



## ABORDAGEM DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS NA RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS

João Carlos Costa Guimarães<sup>1</sup>, Willian Fernandes de Almeida<sup>2</sup>, Paula Sant'Anna Moreira Pais<sup>3</sup>, Maria Luiza de Carvalho Andrade<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, Lavras – MG, Brasil (joao.guimaraes77@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

<sup>3</sup>Doutoranda em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Caixa Postal 3037, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

<sup>4</sup>Mestranda em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Caixa Postal 3037, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

### RESUMO

Voçoroca é um fenômeno geológico que consiste na formação de grandes buracos de erosão causados pelas precipitações em solos desprotegidos de vegetação. Devido a grande perda de massa de solo, as voçorocas são consideradas a forma mais severa da erosão, responsáveis por graves danos ao meio ambiente e também ao próprio meio antrópico. É fundamental entender o fenômeno e adotar medidas de prevenção e controle. Este trabalho apresenta um balanço bibliográfico sobre a formação das voçorocas e as práticas conservacionistas usadas na recuperação das mesmas. Foram destacadas as práticas vegetativas, edáficas e mecânicas assim como seus principais objetivos. Vale ressaltar que, exceto em casos especiais, deve-se sempre buscar pelos métodos menos onerosos, assim como pela conscientização da população em relação à preservação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** conservação de solo, erosão, revegetação.

### APPROACH OF CONSERVATION PRACTICES ON RECUPERATION OF GULLIES

#### ABSTRACT

Gully is a geological phenomenon which consists in the formation of large holes of erosion caused by rainfall on unprotected soil vegetation. Due to the great loss of soil mass, the gullies are considered the most severe erosion, responsible for serious damage to the environment and also to the own anthropic middle. It is worth mentioning that it is therefore essential to understand the phenomenon and that prevention and control. Thus, this paper presents a review literature on the formation of gullies and conservation practices in the recovery of the same. Practices vegetative, edaphic and mechanical as well as its main objectives were highlighted. It is worth mentioning that, except in special cases, you should always seek the least costly methods and as the public awareness about environmental preservation.

**KEYWORDS:** soil conservation, erosion, revegetation.

## 1 INTRODUÇÃO

A erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água ou pelo vento. Os processos erosivos são causados por forças ativas, estas, relacionadas com as chuvas, declividade do terreno e capacidade de absorção de água do solo, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010). Sendo assim, esse processo pode ser considerado o resultado da ação de diversos agentes morfogenéticos, sendo que a intensidade depende das características físicas da área e dos fatores envolvidos. Nas últimas décadas, tem-se percebido uma aceleração de tais processos, devido, principalmente, à maior atuação do homem, em virtude da pressão demográfica atrelada ao avanço tecnológico, que lhe permite modificar o ambiente cada vez mais (FURTADO *et al.*, 2006).

A ausência de vegetação de uma determinada área deixa-a exposta à erosão. Após um longo período de precipitação, acaba-se gerando um fluxo de sedimentos que podem originar sulcos, e se tal processo for contínuo e provocar um incessante aprofundamento do solo, pode-se chegar ao nível de uma voçoroca.

As voçorocas constituem a forma de erosão mais severa e de acordo com MACEDO *et al.*, (1998) se desenvolvem melhor onde há um horizonte C muito profundo e um *solum* (horizontes A e B) de pequena espessura. Segundo os mesmos, a decapitação de todo o *solum* em alguma parte da encosta, geralmente nas partes mais baixas, expõe o horizonte C à intensa remoção de partículas e, por solapamento, a voçoroca cresce rapidamente no material pouco coerente desse horizonte, culminando com a perda do solo como um todo. Erosões do tipo voçorocas podem chegar a vários metros de comprimento e de profundidade, suas dimensões e a extensão dos danos que podem causar estão intimamente relacionados com o clima, topografia do terreno, gênese do solo, forma de manejo e classe de solo. FERREIRA *et al.*, (2007) afirmam que “as voçorocas são consideradas um dos piores problemas ambientais em áreas de rochas cristalinas nas regiões tropicais de montanha onde são freqüentes e podem alcançar grandes dimensões”.

Inúmeras são as medidas de prevenção e correção desenvolvidas e utilizadas na recuperação dos processos erosivos. Em áreas propensas ao voçorocamento a busca de práticas que utilizem técnicas de natureza mecânica, física e edáfica que aumente a infiltração do excesso do fluxo hídrico e contribua para retenção da água através do uso adequado do solo, são fundamentais para diminuir o potencial erosivo da chuva (NARDIN *et al.*, 2010).

Vale ressaltar que um plano de controle da voçoroca não deve ser abordado de forma isolada, mas como um conjunto de medidas para a estabilização de toda a área afetada. Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (2010) o controle é realizado com os seguintes objetivos: (a) interceptação da enxurrada acima da área de voçorocas, com terraços de diversão; (b) retenção da enxurrada na área de drenagem, por meio de práticas de cultivo, de vegetação e estruturas específicas; (c) eliminação das grotas e voçorocas, com acertos do terreno executados com grandes equipamentos de movimentação de terra; (e) revegetação da área; (e) construção de estruturas para deter a velocidade da água ou até mesmo armazená-las; (f) completa exclusão do gado; (g) controle da sedimentação das grotas e voçorocas ativas.

Este trabalho teve como objetivo discutir a formação, bem como as principais medidas preventivas e corretivas para conter o avanço das voçorocas.

## **2 EROSÃO E FORMAÇÃO DE VOÇOROCAS**

O processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água ou pelo vento é denominado erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010). Segundo ROCHA (2007), geralmente são identificadas duas formas de processos erosivos, a erosão geológica, processo natural de evolução da superfície terrestre, caracterizado pela desagregação e transporte de partículas do solo pelos agentes erosivos, e a erosão acelerada que é aquela desenvolvida principalmente pela ação antrópica que gera desequilíbrio nas fases da erosão natural e de sedimentação, já que se trata de um processo acelerado e destrutivo. BERTONI & LOMBARDI NETO (2010) relatam que no Brasil é mais comum a erosão causada pela água (erosão hídrica) e esta é a principal causa do depauperamento acelerado dos solos.

A erosão hídrica envolve a sequência de dois importantes eventos: o primeiro relacionado à desagregação de partículas provocada pelo impacto da gota de chuva no solo e o segundo relacionado ao transporte do material desprendido através do escoamento superficial (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

A erosão hídrica pode ocorrer nas formas clássicas, tais como a erosão laminar, sulcos e voçorocas, e em formas mais especializadas, deslocamentos de massas, erosão em pedestal, pináculo e em túnel. A erosão laminar se caracteriza pela remoção de camadas delgadas da superfície do solo, sendo apenas perceptível após uma grande quantidade de solo ter sido removida. A erosão em sulcos se caracteriza pela formação de pequenas irregularidades no sentido da declividade do terreno, fazendo com que o escoamento superficial se concentre nos pontos mais baixos, atingindo volume e velocidade suficientes para formar canais mais ou menos profundos. Em complemento, caracterizam-se como voçorocas, o deslocamento de grande quantidade de solo com a formação de canais de grandes dimensões, impedindo o trânsito de máquinas e reduzindo a área de plantio (CARVALHO *et al.* 2002; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010). A voçoroca é considerada o estágio mais avançado da erosão hídrica (FERREIRA *et al.*, 2011a).

Nessa forma de erosão a água se acumula em canais estreitos e remove o solo dessas áreas a profundidades consideráveis (variando de 0,5 até 30m) em períodos curtos (SSSA, 2008) acarretando na instabilidade de nascentes, sub-bacias hidrográficas ou dos próprios cursos d'água, podendo comprometer a qualidade dos recursos hídricos (FERREIRA *et al.*, 2011a).

A erosão hídrica do tipo voçoroca causa a degradação do solo, comprometendo grandes áreas (GOMIDE *et al.*, 2011). Além disso, gera grandes prejuízos, através da perda de solos e investimentos públicos em obras de infraestrutura (SILVA & LIMA - notas de aula), havendo necessidade de fornecer subsídios para estabelecimento de sistemas racionais de manejo visando a manutenção de ecossistemas sustentáveis (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Os fatores que controlam o processo de voçorocamento são vários e estão intimamente ligados, tais como a litologia, os solos, a topografia e a vegetação (GUTIÉRREZ *et al.*, 2009). Além desses fatores deve-se considerar também o uso e o manejo do solo (FERREIRA *et al.*, 2011a).

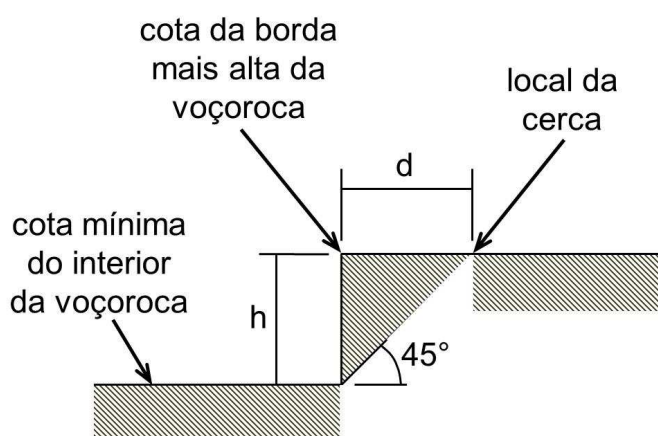
É importante ressaltar que, como as voçorocas são resultados da tendência de equilíbrio entre disponibilidade e dissipação de energia em sistemas naturais, elas ocorrem independentemente da ação humana, embora esta atue como agente

causador ou acelerador do processo erosivo (BOCCO, 1991), dessa forma, devido a importância do problema em questão, torna-se necessário tomar medidas preventivas ou mitigadoras para que haja harmonia entre o homem e o meio em que vive.

### 3 MÉTODOS E PRÁTICAS DE CONTROLE DE VOÇOROCAS

A primeira etapa para o controle de voçorocas consiste na contenção da água pluvial (e do esgoto urbano) que atinge a área por meio do escoamento superficial, através da implantação a montante à voçoroca de canais divergentes e ou de terraços em desnível para a condução da água interceptada até outros escoadouros naturais ou artificiais, onde a energia da enxurrada (ou esgoto) é dissipada (MARTINS & BAHIA, 1998; MACHADO *et al.*, 2006b). Algumas alternativas para construção destas estruturas são o concreto armado ou alvenaria, gabiões, barragem de pedra, barragem de arame, barragem de tocos de árvores ou de bambus, canais escavados no solo com proteção vegetal ou tubulações de concreto ou aço (MARTINS & BAHIA, 1998).

Adicionalmente ao controle da água que adentra a voçoroca, torna-se fundamental o impedimento do acesso de bovinos e equinos através da instalação de cercas com arames farpados em todo o perímetro da voçoroca (MACHADO *et al.*, 2006b), sendo que idealmente a cerca deve manter uma distância mínima da borda da voçoroca equivalente ao desnível da menor cota do interior da voçoroca até a cota da sua borda mais alta, de maneira que se forme uma cunha com inclinação máxima de  $45^\circ$  em todo o perímetro, conferindo maior estabilidade ao terreno (FIGURA 1). A presença destes animais dificulta ou mesmo impede a regeneração da vegetação, seja de maneira direta através do pisoteio ou pastoreio, ou indireta pelos efeitos negativos do solo compactado ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas (GUIMARÃES *et al.*, 2008; FERREIRA *et al.*, 2011b). A compactação das camadas superficiais do solo reduz a taxa de infiltração de água pluvial e conseqüentemente potencializa a ocorrência de enxurradas (CASTRO, 2001; MATA *et al.*, 2007).



**FIGURA 1.** Vista lateral do relevo demonstrando a cota mais baixa do interior de uma voçoroca, a cota da borda mais alta, e o local mais próximo que a cerca de isolamento deve ficar em relação a borda, garantindo a formação de uma cunha no solo com inclinação máxima de  $45^\circ$ . Onde:  $h$  = altura máxima entre a menor cota da voçoroca e a borda mais alta;  $d$  = distância mínima entre a cerca e a borda da voçoroca.

**FONTE:** Elaborado pelos autores.

Outro fator de degradação que demanda controle são os incêndios, os quais são altamente prejudiciais por eliminarem a vegetação recolonizadora da voçoroca, sendo que neste caso recomenda-se a confecção de aceiros no início da estiagem (MACHADO *et al.*, 2006b; GANDOLFI & RODRIGUES, 2007). Os aceiros têm a função de formar um cinturão livre de material combustível no entorno da voçoroca, impedindo que incêndios advindos de áreas externas atinjam sua borda ou o seu interior. A largura destes aceiros variará em função do porte da vegetação, do regime de ventos da região, e da declividade do terreno, sendo que a regra básica é a adoção de aceiros mais largos para locais com vegetação de porte alto, onde predominam ventos fortes e, ou, áreas com declividade acentuada (ou conforme a combinação destes três fatores). Em locais com situação oposta às anteriores podem-se adotar aceiros mais estreitos.

Atividades de educação ambiental com a comunidade do entorno para sensibilização dos efeitos nocivos de tal prática também devem ser incentivadas (SILVA & CURI, 2001), uma vez que o grande número dos eventos de incêndios tem origem antrópica.

Contudo para a efetiva estabilização do processo de voçorocamento torna-se fundamental o restabelecimento da cobertura vegetal sobre o solo (POMPÉIA, 2005), que é contemplada através de outras ações complementares, tais como a bioengenharia e o uso de espécies nativas e exóticas.

### **3.1 BIOENGENHARIA NO CONTROLE DE VOÇOROCAS**

A bioengenharia é uma associação de alternativas, envolvendo elementos biologicamente ativos, em obras de estabilização de solo e de sedimentos, junto com elementos inertes como, por exemplo, concretos, madeiras, ligas metálicas, polímeros e mantas confeccionadas com fibras vegetais, chamadas de biotêxteis (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Em decorrência de seu baixo custo, requerimento técnico relativamente simples para instalação e manutenção, adequação paisagística e ambiental, a bioengenharia tem encontrado largo campo de aplicação (PEREIRA & COELHO, 2006), dentre eles, o controle de voçoroca.

Como alternativas utilizadas para auxiliar no controle de voçorocas podem ser utilizadas biomantas, hidrossemeadura, paliçadas, espécies que contribuam para a estabilização do processo erosivo, como o capim Vetiver, estilozantes, *Andropogon*, crotalária, dentre outros (PEREIRA, 2006a).

Conforme DEFLORE (2005) as biomantas constituem de material confeccionado industrialmente, a partir de fibra vegetal, palha agrícola, fibra de coco e fibra sintética, que são costuradas de modo a formando uma trama resistente, protegida por redes de polipropileno ou juta. Apresentam como principal vantagem, ser de fácil e rápida aplicação, protegendo o solo imediatamente à sua aplicação, até que a vegetação se estabeleça e ainda com vantagem dessa vegetação poder ser gramínea ou leguminosa, dependendo das condições favoráveis para a escolha (DEFLORE, 2005).

Outra técnica de bioengenharia utilizada no controle e estabilização de voçorocas é a hidrossemeadura, que consiste na aplicação de massa pastosa composta de sementes, fertilizantes, compostos orgânicos, adesivos líquidos apropriados, aglutinantes e corretivos de solo utilizando a água como veículo (BASSO, 2008). Esta técnica é utilizada onde a mecanização se torna difícil pelo relevo acidentado. Tem como principais vantagens o uso de gramíneas e

leguminosas, que em determinados casos apresentam efeito corretivo do solo, fácil transporte, permite aplicação em grandes áreas em tempo reduzido, e rápido crescimento, proporcionando proteção quanto aos processos erosivos. Uma espécie que tem se mostrado promissora é o capim Vetiver (PEREIRA, 2006b).

O Vetiver é uma gramínea perene, de incidência nos mais variados climas, sobretudo tropical e subtropical. Pode ser usado como barreira para reter sedimentos transportados pela água e na estabilização de aterros e áreas erodidas. A formação de um terraço natural atrás das cortinas do capim, evita a degradação do solo e quebra a intensidade do fluxo descendente das águas pluviais. Experimentos utilizando o Vetiver em várias situações como: controle de erosão e sedimentos, proteção de margens de cursos d'água e em taludes de aterro, mostraram-se eficientes e apresentaram baixos custos (PEREIRA, 2006b).

Por se tratar de uma espécie não invasora, cujas características permitem a recomendação pelo Banco Mundial e pelos órgãos ambientais em todo o mundo, o vetiver deverá ter grande expansão no Brasil (PEREIRA, 2006b), expandindo consequentemente, o uso de técnicas de bioengenharia no controle de erosão do solo.

Dentre as diversas alternativas de estabilização do solo, a bioengenharia dispõe ainda do uso de paliçadas, que consiste em quebrar a força da enxurrada e reter os sedimentos principalmente dentro da voçoroca, e devem ser construídas com materiais de baixo custo e facilmente disponíveis, como bambu e sacos de rafia (MACHADO *et al.*, 2006b).

### **3.1.1 Uso de paliçadas no controle de voçorocas**

As paliçadas são um tipo de prática física que utiliza estruturas artificiais para redução do escoamento da água, interceptando-a e fazendo com que não atinjam energia suficiente para ocasionar perda de solo acima dos limites toleráveis (PRUSKI *et al.*, 2006). O uso dessas práticas é de extrema importância uma vez que nem sempre as práticas edáficas e vegetativas por si só são suficientes para o controle da erosão, principalmente onde ocorrem chuvas de grande intensidade (MACHADO, 2007).

Elas consistem em barreiras transversais construídas nos estreitamentos dos processos erosivos (COUTO *et al.*, 2010), com a finalidade de quebrar a força do fluxo erosivo e reter os sedimentos, reduzindo o assoreamento de fontes e corpos d'água assim como danos às residências situadas a jusante (MACHADO, 2007; NARDIN *et al.*, 2010) e com vantagem de ser uma técnica de baixo custo (MACHADO, 2007).

Conforme COUTO *et al.* (2010), a dimensão da paliçada será calculada em função da necessidade do local, podendo ser simples ou dupla. Ainda segundo os autores, uma paliçada deve se distanciar da outra o suficiente para que a altura máxima da paliçada abaixo esteja em nível com a base da paliçada acima, sendo esta diferença de nível preenchida pelos sedimentos.

De acordo com PEREIRA & COELHO (2006), as paliçadas poderão ser construídas de madeira roliça, dormentes ou bambu ou também com fardos de material vegetativo enraizável, conhecido como paliçadas vivas (ARAÚJO *et al.*, 2009). As paliçadas de madeira são as comuns, e devem ser utilizadas madeiras impermeabilizadas. As dimensões das peças de madeira são variáveis com a dimensão da erosão. As peças devem ser fixadas e dispostas verticalmente, formando um ângulo de 15° a montante com o pé das estacas, e devem ficar

totalmente unidas umas às outras; se for necessário, elas devem ser aparadas, de maneira a evitar frestas entre as peças.

A fixação deve ser feita através de uma vala cuja profundidade seja no mínimo 50% do comprimento da peça de madeira e deve ser totalmente em linha (COUTO *et al.*, 2010).

É importante também, conforme COUTO *et al.* (2010), que sejam aplicados retentores de sedimentos na interface das laterais das paliçadas com o solo, a fim de evitar que os sedimentos passem pelas interfaces, o que normalmente têm acontecido quando esses cuidados não são observados.

Atrás da paliçada (a montante) e no engastamento nas ombreiras devem ser aplicados geotêxteis filtrantes ou retentores de sedimentos, do pé da paliçada até o topo, e amarradas na paliçada, evitando assim a fuga de sedimentos e a passagem de água pelas ombreiras e na interface da paliçada com o solo (COUTO *et al.*, 2010).

Avaliando a eficácia da implantação de paliçadas vivas na redução da erosão do solo em Urutuaí – GO, COSTA *et al.* (2011), observaram redução de 75% no movimento do solo em relação ao controle, concluindo, portanto, que a instalação das paliçadas vivas na área foi eficaz no controle da erosão.

NARDIN *et al.* (2010) realizando estudos de implantação de paliçadas de bambu com sacos de rafia servindo de escora, em uma voçoroca em Uberlândia – MG, concluíram que o método foi eficiente, apresentando alta taxa de contenção do material carregado pelo fluxo hídrico. Além disso, perceberam que após eventos chuvosos intensos ocorridos na área de estudo, a ação erosiva da água não tomou forma de fluxo contínuo carregando partículas do solo, pelo contrário, acumulou-se permitindo a redução deste fluxo e permanência de grande parte do material no local. O que é fundamental para fornecer condições básicas de estabilidade inicial ao crescimento de espécies vegetais.

Em estudos de contenção de uma voçoroca no município de Prados – MG, MACEDO *et al.* (1998), verificaram que a utilização de paliçadas de bambu e eucalipto em conjunto com bacias de contenção contribuíram para a estabilização da voçoroca e redução da erosão hídrica na área de contribuição.

MACHADO (2007) também obteve resultados satisfatórios utilizando paliçadas de bambu e pneus usados além de leguminosas e terraços com bacias de contenção nas extremidades, em voçorocas no município de Pinheiral – RJ, havendo redução de 98% de perdas de solo.

Ressalta-se a importância de que a implantação das paliçadas deve ocorrer com antecedência para que no momento do plantio, no início do período chuvoso, todos os esforços sejam direcionados para as práticas de revegetação (MACHADO *et al.*, 2006b).

Sendo assim, de acordo com resultados dos estudos supracitados, pode-se perceber que a utilização de paliçadas é uma medida eficaz na estabilização de voçorocas, porém medidas mecânicas como estas servem apenas para estabelecer condições mínimas para o estabelecimento de práticas vegetativas, ou revegetação (ANDRADE *et al.*, 2005; MACHADO *et al.*, 2006b). Logo, para que seja recuperada uma área com voçoroca, não se deve abrir mão de estratégias que utilizem da interação de práticas mecânicas, vegetativas e edáficas, buscando com isso resultados mais eficazes.

### 3.2 REVEGETAÇÃO DE VOÇOROCAS COM ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS

Existe uma variedade enorme de opções para a revegetação de áreas degradadas, incluindo neste contexto as voçorocas. Contudo a decisão sobre a técnica mais adequada deverá ser balizada por alguns fatores, destacando-se: presença de regeneração natural de espécies nativas ou de regeneração de espécies exóticas na borda ou no leito da voçoroca; vegetação predominante na matriz; e presença no entorno da voçoroca de fragmentos florestais nativos.

Nas situações que a regeneração natural ocorre satisfatoriamente na borda e interior da voçoroca, o simples isolamento da área e retirada dos fatores de degradação tenderá a um processo de estabilização dos processos erosivos (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007).

Na ausência de regeneração natural, faz-se necessário a introdução de vegetação por ação antrópica. Neste contexto, podem ser utilizados desde sementeira de espécies gramíneas exóticas que apresentem capacidade de se estabelecer em solos pobres em termos nutricionais (POMPÉIA, 2005), até o plantio de mudas de espécies florestais nativas (POMPÉIA, 2005; GOULART *et al.*, 2006; GANDOLFI & RODRIGUES, 2007; GUIMARÃES, 2008; LOSCHI *et al.*, 2010). A diferença entre estes dois extremos reside no objetivo de uso final da área. Caso seja apenas o de controlar o processo erosivo, a primeira técnica é mais indicada, por ser mais barata e apresentar maior probabilidade de êxito (POMPÉIA, 2005). Porém quando se deseja que esta área degradada volte a cumprir as funções e ter estrutura (biodiversidade) similar a de um ecossistema natural, o uso exclusivo, ou quase, de espécies nativas típicas do ecossistema de referência da região deve ser preconizado (POMPÉIA, 2005; GANDOLFI & RODRIGUES, 2007; GUIMARÃES, 2008). Contudo, a revegetação com espécies florestais nativas requer maior investimento, seja para a coleta de sementes de espécies representativas da flora regional e a formação de mudas em viveiros, seja pela maior exigência na aplicação de insumos que serão fundamentais para viabilizar o estabelecimento e desenvolvimento destas mudas na área. Além disso, demanda o monitoramento da vegetação por um longo período (alguns anos), onde aspectos tais como, formação de serrapilheira, banco de plântulas no sub-bosque, ocorrência de ciclos fenológicos (estágio reprodutivo das plantas) deverão ser observados como garantia para a sustentabilidade do ecossistema em processo de restauração (GUIMARÃES, 2010).

O reflorestamento pode ser potencializado pela presença nas adjacências de remanescentes de florestas nativas, uma vez que estas atuarão como fontes de propágulos que poderão atingir a área, e elevar a riqueza de espécies, assim como fornecerão elementos da fauna que atuarão posteriormente nos processos de polinização e dispersão de sementes, permitindo a ocorrência dos ciclos reprodutivos (MACHADO *et al.*, 2006a).

Em situações extremas cujo substrato seja altamente pobre e instável, anteriormente ao plantio de mudas de espécies nativas poderá ser necessário recuperar alguns atributos do solo, tais como teor de nutrientes e matéria orgânica, os quais serão fundamentais para o estabelecimento das mudas. Em alguns casos a escolha de espécies leguminosas para adubação verde, apresenta grande potencial para acelerar a fixação de nitrogênio (MACHADO *et al.*, 2006b; PEREIRA & COELHO, 2006) e, portanto, devem ser semeadas previamente à introdução de espécies arbóreas. Somente após a melhora das condições edáficas por estas espécies é que deverá ser introduzida a comunidade florestal.

Ressalta-se que em situações altamente críticas poderá ser necessário o uso de equipamentos pesados em uma etapa prévia, tais como escavadeiras e tratores



de esteira, para a remodelagem topográfica das bordas da voçoroca, a fim de gerar uma condição mais susceptível à estabilização dos processos erosivos. Quando necessário este tipo de manejo é fundamental que se faça alguma ação no sentido de romper a compactação do terreno, reduzindo as restrições físicas à infiltração de água pluvial, e melhorando o desenvolvimento radicular da vegetação (IBAMA, 1990; TÓTOLA & BORGES, 2000; GARDNER & BELL, 2007; GUIMARÃES, 2010).

Uma alternativa para melhoria das condições edáficas de voçorocas é a introdução de uma camada de solo superficial (topsoil), o qual se destaca pela elevada concentração de nutrientes, microbiota e sementes de plantas (IBAMA, 1990; KOCH, 2007; GUIMARÃES, 2010; SANTOS, 2010), sendo que este produto pode ser aproveitado de áreas destinadas a outros usos, tais como, loteamentos, abertura de rodovias e estradas, construção de barragens, etc. É claro que a distância entre a voçoroca e o empreendimento poderá inviabilizar o aproveitamento deste material, especialmente em função do frete.

Contudo, em algumas regiões, existem alternativas em alguns processos de licenciamento ambiental de utilizar o instrumento da medida compensatória ambiental, e conferir ao empreendedor a obrigatoriedade de destinar o topsoil a esse uso, arcando com as despesas de transporte, e em alguns casos, inclusive fornecendo equipamentos para a remoldagem e espalhamento do topsoil. Ressalta-se que esta decisão poderá ser tomada desde que este material não vá ser necessário para mitigar algum impacto do empreendimento, e também, em função do porte do empreendimento e intensidade e abrangência dos respectivos impactos ambientais.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adoção de práticas conservacionistas para a mitigação do processo de erosão por voçorocamento deve contemplar alguns aspectos: a) a estabilização de uma voçoroca depende dos mesmos fatores envolvidos no processo de sua formação; b) a primeira medida de controle a ser considerada consiste no desvio da enxurrada à montante da voçoroca e a preservação da cobertura vegetal natural no seu interior; c) quando não for possível efetuar estes procedimentos a solução é adotar práticas vegetativas, edáficas e mecânicas no interior da voçoroca, cujas funções são a redução do impacto da gota da chuva, manutenção da fertilidade do solo, redução da força da enxurrada, aumento da infiltração, retenção de sedimentos, entre outras; d) há inúmeras práticas conservacionistas, cada uma para um determinado objetivo, entretanto, os custos relacionados a estas práticas são bastante variáveis e, exceto em casos especiais, deve-se sempre buscar pelos métodos menos onerosos; e) a paliçada é uma medida eficiente e de baixo custo utilizada principalmente para obstrução da enxurrada e retenção de sedimentos tanto nas encostas quanto no interior da voçoroca, porém deve ser utilizada associada às práticas vegetativas; f) a sensibilização da comunidade do entorno deve ser realizada através de práticas de educação ambiental, de modo que esta reconheça a importância e necessidade de se preservar a vegetação do interior e borda das voçorocas, assim como não descartar lixo e entulho em seu interior.

#### **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C. L. **Práticas mecânicas e vegetativas para controle de voçorocas**. Rio de Janeiro, 2005. 4 p. (MAPA - Comunicado Técnico 33).

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 320p, 2009.

BASSO, F. A. **Hidrossemeadura com espécies arbustivo-arbóreas nativas para preenchimento de áreas degradadas na Serra do Mar**. 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, USP, Piracicaba.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010.

BOCCO, G. Gully erosion: processes and models. **Progress in Physical Geography**. 15, 4. p.392-406, 1991.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, D. F. et al. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetidos a diferentes intensidade de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

CASTRO, P. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. CPT, (Série Saneamento e Meio Ambiente, n. 26).2001. 84 p.

COSTA, J. M. et al. Paliçadas vivas: uma alternativa para recuperação de áreas degradadas por erosão. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.1259-1266, 2011.

COUTO, L. et al. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Viçosa, MG, 2010. 119p. (Boletim Técnico CBCN nº 001).

DEFLOR. **A bioengenharia de solos na proteção e recuperação ambiental**. Belo Horizonte, 2005. 47 p.

FERREIRA, R. R. M. et al. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas Gerais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado-RS. **Anais**, 2007.

FERREIRA, V. M. et al. Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião campos das vertentes, MG. **Geografia**. v. 36, n.1, p. 209-219, 2011a.

FERREIRA, W. C. et al. Avaliação silvicultural de espécies arbóreas nativas regenerantes em um povoamento florestal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-7, 2011b.

FURTADO, M. S. et al. **Processo de recuperação da voçoroca do Sacavém, São Luís – MA**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, Goiânia, 2006.

GANDOLFI, S. & RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. In: **Fundação Cargill** (Coord.) Manejo florestal e restauração de áreas degradadas. São Paulo: Fundação Cargill. p.109-143, 2007.

GARDNER, J. H. & BELL, D. T. Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: social, political, historical, and environmental contexts. **Restoration Ecology**, vol. 15, n. 4, p. s3-s10, 2007.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 567-577, 2011.

GOULART, R. M. et al. Caracterização de sítios e comportamento de espécies florestais em processo de estabilização em voçorocas. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 68-79, 2006.

GUIMARÃES, J. C. C. Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas: “método tradicional” versus “método ecológico”. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 244, p. 30-33, 2008.

GUIMARÃES, J. C. C. Sustentabilidade ambiental através da restauração ecológica de minas de bauxita em florestas tropicais nativas. In: **Anais IV Congresso Internacional de Alumínio**, São Paulo, Brasil, p. 254-265, 2010.

GUIMARÃES, J. C. C. et al. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p. 621-632, 2008.

GUTIÉRREZ, A. G.; SCHANABEL, S.; CONTADOR, F. L. Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain. **Land Degradation & Development**, v. 20, p. 535-550, 2009.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, 1990. 96 p.

KOCH, J. M. Alcoa's mining and restoration process in South Western Australia. **Restoration Ecology**, vol. 15, n. 4, p. s11-s16, 2007.

LOSCHI, R. A. et al. Variações florísticas e estruturais de uma voçoroca em Itumirim, Minas Gerais. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 479-498, 2010.

MACEDO, J. R. et al. Revegetação da área de contribuição e estabilização de voçorocas através de práticas mecânicas e vegetativas. **Pesq. and. CNPS**, n.9, Embrapa Solos. p.1 - 6, 1998.

MACHADO, E. L. M. et al. Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP, v. 4, n. 7, p. 1-19, 2006a.

MACHADO, R. L. et al. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. Embrapa Agrobiologia, 2006b. Sistemas de Produção 3.

MACHADO, R. L. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, RJ**. 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Rio de Janeiro.

MARTINS, M. V. & BAHIA, V. G. Tecnologias disponíveis para controle do escoamento superficial. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 19, n. 191, p. 28-34, 1998.

MATA, C. L. et al. Avaliação multitemporal da susceptibilidade erosiva na bacia do rio Urucuia (MG) por meio da Equação Universal de Perdas de Solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 57-71, 2007.

NARDIN, C. F. et al. Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Deflor Engenharia, 2006a. 88 p.

PEREIRA, A. R. **Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas**. Belo Horizonte: Deflor, 2006b. 20 p. (Boletim Técnico, 3).

PEREIRA, A. R. & COELHO, A. T. **Efeitos da vegetação na estabilização de taludes e encostas**. Belo Horizonte: Deflor, 2006. 19 p. (Boletim Técnico, 2).

POMPÉIA, S. Recuperação da vegetação na serra do mar em áreas afetadas pela poluição atmosférica de Cubatão: uma análise histórica. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS. 2005, p. 119-143, 2005.

PRUSKI, F. F.; GRIEBLER, N. P.; SILVA, J. M. A. Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV. 2006. p. 131-171, 2006.

RIBEIRO, L. F.; HOLANDA, F. S. R.; ARAUJO FILHO, R. N. Indicadores ambientais para estudo da contribuição da bioengenharia na sucessão ecológica da mata ciliar da margem direita do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v.11, n. 35, p. 222-230, 2010.

ROCHA, E. A. V. **Avaliação do processo evolutivo e da dinâmica erosiva: um estudo de caso no município de Ipameri-GO**. 2007. 114 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SANTOS, L. M. **Restauração de campos ferruginosos mediante resgate de flora e uso de topsoil no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2010. 182 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, M. L. N & LIMA, J. M. **Principais formas de erosão hídrica**. Notas de aula. p. 12-25.

SILVA, M. L. N. & CURI, N. Uso e conservação do solo e da água e crise energética: reflexões e exemplos em Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 10-13, 2001.

SSSA – SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of Soil Science Terms 2008**. Madson: SSSA, 88p, 2008.

TÓTOLA, M. R. & BORGES, A. C. Growth and nutritional status of Brazilian wood species *Cedrella fissilis* and *Anadenanthera peregrina* in bauxite spoil in response to arbuscular mycorrhizal inoculation and substrate amendment. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 4, p. 257-265, 2000.