encontradas na literatura mundial.

O plantio de barreiras de vetiver, ao longo do tempo, irá formar um terraço natural, promovendo a acumulação de sedimentos a montante das barreiras, bem como a infiltração das águas,

diminuindo a velocidade de escoamento. Ao mesmo tempo, os contaminantes produzidos pelas atividades agrícolas, como os agroquímicos e excessos de cargas orgânicas são também retidos em diversas proporções em terraços e barreiras associadas.

Além do papel conservacionista, existem outros usos em terras cultivadas. Por ser uma planta não invasora e de longa permanência (dezenas de anos), as linhas formadas pelo crescimento do vetiver podem ser usadas para demarcar fronteiras e as áreas de cultivo. Atuam como uma cortina contra os ventos, que trazem poeiras, combatendo plantas daninhas e algumas pragas que comprometem o cultivo de diversas culturas.

7 – O VETIVER NA BIOENGENHARIA

Na bioengenharia, o vetiver tem apresentado bons resultados em obras civis, para a proteção de taludes em beiras de estradas, proteção de lagos, em terraços e canais, tanto pela sua eficiência quanto pelo seu baixo custo quando comparado com outras práticas utilizadas em engenharia. Em muitos casos se utiliza essa técnica de forma complementar a outras tecnologias para proteger diversas obras, diminuindo custos com manutenção e aumentando a vida útil de muitas estruturas. De acordo com Hengchaovanich (1998), as raízes do vetiver apresentam resistência à tração de 75 MPa e oferecem grande aumento na resistência ao cisalhamento, que esta entre 6 a 10 KPa por quilo de raiz por m³ de solo, em comparação com valores entre 3,2 a 3,7 KPa por m³ de solo de raízes de árvores.

É importante que essas aplicações sejam realizadas por especialistas e técnicos que conheçam os requisitos de proteção segundo as características estabelecidas e apliquem essa tecnologia do sistema vetiver associada a outras tecnologias que asseguram a efetividade da execução dos projetos de estabilização das áreas. As folhas de vetiver podem ser colhidas e preparadas adequadamente, podendo ser usadas como barreiras mortas, intercaladas a barreiras vivas de vetiver ou até mesmo com outras espécies de ação antierosiva.

8 – PROTEÇÃO E REABILITAÇÃO AMBIENTAL

Nesse aspecto têm-se realizado diversos estudos, especialmente por Truong e Baker (1998), que tem revolucionado e ampliando os usos do vetiver para o controle e a mitigação de problemas de contaminação de solos e águas. Dada a capacidade extraordinária de adaptação do vetiver às diversas situações como: tolerância a solos ácidos e alcalinos; tolera a presença de sais nos solos e altas concentrações de sódio e alumínio, e até mesmo de metais pesados; pode ser utilizado em áreas de mineração, onde há perigo de contaminação dos corpos hídricos; pode ser utilizado no tratamento de efluentes industriais e domésticos; no controle de lixiviação em aterros sanitários; na remoção de nutrientes em corpos hídricos eutrofizados; etc, o plantio de vetiver é considerado uma técnica aplicável à diversas áreas para a recuperação e conservação do meio ambiente.

Existem outras aplicações do vetiver em áreas de gestão de bacias hidrográficas, na mitigação de desastres associados a áreas instáveis, em áreas alagadas e/ou contaminadas que devem ser exploradas e valorizadas juntamente com outras estratégias que garantam o melhor uso de ocupação do solo e dos demais recursos naturais, promovendo o desenvolvimento sustentável.

9 – USO DAS PARTES COLHIDAS DO VETIVER

9.1 – Atividades relacionadas à agricultura

As folhas do vetiver podem ser utilizadas como cobertura morta para minimizar o efeito erosivo provocado pelas águas da chuva, pois diminuem as variações de temperatura no solo, conservam a umidade e controlam plantas indesejáveis. As folhas e as raízes do vetiver misturadas agem no solo como repelente a diversas pragas. Esse material tem longa duração podendo ser aplicado em diversas atividades no cultivo de culturas perenes e de horticulturas. Diversos experimentos demonstram que o vetiver possui substâncias que agem contra diversas pragas, sendo, por isso, considerado um herbicida natural.

9.2 – Materiais de construção

As folhagens de vetiver são utilizadas como forros em construções rurais. Em alguns casos, pequenas cabanas são totalmente cobertas por folhas de vetiver. Fibras de vetiver são utilizadas na fabricação de blocos de argila e cimentos, uma vez que diminuem as rachaduras e a condutividade térmica, promovendo melhor conforto em casas construídas com esses blocos. As fibras têm sido utilizadas na fabricação de painéis e chapas substituindo aquelas feitas de madeiras. Nimityongskul *et al.* (2003) realizaram diversos estudos que relatam que as cinzas do vetiver podem ser utilizadas como argamassa em construções, substituindo o cimento.

9.3 – Fonte de energia

Os resíduos de vetiver podem ser processados para a produção de álcool combustível. Dada sua grande produtividade por área, em situações ideais de cultivo, o vetiver representa um forte potencial de fonte de energia.

9.4 – Produtos industriais

A adição de 30% a 40% de fibras de vetiver na fabricação de papel contribui para diminuir a quantidade de árvores cortadas.

9.5 – Diversos usos

O vetiver pode ser utilizado na confecção de arranjos florais. Na Etiópia, as fibras de vetiver são utilizadas na fabricação de colchões. No Brasil é utilizado como componente na fabricação de pastilhas de freios (PARISCA; TAMAYO, 2006), em artesanatos, na produção de tapetes, cestas, persianas. Suas raízes possuem aromas por isso são utilizadas para odorizar guarda-roupas, armários, etc. Em aplicações medicinais, seu óleo e suas raízes são utilizados em tratamentos terapêuticos e estéticos, bem como na fabricação de perfumes.

10 – CONDIÇÕES PARA SE OBTER ÊXITO COM A APLICAÇÃO DO SISTEMA VETIVER

Embora a aplicação do Sistema Vetiver seja de fácil execução, infelizmente têm-se observado resultados negativos na sua utilização. É necessário, por isso, aplicar medidas tecnológicas com base ética para que o emprego dessa técnica apresente bons resultados. Em um anexo da publicação “*Taller de Bioingeniería para Reconstrucción del (huracán) post Mitch*”, cita um projeto elaborado pela empresa CAP Madagascar, que obteve êxito na recuperação da malha ferroviária comprometida por dois furacões. Com base nesse trabalho, a empresa propõe oito passos necessários para a aplicação do Sistema Vetiver: 1. planejamento; 2. produção de material para o cultivo; 3. embalagens, preparação e transporte; 4. preparação da área a ser plantada; 5. plantio; 6. preparação e capacitação das pessoas envolvidas na atividade; 7. acompanhamento e manutenção; 8) relato e documentação das atividades e resultados obtidos.

Recomenda-se cumprir essas recomendações e, se possível, utilizar plantas de vetiver enraizadas em saquinhos produzidas em viveiros quando se tratar de grandes obras que requerem grande quantidade de mudas e também de mão-de-obra. Apesar do aumento do custo quando se realiza a produção de mudas em saquinhos em viveiros, não convém comprometer a eficiência dessa tecnologia por uma economia inicial, pois isso poderá levar a um fracasso nos resultados obtidos na fase final de conclusão da obra.

11 – SISTEMA VETIVER

O Sistema vetiver (SV), o qual é baseado nas aplicações da planta vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), recentemente classificado como *Chrysopogon zizanioides*, foi desenvolvido inicialmente pelo Banco Mundial, com o objetivo de ser utilizado para a conservação dos solos e águas na Índia, durante a década de 1980. Além da grande importância de aplicação do sistema em terrenos cultivados, os experimentos científicos conduzidos ao longo desses anos demonstram claramente que o Sistema Vetiver é um método natural muito eficaz e de baixo custo. Como resultado, observa-se a utilização desse sistema em diversas partes do mundo. Por essa razão o vetiver é conhecido mundialmente como a planta maravilhosa e milagrosa.

11.1 – Por que usar o capim vetiver

O vetiver possui as seguintes características que a tornam uma planta que pode ser usada com segurança, eficiência, sem agredir o meio ambiente e ter utilidade para a sociedade, a agricultura e a engenharia:

- Não é uma planta invasora, ou seja, as sementes são estéreis e não se propagam por meio de rizomas ou estolões, portanto, não se autopropagando e não se tornando uma erva-daninha.
- É resistente ao fogo, pois o vetiver tem sua coroa abaixo da superfície do solo, permanentemente se protegendo do fogo e pisoteio.
- Tem perenidade permanente, com grande capacidade de sobrevivência, como uma barreira vegetal densa por longo período, desenvolvendo-se apenas no local onde foi plantado.

- Forma uma barreira vegetal viva e densa permanentemente, acima do nível do terreno, que funciona como um filtro, retendo sedimentos e reduzindo a energia potencial do escoamento superficial (*run off*).
- Cresce e se desenvolve em diferentes tipos de solo, independentemente de pH, toxidez, salinidade, resíduos industriais e rejeitos de mineração.
- Desenvolve novas raízes quando sua coroa ficar encoberta de sedimentos, cresce até atingir o novo nível do terreno e continua a formação de terraços naturais.
- É facilmente eliminada ou removida quando não mais se deseja mantê-la na área, sem a preocupação com a autopropagação ou o enraizamento.
- Tem baixo custo de implantação e manutenção, não necessitando de podas periódicas, adubação ou irrigação, dada sua rusticidade e tolerância à seca, ao fogo, ao alagamento, etc.
- Não compete com espécies que estão protegendo, em razão, principalmente, da profundidade de seu sistema radicular, que apresenta grande geotropismo positivo.
- Não é hospedeira de insetos e fungos, apresentando-se livre de pragas e doenças.
- Tem o sistema radicular penetrante, capaz de suportar entubamentos (túneis) e rachaduras nas estruturas do solo. As raízes atingem pelo menos 3 m de profundidade.
- É planta xerófica e hidrófica e sobrevive em condições intempéricas, por isso o vetiver, após seu estabelecimento, suporta condições extremas de seca e enchentes.
- Possui colmos eretos e resistentes, de maneira a conter o fluxo de água de pelo menos 1.500 litros/minuto e 30 cm de altura da lâmina d'água.
- Tem grande adaptabilidade a extremas condições edafoclimáticas, com precipitações de 300 mm a 6.000 mm, temperaturas de -9°C até 50°C, capaz de suportar grande período de estiagem, superior a 6 meses.

11.2 – Barreiras vivas de capim vetiver

As barreiras para a retenção de sedimentos podem ser feitas de elementos inertes, de fibras ou elementos vivos, como as plantas de vetiver. Essas barreiras são construídas em nível, no sentido transversal à declividade dos taludes e encostas, com o objetivo de reter sedimentos e reduzir a energia potencial da água pluvial.

As barreiras vivas de capim vetiver apresentam as seguintes vantagens:

- Sob o ponto de vista ecológico e ambiental, o vetiver é perfeito, pois não é uma planta invasora, não se reproduz por sementes, estolões ou rizomas, mas somente por mudas. A esterilidade das sementes, combinada com um sistema radicular não invasor, faz do vetiver uma das plantas mais seguras do mundo, por ocasião de sua introdução em novos *habitats* e condições de cultivo (MADRUGA; SALOMÃO, 2005).
- O vetiver apresenta uma característica fantástica para garantir o sucesso e a eficiência da barreira viva, pois apresenta biotactismo positivo, ou seja, é uma planta cresce e se

desenvolve em direção a outra, acelerando a formação, o desenvolvimento e a densidade da barreira vegetal.

- A barreira viva de vetiver é de baixo custo, de rápida e fácil implementação, de baixa manutenção e de grande eficiência. Além disso, o vetiver não é planta hospedeira de pragas e doenças.
- A barreira viva de vetiver forma uma cerca viva muito densa e com grande capacidade de retenção de até 80 cm de lamina d'água em suas hastes de até 2 m de altura.
- A barreira de vetiver emite grande volume de raízes quando sua base é recoberta por sedimentos, portanto, quanto maior for a capa de sedimentos retidos, maior será a densidade de raízes, tornando o sistema mais eficiente.
- As raízes da barreira de vetiver se adaptam a todos os tipos de terrenos, penetrando em coberturas rochosas e apresentando grande resistência. Podem penetrar no solo com grande profundidade, formando uma malha de solo estruturado natural com alta resistência (raízes com resistência à tração equivalente a 1/6 da resistência do aço doce).
- As barreiras de vetiver são permeáveis, o que reduz a velocidade do escoamento, filtra e regula a passagem da água, evitando o carreamento de sedimentos.
- As barreiras de vetiver devem ser construídas em nível e transversalmente à declividade de taludes e encostas. A distância entre as barreiras sucessivas de vetiver depende da coesão do solo, da declividade e da segurança requerida.

Em geral, as barreiras de vetiver devem ser distanciadas de 1 m de desnível. Para obter o estabelecimento imediato da barreira de vetiver, devem ser utilizados retentores de sedimentos à base de seis plantas/m linear e mudas já enraizadas em viveiros.

11.3 – Disposição e tratamento de esgotos

- Tem crescimento denso, formando uma barreira viva e permeável, que atua como um filtro muito eficiente, retendo sedimentos grossos e finos.
- Apresenta sistema de raízes profundas, extensas e penetrantes, diminuindo e prevenindo que esses resíduos penetrem no solo, o que poderia comprometer a contaminação do lençol freático.
- Altamente resistente a enfermidades, pragas e fogo.
- Tolerante a uma grande variação de temperatura, desde de -9 até 50 °C.
- Tolerante a secas e inundações prolongadas.
- Alta tolerância a solos muito ácidos, básicos, salinos, sódicos e com altos níveis de magnésio.
- Alta tolerância a elementos como Al, Mn, As, Cd, Ni, Pb, Hg, Se e Zn nos solos.
- Tolerante a herbicidas e praguicidas.
- Muito eficiente na absorção de N, P, Hg, Cd e Pb dissolvidos em corpos hídricos.

- Consome maior volume de água quando comparadas com plantas aquáticas como *Typha spp*, *Phragmites australis* e *Schoenoplectus validus*.
- Possui habilidade de recuperação rápida após distúrbios ambientais.
- Não apresenta estolões subterrâneos e suas flores são estéreis, não representando risco de se tornar uma planta invasora.

11.3.1 – Reduzindo o volume de águas contaminadas

Para a redução em larga escala de esgotos, os métodos vegetativos são os únicos viáveis e práticos hoje em dia. Na Austrália, gramíneas e árvores têm sido muito utilizadas no passado para a disposição de lixiviados, bem como de efluentes industriais e domésticos:

- **Terras irrigadas** – Em condições de casa de vegetação, houve o estabelecimento de uma boa correlação entre o uso da água e a produção de biomassa. Dessa correlação estimou-se que para cada 1 kg de biomassa de vetiver há consumo de 6,86 litros/dia de água. Recentemente, em uma área de campo, observou-se que poderá chegar o consumo de 3,8 litros/m²/dia.
- **Bacias de sedimentação** – Bacias de sedimentação e construções têm se mostrado efetivos em reduzir a quantidade de contaminantes provenientes da agricultura e de zonas industriais. O uso de bacias de sedimentação para a redução de contaminantes envolve uma variedade de processos biológicos complexos, como as transformações microbianas e processos físico-químicos – por exemplo, a absorção, a precipitação e a sedimentação. Bacias de sedimentação com vetiver têm sido utilizadas com resultados positivos na Austrália para a disposição de esgotos.

11.3.2 – Melhorando a qualidade de águas contaminadas

A contaminação de corpos hídricos é um dos maiores problemas mundiais, muito difundido nos países industrializados, principalmente nos países em desenvolvimento que muitas vezes não possuem recursos para combatê-la. Os métodos vegetativos geralmente são os mais comuns e eficientes para melhorar a qualidade da água. Para que não haja restrições à sua utilização, as plantas utilizadas devem ser:

- tolerantes a condições extremas de crescimento;
- tolerantes a altos níveis de agroquímicos, metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos;
- tolerantes a elevados níveis de nutrientes;
- capazes de crescer rapidamente com uma boa produção de biomassa.

O vetiver é uma dentre as muito poucas plantas, senão a única, que atende a todos esses requisitos.

Na Austrália estudos feitos em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e algodão têm demonstrado que as barreiras vivas de vetiver são altamente efetivas em absorver os nutrientes associados às partículas do solo, como fósforo, cálcio; e os herbicidas, como diúron, trifluralin, prometryn e fluometuron; além de diversos pesticidas. Esses nutrientes e agroquímicos podem ser retidos pelas barreiras de vetiver estabelecidas perpendicularmente aos canais de drenagem.

Na Tailândia, um experimento conduzido pelo Centro de Estudos de Desenvolvimento Real Huai Sai demonstrou que as barreiras de vetiver plantadas em terreno inclinado formam um dique vivo, enquanto as raízes formam uma barreira abaixo da superfície, evitando que os praguicidas e outras substâncias tóxicas atinjam o lençol freático. Os perfilhos formados na superfície também impedem que as partículas de solos sejam transportadas para os cursos de água.

11.3.3 – Absorvendo e tolerando contaminantes e metais pesados

O ponto-chave do Sistema Vetiver está em tratar águas contaminadas e sua capacidade de absorver nutrientes e metais pesados. Possui muita tolerância a níveis elevados de diversos elementos. Apesar de as concentrações desses elementos não serem tão altas no vetiver como nas plantas hiperacumuladoras, ele não possui restrições em relação à produção de biomassa. O vetiver pode remover maior quantidade de nutrientes e de metais pesados quando comparado à maioria das plantas hiperacumuladoras.

Na Austrália, um projeto para demonstrar os efeitos do Sistema Vetiver para reduzir o volume e melhorar a qualidade dos efluentes demonstrou que, depois de cinco meses de crescimento no plantio de duas barreiras de vetiver, houve redução de 83% e de 82% dos níveis totais de N e P, respectivamente, e no plantio de cinco barreiras houve redução de 99% de N e de 85% de P.

Na China, os efluentes gerados pelas granjas de porcos representam uma fonte preocupante na contaminação dos recursos hídricos. Os esgotos gerados por essa atividade possuem alta concentração de N, P, Cu e Zn, sendo usados em rações para acelerar o crescimento dos animais. Os resultados demonstraram que o vetiver possui grande capacidade de purificação desses efluentes. As relações de assimilação e purificação dos elementos são apresentadas no Quadro 1:

QUADRO 1

Elementos assimilados em efluentes gerados por granjas de suínos

ELEMENTOS	PORCENTAGEM
Cu e Zn	>90%
As e N	> 75%
Pb	30-71%
P	15-58%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dada a escassez de água em nível global, o tratamento de efluentes vem se tornando um novo recurso, e não mais como um problema a ser resolvido. Em vez de lançar diretamente o esgoto nos corpos hídricos, a tendência, hoje é de reciclar essas águas para serem reutilizadas como uso doméstico e/ou industrial. Portanto, o Sistema Vetiver tem um potencial enorme, uma vez que apresenta baixo ou médio custo, é higiênico e facilita o tratamento dos esgotos gerados pelas atividades humanas.

11.4 – Fitorremediação e reabilitação de terras contaminadas

O vetiver é uma planta xerófica e hidrófica e uma vez estabelecida na área não é afetada por secas e inundações.

As características do vetiver, que fazem dessa planta uma espécie fitorremediadora, promovendo a reabilitação de áreas contaminadas, podem ser assim resumidas:

- tolerância à acidez e a níveis altos de alumínio e magnésio. O crescimento e o desenvolvimento do vetiver não são comprometidos em condições extremas de acidez (com pH até 3,0) e com alta porcentagem de saturação de alumínio de 68%. O vetiver pode tolerar níveis altos de magnésio no solo acima de 578 mgkg⁻¹, e na planta os níveis podem chegar a valores de 890 mgKg⁻¹;
- tolerância a altos níveis de salinidade;
- em solos sódicos, o vetiver cresce satisfatoriamente, desde que haja disponibilidade de níveis adequados de N e P;
- tolerante a metais pesados como: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn.

Apenas 1% dos elementos Cd, Cr e Hg, e de 16% a 33% dos elementos Cu, Pb, Ni e Se são translocados para a parte aérea. O elemento Zn possui boa distribuição ao longo da planta (Quadro 2).

Com essas extraordinárias características, o vetiver tem sido muito utilizado na reabilitação de áreas mineradas na Austrália, no Chile, na China, na África do Sul e na Venezuela.

QUADRO 2

Comparação do vetiver com as demais plantas para
níveis de tolerância de metais pesados

Metais Pesados	Níveis para crescimento das plantas em geral (mg/Kg)		Níveis para crescimento do vetiver (mg/Kg)	
	Níveis hidropônicos	Níveis no solo	Níveis no solo	Níveis na parte aérea da planta
Arsênio	0,02-7,5	2	100-250	21-72
Cádmio	0,2-9,0	1,5	20-60	45-48
Cobre	0,5-8,0	NA	50-100	13-15
Cromo	0,5-10,0	NA	200-600	5-18
Bromo	NA	NA	>1500	>78
Mercúrio	NA	NA	>6	>0,12
Níquel	0,5-2,0	7-10	100	347
Selênio	NA	2-14	>74	>11
Zinco	NA	NA	>750	880

Fonte: TRUONG, 2006.

11.4.1 – Minas de carvão

Na Austrália, havia uma área de material de rejeitos com teores de sódio bem elevados e baixos teores de nitrogênio e fósforos. Esse substrato também apresentava altos níveis de enxofre, cálcio e magnésio solúveis. Foram utilizadas cinco espécies tolerantes à salinidade para recuperar as cavas, dentre elas *Vetiveria zizanioides*, *Sporobolus virginicus*, *Phragmites australis*, *Typha domingensis* e *Sarcocornia spp.* Após 210 dias de plantio, observou-se a mortalidade de grande parte das espécies, sendo que as espécies de *V. zizanioides* e de *S. virginicus* permaneceram no local. Com a aplicação de *mulch* e de fertilizante na área, o crescimento e o desenvolvimento do vetiver foram superiores à espécie *S. virginicus*. Assim, o vetiver tem sido muito utilizado para recuperar cavas de minas a céu aberto de carvão na Austrália.

11.4.2 – Minas de ouro

Na Austrália, o material de rejeitos é bastante alcalino com pH de 8 a 9, pobre em nutrientes e rico em sulfatos livres (830 mg/kg), de sódio e enxofre total (1-4%). O vetiver cresceu muito bem nesse material, principalmente após a aplicação de fosfato. Essa gramínea tem sido muito utilizada para controlar a movimentação de partículas sólidas provenientes da ação dos ventos. Essas partículas possuem altos teores de elementos sulfúricos, que são extremamente ácidos (pH 2,5-3,5). É necessário, portanto, impedir o contato desses elementos com os corpos hídricos.

11.4.3 – Minas de Pb e Zn

Em minas de extração de Pb e Zn, o vetiver tem-se demonstrado tolerante quando é plantado no material estéril gerado por essas minas. É muito utilizado no controle de erosão de minas de bentonita na Austrália; de cobre, no Chile; de bauxita, na Venezuela e na Austrália; e em minas de diamante, na África do Sul.

11.5 – Resistência à tração

Relatos na Tailândia demonstram que as forças de resistência a tensões das raízes de vetiver são aumentadas dada a redução dos diâmetros delas, ou seja, as raízes finas possuem maior resistência que as raízes mais grossas. As forças de tração das raízes de vetiver podem variar de 40-120 Mpa, com o diâmetro variando de 0,2 a 2,2 mm. As raízes do vetiver apresentam maior resistência à tração do que muitas espécies vegetais utilizadas para estabilizar áreas (Quadro 3).

QUADRO 3

Resistência à tração de raízes de diferentes espécies vegetais

ESPÉCIES VEGETAIS		RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)		
Nome Científico	Nome Comum	Mínima	Média	Máxima
<i>Vaccinum sp.</i>	Uva dos Montes	10,00	16,00	22,00
<i>Populus sp.</i>	Álamo	5,00	22,00	38,00
<i>Salix sp.</i>	Salgueiro	9,00	23,00	26,00
<i>Acer sacharunum</i>	Carvalho Silvestre	15,00	23,00	30,00
<i>Hordeum vulgare</i>	Cevada	15,00	23,00	31,00
<i>Tsuga heterophylla</i>	Zicuta	18,00	27,00	36,00
<i>Alamus sp.</i>	Aliso	4,00	39,00	74,00
<i>Pseudotsuga sp.</i>	Douglas fir	19,00	40,00	61,00
<i>Vetiveria zizanioides</i>	Capim Vetiver	40,00	80,00	120,00

Fonte: WU, 1995.

Na China, estudou-se a relação entre o diâmetro das raízes de várias espécies vegetais e a resistência a tração. O Quadro 4, a seguir, mostra que o vetiver possui a segunda maior quantidade de raízes finas e com valores de até três vezes superior de resistência à tração entre o grupo de espécies estudadas.

QUADRO 4

Resistência à tração de raízes de plantas em função da espécie e diâmetro das raízes

ESPÉCIE	DIÂMETRO DAS RAÍZES (mm)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)
Gramma Bermuda	0,99 ± 0,17	13,45 ± 2,18
Gramma Pensacola	0,77 ± 0,67	17,55 ± 2,85
Gramma Bahia	0,73 ± 0,07	19,23 ± 3,59
Gramma Dallis	0,92 ± 0,28	19,74 ± 3,00
Late Juncellus	0,38 ± 0,43	24,50 ± 4,20
White Clover	0,91 ± 0,11	24,64 ± 3,36
Gramma Batatais	0,66 ± 0,05	27,30 ± 1,74
Gramma Vetiver	0,66 ± 0,32	85,10 ± 31,20

Fonte: HENGCHAOVAMICH, 1998.

Estudos tailandeses mostram que a presença de barreiras de vetiver com 2 anos de idade e espaçadas por 15 cm aumentam a resistência de corte do solo. Isso se deve ao denso e forte sistema de raízes formadas pelo vetiver. Essas raízes fortes permitem a penetração de solos difíceis e a estabilização de solos com falhas geológicas. Aliado ao fato de o vetiver apresentar crescimento rápido, essa espécie apresenta bons resultados quando plantado em taludes instáveis (Quadro 5).

QUADRO 5

Perda de solo e escorrimento superficial em vários tratamentos com vegetação em taludes inclinados

VEGETAL	PERDA DE SOLO (t/ha)		Escorrimento Superficial (%)
	Inclinação (15%)	Inclinação (30%)	
Testemunha	16,81	35,52	88,00
Lírio	11,98	16,06	76,00
Zacate Limón	7,58	7,62	81,00
Helecho	4,22	5,55	76,00
vetiver	1,13	4,90	72,00

Fonte: HENGCHAOVAMICH, 1998.

A aplicabilidade do plantio do vetiver não é apenas para áreas inclinadas ou instáveis, sendo recomendado, também, o plantio em diques. As extensas e fortes raízes do vetiver promovem melhor proteção contra a erosão e, quando plantado em diques, aumenta a estabilidade dele.

11.6 – Estabilização de estradas e ferrovias

A erosão e a falha nas estruturas são as principais razões para a instabilidade dos taludes. A erosão gera sulcos, falhas e até mesmo grande movimento de massa (deslizamentos), e geralmente o emprego da cobertura vegetal poderá ser eficiente no controle da erosão. A cobertura vegetal poderá basear-se no emprego de gramíneas, leguminosas e até mesmo de árvores. Contudo, em áreas instáveis, a utilização de espécies arbóreas não será a melhor opção. Em alguns casos, ela poderá até mesmo aumentar o processo erosivo. Recomenda-se o plantio de espécies que sejam de rápido crescimento, com sistema radicular profundo e denso, e que promovam melhor estabilidade às áreas instáveis. Assim, o vetiver é uma das poucas espécies com essas características, promovendo a estabilidade estrutural em espaço de tempo relativamente curto.

11.7 – Redução da incidência de deslizamentos

Deslizamentos de terras ocasionados por terremotos, por exemplo, ocorrem com frequência em regiões da América Central. O plantio de vetiver nessas áreas tem diminuído a incidência desses deslizamentos, por causa do sistema de raízes fortes e profundos, que promovem maior estabilidade dos solos, protegendo-os contra movimentos em massa.

11.8 – Desvios de enxurradas e retenção de sedimentos

O plantio de vetiver em fileiras forma uma barreira viva e densa com seus talos firmes que resistem até 0,6 m, diminuindo a velocidade e dispersando a enxurrada. Com localização adequada, as barreiras podem atuar como estruturas de desvio de águas, reduzindo o poder erosivo das enxurradas. Portanto, o vetiver pode ser muito efetivo na estabilização de canais e de outras estruturas de drenagem.

11.9 – Proteção de gabiões e estruturas de concreto

As raízes profundas das barreiras de vetiver protegem a superfície de terreno próximo a estruturas de concreto, de gabiões ou de outras barreiras sólidas que possuem função de diminuir a erosão promovida por correntes de águas de grande velocidade. Quando é feito o plantio de vetiver em áreas acima dessas estruturas, o solo dessas áreas é protegido, diminuindo a quantidade de sedimentos carregados para essas estruturas.

11.10 – Conservação de solos e águas em terras agrícolas

Uma revisão realizada pelo Banco Mundial comparando a efetividade e a praticidade de diferentes sistemas de conservação dos solos demonstrou que as medidas de construções de engenharia devem ser específicas para cada área, requerendo projetos precisos, detalhados

e de manutenção periódica. Essas medidas de construção reduzem as perdas de solos, mas não reduzem significativamente a enxurrada e, em alguns casos, tem impacto negativo na conservação da umidade no solo. Já o plantio vegetativo em curvas de nível forma uma barreira protetora para áreas íngremes, diminuindo a enxurrada e fazendo com que os sedimentos se depositem (Quadro 6).

QUADRO 6

Distância entre as barreiras de vetiver em intervalo vertical
em função da inclinação do terreno

INCLINAÇÃO		DISTÂNCIA EM NÍVEL ENTRE BARREIRAS (m)
Graus	Porcentagem	
2,00	3,50	28,70
5,00	8,80	11,50
10,00	17,60	5,80
15,00	27,00	4,00
25,00	46,60	2,40
30,00	57,70	2,00

Fonte: WORLD BANK, 1993.

Essas barreiras são permeáveis e promovem a infiltração da água no solo, interceptando e diminuindo a velocidade da enxurrada. As espécies ideais para serem usadas como barreiras para o efetivo controle de erosão e de sedimentos devem apresentar as seguintes características:

- formar uma barreira densa, uniforme, firme e ereta, de maneira que ofereça alta resistência ao fluxo de água superficial e que tenha um sistema de raízes extenso e profundo, dando maior estabilidade aos solos e prevenindo a formação de sulcos erosivos;
- sobreviver às secas, ao baixo nível de nutrientes e ser capaz de recuperar o seu crescimento após as chuvas;
- ter a mínima perda de rendimento agrícola, o que implica que a barreira viva, não deve proliferar como planta daninha, não competir por água e luz e não ser hospedeira de uma série de pragas e doenças;
- ser de fácil plantio e de baixo custo econômico.

12 – VANTAGENS DA APLICAÇÃO DO SISTEMA VETIVER NO TRATAMENTO DE ESGOTOS

- A aplicação do sistema vetiver é bastante simples, se comparado aos sistemas convencionais. Depois do projeto inicial, o solo requer a preparação convencional e o controle de plantas daninhas na fase inicial de estabelecimento;
- A aplicação do sistema vetiver no tratamento de águas residuais possui custo bem inferior quando comparado aos sistemas convencionais, tais como os mecânicos e os químicos. A maior parte dos custos refere-se à aquisição de mudas e a pequenas quantidades de fertilizantes;
- Quando se estabelece o Sistema Vetiver, requer-se pouca manutenção do local. Essa espécie exige a remoção da parte aérea para outros usos de duas a três vezes, o que contrasta com outros métodos que necessitam de manutenção de custos muitas vezes elevados e de mão-de-obra qualificada para operá-los eficientemente.

13 – USO DO SISTEMA VETIVER NO BRASIL

Vários trabalhos existem no Brasil com aplicação do sistema vetiver, especialmente na Região Nordeste, em proteções de taludes em estradas e cultivo para produção de perfumaria. A rede Brasil-Vetiver, tem sempre estimulado o desenvolvimento da planta em todo o País, e cada região em que o vetiver é plantado o resultado é sempre promissor.

Na Região Sudeste vários trabalhos com uso do vetiver estão sendo conduzidos referentes à estabilidade de taludes, barreiras vivas para retenção de sedimentos, filtros em áreas contaminadas e atirantamento do solo. Mediante parceria entre a UFMG e a DEFLOR, os trabalhos com o vetiver tem se apresentado promissores e inovadores, e as técnicas empregadas são eficientes e de baixo custo, quando comparadas às técnicas tradicionais de engenharia.

Pereira (2007) conduziu vários trabalhos que relatam a importância do vetiver para aplicação em estabilização de taludes, recuperação de áreas degradadas e proteção de margens de cursos d'água. As mudas de vetiver podem ser produzidas pela separação de uma muda da touceira de vetiver e colocada em sacolas plásticas, e após a pega e o enraizamento devem ser plantadas, preferencialmente, em linhas em nível transversalmente à declividade da área, à base de seis plantas/m.

Experimentos mostram a eficiência do Sistema Vetiver em várias situações como: controle de erosão e sedimentos, proteção de margens de cursos d'água e atirantamento em taludes de aterro.

Os trabalhos com vetiver apresentam baixo custo e eficiência. Por se tratar de uma espécie não invasora, cujas características permitem a recomendação pelo Banco Mundial e pelos órgãos ambientais em todo o mundo, deverá ter grande expansão no Brasil.



Foto 1 – Barreiras vivas de vetiver, construídas em nível e transversalmente a declividade da área, a cada 1 m de desnível com 6 plantas/metro.



Foto 2 – Atiramento verde com biomanta antierosiva e vetiver de aterro sem compactação e em apenas 30 dias, protegem o talude, pois não houve trincas, carreamento de sedimentos e erosões.



Foto 3 – Proteção de margens de curso d'água com barreiras vivas de vetiver em consorciação com gramíneas e leguminosas e biomanta antierosiva de proteção definitiva.

14 – REFERÊNCIAS

CHENG, H. *et al.* A experimental study on mechanic performance and mechanism of soil-reinforcement by herb root system. *Proceedings of the Third International Conference on vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.

CHOWCHALOW, N. *Vetiveria 2:1*. Bangkok: Pacific Rim Network, ORDPB, 1997.

DALTON, P. *Application of vetiver grass hedges to erosion control on the cropped flood plain of the darling downs*. Southern Queensland: Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland. 1997.

DUNG, L. V. *et al.* Vetiver system for wave and erosion control in the Mekong delta, Vietnam. *Proceedings of the third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.

GREENFIELD, J. Vegetative vs. mechanical soil conservation systems they affect moisture conservation and sustained production. *Proceedings of the First International Conference on Vetiver*. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, 1996. p. 1-7.

GREENFIELD, J. *Vetiver grass: the hedge against erosion*. Haverford, U.S.A. Infinity Publishing.com. 2002.

GRIMSHAW, R. Vetiver grass: its use slope and structure stabilization under tropical and semi-tropical conditions. In: *Vegetation and Slopes*. Londres: Institution of Civil Engineers, 1994. p. 26-35.

GRIMSHAW, R. Vetiver grass: a world technology and its impact on water. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.

HENGCHAOVANICH, D. 1998. Vetiver grass for slope stabilization and erosion control. *Tech. Bull.*, Pacific Rim Vetiver Network, Thailand, n. 2, 1998. 28 p.

HENGCHAOVANICH, D; FREUDENBERGER, K. Vetiver victorious: the systematic use of vetiver to save Madagascar's FCE Railway. *Tech. Bull.*, PRVN-ORDPB. Bangkok, Thailand, n. 2, 2003.

- HUANG, B.; XIA, H.; DUAN, G. Study on Application of vetiver eco-engineering technique for stabilization and revegetation of karst stoney slopes. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and exhibition*, Guangzhou, China. 2003.
- ISLAM, M. Embankment erosion control: towards cheap and simple practical solutions for Bangladesh. *Proceedings of the Second International Conference on Vetiver*. Office of the Royal Development Projects Board. Bangkok, 2000. p. 307-321.
- KE, C.; FENG, Z.; WU, X. *et al.* Desing principles and engineering samples of applying vetiver eco-engineering technology for land landslide control and slope stabilization o riverbank. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.
- KE, C.; FENG, Z. *Introducing key species of bio-green hedge for strengthening engineering – Vetiver*. *Pearl River*, v. 2, p. 42-43, 49. 2000.
- KON, K.; LIM, F. Vetiver research in Malaysia: some preliminary results on soli loss, runoff and yield. *Vetiver Newsletter*, n. 5, p. 4-5, 1991.
- KONG, X; LIN, W.; HAO, H. A preliminary experiment on slope rehabilitation with vetiver and native plant technique. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.
- METCALFE, O.; SMITH, R.; TRUONG, P. Hydraulic characteristics of vetiver hedges in deep flows. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.
- NANAKORN, M.; SURAEATTANANON, NAMWONGPORM, N., *et al.* *In vitro selecton of NaCl tolerance in vetiveria species*. Paper presented at *First int. Conference on Vetiver*, Chiang Rai, Thailand. 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Vetiver grass: a thin green line against erosion*. Washington DC, USA: National Academy Press. 1993.
- PARISCA, O. R.; TAMAYO, G. Y.; Vetiver (*Vetiver zizanioides*): una extraordinaria planta para la protección ambiental. *Boletín Vetiver*, Red Latinoamericana del Vetiver, Maracay – Venezuela, p. 4-6, out. 2006.
- SANGUANKAEO, S.; CHAISINTARAKUL, S.; VEERAPUNTH, E. The application of the vetiver system in erosion control and stabilization for highways construction and maintenance in Thailand. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VETIVER AND EXHIBITION, 3, 2003*, Guangzhou, China. *Anais...* Guangzhou, 2003. p. 319-330. Disponível em: www.vetiver.com/TVN_greenEng.pdf. Acesso em: 29 abr. 2005.
- SY, M. The vetiver: from nursery to the protection of infrastructures. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.
- TRUONG, P. El Sistema vetiver: aplicaciones potenciales en Latinoamerica. *Boletín Vetiver*, Red Latinoamericana del Vetiver, Maracay – Venezuela, p. 6-12, out. 2006.
- WORLD BANK. Vetiver grass for soil and water conservation. *Thechinal Paper*, Washington DC, Estados Unidos, R. G. Grimshaw (Ed.), n. 273, 1995.
- WORLD BANK. *Vetiver grass: the hedge against erosion*. Washington, D.C., 1993. 43 p. Disponível em: www.vetiver.com/TVN_greenEng.pdf. Acesso em: 29 abr. 2005.
- WU, T. Slope stabilization. *In: MORGANAND, R. P. C.; RICKSON, R. J. (Ed.). Slope stabilization of erosion control*. Washington DC, Estados Unidos. 1995.
- XIA, H.; AO, H.; LIU, S. The vetiver eco-engineering: a biological technique for realizing sustainable development. *Chinese Journal of Ecology*, v. 17, n. 6, p. 44-50, 1998.
- ZHANG, P.; XIA, H. Revegetation of quarry using the complex vetiver ecoengineering technique. *Proceedings of the Third International Conference on Vetive and Exhibition*. Guangzhou, China. 2003.