

DOSSIÊ TÉCNICO

Voçorocas
Medidas de Prevenção e Contenção em Áreas
Rurais

Analuce de Araújo Abreu
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CETEC

outubro
2007

Sumário

1 INTRODUÇÃO	2
2 OBJETIVO	3
3 SOLO	3
4 EROSÃO.....	4
4.1 Fatores que influenciam a erosão	4
4.2. Tipos clássicos de erosão.....	5
4.3 Classificação quanto à forma.....	5
5 MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA A EROSÃO E A DEGRADAÇÃO DO SOLO	10
6 TÉCNICAS DE CONTROLE E ESTABILIZAÇÃO DE VOÇOROCAS	11
6.1 Importância da cobertura vegetal.....	13
6.2 Barreiras vegetais de baixo custo	14
6.3 Barreiras de pedras.....	17
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	18
BIBLIOGRAFIA	18

Título

Voçorocas, medidas de prevenção e contenção em áreas rurais

Assunto

Serviço de preparação de terreno, cultivo e colheita

Resumo

O solo é o recurso natural de grande importância para preservação da vida sobre o planeta Terra. As áreas desmatadas bem como áreas de cultivo intenso podem ter seu solo exposto às intempéries. A degradação do solo pela erosão hídrica e eólica causa impactos negativos ao meio ambiente. As voçorocas são uma das formas mais nocivas de erosão hídrica e que acarretam grandes perdas de áreas produtivas e naturais, podendo levar a prejuízos incalculáveis.

Este dossiê pretende apresentar algumas técnicas de contenção de voçorocas, de custo acessível de forma que o público interessado possa obter informações e atuar no sentido de prevenir, promover o controle e estabilização de processos erosivos deste tipo.

Palavras chave

Erosão; preservação ambiental; recuperação do solo

Conteúdo**1 INTRODUÇÃO**

O solo é o recurso natural que além de ser a fonte de energia vital, suporta toda cobertura vegetal, árvores, pastagens, ervas e raízes sem as quais a vida sobre a terra seria impossível. A degradação do solo pelo homem tem sua linha histórica traçada ao longo da colonização das terras habitáveis do planeta pelo homem, em especial quando este muda seu comportamento nômade para fixar e tornar-se sedentário.

A partir daí o homem passou a cultivar a terra de forma mais intensa. Aos poucos iam se apropriando de ferramentas experimentais, porém as técnicas ainda eram muito precárias e rapidamente levavam ao esgotamento do solo, cujas terras desnudas de cobertura vegetal ficavam acabavam expostas às forças da erosão.

Somente há pouco mais de 50 anos é que pesquisadores passaram a entender um pouco mais sobre degradação de solos, sobre os fatores responsáveis pela erosão e sobre as técnicas corretas a serem utilizadas na prevenção e correção destes problemas.

As voçorocas são uma forma de erosão hídrica que se transformam em um grande problema, com efeitos de impacto negativo para os proprietários das terras, grandes áreas produtivas podem ser perdidas em voçorocas enormes, acarretando prejuízos financeiros e ambientais incalculáveis.

Além disto, estes efeitos de degradação podem prolongar-se pelos córregos, ribeirões e rios, através do assoreamento do leito destes corpos d'água, provocando enchentes e perda da biodiversidade aquática.

2 OBJETIVO

Este dossiê pretende alertar para o planejamento e o correto do uso do solo, abordar de forma breve o conceito de erosão, mostrar os tipos mais comuns de erosão, alertar para os fatores que desencadeiam os processos erosivos e sugerir técnicas utilizadas por especialistas para prevenção de erosão e ainda medidas de contenção e estabilização de voçorocas em meio rural.

As técnicas a serem abordadas foram baseadas em estudos já realizados e são acessíveis de forma que poderão também ser utilizadas por proprietários de terras, cujos processos erosivos se identifiquem com os dos exemplos apresentados.

Vale lembrar que é necessário o diagnóstico do problema por especialista no assunto, para que alguns itens muito importantes sejam observados no planejamento e escolha da melhor técnica a ser aplicada para contenção ou prevenção de voçorocas.

3 SOLO

Segundo definição de Bertoni & Lombardi Neto (1990), *“o solo é a coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar plantas. É enfim, a camada superficial da crosta terrestre, em que se sustentam e se nutrem as plantas”*.

O solo é ainda composto por decomposição de rochas, água, substâncias químicas, ar, organismos vivo e matéria orgânica em decomposição. (Moniz, 1972)

Alguns fatores são fundamentais na formação dos solos, dentre eles o clima, chuva e temperatura, tem influência na distribuição dos elementos solúveis e na velocidade das reações químicas. Outros fatores são a atividade biológica dos organismos vivos que decompõe a matéria orgânica; a topografia e relevo influenciando o movimento da água; o material de rocha quem tem influencia passiva e ainda a importância do tempo de atuação dos fatores relacionados acima, na transformação do solo.

O solo é formado por camadas superficiais chamadas de Horizontes e seu perfil é a soma da ação dos fatores que agem sobre o solo, a sequência destas camadas é que determinam as séries de solo, bem como seu valor agrícola.

A camada superficial do solo é mais escura e com maior quantidade de matéria orgânica e é chamada de **Horizonte A** ou **“solum”**.

O **Horizonte B**, é a camada seguinte, contem mais argila e é mais clara que a camada **A** em geral.

Já o **“susbstratum”** como também é chamada ou **Horizonte C**, constitui o material de origem do solo. O **Horizonte R** corresponde à rocha mãe.

O **Horizonte O** se constitui de camadas superficiais de solos minerais, cujas características são bem diferentes do material original do solo.

Através das séries de solo, o técnico planeja o uso mais adequado da área. Além de somar estas informações ao estudo topográfico local, clima, características físicas do solo tais como cor, textura, estrutura, porosidade e permeabilidade.

Segundo Duley (1926), em estudos para avaliação de perdas de nutrientes em solos com erosão, foram identificados que numa enxurrada perdeu-se em solo descoberto 110 kg/ha de nitrogênio, 52 kg/há de fósforo, 440 kg/há de cálcio.

Concluiu-se que a **erosão é uma das formas mais importantes de empobrecimento dos solos**. Nas regiões tropicais, os solos estão sujeitos ao empobrecimento de bases, sendo que pode ser evitado através de bom plano de manejo do uso do solo, que privilegie a cobertura vegetal adequada, para preservar a fertilidade do solo.

4 EROÇÃO

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990) a erosão é o desagregamento das partículas do solo, com desprendimento e arraste deste material, pela chuva e pelo vento (erosão eólica).

4.1 Fatores que influenciam a erosão

Forças passivas e ativas são responsáveis pela erosão, sendo elas a água da chuva, cujo impacto sobre o solo provoca o desagregamento das partículas, o relevo e o comprimento do declive que influenciam na velocidade e volume da enxurrada e como força passiva, a resistência do solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), um dos fatores causadores da erosão é o efeito do impacto da chuva sobre o solo desnudo, que leva à desagregação das partículas do solo, ocasionando a erosão. A erosão é ainda mais agravada pela enxurrada, que lava as camadas férteis do solo, tornando-o infértil e impróprio ao cultivo.

Sendo assim os principais motivos da degradação das terras são a perda da estrutura dos solos, perda da matéria orgânica, perda dos elementos nutritivos e perda do solo.

São causadoras de erosão a drenagem imprópria, a irrigação mal feita, a alcalinidade, as enchentes e o mau uso do solo. O pastejo permanente pode deixar áreas desnudas e provocar erosão. A aração profunda pode formar sulcos no solo, nestas áreas pode não ocorrer a colonização do solo pelo capim e conseqüentemente áreas desnudas podem levar a áreas erodidas. A compactação do solo pelas máquinas também poderá levar à erosão. A abertura de estradas vicinais em meio rural feita de forma precária pode provocar o deslocamento de solo com queda dos barrancos e erosão.

Lembrando ainda Lombardi Neto & Bertoni (1975), a quantidade de solo perdido na erosão é diretamente influenciada pela forma de manejo muito mais que qualquer outro fator.

Sendo assim, para evitar a erosão é importante eliminar o fator “desagregamento do solo pela chuva” e aumentar a velocidade de infiltração da água no solo. É de grande importância, que um técnico especialista em conservação de solos, faça a avaliação dos fatores que influenciam a erosão, para que as medidas a serem adotadas para contenção da erosão sejam adequadas e eficazes.

4.2. Tipos clássicos de erosão

- **Erosão geológica**

Erosão natural que acontece com os processos de modificação da crosta terrestre, podendo ser notado apenas com o decorrer de longos períodos de atividade. Foram estes processos que contribuíram para a formação das colinas, montanhas, vales, planícies.

- **Erosão eólica**

O vento é o fator de erosão neste caso, pois provoca a abrasão das rochas, pelo movimento dos grãos de areia e solo. Normalmente ocorre em regiões planas com vegetação escassa e sujeita a ventos fortes. Nas regiões áridas e semi-áridas tem graves efeitos de danos. Ocasionalmente causa a morte das plantas, prejudica estradas e animais que ao respirarem a poeira, contraem doenças respiratórias, conjuntivites entre outras doenças.

- **Erosão hídrica**

A água é o agente de erosão mais importante, segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), onde há chuva, rio, mar, ondas, ou seja onde há água em movimento, esta estará sempre erodindo seus limites.

4.3 Classificação quanto à forma

- **Erosão laminar**

Bertoni & Lombardi Neto (1990), conceituam como a erosão laminar (fig. 1) como a lavagem da superfície do solo nos terrenos arados. Segundo os autores, este tipo de erosão é o menos notado, arrasta as partículas mais leves do solo e os nutrientes, de forma que o solo se torna mais claro e infértil com o passar do tempo. Pode ser percebida por exemplo, em culturas perenes, quando as raízes ficam expostas, indicando a camada de solo arrastada.



FIGURA 1 - Erosão laminar
Fonte: ALDEN, *In*: BACELLAR, 2006.



FIGURA 2 - Fotografia de erosão laminar em pasto degradado, Vargem das Flores, Mg.
Fonte: PAULO, *In*: BACELLAR, 2006.

- **Erosão em Canais**

a) Voçorocas

Uma das formas mais graves de erosão é a voçoroca e o assunto a ser tratado ao longo deste dossiê será a respeito de técnicas para estabilização e contenção desta forma de erosão.

As voçorocas são um tipo de erosão hídrica continental em canais, cuja característica do canal é profundo e em forma de U, quanto aos processos erosivos podem ser superficiais e sub-superficiais.

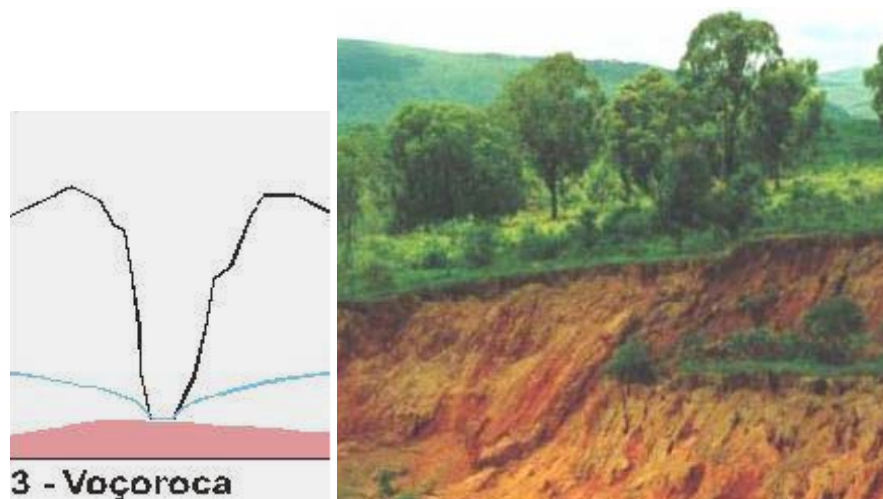


FIGURA 3 - Voçoroca
Fonte: BACELLAR, 2006.

É comum que as voçorocas tenham formas de vales profundos de grandes escavações, podendo ser ovóides ou em forma de pêra, digitadas e lineares. As voçorocas em forma de pêra apresentam larga cabeceira e taludes íngremes, sendo que na parte inferior onde passa seu canal ocorre o estreitamento. As voçorocas digitadas tem em geral mais de uma cabeceira, já as voçorocas lineares são mais longas e compridas. Todas apresentam o estreitamento dos taludes e laterais.

É comum que as voçorocas sejam iniciadas pelo escoamento concentrado de água, em uma região da superfície do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Podem também formar voçorocas, o escoamento sub-superficial de águas, através do desabamento de níveis. A partir de então, o desabamento dos taludes, o aprofundamento do canal e a própria incisão fazem com que as cabeceiras avancem e então a erosão se transforma em voçoroca.

A água que cai pelo canal transporta grande quantidade de sedimentos, que caem dos barrancos das laterais e da cabeceira e aumentam ainda mais a sua forma, que em geral cresce mais em comprimento que na largura.

As voçorocas tem a fase de predomínio da erosão e a fase onde a deposição de sedimentos predomina. Portanto em uma mesma voçoroca pode-se encontrar trechos inativos e já recobertos por vegetação e trechos ativos em áreas superiores com processos de erosão.

As voçorocas, segundo Moreira (1992), podem ser provocada por ações de manejo inadequado do uso pelo homem. Segundo CETEC (2000), podem ter origem espontânea, provocada por mudanças climáticas ou tectônicas que afetam o equilíbrio hidrológico, levando à expansão das cabeceiras de drenagem. As ações de degradação do solo provocadas pelo homem aceleram este processo.

Para contenção e controle de erosões como voçorocas é necessária a compreensão de seus processos básicos, sendo que a partir de diagnóstico correto, técnicas corretas de prevenção e manejo podem ser escolhidas e aplicadas, garantindo maior sucesso na empreitada.

b) Sulco

Os sulcos são um tipo de erosão hídrica em canais, cuja característica do canal é raso com seção em V e os processos erosivos são superficiais.

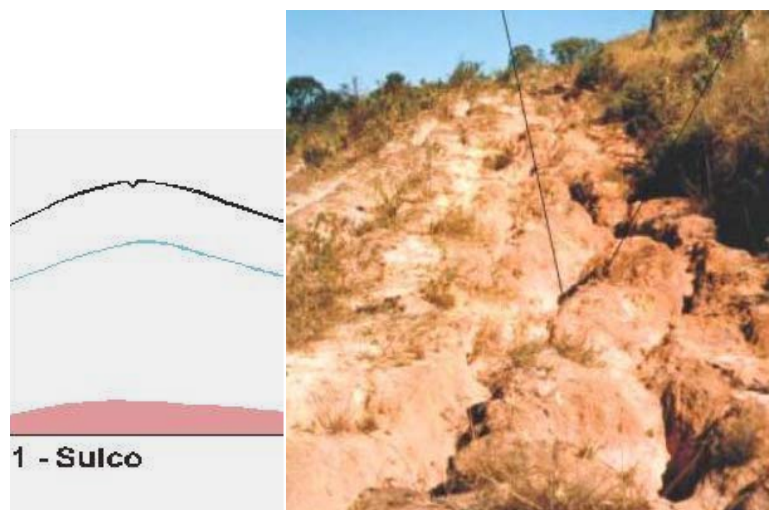


FIGURA 4 - Sulco
Fonte: BACELLAR, 2006.

Este tipo de erosão pode ser corrigida na sua fase inicial, mas quando se agrava dificulta até mesmo o trabalho das máquinas.

c) Ravinas

As ravinas são uma forma de erosão hídrica e apresentam os canais em forma de V, porém mais profundos que os sulcos, sendo que os processos erosivos também são superficiais.

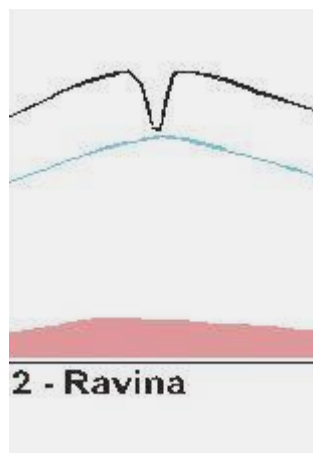


FIGURA 5. Ravina
Fonte: BACELLAR, 2006.

Numa seqüência evolutiva da profundidade do sulco e das ravinas teremos as voçorocas, podendo ser observado neste esquema o rebaixamento do lençol freático.

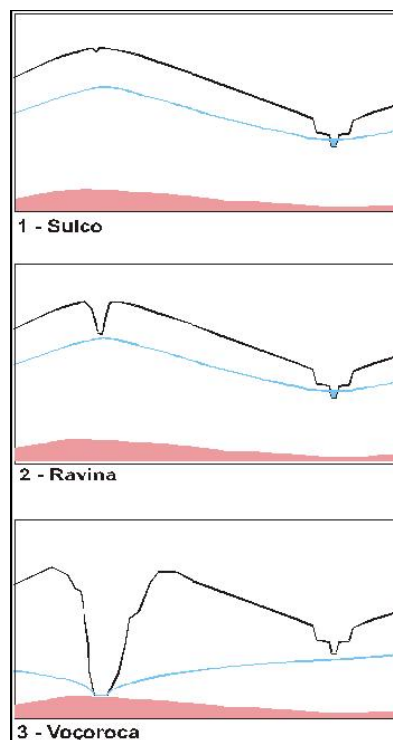


FIGURA 6. Esquema de evolução de sulco à voçoroca, com rebaixamento de lençol freático.
Fonte: BACELLAR, 2006.

d) Erosão em pedestal

Acontece quando um solo com propensão à erosão é protegido por uma barreira de pedra ou raízes, resistindo a erosão e formando um “pedestal” isolado. Pode ocorrer em campos arados, em consequência de chuvas fortes e abundantes.

e) Erosão em pináculo

Este tipo de erosão acontece pelo salpicamento das gotas de chuva no solo e forma pináculos dentro das voçorocas, no fundo e nos barrancos, sendo que em geral cascalhos ou pedras são encontradas na parte superior dos pináculos, indicando um desequilíbrio na composição do solo.

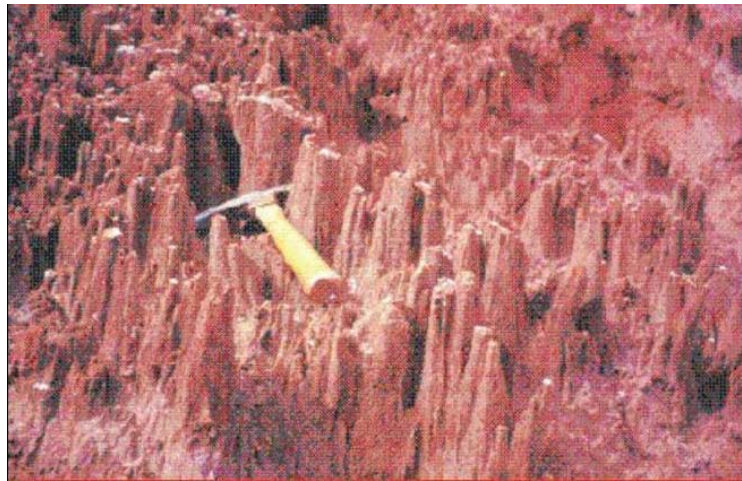


FIGURA 7. Pináculos formados por salpicamento.
Fonte: BACELLAR, 2006.

f) Erosão em túnel

Este tipo de erosão é identificado pela formação de túneis contínuos ou canais subterrâneos formados pelo movimento da água no interior do solo, que arrasta partículas de camadas pouco permeáveis do solo, quando em busca de saída e estender seus próprios limites.

g) Erosão da fertilidade de solo

É a perda da fertilidade do solo através da perda dos nutrientes deste, mesmo quando não ocorre a remoção física do solo.

h) Deslocamento de massas de solo

É um tipo de erosão que acontece muitas vezes pelos cortes feitos nas bases dos morros inclinados ou pelo afloramento de lençol freático na encosta de morro.

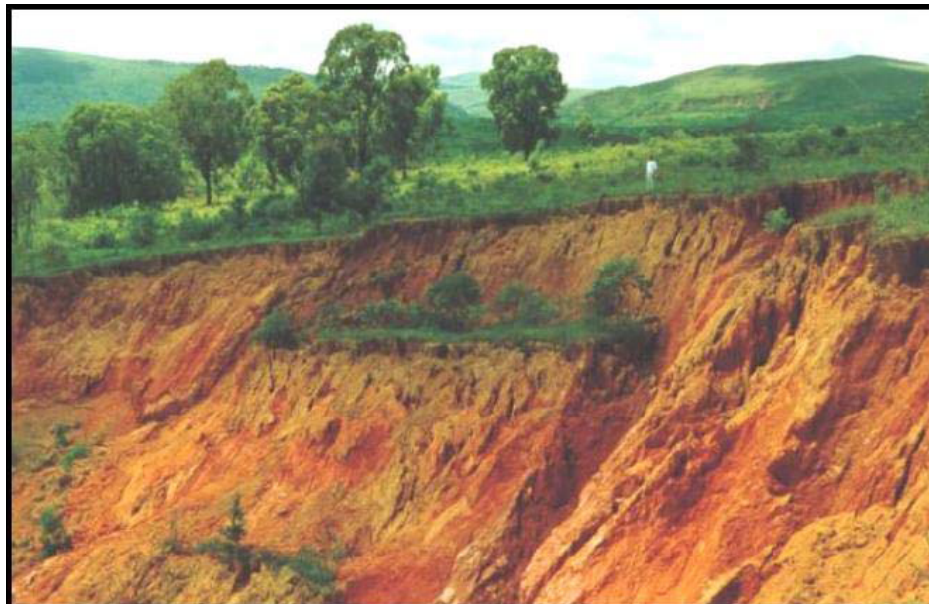


FIGURA 8 - Movimentos de massa.
Fonte: BACELLAR, 2006.

5 MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA A EROSÃO E A DEGRADAÇÃO DO SOLO

Por muitos anos os agricultores brasileiros exploraram suas terras de maneira extrativista, de forma a tratar as riquezas da terra como inesgotáveis. Assim, seguiram na exploração de novas terras em todo país, deixando para trás em seus morros desnudos o rastro de degradação do solo, das matas cortadas, sinal do processo de crescimento das áreas produtivas em detrimento das áreas naturais, indicando a precariedade das técnicas agrícolas para o manejo e uso do solo.

É importante que ao planejar o aproveitamento das terras, o proprietário leve em consideração a vocação desta definida pelo relevo da área, o tipo do solo, a ecologia do ecossistema local, a relação destes fatores com o clima e com a umidade da região. Desta forma poderá fazer escolhas corretas do tipo de aproveitamento que tenha melhor custo benefício para o solo, água, a biodiversidade, garantindo assim a perenidade da integridade dos recursos naturais da propriedade.

As práticas conservacionistas podem ser edáficas, mecânicas ou vegetativas, sendo que quando aplicadas em conjuntos oferecem resultado esperado, abrangendo os diversos fatores causadores da erosão, a serem controlados.

O plantio em áreas de declive acentuado de montanhosas de culturas relativas, é inadequado, devendo ser feito em área mais planas, principalmente no Brasil, clima tropical e muita chuva.

Em regiões de topografia inclinada, os cordões de vegetação e terraceamento podem ser úteis. Os cordões de vegetação permanentes são importantes pois dispostos horizontalmente e em contorno, diminuem a velocidade de escorrimento da enxurrada, facilita a infiltração da água que escorre no terreno, diminui assim a erosão e com o passar do tempo formam terraços. Podem ser intercalados com culturas permanentes como café, sendo plantadas entre as árvores com espaçamento horizontal e formando barreiras contra a erosão, podendo ser usadas também em culturas rotativas.

Esta é uma prática eficiente, de acordo com Bertoni & Lombardi (1990), sendo que em culturas rotativas os cordões podem ser formados com plantas de uso econômico como a cana-de-açúcar, o capim vetiver (cuja raiz é usada para extração da essência de sândalo), erva-cidreira, citronella, capim-gordura. Já em culturas permanentes é melhor o uso de plantas de menor porte, tais como erva-cidreira, isote, capim-chorão, leucena.

É importante que as espécies sejam escolhidas com critérios tais como apresentar rápido crescimento e formação cerrada, formem barreira densa junto ao solo, não sejam invasoras e não sejam abrigo de parasitas, pragas e doenças

Em áreas acidentadas é interessante o reflorestamento, principalmente com espécies nativas sendo que práticas de manejo de florestas adequadas são necessárias. (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Ainda segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), uma cobertura de gramínea e de palhas sobre o solo é capaz de promover a infiltração da água mais rapidamente que o solo descoberto. O cultivo em contorno em áreas planas retarda a enxurrada e favorece a infiltração.

A prática vegetativa é adequada à medida que se faz o uso da vegetação para se defender o solo da erosão. O plantio de espécies arbóreas nativas é uma boa prática de reflorestamento, sendo que a permanência de vegetação densa em áreas como topos de morros e encostas de relevo inclinado, atenua as enxurradas, permitindo a infiltração da

água no solo. Como será demonstrado, o plantio de espécies arbóreas nos barrancos e cabeceiras das voçorocas pode ser bastante vantajoso.

Segundo Primavesi (1981), algumas medidas de proteção contra o solo, tais como aração mínima, plantio direto, cobertura morta, cultura protetora e as culturas consorciadas, uma boa adubação que inclua micronutrientes, são medidas eficientes contra erosão.

Algumas **práticas devem ser evitadas** tais como o plantio continuado de culturas esgotantes, o plantio em linhas dirigidas a favor das águas, as queimadas drásticas dos restos culturais, o pastoreio excessivo, o desmatamento dos topos de morro;

6 TÉCNICAS DE CONTROLE E ESTABILIZAÇÃO DE VOÇOROCAS

É fundamental que se conheça bem o solo, os solos são bem variados nas diversas regiões, em todo mundo, classificados em diferentes grupos. Sendo assim, cada tipo de solo apresenta um tipo diferente de problema e formas de manejo específicas e adequadas a cada tipo.

Para que um projeto de restauração de áreas erodidas seja bem sucedido, é necessário que os fatores que o iniciam sejam identificados, desta forma as técnicas de contenção podem ser aplicadas de forma rápida, minimizando as consequências.

Sendo assim através do correto diagnóstico das causas dos processos erosivos e dos tipos de erosão, é possível atuar no sentido de promover a contenção de voçorocas, a recuperação e a conservação das terras através de ações que privilegiem técnicas ecológicas.

De acordo com CETEC (2000), a estabilização completa de voçorocas e a recuperação de áreas degradadas por processos erosivos só é possível através de medidas completas e manutenção constante, pois a voçoroca só se estabiliza com a sua progressão até o divisor de águas. Porém com medidas parciais pode-se atenuar a erosão e permitir o crescimento da vegetação, favorecendo a colmatação do terreno.

Um bom exemplo foram os estudos realizados durante os anos de 1997 a 2000, pela equipe do Setor de Recursos da Terra do Centro Tecnológico de Minas Gerais, CETEC-MG, sob coordenação de Márcia Couto de Melo, objetivando implementar tecnologia de correção de áreas degradadas e de modelos de perda de solo, em 03 voçorocas localizadas no córrego Tabatinga, contribuinte do ribeirão Pinhão e do rio Santo Antônio, no município de Resende Costa.

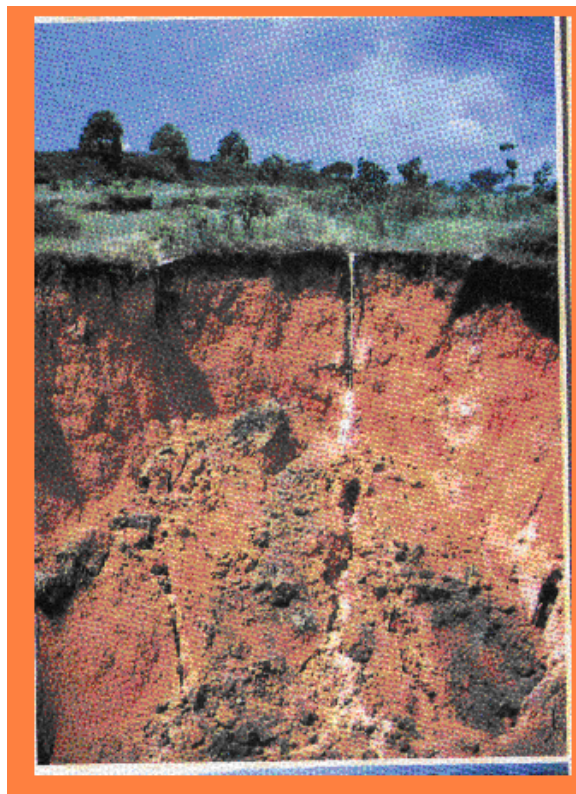


FIGURA 9 - Voçoroca na região do córrego Tabatinga, município de Resende Costa, Minas Gerais.
Fonte: CETEC-MG; 2000.

Através de diagnóstico foi registrado que o rio Santo Antônio era grande contribuinte para o assoreamento da represa de Furnas. Ficou constatado que havia pelo menos 754 focos de erosão, além de alta taxa de sólidos em suspensão, na bacia do rio Santo Antônio, sendo que as voçorocas eram tipo de erosão dominante na área. As voçorocas ou barrancos como são chamados na região de Resende Costa, escolhidas para o estudo localizam-se em áreas de cerrado, e campos sujos de cerrado, degradados pelas atividades agropecuárias. (CETEC, 2000)

A metodologia usada para o trabalho de recuperação das voçorocas foi baseado em estudos de processos erosivos provocados por enxurradas em vertentes. Foram avaliados todos os fatores causadores da erosão, tendo então sido considerados os condicionantes físicos, espaciais e temporais, de forma que conhecendo bem as causas os técnicos puderam encontrar a melhor técnica para a solução dos problemas. Foram analisados os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos (referente ao solo), hidrogeológicos (referente à vazão de água e enxurrada) e estudo da cobertura vegetal e das espécies arbóreas dominantes naquela fisionomia de cerrado. (CETEC, 2000)

Para avaliar a perda de solo por enxurrada e a concentração dos sedimentos no interior das voçorocas foi construído um canal de saída ou vertedor, com capacidade de medir de 17 litros/s a 200 litros/s. Foi construído um piezômetro com mangueira e escala métrica e instalado no canal de saída. Inicialmente a coleta de água da enxurrada para análise do sedimento foi feita com garrafa própria e as amostras posteriores foram feitas com amostrador automático de água e sedimentos, modelo 6700, fabricado por ISCO inc. O monitoramento foi realizado entre os anos de 1997 e 2000. O monitoramento da vazão da água no interior da voçoroca pode facilitar o diagnóstico, da influência tanto das enxurradas quanto do escoamento subterrâneo, agindo juntos na formação dos processos erosivos principalmente com chuvas intensas de 25mm/h ou mais. (CETEC, 2000)

Também foram observados dados de precipitação, que foram obtidos na estação meteorológica de Resende Costa, situada a aproximadamente 1,2km de distância em linha reta do córrego Tabatinga. (CETEC, 2000)

A evolução das bordas e da profundidade das voçorocas foi monitorada através da instalação de piquetes de madeira, com alinhamento a partir de 2,5m de borda, espaçamento de 5m na parte ativa e espaçamento de 10 a 20m nas áreas já estabilizadas. O monitoramento foi realizado nos meses chuvosos outubro e janeiro e na estação seca maio e julho. (CETEC, 2000)

Amostras dos solos foram coletadas para avaliação da capacidade de infiltração e classificação. A classificação foi feita no centro nacional de pesquisa de solos da Embrapa, sendo que os solos encontrados na região foram o Cambissolo, com horizonte B incipiente e o tipo Gley Pouco Húmico, conforme CETEC (2000) e Macedo (1994), estes tipos de solo são bastante propensos à erosão.

Para a indicação e escolha das espécies para formação das barreiras vegetais e recuperação das áreas degradadas das voçorocas, foi realizado levantamento florístico no local e análise do percentual de cobertura vegetal. Para inventário foi usado o método de “parcelas” de Mueller Dombois & Ellenberg (1974) e estudo do índice de cobertura o método utilizado foi o de Braun-Blanquet (1950). Para tais estudos foram escolhidas três áreas e delimitadas de 10,0m X 10,0m, próximas à cabeceira da voçoroca. Em complementação foram feitos registros fotográficos, o percentual de cobertura do solo pela vegetação foi monitorada durante este tempo. (CETEC, 2000)

Sendo assim, através destes estudos foi possível chegar a um diagnóstico e à elaboração do método de trabalho baseado em técnicas de recuperação, somadas às técnicas de eliminação ou minimização dos fatores causadores da erosão.

Foram também observados a necessidade de reduzir os custos, aproveitando material disponível no local, tais como madeira, terra e sementes.

6.1 Importância da cobertura vegetal

Bertoni & Lombardi Neto (1990), afirmam que a cobertura vegetal é a defesa natural do solo contra erosão. A vegetação protege o solo do impacto da chuva, favorece a dispersão da água e a evaporação antes que atinja o solo. As raízes formam canais na terra permitindo uma melhor infiltração da água, melhoram o solo agregando matéria orgânica quando se decompõe. Assim aumentam a capacidade de retenção de água no solo e reduzem a velocidade da enxurrada.

Um bom exemplo da importância protetora da cobertura vegetal sobre o solo minimizando os efeitos da erosão é a comparação feita por Bertoni & Lombardi Neto (1990). Os autores afirmam que estudos sobre o efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão, demonstraram que um solo coberto por mata demoraria 440.000 anos para perder 15 cm de camada; ao passo que o mesmo solo coberto por vegetação demoraria 4.000 anos para ter a mesma perda. O solo coberto por culturas perenes do tipo dos cafezais demoraria em torno de 2.000 anos, para perder os mesmos 15 cm de camada. Já uma cultura anual do tipo do algodão oferece menos proteção ainda de forma que o solo demoraria apenas 70 anos para desgastar sua camada superficial de 15 cm.

As gramíneas são importantes, por possuírem sistema radicular fino que se aprofunda no solo para retirada de nutrientes e pela sua capacidade de crescer rapidamente e densamente, produzindo em torno de 500 a 2000 hastes por metro quadrado. São predominantes e formam cobertura vegetal no solo que protege contra os impactos da chuva, evitando o desagregamento das partículas do solo e evitando a erosão.

É comum o uso de gramíneas exóticas para recuperação de áreas degradadas, porém algumas espécies como Capim-elefante e a *Brachiara spp.* possuem alto grau de antibiose, dificultando a sucessão ecológica e a restauração da vegetação nativa. Dado o fato de sementes de gramíneas de espécies nativas serem escassas no mercado, recomenda-se o

uso de algumas espécies exóticas de ciclo anual, tais como *Avena spp.* e Azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) para plantio no inverno e as gramíneas Teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad.) e o Sorgo (*Shorgum bicolori*) para plantio no verão. Além destas as gramíneas *Secale cereale* e *Setaria spp.* também são recomendadas.

De acordo com Hudson (1995), as voçorocas apresentam solo com baixa fertilidade, pouco estruturado, sem nutrientes, sendo assim e lembrando que a cobertura vegetal é de grande importância para o controle da erosão, pois segundo (Corrêa & Melo Filho. 1998) quando se aumenta a cobertura vegetal é possível reduzir a área de solo erodida, é importante que as espécies sejam escolhidas adequadamente, apresentando características tais como se adaptem facilmente as condições especiais (Leite e Nogueira, 1992), que tenha baixa exigência nutricional, de preferência nativa na região, que facilitem a sucessão ecológica, (Leite & Nogueira, 1992, Melo et al, 2000), sejam bem resistentes e cresçam em condições inóspitas e formem uma boa cobertura para o solo.

Morgan (1995) lembra que estudos realizados na bacia do rio Huang He na China apresentaram os seguintes resultados no que se diz respeito à cobertura vegetal, o plantio de árvores reduziu a enxurrada em 65.80% e a perda de solo em 75.90%. A recomposição com gramíneas reduziu a enxurrada em 50.60% e a perda do solo em 60.80%.

Muitas das vezes acontece a colonização de espécies herbáceas e arbóreas no interior da voçoroca, mais rapidamente que no entorno desta. Pelo fato de que no interior da voçoroca acontece uma ciclagem dinâmica de nutrientes e então passa a ser colonizada por espécies que se desenvolvem em solos arenosos, com lençol freático elevado e com baixos teores de nutrientes, como lembra Faria et al (1993). Ainda segundo o autor, em estudo realizado em área de voçoroca em Cachoeira do Campo em Minas Gerais, foi registrado que os barracos foram colonizados por samambaias do gênero *Gleichenia*.

6.2 Barreiras vegetais de baixo custo

De acordo com CETEC (2000), para facilitar a fixação e estabelecimento da vegetação pode-se utilizar estruturas tais como barreiras de madeira, troncos de árvores, pedras soltas como suporte. É necessária a avaliação de técnico especialista na área para fixação criteriosa destas barreiras no interior das voçorocas e para planejamento das técnicas de manutenção destas barreiras, pois à medida que as voçorocas ficam cheias as barreiras devem ser alteadas.

As barreiras podem ser construídas com mourões de eucalipto e sacos de aniagem, em formato de meia lua. (CETEC, 2000)

A barreira para desvio da enxurrada deverá ser colocada acima da cabeceira da voçoroca, a uma distância de pelo menos 5m da borda. O comprimento da barreira vai variar de acordo com o comprimento da cabeceira da voçoroca e a altura de acordo com o volume da água da enxurrada.



FIGURA 10 - Barreira vegetal externa para contenção de enxurradas.
Fonte: Fonte: CETEC-MG; 2000.

Nos sacos de aniagem poderá ser colocada uma mistura de terra e sementes, sendo que para um saco de capacidade de 60Kg, deve-se colocar 100g de NPK 4-14.8, 13Kg de semente de capim gordura, 13 Kg de semente de capim colômbio, 13Kg de semente de feijão-andu, uma parte de terra vegetal, uma parte de terra de barranco, uma parte de folhas, num total de 40 litros da mistura. (CETEC, 2000)

As barreiras internas devem ser colocadas na área onde a voçoroca está ativa e sem vegetação. Estas barreiras devem ser bem encaixadas nas paredes do lado e no fundo da voçoroca e podem ser feitas com os mesmos sacos de aniagem e preenchidos como citado acima, além dos mourões de eucalipto. Deve-se colocar pedras na base da barreira para maior firmeza e evitando-se assim o solapamento pela água. (CETEC, 2000)

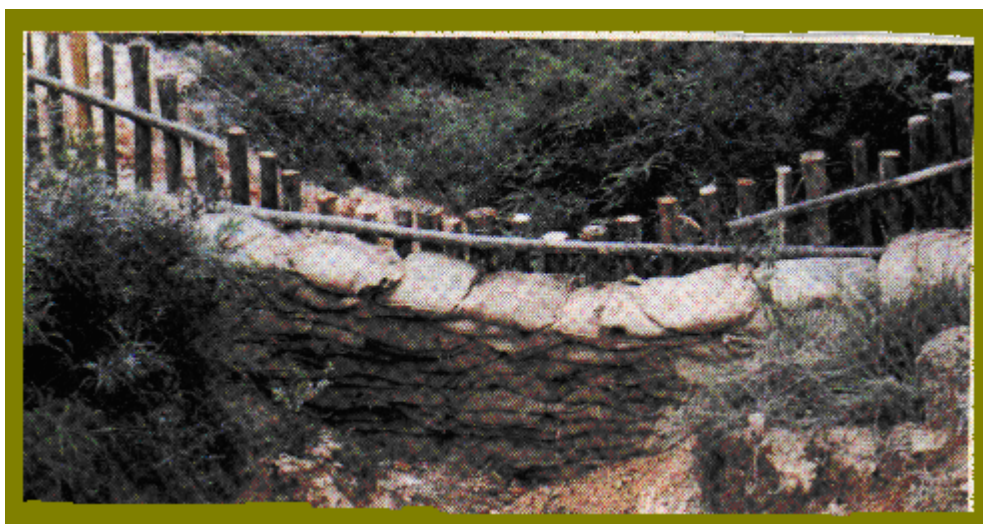


FIGURA 11 - Barreiras vegetais colocadas na parte interna da voçoroca.
Fonte: CETEC-MG, 2000.

É importante observar que a parte superior da barreira interna deverá estar no nível da base da barreira externa.

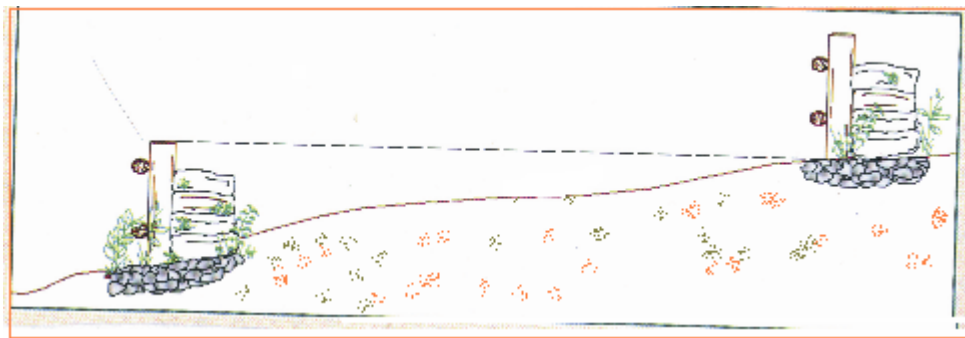


FIGURA 12. Ilustração de nivelamento de barreiras vegetais internas e externas.
Fonte: CETEC-MG, 2000.

Podem ser plantadas mudas no interior das voçorocas e também na parte externa, faixa de 30m da borda. É importante que seja feito um levantamento florístico por técnicos para escolha das espécies dos vários grupos ecológicos que apresentam crescimento rápido de folhas e galhos, para que se forneça uma boa cobertura do solo mais rapidamente.

Para o plantio de mudas é importante o enriquecimento do solo com adubo NPK 4.14.8, as covas devem ter em torno de 30 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade, com espaço de pelo menos 4m entre elas. É importante que se coloque estacas para dar suporte às plantas, quando começarem o crescimento.

O cercamento da área plantada evitará o pisoteamento das mudas pelo gado e um melhor resultado da recuperação da vegetação nativa e favorecendo a estabilização da voçoroca.

Nos trabalhos de contenção e estabilização das voçorocas situadas na sub-bacia do córrego Tabatinga, realizados pela equipe do CETEC, nos anos de 1997 a 2000, foram colocadas ao todo 10 barreiras vegetais externas nas 03 voçorocas e 08 barreiras vegetais internas, com distância de 5m uma das outras, sendo que as barreiras tinham comprimento médio de 10m e altura média de 1,5m.

As barreiras internas puderam ser instaladas após estudos técnicos que concluíram que o risco de erosão interna na voçoroca, pelo acúmulo de água e dos sedimentos era baixo.

Ainda no mesmo estudo e para melhorar a cobertura vegetal nas cabeceiras das voçorocas monitoradas, aumentar assim a infiltração da água no solo e reduzir a enxurrada, a equipe do CETEC plantou inicialmente 300 mudas de espécies arbustivas e arbóreas de cerrado, escolhidas de acordo com grupo ecológico, representatividade encontrada nos estudos realizados, além de terem sido privilegiadas espécies que apresentavam desenvolvimento rápido de galhos e folhas para melhorar a cobertura vegetal. As sementes coletadas foram germinadas em laboratório e em seguida plantadas em saco plástico para desenvolvimento no viveiro. O modelo usado para plantio das mudas foi o de Rodrigues (apud BARBOSA, 1993).

No ano seguinte foram plantadas na área do entorno da voçoroca mais 445 mudas e no seu interior 139 mudas. A área total plantada foi de 0,23 há e foi cercada para permitir a regeneração natural da vegetação. O total e as espécies nativas do cerrado da região usadas no projeto foram:

- 50 mudas de pau d'óleo ou *Copaifera langsdorffii* (clímax);
- 50 mudas de *Vismia guianensis* DC. (pioneira);
- 18 mudas de *Kielmeyera variabilis* Mart (clímax);
- 83 mudas de *Lafoensia pacari* St.Hil (secundaria tardia);
- 12 mudas de estrelinha, *Dictyoloma vandelleianum* A Juss. (pioneira);
- 40 mudas de Mimosa sp. (pioneira);
- 106 mudas de aroeirinha, *Schinus terebinthifolius* (secundaria inicial);
- 160 mudas *Plathyenia reticulata* benth (pioneira);

- 50 mudas *Luhea divaricata* Mart & Zuce (secundaria inicial);
- 70 mudas de *Eugenia sp* (secundaria tardia);
- 197 mudas de lobeira, *Solanum lycocarpum st Hil* "lobeira" (pioneira);
- 29 mudas de *Tibouchina granulosa long* (pioneira);
- 05 mudas de Barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* (mart) (clímax);
- 05 mudas de "tamanqueira", *Aegiphila sellowiana cham* (pioneira);
- 09 mudas de *Rapanea umbellata*, (pioneira);

Em um dia de trabalho foram plantadas 110 mudas por 03 trabalhadores. Para cercamento de 0,47ha de área usou-se em torno de 112m de cerca.

Entre os anos de 1997 e 2000 as voçorocas monitoradas pelos técnicos do CETEC aumentaram de tamanho, em sua superfície nos períodos de chuva e nos locais descobertos de vegetação. Porém foi observado que após a implantação das barreiras vegetais, elas avançaram bem menos que antes das barreiras. Após 2 anos da instalação das barreiras vegetais e do cercamento da água de contribuição das voçorocas, a vegetação nativa recobriu mais de 90% do solo e nas barreiras a vegetação pioneira avançou 5m entre uma barreira e outra.

6.3 Barreiras de pedras

As barreiras de pedras podem ser bastante eficientes para aumentar a infiltração da água no solo e foi uma das técnicas utilizadas pela equipe do CETEC para estabilizar uma das voçorocas, durante o estudo realizado na região do córrego Tabatinga, nos anos de 1997 a 2000.

Para construção das barreiras de pedras implantadas na cabeceira superior e no interior da voçoroca 03, foram usados $\frac{1}{2}$ caminhão de pedras de mão e 1m³ de britas de malha 1, 2 e 3, encontradas na própria região. As medidas das barreiras externas eram de aproximadamente 10m de comprimento e altura variava de 0,60 m a 1,20m de acordo com o volume da enxurrada observado.

Para as barreiras de pedra internas foram gastos $\frac{1}{2}$ caminhão de pedra e 1m³ de brita e ainda usados 15 mourões de eucaliptos que aumentaram a resistência da barreira, impedindo solapamento pela água.

Segundo relatório final, para construção das barreiras de pedra gastou-se 04 dias do trabalho de 02 homens sendo que para construção das barreiras vegetais gastou-se 02 dias de trabalho de 02 homens. Portanto o custo da mão de obra para construção as barreiras vegetais é menor.

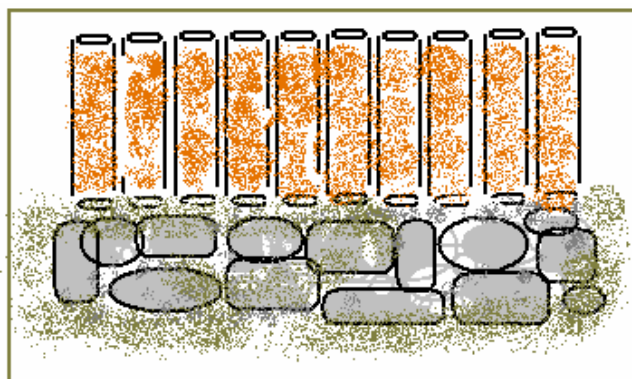


FIGURA 13 - Barreira interna de pedras com mourões de eucalipto.
Fonte: Ilustração por Analuce Abreu, 2007.

Conclusões e recomendações

Uma vez que a perda do solo por erosão é bastante influenciada pelo manejo e uso do solo, sendo este o principal motivo de degradação, é importante o correto planejamento para prevenir futuros gastos com recuperação destas áreas. O uso das técnicas corretas de plantio nos relevos de inclinações variadas e planos, pode evitar a degradação do solo, a perda de sua fertilidade, tornando-a propício ao cultivo para a sustentabilidade das próximas gerações.

Para a escolha da melhor técnica para recuperação de áreas degradadas e estabilização das voçorocas é necessário diagnóstico por técnico especializado.

O custo da recuperação de voçorocas através das técnicas usadas pela equipe do SAT/ CETEC, nos anos de 1997 a 2000, no caso das voçorocas da região do córrego Tabatinga foi de 1/3 dos outros, como plantio de capineira e uso de trator. Este custo pode ainda ter sua mão de obra reduzida se realizado pelo proprietário.

Em projetos de contenção e estabilização de voçorocas é muito importante o monitoramento das bordas, o que indica a evolução do processo erosivo.

As barreiras vegetais e de pedras deverão ser monitoradas, de forma que deverá ser dada manutenção uma vez ao ano, após o período chuvoso, para retirada de sedimentos e construção de outras se necessário. O cercamento da área e a construção de aceiros é importante para que a vegetação se recupere através do processo de sucessão natural.

As barreiras poderão ser construídas ainda com paliçadas de bambus e com aproveitamento de pneus usados. (Embrapa, 2006)

De acordo com Bertoni & Lombardi (1990), uma voçoroca estabilizada serve de abrigo para fauna e pode servir de pastagem ou mesmo para plantio de espécies de reflorestamento. Ainda de acordo com o autor, o controle de voçorocas pelo desvio da enxurrada ou pela maior retenção da água é o mais eficiente e deve ser o primeiro passo antes do tratamento da voçoroca.

Controlar voçorocas pode ter um custo alto, por isso é importante a conscientização ambiental e divulgação de técnicas de prevenção, que são principalmente baseadas no manejo correto do solo. Os benefícios são terras férteis e cultiváveis para as futuras gerações.

“Por conservação do solo, dever-se-á entender a preservação e o desenvolvimento, de modo a proporcionar o maior bem para o maior número e pelo maior período de tempo, dos recursos naturais de caráter renovável, quais sejam, o solo, as florestas, as pastagens, a fauna silvestre e, em certa extensão, a água.” (BUNCE, 1942)

Referências

BACELLAR, Luis de A.P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas**. II SIMEA. Viçosa. 2006. Disponível em: <http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/Luiz%20Prado_apresentacao.pdf>. Acesso em: 17 set. 2007.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BUNCE, A. C. **Economics of soil conservation**. Ames, Iowa State College Press, 1942. 277p.

CORRÊA, R.S; Melo Filho, B. **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília. Paralelo 15, 1998. 178 p.

DULEY, F.C. **The loss of soluble salts in runoff water**. Soil SCI, Baltimore, md. 401-409,1926.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. 2006.
Disponível em:
<www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/sistemadeproducao/vocoroca/impantacao.htm>.
Acesso em: 15 out. 2007.

FARIAS, C.A, R.M, B.N.F, S.A.F. Dinâmica da revegetação natural de voçorocas na região de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto, MG. **Revista Árvore**. Viçosa: 314-326, 1993.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC-MG. **Cartilha educativa: Voçorocas** 2000.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC-MG. **Relatório Final: Desenvolvimento de tecnologia de correção de área degradada e de modelo de perda de solo na sub-bacia do córrego Tabatinga, região de Resende Costa, MG**. Belo Horizonte: CETEC, 2000.

HUDSON, N. **Soil conservation**. London: BT Batsford, 1995.

LOMBARDI NETO, F. & Bertoni, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. (Boletim Técnico).

MONIZ, A.C. (coord.) **Elementos de pedologia**. São Paulo, Polígono, Ed.Univ. São Paulo, 1972.459p.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. England: Logman, 1995.

PRIMAVESI, Ana. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel, 1981.

Nome do técnico responsável

Analuce de Araújo Abreu. Bióloga - Patrimônios Naturais, Restauração e Conservação

Nome da Instituição do SBRT responsável

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Data de finalização

25 out. 2007