

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS

**FELIPE DA COSTA FERREIRA**

**O PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO E SUAS FORMAS DE CONTROLE**

M 62  
2005  
Moto e sistema

Juiz de Fora

2005

628  
F383  
800  
0

**FELIPE DA COSTA FERREIRA**

**O PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO E SUAS FORMAS DE CONTROLE**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente do Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Meio Ambiente.

Orientador Prof<sup>o</sup> José Fernando Miranda.

Biblioteca



MA 00327

Alto dos Passos

Juiz de Fora

2005

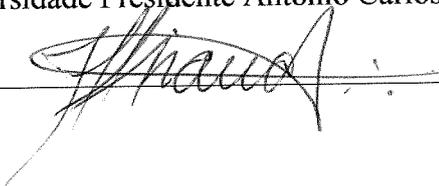
**FELIPE DA COSTA FERREIRA**

**O PROCESSO DE VOÇORCAMENTO E SUAS FORMAS DE CONTROLE**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente do Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Meio Ambiente.

Orientador: Prof<sup>o</sup> José Fernando Miranda.

Prof<sup>o</sup> José Fernando Miranda ( orientador)  
Universidade Presidente Antônio Carlos.



Juiz de Fora  
2005

Aos meus amigos de turma,  
Minha família, professores,  
à minha esposa e filho que  
me deram forças pra  
conseguir concluir mais  
essa etapa de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Presidente Antônio Carlos pela oportunidade de desenvolver esse trabalho.

Ao Professor José Fernando Miranda que me orientou na escolha de livros com conteúdos qualificados para meu trabalho.

Ao corpo docente da faculdade que sempre me tratou com muito respeito e carinho e me acolheu durante esse tempo do curso.

Aos colegas do curso de Tecnologia em Meio Ambiente pelo convívio e pelas trocas de idéias e experiência ao longo do curso.

E, finalmente, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para realização do trabalho. Nunca me esquecerei de vocês.

mudo  
eu, mudo, mas ainda o mesmo

muda tudo.  
muda o mundo.  
muita coisa tá mudando.  
o mundo, está mudado.  
eu, quando vejo o mundo, fico mudo.  
eu também mudo.  
eu estou mudando.  
muda a música, muda o livro.  
muda a moda.  
muda o ano.  
muda a responsabilidade.  
a vida muda.  
e mesmo tudo mudo.  
todo mundo.  
tudo mudado.  
existe uma coisa, que não muda.  
o amor.  
que continua.  
e não muda.  
cresce, evolui, vira mais amor.  
mas não muda.  
é sempre amor.  
por você. meu amor.

( ademir Novaes Jr. )

## RESUMO

As voçorocas são freqüentes em áreas com rochas do embasamento cristalino. A evolução destas feições é sempre fortemente condicionada pelos processos de erosão hídrica subsuperficial, embora os processos superficiais também sejam importantes. Este trabalho objetivou investigar os processos erosivos subsuperficiais atuantes nas voçorocas e compreender que fatores mineralógicos e texturais poderiam influenciar a erodibilidade dos saprolitos. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização e de avaliação da erodibilidade em amostras representativas, sendo o principal destes o ensaio de furo de agulha. Os resultados indicam que a erosão por carreamento não ocorre e que os saprolitos apresentam susceptibilidade variável à erosão por *piping*, mesmo quando derivados de uma mesma unidade litológica, mas superior à do horizonte B latossólico. Dados preliminares indicam que os saprolitos mais susceptíveis à erosão por *piping* são os de textura siltosa (determinados em ensaios granulométricos sem defloculante e agitação) e pobres em minerais agregadores, como os argilominerais.

O controle de processos erosivos, sob a forma de voçorocas, pode ser realizado com uso de barramento de pneus usados. Em várias partes do Brasil, é realizada a reabilitação da área degradada a fim de propiciar condições mínimas para o estabelecimento de um novo equilíbrio, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem, a ponto que seja suficiente para restabelecer a composição e freqüência das espécies encontradas originalmente no local. Os métodos de controle de voçorocas consistem em realizar a sua estabilização ou evitar seu avanço. A erosão é contida controlando-se: *a declividade* (retaludamento das encostas); *a vazão* (condução da água por caminhos preferíveis, colocação de obstáculos, barramentos), *a natureza*: (modificação da cobertura pelo capeamento vegetal e reforço da superfície). A proposta técnica de recuperação de voçoroca com a utilização de barramentos de pneus apresenta grande potencial impermeabilizante, estanque d'água, suporte a pressão hidrostática e atendeu a parâmetros importantes como custo e facilidade de execução, visto que os materiais utilizados são de fácil acesso e de baixo custo. Estes barramentos são submetidos a fortes chuvas, mostrando-se bastante eficazes, dando total estanque da água das chuvas e dos afloramentos, sendo ainda a carga d'água excessiva transposta de forma natural e suave, sem agravar a jusante, favorecendo a infiltração da água e a recomposição vegetal da área, proporcionando condições favoráveis na busca de um equilíbrio ambiental.

**Palavras-chave:** Processos erosivos, Barramento de pneus, RAD.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Barragem de controle.....	26
Figura 2 – Retaludamento da voçoroca.....	27
Figura 3 – Barraginhas.....	27
Figura 4 – voçoroca vista de cima.....	27
Figura 5 – o estrago da voçoroca.....	27
Figura 6 – Erosão tipo D: Voçoroca.....	30
Figura 7 – Mostra os diferentes tipos de cortes.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b> .....	09
<b>2 Definição de Voçorocas</b> .....	11
<b>3 Processos de formação das Voçorocas</b> .....	16
3.1 Conseqüências de Formação das Voçorocas .....	16
3.2 Medição do Desenvolvimento das Voçorocas .....	17
<b>4 Medidas Preventivas ao Processo de Voçorocamento</b> .....	19
4.1 Terraceamento .....	19
4.2 Canais Escoadouros .....	23
<b>5 Procedimentos Corretivos das Voçorocas</b> .....	26
5.1 Barragens .....	26
5.2 Vegetações para controle das Voçorocas .....	28
5.3 Paliçadas Múltiplas de Eucalipto com Vegetação .....	29
<b>6 Métodos de Controle das Voçorocas</b> .....	31
6.1 Princípios de Controle das Voçorocas .....	32
6.2 Metodologia para Controle das Voçorocas .....	32
6.2.1 Implementar soluções que melhorem a resistência das partículas ao carreamento ..	32
6.2.2 Implementar tratamentos que reduzam a tensão trativa e energia runoff .....	33
6.2.3 Praticar a regra dos 4Ds .....	33
6.3 Duas formas de controle das voçorocas .....	33
6.4 Objetivos para controlar as voçorocas .....	38
<b>Conclusão</b> .....	36
<b>Referência</b> .....	39
<b>Anexos</b>	

## 1 - INTRODUÇÃO

Devido ao aumento intensivo do desmatamento e das queimadas tem crescido, assustadoramente, o número de voçorocas em todo o território brasileiro, com perdas sensíveis de áreas agrícolas que, antes, eram produtoras de alimentos ou de pastagens.

Em função do alto grau de erodibilidade de alguns tipos de solos, a simples retirada da mata (cobertura vegetal) que protege o terreno, facilitando a ação direta da água da chuva, ocasiona a formação de voçorocas.

O controle de voçorocas é uma operação de custo elevado. Normalmente, o usuário que concorre para a formação da voçoroca ignora que, em conservação dos recursos naturais, é sempre mais econômico preservar do que restaurar.

Parece-nos oportuna a sugestão de que os Governos Federal e Estaduais, através do Programa de Restauração de Terrenos Degradados, destinem recursos específicos para o controle das voçorocas.

As principais dificuldades para a implantação de um projeto específico referem-se à carência de políticas públicas direcionadas para a questão e à baixa percepção da gravidade do problema pela população pois as voçorocas fazem parte da paisagem há mais de 250 anos.

Por conta de sua grande área de ocorrência, as voçorocas constituem um dos principais riscos ambientais no Brasil. Embora ocorram naturalmente no tempo geológico, grande parte das voçorocas ativas resulta de atividades antrópicas mal planejadas.

Nas áreas do embasamento cristalino, os horizontes superficiais, sobretudo o B, são mais resistentes à erosão que o horizonte C (saprolito). Assim, as voçorocas tendem a se desenvolver plenamente, quando o saprolito é exposto aos processos de erosão. Todavia, apesar de quase sempre mais alta que a dos horizontes superficiais, a erodibilidade dos saprolitos (horizonte C) de rochas do embasamento pode variar até dentro de um mesmo tipo de rocha, dependendo de sutis variações composicionais e texturais.

A geração das voçorocas pode ocorrer por processos de erosão superficial ou subsuperficial, mas, quando o lençol freático é atingido pelo aprofundamento do canal, os processos subsuperficiais passam a ser preponderantes, o que torna seu controle muito mais difícil e oneroso.

A erosão hídrica subsuperficial atuante nas voçorocas dá-se por dois mecanismos: o primeiro deles está relacionado com o carreamento das partículas menores do solo por entre as maiores, em decorrência da força do fluxo subsuperficial exfiltrante, o que provoca um desmantelamento da estrutura do solo, formando vazios no seu arcabouço. Esse mecanismo é

conhecido por seepage erosion ou erosão por vazamento ou carreamento. Este mecanismo pode ocorrer em voçorocas com solos finos com textura bimodal. O segundo mecanismo é provocado pelo fluxo hídrico em macroporos, que gera forças cisalhantes nas suas margens. Estas forças cisalhantes podem provocar o destacamento e o transporte das partículas, fazendo com que o macroporo se alargue até o ponto em que ocorre colapso do material do teto. Tal mecanismo, que pode surgir em vários tipos de macroporos (ex.: fissuras, cavidades biológicas e juntas de origem tectônica), é conhecido por piping ou tunnel erosion. O mecanismo de piping tem sido frequentemente descrito em estudos sobre voçorocas.

A diferença de erodibilidade entre o horizonte B, pouco erodível, e os saprolitos de rochas do embasamento é facilmente identificável em campo, bem como em ensaios laboratoriais clássicos, como de estabilidade dos agregados e Inderbitzen, dentre outros. Em contrapartida, as pequenas diferenças de erodibilidade dos saprolitos nem sempre são identificáveis pelos métodos convencionais. A determinação destas diferenças é importante, pois contrastes sutis de erodibilidade no saprolito modificam significativamente as formas e as taxas de avanço das voçorocas e ajudam a explicar porque a concentração destas feições é diferente mesmo em áreas geologicamente homogêneas.

## 2 - Definição de Voçorocas

A voçoroca ou boçoroca é uma ferida aberta num terreno, seja ele horizontal ou não; ou um talude de um morro.

A voçoroca é a visão impressionante do fenômeno da erosão, muitas das vezes usada pelos conservacionistas como um sintoma característico; deve-se, porém, ter o cuidado de não superestima-la. Naturalmente, essa forma de erosão é muito importante como uma fonte de sedimentos nos córregos, porém, em termos de prejuízo para as terras agrícolas ou redução da produção das lavouras, geralmente não é muito importante, uma vez que a maioria das terras sujeitas a esse tipo de erosão são de pouca significância agrícola.

Este tipo de erosão espetacular é muito popular em publicações de divulgação mostrando áreas cortadas por profundas grotas interligadas. Essa situação, porém, é, em geral, encontrada em áreas de clima semi-árido impróprias para uma agricultura intensiva, ou em solos com propriedades químicas e físicas adversas e de um potencial agrícola muito baixo.

A voçoroca se forma quando a enxurrada se concentra em depressões mal protegidas e a água escorre em grandes períodos em forma volumosa, adquirindo grande velocidade. À medida que esta ação progride, as grotas vão atingindo maior tamanho, chegando, às vezes, a ter vários quilômetros de comprimento, de 10 a 15m de largura e 60 ou mais de profundidade. O crescimento em comprimento é mais rápido que penetra na sua extremidade superior que nos seus lados; o crescimento em profundidade é maior nas regiões de mais declividade.

O lavrador favorece a formação de grotas profundas nas suas terras pela maneira imprópria de localização e mau manejo dos deságües dos terraços ou canais escoadouros; sempre que possível deve conduzir essas concentrações de enxurradas para as grotas naturais do terreno que estejam bem estabilizadas. São causadas por escoamentos superficiais concentrados.

Quase todas são provocadas por atividades humanas, que alteram a cobertura do solo, aumentando o escoamento superficial.

A água da chuva exercerá maior ou menor ação erosiva sobre o solo. Dependendo de uma série de fatores. Além de ser função da sua intensidade.

Destacam-se ainda:

1. Condições topográficas ou de relevo:

A – comprimento da encosta;

B – grau de declive ( declividade );

C – área do terreno;

## 2. Características do solo:

- A – textura;
- B – estrutura;
- C – profundidade do solo e subsolo;
- D – permeabilidade;

## 3. Tipo de exploração que recobre o terreno:

- A – mata;
- B – lavoura;
- C – pastagem.

A cobertura vegetal é fator muito importante no controle do desgaste do solo. A água da chuva inicia a sua ação erosiva pela atuação direta da gota de chuva sobre o terreno, soltando as partículas de terra.

Quando o agricultor retira a cobertura vegetal com que a natureza protege o solo formado para, em seu lugar, colocar uma cultura ou pastagem, o terreno fica exposto à ação direta da água da chuva.

A erosão se mostra de diversas formas agredindo de acordo com sua potencialidade tais como:

**Erosão:** é processo pelo qual solo e minerais são destacados e transportados pela água, vento, gravidade e atividades do homem.

Energia cinética ou gravidade e química (intemperização) são as causas primárias da erosão em todas as suas formas.

A erosão provoca a degradação não apenas das rochas mas também do solo. A erosão retira a chamada superficial e fértil do solo, tornando-o raso, pobre, esburacado, seco, ácido, pouco poroso e impermeável. São necessários alguns séculos para que se forme 1 cm de solo na natureza; a erosão, em poucos anos, pode remover do solo o que a natureza demorou séculos para produzir. São vários os agentes que provocam erosão das rochas e do solo. Entre eles, destacamos a ação do calor e do frio, da água e dos ventos.

**Erosão Térmica:** É a erosão provocada pelas variações de temperatura. A ação do calor e do frio nas rochas faz com que elas se contraiam e se expandam. Com o tempo, essa expansão e contração fragmentam as rochas. O calor do Sol faz com que as rochas se quebrem e se fragmentem.

**Erosão marinha:** É a erosão provocada pela água do mar. O choque das ondas do mar contra uma rocha promove lentamente o seu desgaste. A erosão marinha também forma ilhas, baías e cabos.

**Erosão glacial:** É a erosão provocada pelo gelo.

**Erosão superficial por água:** É o desprendimento e transporte de materiais do solo por impacto ou movimento da água sobre a superfície do solo, ou pelo movimento em canais perenes, intermitentes ou efêmeros.

**Erosão natural (geológica):** refere-se ao processo que ocorre naturalmente (em tempo geológico) sem influência do homem, como por exemplo, deltas de grandes rios, grande extensão de rochas sedimentares (formadas por deposição de sedimentos).

**Erosão acelerada:** refere-se às taxas de erosão relacionadas às atividades do homem.

**Erosão cultural:** é a erosão causada por engenhos mecânicos usados em agricultura, construção, estradas, dragagem de canais, mineração. Neste caso, o homem é o agente direto na produção de erosão.

**Pavimentos de erosão:** são camadas de pedras ou seixos sobre a superfície do solo indicando erosão passada (partículas de solo foram carreadas deixando apenas material grosseiro) e servindo como uma barreira para erosão posterior.

**Erosão subsuperficial por água:** é a decantação através da manta de solo de minerais dissolvidos (colóides e limo também podem ser encontrados em minas e cisternas). Aquíferos subterrâneos podem conter mais que 20 ppm em matéria dissolvida.

**Erosão por "splash":** ação da energia da gota d'água da chuva que lança partículas para baixo e para cima; em declives de 10%, o volume de partículas no sentido do declive é 3 vezes superior ao volume para cima.

Convencionalmente, são estabelecidos três tipos principais de erosão hídrica :

- 1 – Erosão superficial, conhecida como laminar ou lavagem superficial;
- 2 – Erosão em sulco;
- 3 – Erosão em gargantas ou voçorocas.

**Erosão laminar:** ocorre pela combinação do splash com o movimento da água no declive. A remoção de camadas delgadas de solo sobre toda uma área é a forma de erosão menos notada, e por isso a mais perigosa. Em dias de chuva as enxurradas tornam-se barrentas. Os solos, por sua ação, toma coloração mais clara, e a produtividade vai diminuindo progressivamente. A erosão laminar arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, e considerando que a parte mais ativa do solo de maior valor, é a integrada pelas menores partículas, pode-se julgar os seus efeitos sobre a fertilidade do solo.

**Erosão em sulcos:** ocorre quando a água superficial atinge pequenas depressões, ganha velocidade e profundidade e começa a transportar produtos de erosão. Resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos mais ou menos profundos. Na sua fase inicial, os sulcos podem ser desfeitos com as operações normais de preparo do solo em um estágio mais adiantado, porém, eles atingem tal profundidade que interrompem o trabalho de máquinas agrícolas.

**Erosão em voçoroca:** pode ser formada rapidamente em função da profundidade, velocidade e volume da água. Voçorocas normalmente se iniciam quando fluxo subsuperficial emerge em encostas de colinas. Dois tipos de voçorocas são distintos:

**Voçorocas em forma de U:** são formadas quando as camadas mais profundas são mais erodíveis que as mais superficiais, como no caso de B textural sobre C arenoso. Podem atingir divisores de água de uma bacia, mostrando que uma pequena quantidade de movimento de água superficial é suficiente para manter a voçoroca ativa.

**Voçorocas em forma de V:** ocorrem em solos rasos e de erodibilidade uniforme. Cobertura vegetal é em geral suficiente para controlar este tipo de voçoroca porque a energia da gota d'água é o principal agente erosivo.

**Erosão de canal:** ocorre pelo recorte de depósitos antigos ou pela formação curvilínea natural (ou artificial) de cursos d'água. As várzeas de grandes rios são constantemente trabalhadas pela energia cinética da água (Geomorfologia Fluvial é a disciplina que trata dos processos de erosão de canal).

**Erosão em pedestal:** quando um solo de grande suscetibilidade à erosão é protegido da ação de salpicamento por uma pedra ou raízes de árvores, "pedestais" isolados encabeçados por materiais resistentes se formam, permanecendo na superfície do terreno. A erosão na vizinhança é principalmente salpicamento, não tendo ação da enxurrada, o que é evidenciado por não haver nenhum desgaste na base dos pedestais. Esse tipo de erosão se desenvolve lentamente, em muitos anos, sendo encontrado em partes descobertas de terreno em pastagem; pode ocorrer também em terrenos arados que sofrem excessiva erosão durante chuvas excepcionais. O principal interesse desse tipo de erosão é que possibilita deduzir, aproximadamente, a profundidade do solo que foi erodida, estudando-se a altura dos pedestais.

**Erosão em pináculo:** a característica do padrão de erosão que deixa altos pináculos e nos lados da voçorocas é geralmente associada com as condições altamente erosionáveis de alguns solos. Este tipo de erosão é sempre associado com os sulcos verticais profundos nas

voçorocas. Uma camada de solo mais resistente, ou cascalhos e pedras, muitas vezes encabeçam a parte superior dos pináculos.

**Erosão em túnel:** a formação de túneis contínuos ou canais subterrâneos é mais comum nos solos que também estão sujeitos à erosão em pináculos, porém não se restringem a eles. Ocorre quando a água da superfície se movimenta dentro do solo até encontrar uma camada menos permeável; se há uma saída para que escorra sobre a camada menos permeável, ela arrasta as partículas finas da camada mais porosa. Geralmente este tipo de erosão é encontrado apenas em solos de pouco valor agrícola.

### 3 – Processos de Formação das Voçorocas

Basicamente, há duas formas de se começar uma voçoroca; a primeira é pelo corte de um talude (a parte lateral de um morro) para a construção de uma estrada ou utilização de espaço, ou para se aproveitar o material em aterros (chamados empréstimos) em outros locais, ou ainda para possibilitar uma mineração.

Evidente é que, o corte de um terreno carrega consigo toda a vegetação e a terra fértil nele existente. Supondo que não se faça uma recuperação rápida na parte cortada, ela ficará exposta ao impacto direto da chuva e, também, às correntezas das chuvas passando por cima dela. Começa, então, a acontecer o fenômeno denominado erosão, que é o transporte do material terroso pelas águas.

A outra forma de acontecer uma voçoroca é pelo desmatamento. Os vegetais, não importando seus tamanhos, têm raízes que funcionam com "presilhas" do solo; as árvores agem como "guarda-chuvas" do solo, e a vegetação em geral age como um redutor de velocidade das águas que correm no solo. No desmatamento, as "presilhas" ficam frágeis; sem a árvore, desaparece o "guarda-chuvas", possibilitando o impacto direto que "machuca" o terreno; já, sem a vegetação, principalmente a rasteira, a velocidade das águas fica aumentada sobre o terreno, possibilitando alastrar a "ferida" da terra. Em outras palavras, vai havendo o arraste de material terroso e, com o tempo, a "ferida" do solo vai aumentando em profundidade e largura.

As voçorocas são classificadas pela sua profundidade e pela área da sua bacia. De acordo com IRELAND, são profundas quando têm mais de 50 de profundidade; médias, quando têm 1 a 5m, e pequenas, com menos de 1m. Pela área da bacia, elas são consideradas pequenas quando a área de drenagem é menor que 2 hectares; médias, quando de 2 a 20 hectares, e grandes, quando têm mais de 20 hectares.

#### 3.1 – Conseqüências de Formação das voçorocas.

Podem ser citadas várias conseqüências decorrentes do processo de formação de Voçorocas. A primeira delas começa na própria voçoroca e se estende até os caminhos próximos para onde estiverem indo às águas, é a promoção da infertilidade na região da voçoroca e depois dela, pois haverá um cobrimento das camadas férteis adiante (desertificação ou aridez), visto que quase todos os terrenos têm uma camada de solo fértil por

cima. No caso, essa camada, quando arrastada, promoverá, de imediato, a infertilidade. No campo, onde se retira a vegetação para dar lugar às pastagens, volta e meia à natureza se vingará pelo alagamento das próprias áreas de pastagens, visto que os rios principais, de tão assoreados, isto é, preenchidos com o material terroso para eles carregados, começam a procurar caminhos preferenciais para o escoamento das águas que seus leitos primitivos não conseguem mais transportar. Além disso, o alagamento irá destruir as árvores restantes pelo afogamento de suas bases acima do solo.

Outra conseqüência é que, os rios naturais passam a ter seus leitos (suas calhas) assoreadas, soterrando toda a flora e fauna situadas nessas calhas, e que são os alimentos dos animais que dependem do fundo. O soterramento dos vegetais e de pequenos animais de fundo faz com que esses morram e essa matéria orgânica morta comece a dar origem a reações bioquímicas que irão prejudicar a qualidade das águas, como um todo.

O outro efeito é que, esse material terroso, no caso das zonas urbanas, vai também sendo levado para o leito dos rios e canais (assoreamento) e para as galerias de águas pluviais.

Nas cidades, tanto o enchimento das calhas dos rios e canais, quanto o enchimento dos bueiros e tubulações de água pluviais, dificultarão o livre escoamento das águas de chuva e, com isso, ficará facilitado o processo das enchentes urbanas.

### **3.2 – Medição do Desenvolvimento das Voçorocas.**

Quando o desenvolvimento de uma voçoroca está sendo determinado, são necessárias medições tanto no desenvolvimento horizontal quanto no vertical. A colocação de estacas a intervalos regulares ou em distribuição retangular, e as medições feitas regularmente, fornecem os dados para determinar a intensidade com que as bordas da voçoroca estão se movimentando; para esse tipo de levantamento, também podem ser usadas fotografias tiradas sempre do mesmo ponto.

Em geral, o índice anual de avanço de uma voçoroca é variável, sendo mais rápido em alguns estágios de seu ciclo de desenvolvimento que em outros; as observações indicam que a velocidade de avanço decresce progressivamente nos estágios finais de desenvolvimento.

A previsão do índice do avanço de uma voçoroca baseada somente na intensidade de seu desenvolvimento pode conduzir a sérios erros de avaliação, a menos que se dê adequada consideração aos fatores que podem ter maior influência no índice de avanço. Os fatores condicionantes, tais como as características dos materiais geológicos, topografia, uso do solo e volume de enxurrada, são os que alteram a intensidade de desenvolvimento da voçoroca;

uma mudança nas condições acima, nas cabeceiras das voçorocas, muda completamente o índice de avanço.

#### 4 – Medidas Preventivas ao Processo de Voçorocamento

A prevenção de voçorocas, no meio urbano ou rural, requer medidas essenciais, quando removida a vegetação natural, dentre as quais devem merecer destaque:

- Substituir o recurso hídrico vegetação natural por plantada perene ou anual, bem cuidadas, principalmente pastor de pisoteio e completamente, quando for o caso, as seguinte.
- Multiplicar as descargas das vias de modo a reduzir ao mínimo a energia das enxurradas;
- Criar bacias ou panelões de acumulação conforme o terreno dê condições;
- Sempre arar o terreno em curva de nível, nunca de cima para baixo, como é comum em algumas regiões mineiras; não arar encostas íngremes;
- Usar telhados como coletores; sem coletar a água, não usar calhas nos telhados, ou projetar a descarga da calha em painelão forrado de cascalho rolado;
- Não deixar sem revegetação as superfícies de terraplenagem como as deixadas nas caixas de empréstimo das vias;
- Consultar geo-hidrologistas quando for fazer estradas novas em terreno mal conhecido; o mesmo quando for urbanizar, ainda que sejam terrenos de baixa declividade. Observar sempre as respostas dos terrenos, que sempre se repetem.

Duas práticas de conservação do solo são utilizadas como terracimento, canais escoadouros para evitar a erosão e conseqüentemente não se transformar numa voçoroca.

##### 4.1 Terracimento.

**Terracimento.** É uma das práticas mais eficientes para controlar a erosão nas terras cultivadas. A palavra terraço é usada, em geral, para significar camalhão ou a combinação de camalhão e canal, construído em corte da linha de maior declividade do terreno.

O terraceamento em terras cultivadas é sempre combinado com o plantio em contorno: pelo seu alto custo, é recomendado onde outras práticas, simples ou combinadas, não proporcionam o necessário controle da erosão. A principal função do terraço é diminuir o comprimento das lançantes, reduzindo, assim, a formação do sulco nas regiões de altas precipitações e retendo mais água em zonas mais secas.

Nem todos os solos e declives podem ser terraceados com êxito. Nos pregados ou muito rasos, com subsolo adensado, é muito dispendioso e difícil manter um sistema de terraceamento. As dificuldades de construção e manutenção aumentam à medida que cresce a declividade do terreno.

O terraceamento, quando bem planejado e bem construído, reduz a perda de solo e de água e previne a formação de sulcos e grotas, sendo mais eficiente quando usado em combinação com outras práticas, como o plantio em contorno, cobertura morta e culturas em faixas; após vários anos, seu efeito se pode notar nas melhores produções das culturas, devido à conservação do solo e da água.

A declividade do terreno é que determina a praticabilidade do terraceamento, uma vez que a erosão aumenta com o grau do declive o terreno a tal ponto que esse fator pode torná-lo desaconselhável.

Há diversos tipos de terraços: o Mangum, o Nichols, o de base larga, o de base estreita, o patamar, e o individual.

**Terraço tipo Mangum:** é construído pelos dois lados do terreno, dando assim um terraço com um camalhão mais alto: é o tipo adaptado para a conservação da água.

**Terraço tipo Nichols:** é desenvolvido com a movimentação do solo unicamente do lado de cima do terreno, com a desvantagem de não poder ser aproveitado para o cultivo a faixa destinada ao canal.

O terraço de base larga, cujas características são de ser bastante largos, rasos, de suave inclinação, é o mais comum, podendo ser facilmente cruzado por máquinas agrícolas e permitindo o plantio em todas as direções. O terraço de base estreita – combinação de valetas e leiras de pequenas dimensões – é bastante utilizado na produção de culturas perenes; os cafeicultores o denominam de “cordão - em - contorno”. O terraço patamar consiste em plataformas construídas em terrenos de grande inclinação, formando uma espécie de degraus. O individual, pequeno patamar circular constituído ao redor da cada árvore, é também usado em terreno de grande inclinação.

Os terraços Mangum e Nichols foram mencionados por representar, além de uma forma de construção, o início da evolução dos terraços de base larga, que são, na realidade, os verdadeiros terraços.

**O terraço de base larga.** É uma das formas mais seguras de proteção do solo contra os efeitos da erosão, podendo ser empregados tanto em culturas anuais como perenes, e até mesmo em pastagens.

Terraço de base larga tem a grande vantagem de não perder área de cultivo anual que está protegendo; todo o terraço, inclusive a faixa ocupada pelo camalhão e pelo canal do terraço, pode ser plantado com uma única cultura. No caso de culturas perenes, os terraços têm que ser construídos previamente ao plantio, uma vez que, depois de formada a plantação, fica difícil o emprego de equipamentos para a sua construção e nem sempre há espaço suficiente entre as árvores para comportar sua largura.

Esse terraço pode ser usado, também, em pastagens, para a proteção de áreas suscetíveis à erosão, ou então para proteção do terreno durante o período de formação da pastagem, enquanto a vegetação ainda não está bem estabelecida nem dando a proteção suficiente; em regiões de pouca precipitação, ele é adotado em pastagens para proporcionar um sistema de distribuição mais uniforme da água das chuvas.

Em geral esse tipo de terraço é indicado para terrenos de até 12% de declividade; em alguns solos de boa permeabilidade, porém, pode ser utilizado em terrenos com declividade, como 0,5%, cuja topografia, porém, seja formada de grandes lançantes, com a finalidade de reduzir a erosão produzida por grandes concentrações de enxurradas.

É bastante difícil construir um sistema de terraço de base larga em terreno com topografia irregular; as curvas que se forma são muito estreitas, dificultando a manejo de máquinas, e o espaçamento entre os terraços seria muito variável, dando, em consequência, muitas “ruas mortas”.

**Terraço de base estreita.** Os terraços de base estreita, estruturas mecânicas utilizadas especialmente em terrenos de maior declividade, quando não é possível construir terraço de base larga, são os mais indicados para proteção de culturas perenes do tipo pomares, cafezal, cacau. São também denominados “cordões – em – contorno” e em alguns lugares recebem a descrição de “curvas de nível”. Em virtude de sua pequena largura, podem ser construídos por entre as árvores já formadas, ao longo das curvas de nível do terreno, mesmo que a cultura seja formada em esquadro.

Esses terraços não são recomendados para culturas anuais, pois a forte inclinação dos taludes do camalhão e da valeta dificultam o cruzamento das máquinas nos tratos da cultura e impede o cultivo na sua faixa. Podem, todavia, ser empregados em terrenos de topografia mais acidentada, com inclinações às vezes até de cerca de 40 %.

Os conceitos emitidos para os terraços de base larga podem servir, também, para os de base estreita. O gradiente, por exemplo, pode ser em o mesmo; nos terrenos francamente permeáveis, como são em geral os latossolos roxos, os cordões em contorno poderão ser locados em nível para retenção das águas de chuva.

No caso dos terraços de base estreita com cimento constante ou progressivo, há necessidade de limitar o comprimento dos cordões, a fim de evitar transbordamento ao longo da valeta; para os cordões em nível, praticamente não há limite para o comprimento.

A construção dos terraços de base estreita pode ser feita unicamente com instrumentos manuais ou, também, com o auxílio de equipamento simples como o arado, como se pode ver nas etapas de construção apresentadas na figura 8.19.

Em virtude das dimensões dos terraços de base estreita, tal cordão em contorno pode ser construído nas culturas já formado, mesmo que elas sejam dispostas em esquadro.

**Terraço-patamar.** São estruturas utilizadas em terrenos muito inclinados, para proteção de culturas muito pequenas de grande valor, como pomares, vinhedos e mesmo cafezais. É uma prática muito antiga para a conservação do solo de regiões montanhosas; os incas construíram extensos sistemas de patamares nas escarpadas regiões andinas onde habitaram, os quais até hoje se conservam e se utilizam.

O grande inconveniente desse terraço, reduzindo-lhe a aplicação, é o seu elevado custo de construção. Sua utilização se restringe a regiões com grande densidade de população e que não tenham terras planas, justificando a inversão de grande quantidade de trabalho para formar os patamares.

Os terraços-patamar se adaptam a terrenos com declividade acima de 20% e se caracterizam por apresentar, depois de prontos, um verdadeiro banco, ligeiramente inclinado para o lado de dentro do barranco.

Tais terraços, além de controlarem eficientemente a erosão, contribuem para melhor conservação das águas de chuva, facilitam os trabalhos de colheita, as operações culturais e o acesso às plantas, e evitam que os adubos sejam arrastados pela enxurrada.

**Sulcos e camalhões em pastagem:** Os sulcos e camalhões em contorno, uma das práticas mais eficientes na retenção das águas de chuva em pastagem, são especialmente recomendados para regiões de chuva escassas.

Embora a cobertura do solo com pastagens já constitua eficiente maneira de reduzir as perdas por erosão, há em alguns casos, necessidade de medidas complementares de controle da erosão; por exemplo, nas pastagens em formação, onde a vegetação ainda não esteja proporcionando uma cobertura eficiente, e nos terrenos muito inclinado ou dos pastos fracos e excessivamente pastoreados.

A grande vantagem dos sulcos e camalhões é a melhor distribuição e retenção das águas das chuvas. Em consequência da melhor conservação da água, a vegetação torna-se mais densa e mais vigorosa nas proximidades dos sulcos e dos camalhões. Os sulcos e camalhões concitem em uma combinação de um pequeno canal com um pequeno dique de terra: *são executados nas pastagens, depois de uma marcação prévia e contorno, com os arados reversíveis, de aiveca ou de disco, passados uma ou duas vezes o mesmo sulco jogando a terra sempre para o lado de baixo.*

*Para a marcação do sulco e camalhões, local linhas niveladas básicas distanciadas cerca de trinta metros, e que servirão de linhas-base de marcação. Sobre elas, tirar as linhas paralelas, de preferência de baixo para cima das linhas-guia: ai serão feitos os sulcos e camalhões, cujo espaçamento depende das características de infiltração de movimento da água no solo; do custo da construção; da necessidade de maior ou menor concentração da água, podendo variar de um a dez metros, sendo, porém, o mais comum, em nossas condições, 3 metros.*

Não deve haver preocupação de reter toda a água da chuva caída, pois enxurrada em excesso pode derramar sobre os camalhões nos pontos mais baixos, porém a vegetação da pastagem deverá reter alguma terra deslocada.

#### 4.2 – Canais escoadouros.

**Canais escoadouros:** Quando são usados no terreno sistemas de terraceamento com gradientes, para proporcionar a drenagem segura dos excessos de enxurrada é necessário o estabelecimento de canais escoadouros: são canais de dimensões apropriadas, vegetados,

capazes de transportar com segurança a enxurrada de um terreno dos vários sistemas de terraceamento ou outras estruturas.

O canal escoadouro vegetado é uma das práticas básicas das mais importantes no planejamento conservacionista de uma área agrícola quando a chuva excede a capacidade infiltração de um solo, um excesso de água passa sobre a superfície do terreno e forma enxurrada; uma vez que o sucesso de qualquer programa de conservação do solo depende da remoção desse excesso de enxurrada, sem comprometer o risco de erosão, o estabelecimento de canais escoadouros vegetados deve ser bem planejado.

Em alguns tipos de solos bastante permeáveis como latossolos roxo, consegue-se, às vezes, dispensar com segurança estes canais, mediante o emprego de práticas mecânicas (como terraceamento em nível) e vegetativas que produzem quase uma retenção completa de águas de chuva. Canais escoadouros, em geral, as depressões no terreno, rasas e largas, em declividade, e estabelecidos com leito resistente à erosão. Sua melhor localização é a depressão natural, para onde as águas são forçadas a escorrer, bem como nos espigões, divisas naturais e caminhos.

Os canais escoadouros podem ser construídos com as seguintes sessões: triangular, parabolóide, e trapezoidal. Para as declividades mais acentuadas é trapezoidal, cujo fundo chato, extraíndo a lâmina da água, diminui a velocidade de escoamento da enxurrada; a triangular é indicada para as declividades menores, em que o fundo em V, concentrando as águas, impede a deposição de sedimentos; a parabolóide é indicada para declividade intermediária.

A vegetação do canal escoadouro deve ser escolhida de modo a suportar a velocidade de escoamento de enxurrada, não ser praga para as terras de cultura e, se possível, ser utilizada como forragem. Varias são as espécies indicadas: entre as gramas, as melhores são a batatais (*Paspalum notatum* Flüggé), a tapete (*Axonopus compressus* Swartz-Beauv.), a das rochas (*Paspalum dilatatum* Poir), a inglesa (*Stenotaphrum secundatum* Walt-kuntze) e a seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.); entre os capins os mais recomendados são: o quicuío (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), o gengibre (*Paspalum maritimum* Trin.) e o rodes (*Chloris gayana* Kunth.); do grupo de leguminosas as que melhor se prestam para revestimento de canais escoadouros, destacam-se: o cudzu comum (*Pueraria thumbergiana* Benth.), o cudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e a centosema (*Centrosema pubescens* Bent.).

Os limites de velocidade com que a enxurrada pode escorrer sem perigo de provocar escoriações e solapamentos no fundo do canal depende da vegetação empregada no seu revestimento. As vegetações ideais são aquelas que cobrem e travam completamente o solo num emaranhado de raízes e caules.

A vazão máxima de enxurrada esperada da área a ser servida pelo canal escoadouro é o fator principal na determinação das suas dimensões; essa vazão é o volume de água por unidade de tempo capaz de escorrer da área quando da ocorrência das máximas intensidades de chuva e com duração suficiente para fazer com que todos os pontos da bacia contribuam com a enxurrada formada.

As dimensões dos canais escoadouros, ou seja, a largura e a produtividade, dependem da produtividade, da forma da seção, da velocidade média permissível e da vazão máxima esperada de enxurrada. Conhecidos esses fatores, tais equações são determinadas com o auxílio das formulas apresentadas de cálculo de vazão em canais, ou de ábacos, para encontrá-las com mais facilidade.

A construção dos canais escoadouros devem anteceder, de cerca de um ano, a construção de terraços ou outras práticas de que resulte concentração de enxurradas, afim do que haja consolidação e estabelecimento da vegetação.

## 5 – Procedimentos Corretivos das Voçorocas

### 5.1 - Barragens

O tipo de construção de barragens varia com a profundidade da voçoroca e a quantidade de água que escorre sobre o fundo da garganta.

Um modelo de barragem com resíduos vegetais consta de um conjunto de galhos ou troncos de árvores, formando uma linha, no sentido perpendicular à largura da voçoroca, e onde são dispostos galhos e outras partes vegetativas, na posição horizontal, a fim de reter a água que escorre.

Outro tipo de barragem é formado de pedras, colocadas superpostas. Em algumas voçorocas, para o controle da enxurrada. É necessária a construção de barragem de alvenaria. O problema torna-se, então, mais complexo envolvendo, em alguns casos, a intervenção de um técnico especializado, como mostra as figuras a seguir:

Detalhes ilustrativos da tecnologia, BARRAGINHAS NO CONTROLE DE VOÇOROCAS



Figura 1: barragem de controle

Fonte: <http://www.abms.org.br/trabalho/vocorocas.html>

Para obtenção de melhores resultados, na tentativa de controlar o aprofundamento antes do alargamento, barragens de controle têm que ser dispostas perfeitamente na vertical e encaixadas nas laterais e no fundo da erosão. Os pontos mais críticos das barragens de controle são suas laterais, que quando se rompem, geralmente resultam em erosões maiores ainda.



Figura 2: retaludamento da voçoroca

Fonte: <http://www.redetecnologiasocial.net>



Figura 3: barraginhas.

Fonte: <http://www.bb.com.br/app/bb/portal/bb/cdn/apf/Barraginhas.jsp>



Figura4: voçoroca vista de cima.

Fonte: <http://www.abms.org.br/trabalho/vocorocas.html>



Figura 5: o estrago da voçoroca.

Fonte: <http://www.abms.org.br/trabalho/vocorocas.html>

Essas barragens são devidamente espaçadas e entre elas são plantados capins ou leguminosas.

Para obtenção de melhores resultados, na tentativa de controlar o aprofundamento antes do alargamento, as barragens de controle têm que ser dispostas perfeitamente na vertical e encaixadas nas laterais e no fundo da erosão. Os pontos mais críticos das barragens de controle são suas laterais, que quando se rompem, geralmente resultam em erosões maiores ainda. Por esta razão, elas devem ser planejadas e construídas cuidadosamente. É prudente considerar componentes vegetais nas mesmas, para que a vegetação possa substituir a barragem após seu possível deterioramento.

**Descrição dos benefícios e impactos:** A construção de barraginhas tem como principal função a recuperação de áreas degradadas pela chuva, visa também a revitalização e perenização de mananciais com água de boa qualidade, amenização de secas e enchentes. O sistema de barraginha é complementado com outros sistemas de conservação do solo, como terraços, cordões em contorno, plantio direto e outros.. O volume médio de água armazenada em torno de 100 m<sup>3</sup>, repetindo cerca de 12 a 15 vezes por ciclo de chuvas.

## 5.2 – Vegetações para Correção das Voçorocas.

As vegetações mais utilizadas na proteção das voçorocas são as gramíneas e algumas leguminosas; entre as gramíneas, destacam-se o capim-azul ( *Dactylis glomerata* L.), o capim-bermudas ( *Cynodon dactylon* (L.) Pers.), e o capim-quicuiu ( *Pennisetum clandestinum* Hochst. ), e , entre as leguminosas: o cudzu ( *Pueraria thumbergiana* ) e as diversas espécies de *Lespedeza* spp.

A parte superior da voçoroca é o lugar onde se concentram as maiores quantidades de água. É eficiente plantar gramíneas e arbustos de crescimento denso, e se possível , as margens da voçoroca devem ser rampadas, sendo indicado o talude de 2:1 ou 3:1.

As estruturas mais utilizadas para a retenção da água e solo da voçoroca, e que também controlam a sedimentação, são barragens construídas de pedras soltas ou de gabiões. Quando se constroem os canais de diversão que impedem a grande concentração de enxurradas, a construção de barragens dentro das voçorocas fica bastante simplificada, pois o volume de água nessas barragens fica limitado ao que se forma na área abaixo de tais canais. As barragens de édra devem ficar bem encravadas nas paredes laterais e no fundo das voçorocas, a fim de evitar que a água cause erosão no fundo e nos lados das grotas; devem ser de pouca altura, mais ou menos 0,50m, porém localizadas a intervalos regulares dentro da voçoroca. Podem ser construídas, também, de tela de arame, de madeira, de tocos de árvores.

Gabião é um invólucro constituído de uma rede metálica, com fio de aço recozido, fortemente zincado, em malha hexagonal de dupla torção, preenchido com pedras de maior peso específico possível. O termo gabião é originário da palavra italiana “ gabbione “ , gaiola.

Sua vantagem prática é que pode ser encontrado no mercado, pré-fabricado, na forma de caixa, colchão ou saco, em várias dimensões. Em geral, são construídos em fio de aço fortemente zincado, podendo ter um revestimento adicional de PVC quando utilizados para ambientes poluídos ou agressivos ao zinco.

### 5.3 – Paliçadas Múltiplas de Eucaliptos com vegetação.

#### Processo Executivo:

- 1) Limpeza geral da área ( remoção de terra solta );
  - 2) Acerto manual das arestas laterais da erosão;
  - 3) Execução das paliçadas, de baixo para cima, na seguinte seqüência:
    - Instalação das hastes de eucalipto, com Ø6 a 10cm, a cada 80cm, pré-tratados em banho de imersão de 24 a 48 horas com creosoto ou auto-clavados;
    - Execução do paramento com bambus, amarrados fortemente entre si e às hastes, com arame galvanizado Ø3mm;
    - Preenchimento da cavidade obtida, até o topo do eucalipto com solo vegetal misturado com argila, na proporção de 40% de solo vegetal e 60% de argila;
    - Executar, no plano horizontal obtido, covas de 30 x 30cm por 40cm de profundidade, espaçadas, onde for possível, em malha de 1,00 x 1,00m;
    - Plantar em covas, vegetação arbustiva nativa e adaptável à região ( mudas com altura máxima de 1,50m ) com as seguintes espécies indicadas:
      - Hibiscus rosa sinenses, sabiá, leucena, cássia macrantena, bauínea, sibipiruna, quaresmeira, sombreiro, albizia, cassia mangium e mulungu;
      - O reaterro das covas será feito com terra, misturada à adubação, composta de :
        - **Adubação corretiva:** calcáreo dolomítico ( 150g );
        - **Adubação orgânica:** 150g ( esterco de frango, torta vegetal ou lixo industrial );
        - **Adubação química:** 200g ( formulação de 10:20:10 – NPK mais 5% de enxofre );
- No espaço remanescente tanto horizontal quanto lateral, lançar sementes de gramíneas consorciadas às leguminosas do tipo rasteiro, hidrossemeadas ou semeadas manualmente, na razão de:
- Gramíneas: ( braquiara decumbens, braquiara humidícula, capim gordura – melinis ) – 5g/m<sup>2</sup> de cada espécie ( total de 15g/m<sup>2</sup> );
  - Leguminosas: ( siratro, soja perene e centrosema ) 3g/m<sup>2</sup> de cada espécie ( total de 9g/m<sup>2</sup> );

4) Critério de adubação da sementeira:

- **Orgânica:** empregar esterco de frango na proporção de  $150\text{g/m}^2$  e papelão triturado na proporção de  $100\text{g/m}^2$
- **Química:** formulação de 4x30x10 ( NPK ) na quantidade de  $60\text{g/m}^2$ .

A seguir, do processo de paliçadas mostrando o processo completo, conforme a figura 6:

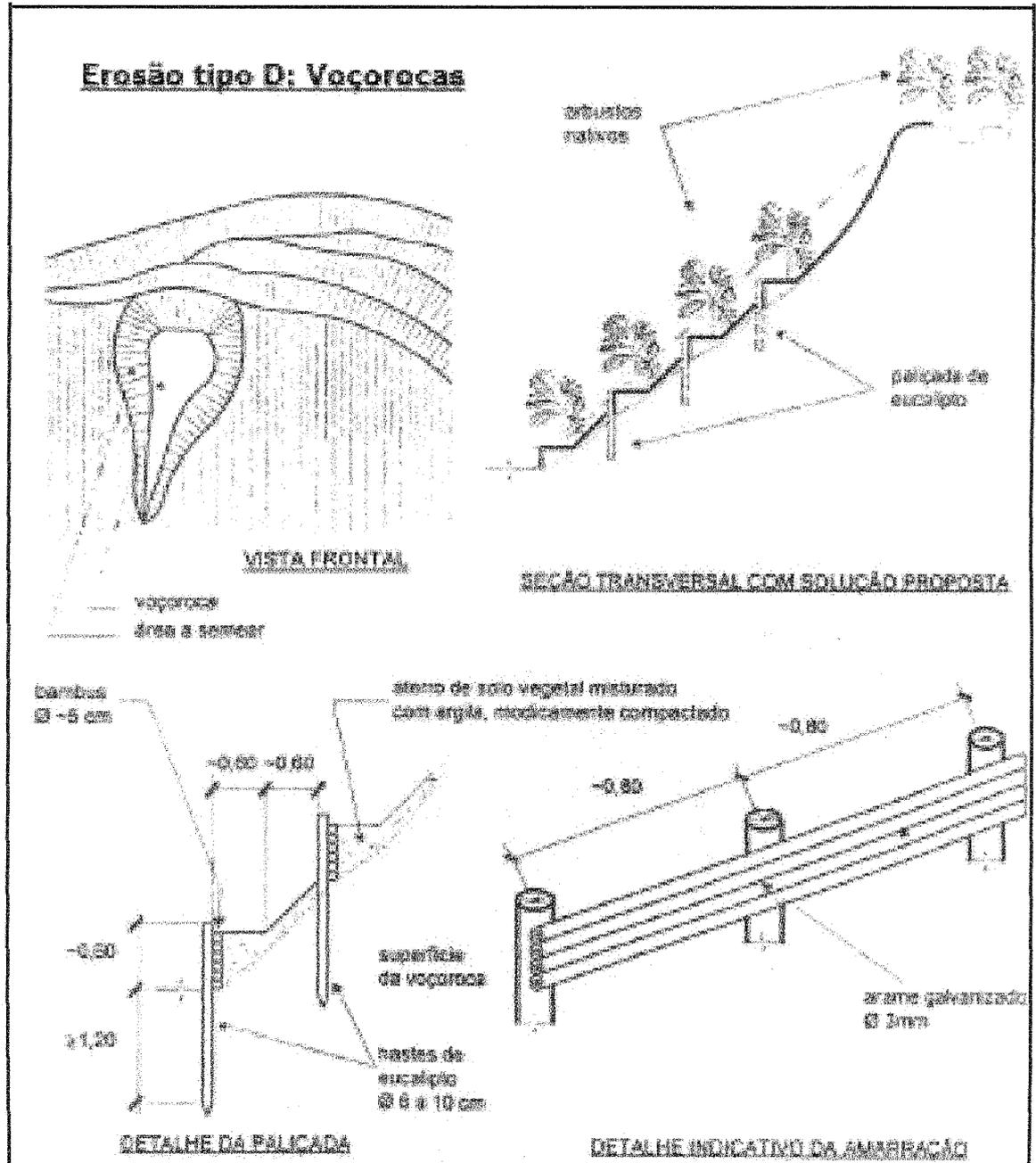


Figura 6: erosão tipo D, Voçoroca.

Fonte: <http://www.costa2000.kit.net/DICASCON/erosaoD1.htm>

## 6 – Métodos de Controle das Voçorocas

O controle de voçorocas, além de difícil é muito caro, podendo até ser mais elevado que o próprio valor da terra, naturalmente, deve-se fazer alguma coisa, principalmente pelo problema de sedimentação dos córregos e barragens. É essencial, todavia, efetuar as medidas de controle das voçorocas para prevenir-lhes a formação.

Consiste em realizar a sua estabilização ou evitar que cresça, tanto em largura como em profundidade. Quando possível, a primeira medida a ser adotada é o desvio do fluxo de água que está ocasionando a voçoroca, para impossibilitar o seu aumento.

Se essa providência não for realizável, deverão ser adotados processos que controlam a velocidade e o volume da água que escorre sobre a garganta.

Há situações em que é possível a construção de um terraço tipo murundu – canal que um camalhão ou disque bem alto. A finalidade desse terraço é desviar a água que escorre da área superior à parte inicial da voçoroca e é chamado terraço-de-dispersão.

Todos os sistemas de controle de voçorocas se baseiam no estabelecimento de uma vegetação protetora, porém, quando o estágio de erosão esta bem avançado na área, é mais difícil conseguir a cobertura vegetal necessária. Nos pontos intensamente erosionados, como nas voçorocas, onde já não existe mais solo superficial, ou até, como em muitos casos, nem conta mais com o horizonte B, é muito difícil fazer crescer uma vegetação. Sem dúvida, quando se pode desviar a enxurrada, basta proteger a área contra o fogo e o pastoreio para que, em zonas úmidas, se recubra de vegetação natural; primeiro, aparecem, lentamente, as plantas mais rústicas e mais bem adaptadas às más condições de fertilidade; depois, pelo aumento de matéria orgânica que elas fornecem, o solo melhora um pouco e outras plantas aparecem, e assim sucessivamente, até que a área se cobre normalmente de boa vegetação, semelhante à predominante na região.

A fim de evitar a entrada de animais na área da voçoroca é indicado que ela seja devidamente cercada.

Se a declividade da área da voçoroca, por onde escorre a água, não é forte, pode ser adotado o plantio de grama com septos-de-capim, intervalos, com o objetivo de reter a velocidade da enxurrada, evitando que a voçoroca aprofunde.

Normalmente, o controle da voçoroca compreende o estudo e a análise de toda a bacia de captação da água que escorre para o local erodido.

## 6.1 – Princípios de Controle de Voçorocas

As erosões em voçorocas são complexas e medidas de combate simples podem falhar. A prevenção é a forma mais fácil de combate.

A solução para o problema tem obrigatoriamente que incluir a correção da causa inicial e a própria voçoroca como mostra a tabela a seguir.

Principais processos de controle de voçorocas.

Processo de erosão	Solução possível
<ul style="list-style-type: none"> <li>• alongamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• degraus</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• aprofundamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• barragens de controle;</li> <li>• proteção superficial;</li> <li>• vegetação.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• alargamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proteção superficial;</li> <li>• vegetação.</li> </ul>

Tabela 1: Tipos de controle de voçorocas.

Fonte: Apostila de PRAD da Universidade Presidente Antônio Carlos.

## 6.2 – Metodologia para controle de Voçorocas.

Como idéia para a estabilização de erosões provocadas por RunOff excessivo, apresentam-se as seguintes medidas:

### 6.2.1 - Implementar soluções que melhorem a resistência das partículas ao carreamento.

- Proteção da superfície;
- Estabilização do solo.

### **6.2.2 - Implementar tratamentos que reduzam a tensão trativa e energia de runoff.**

O aumento da cobertura vegetal é um meio de reduzir a velocidade runoff.

### **6.2.3 - Praticar a regra dos 4Ds:**

- **Diminuir:** Diminua a velocidade e quantidade de runoff, através da redução do gradiente do terreno e aumento do tempo de escoamento;
- **Deter:** Diminua a velocidade da água, através da sua detenção ou armazenamento temporário;
- **Divergir:** Conduza a água para longe de áreas críticas;
- **Dissipar:** Aumente a sinuosidade, comprimento ou largura do canal ou conduza a água sobre superfícies rugosas ou com degraus.

### **6.3 – Duas formas de controle de voçorocas.**

a) uma forma mais rápida consiste em desmorronar os barrancos, até que fiquem nivelados. Entretanto, isoladamente, esta pratica pouco resolve a situação, tendo em vista que, as primeiras chuvas fortes levam consideráveis quantidades de terras. Por este fato, deve ser tomado muito cuidado para que isto seja evitado. Quando possível, devem ser alterados os canais escoadouros ou canais divergentes. No caso de canais escoadouros, construí-los lateralmente a voçoroca e revesti-los com grama. Estes ou canais divergentes devem estar a uma certa distancia da margem da voçoroca. Esta distancia, de 10 a 20 metros varia de acordo com o tamanho da voçoroca, uma vez que, se for grande, precisará um volume grande de terra a ser desmorronado lateralmente. Depois que estes canais estiverem consolidados e gramados, então poderá se fazer o desmorronamento da voçoroca, com o arado de disco lavrando no sentido longitudinal, sempre com o máximo de cuidado para não se aproximar demais da margem, evitando a queda do trator.

Este trabalho também pode ser executado com motoniveladoras com muita vantagem de tempo e eficiência.

Antes de começar o desmoronamento, pode-se colocar na voçoroca, ramos de árvores ou arbustos, tocos, bagaço de cana-de-açúcar, pedaços de madeira ou outras substâncias orgânicas, para auxiliar a obstruir e, conseqüentemente, diminuir o volume de terra a mobilizar.

De imediato deve ser construído um canal, onde foi fechada a voçoroca, cultivando grama, para protegê-lo, evitando assim o transporte do solo. Após estar devidamente consolidado com grama, este funcionará como um canal escoadouro. Poderão ser destruídos os canais laterais provisórios e preparar para conduzir as águas pluviais para dentro da antiga voçoroca.

Neste caso podem ser utilizados restos vegetais, tocos, etc, dentro da antiga voçoroca, com a finalidade de reduzir a velocidade da água. Deve-se observar que estes devem estar fixos, com estacas para que ofereçam resistência a passagem da água. Devem ser colocados de tal forma que alcancem toda a largura da voçoroca, para obrigar que as águas os transponham e não desviem lateralmente, pois neste caso, criariam um problema, escavando outra voçoroca lateral.

De imediato deve ser feita a semeadura ou enleivamento de grama (missioneira ou pensacola) para que, aos poucos, esta grama revista o canal protegendo-o da erosão.

b) Outra forma de controlar voçorocas, sem desbarrancamento, consiste em colocar, no seu leito, várias series de septos. A função dos septos é servir como obstáculos para a velocidade da água, e fixar a terra até o nível de sua altura, quando isso ocorrer, a primeira série de septos já não serve para fixar a terra e, por isto, deveram ser colocados outros intercalares, ou seja, a segunda série, como pode ser observado na FIGURA 7.

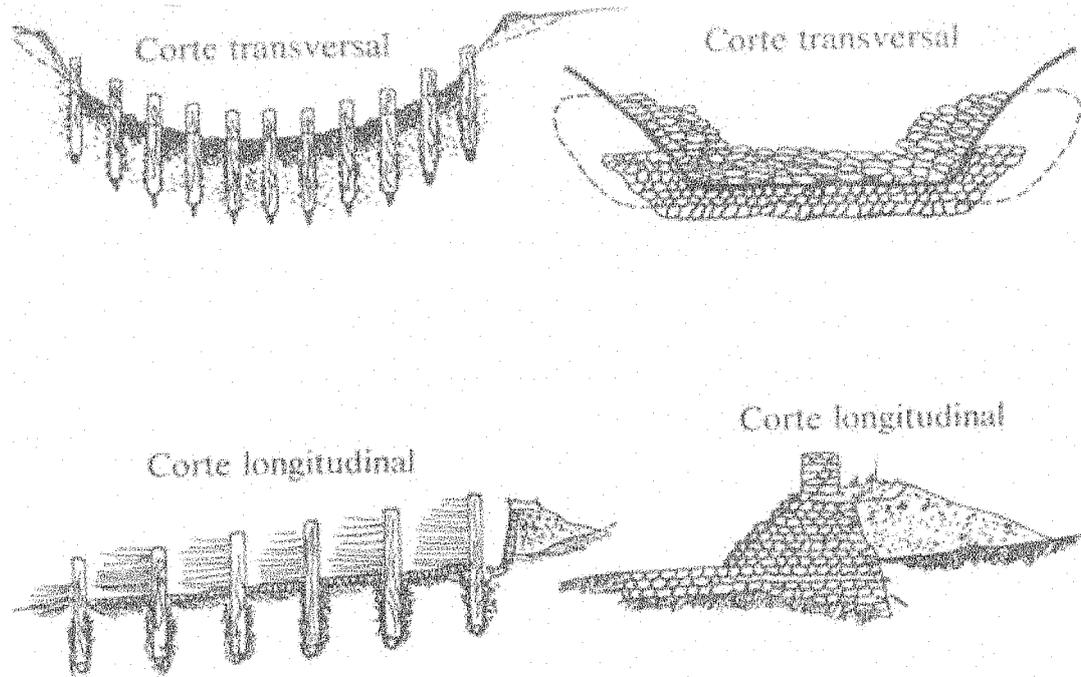


Figura 7: mostra os diferentes tipos de cortes.

Fonte: [http://geocities.yahoo.com.br/josoepasa/praticas\\_conservacionistas.htm](http://geocities.yahoo.com.br/josoepasa/praticas_conservacionistas.htm)

Por sua vez quando estes septos também estiverem com a terra transportada, provavelmente a primeira série está totalmente aterrada. A esta altura poderá ser colocada uma terceira série de septos, aproximadamente ao nível entre os da segunda série, ou seja, praticamente sobre os da primeira série. Quando estes estiverem nivelados, colocar a quarta série de septos, aproximadamente sobre a segunda série e assim sucessivamente.

Com o tempo, a profundidade da voçoroca vai diminuindo, devido ao constante assoreamento provocado pelos septos, em seu interior. Quando este nível alcançar a superfície, deve ser feita a semeadura ou enleivamento de grama, para devido revestimento.

Cabe lembrar que independente do método utilizado para controlar as voçorocas, os locais restabelecidos normalmente são muito vulneráveis e podem começar a reabrir uma nova voçoroca a qualquer descuido, por isso, precisam de cuidado constante.

Para voçorocas muito grandes, que necessitam muita mão de obra, podem ser utilizadas outras formas para acelerar o processo. Estas formas dizem respeito à primeira etapa de etapa de recuperação e as mais aconselháveis são através de vegetação cultivada como: cana-de-açúcar, milheto, capim elefante, tremoço, arborização, com espécies rústicas,

etc. As espécies deverão ser selecionadas de acordo com a aptidão mais apropriada do local. Além disso devem também ser usados septos para reter o solo na voçoroca.

#### 6.4 – Objetivos para Controlar Voçorocas.

Seu controle é realizado com estes 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;
- d) revegetação da área;
- e) construção de estruturas para deter a velocidade das águas ou até mesmo armazená-las;
- f) completa exclusão do gado;
- g) controle da sedimentação das grotas e voçorocas

A maioria dos trabalhos de controle de voçorocas consiste em estabilizar a superfície das grotas por meio de vegetação. Qualquer voçoroca, sem considerar o seu tamanho ou condição, geralmente recuperará uma cobertura vegetativa natural se for protegida adequadamente e estiver numa área cuja vegetação cresça rapidamente. A retenção da água que provoca a voçoroca, a proteção contra pastoreio, pisoteamento do gado e fogo, e a remoção de outras causas prejudiciais geralmente resultam no crescimento da vegetação que recobre as grotas e diminui a erosão.

Qualquer outra medida de controle de voçoroca depende da cobertura vegetal para estabilizar o solo exposto a enxurrada excessiva. Muitas das áreas sulcadas ou que tenham grotas ou voçorocas, porém, não estão em boas condições para um crescimento da vegetação, pelos motivos seguintes: a declividade é alta e a superfície do solo foi desgastada e sofreu enormes impactos das gotas de chuva que produziram condições adversas à sobrevivência das plantas.

Uma voçoroca estabilizada pode servir como um canal escoadouro vegetado para descarga de enxurrada dos terraços, um habitat para a fauna, uma área reflorestada ou mesmo para pastagem. Se for usado como canal escoadouro, a grotas deverá ter a sua seção de tamanho e proporção adequada, e a vegetação escolhida deverá ser bem resistente à erosão.

Nas áreas com grotas onde a erosão é menos crítica, consegue-se um bom resultado, com menos gastos, cercando a área para evitar o pastoreio e o cultivo.

A eliminação de grotas ou de áreas críticas com grotas, pelo acerto do terreno, preenchendo as velas, pode ser prático e possível desenvolvendo canais escoadouros vegetados com forma tal que tenham velocidade estáveis e outras características hidráulicas. Durante o processo de enchimento das valas, a terra deverá ser compactada para oferecer melhor resistência à erosão.

O controle de voçorocas pelo desvio da enxurrada ou pela maior retenção da água é o mais eficiente, e onde esse método for possível, deverá ser instalado antes de qualquer tratamento dentro a voçoroca. Os canais de diversão deverão ser construídos na parte de cima da voçoroca, a 20-30m da sua cabeceira, de modo que o barranco superior da voçoroca fique bem estabilizado. A retenção da água é conseguida pelo uso adequado do solo com práticas de cultivo que aumentam sua infiltração no solo, como a terraceamento em nível, ou com a construção de pequenas barragens de terra ou de outro material.

Nem sempre é possível manter a enxurrada fora da voçoroca pelo desvio ou pela maior retenção da água, devendo ela escorrer dentro da grota. Para que o faça com segurança, construir estruturas e estabelecer boa cobertura vegetal. É necessário que o gradiente do canal seja reduzido de maneira que a enxurrada possa escorrer a uma velocidade não erosiva..

## CONCLUSÃO

O processo de voçorocas vem de muitos e muitos anos com ações da própria natureza. Ações essas decorrentes de chuvas e ventos que acarretam grande parte do solo existente no local. Com o passar dos anos, diversas ações antrópicas vem degradando o meio ambiente em sua totalidade como atmosférica, hídrica, solo entre outras. Medidas têm que ser tomadas a fim de minimizar essas ações com controles que mesmo sendo caros, tem ser feitos. As voçorocas quando chegam num patamar alto, é de difícil controle pois a área onde se encontra, já se encontra com total perda de nutrientes que lá existiam.

Ao aparecimento das voçorocas, tem que se ter o controle imediato para recuperar a área afetada. Técnicas como usar pneus é viável economicamente como a de bambus entres outras. O meio ambiente, nos dias de hoje está no seu limite pedindo ajuda e se nós não fizermos nada para recuperar as poucas áreas que existem, futuramente não teremos mais montanhas com suas curvas de nível em perfeito estado.

"O homem está mexendo muito na natureza sem conhecer a fundo qual a resposta do ambiente aos distúrbios, e isso coloca o sistema em desequilíbrio"

## REFERÊNCIA

- Conservação do solo/ Joaquim Bertoni, Francisco Lombardi Neto. – São Paulo: ícone, 1999 – 4ª edição.
- CORRÊA, Altir.2001. "Métodos de combate à erosão do solo". Cap. 9 – **Controle das voçorocas** (il.) –.1959.<<http://www.cnps.embrapa.br/search/planets/coluna20/coluna20.html>>. Acesso em 28 nov 2005
- Erosão por voçoroca atinge várias partes do mundo.2001.<[http://www.radiobras.gov.br/ct/2000/materia\\_050500\\_8.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/2000/materia_050500_8.htm)>. Acesso em: 11 out 2005.
- Flávio- EFFES Engenharia. Nova Imprensa On Line, “ **Lixo FIAT – Degradação nas nascentes em Morro Cavallo está cada vez pior** “ 1999.<[http://www.novaimprensa.inf.br/lixo\\_fiat.html](http://www.novaimprensa.inf.br/lixo_fiat.html)>. Acesso em: 17 nov 2005.
- FRANCO, Avelino Antônio e outros. “**Recuperação de Áreas Degradadas**”. Informativo Do CNPA / EMBRAPA - Ano 3 – Nº 8 –Seropédica, RJ. 1999.
- PORTUGAL, Gil. 1998. “**A Voçoroca**”.<<http://www.gpca.com.br/gil/art30.htm>>. Acesso em: 14 dez 2005.
- SILVA, José. **Práticas Conservacionistas**. 1999.<[http://www.geocities.yahoo.com.br/josoepasa/praticas\\_consevacionistas.htm](http://www.geocities.yahoo.com.br/josoepasa/praticas_consevacionistas.htm)>. Acesso em 17 nov 2005.
- SILVA, Thiago. **X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada** 1997.<<http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/233/233.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2005.
- Universidade Federal de Lavras. 2005.<<http://www.dcs.ufla.br/morrodoferro/Mprincipal.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2005.

**ANEXOS**

## ANEXO

### ANEXO A: Erosão em Morro do Ferro.

O distrito de Morro do Ferro localiza-se a 159 km de Belo Horizonte, com acesso feito pela rodovia BR-381 (Fernão Dias), até o trevo para São João Del Rei e daí até o distrito. O distrito de Morro do Ferro está a aproximadamente 34 km da sede do município de Oliveira, MG e está sendo "engolido" pelas enormes voçorocas.

A região é conhecida como planalto Campos das Vertentes, com solos formados a partir de materiais de origem (rochas pelíticas pobres) que favorecem a agressividade da atividade erosiva, culminando assim, no surgimento de voçorocas que atingem 1.000 metros de comprimento, por 610 metros de largura e 40 metros de profundidade. A área destruída até o momento, equivale aproximadamente a 70 campos de futebol.

Conta-se uma história, onde um antigo padre teve um desentendimento com os moradores de Morro do Ferro. O conflito culminou com os moradores agredindo fisicamente o padre, o qual rogou uma "praga" sobre o distrito, a "Praga das Voçorocas". Assim, muitos moradores atuais ainda acreditam que somente São João Batista poderá conter o avanço das voçorocas sobre Morro do Ferro.

A origem real das voçorocas ocorreu a mais de 100 anos, ao redor da sede do distrito, oriundas do processo de exploração de ouro no início da colonização da região por garimpeiros e tropeiros. Com a instalação do arraial, houve a exploração da pecuária leiteira, com conseqüente desmatamento para a implantação de pastagens e lavouras.

As figuras à seguir, mostram a ação antrópica fez no decorrer desses anos com suas respectivas atividades.

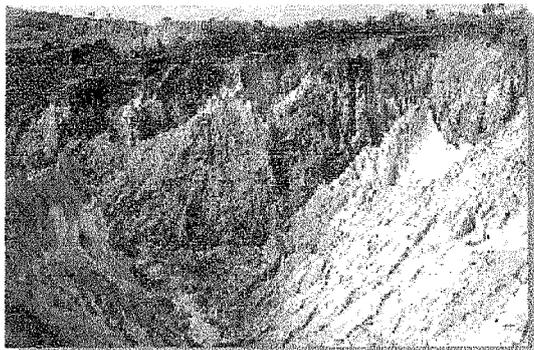


Figura 1: A degradação do solo pode atingir níveis irrecuperáveis.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoferro/Galeria/MGFoto15.htm>

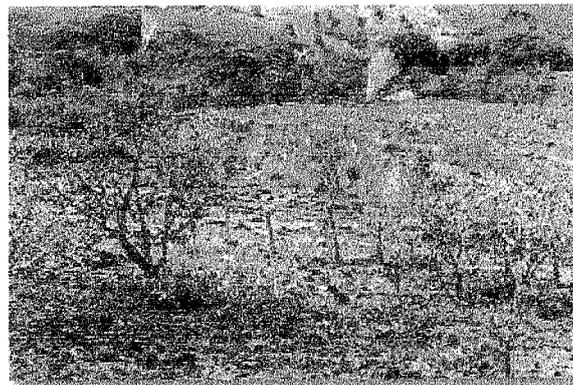


Figura 2: A utilização simultânea do fogo e de máquinas agrícolas ao longo das voçorocas, reduzem a fertilidade natural do solo e aumentam sua suscetibilidade à erosão.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto11.htm>

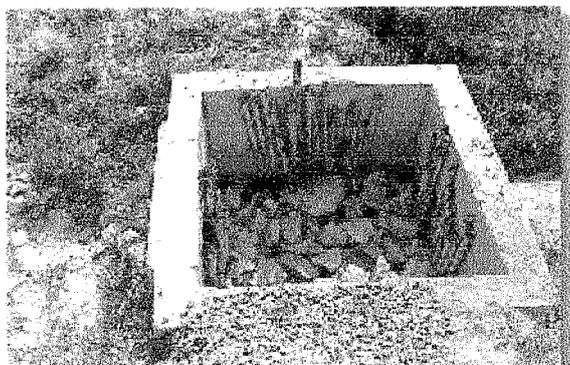


Figura 3: Uma tentativa de reduzir as perdas de solo é a utilização de caixas coletoras de água, localizadas no fundo das voçorocas.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoferro/Galeria/MGFoto22.htm>

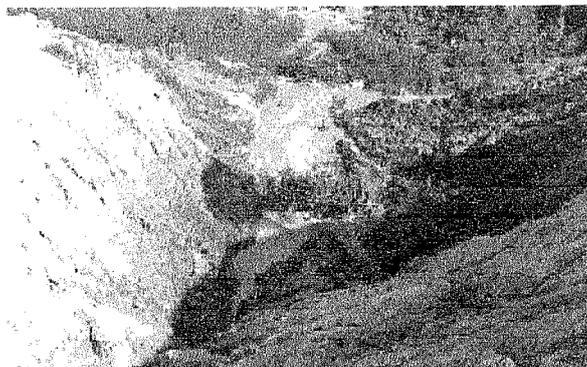


Figura 4: O uso de paliçadas feitas com bambu são alternativas mais baratas de contenção de voçorocas.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto24.htm>

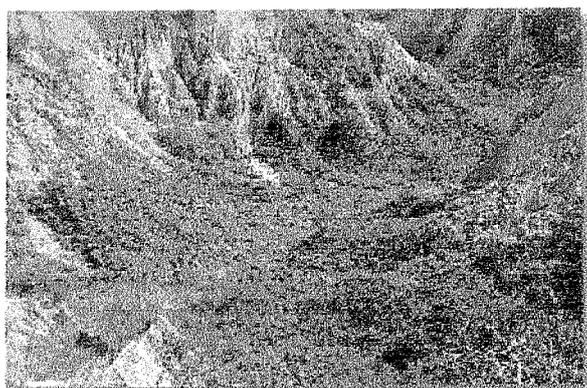


Figura 5: A ocupação pela vegetação inicia-se com o crescimento de pteridófitas (samambaias).

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto32.htm>



Figura 6: A vegetação da voçoroca deve ser preservada, impedindo seu avanço por áreas agrícolas e urbanas.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto34.htm>

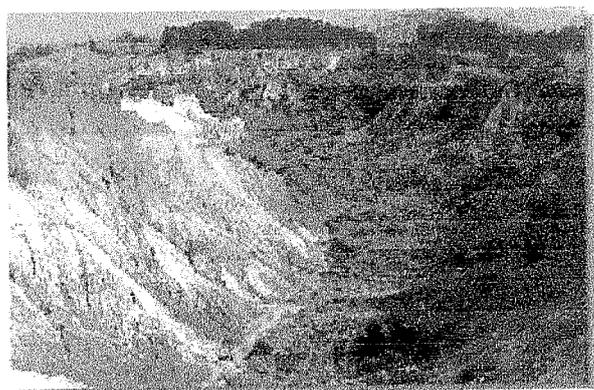


Foto 7: A retomada do processo erosivo reduz as chances de revegetação.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/Mgfoto33.htm>

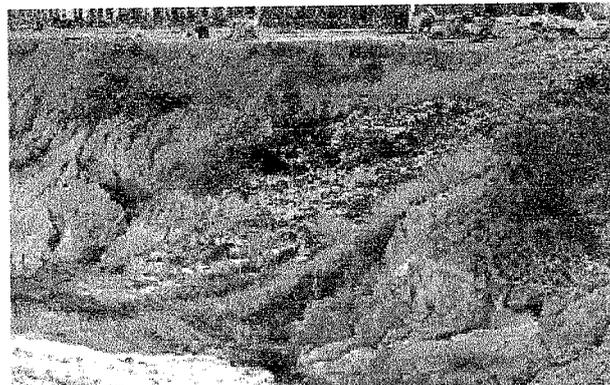


Foto 8: O lixo contribui para a disseminação de doenças e poluição do solo.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto27.htm>

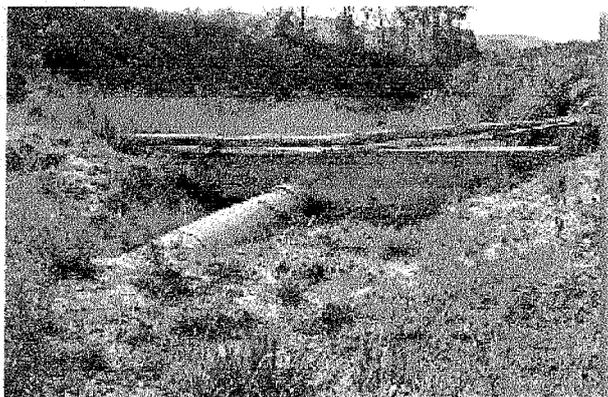


Foto 9: As caixas coletoras possuem canalizações que direcionam a água para diques.

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto23.htm>



Figura 10: É importante haver um trabalho de conscientização da população para se evitar a poluição pelo lixo (as cruzes indicam duas mortes que ocorreram em um acidente automobilístico no local).

Fonte: <http://www.dcs.ufla.br/morrodoFerro/Galeria/MGFoto28.htm>

## ANEXO

### Anexo B - Erosão por voçoroca atinge várias partes do mundo

Brasília, 05 (Agência Brasil - ABr) - A padronização da terminologia para o fenômeno erosivo conhecido como voçoroca e o entrosamento dos três grandes grupos que o estudam foram metas apontadas como fundamentais para a prevenção do problema no Simpósio Internacional de Erosão por Voçorocas sob Mudanças Climáticas Globais. Realizado na Bélgica, até 19 de abril, o evento reuniu delegações do mundo inteiro, já que a voçoroca atinge regiões de todo do globo terrestre. Depois da européia e da norte-americana, a delegação brasileira foi a maior, com cinco pesquisadores.

Segundo o geógrafo Antônio José Guerra, coordenador da pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a padronização da terminologia para voçoroca será uma tarefa difícil. Guerra apresentou dois painéis no simpósio e participou como espectador de todas as palestras. Para ele, a dificuldade em estabelecer essa padronização reside no fato de que o fenômeno tem características distintas nos cinco continentes.

No Brasil, por exemplo, único país da América Latina representado, a voçoroca se caracteriza por ser uma erosão profunda que apresenta sulcos no solo. "Há regiões, como nos municípios de Sorriso e São Gabriel do Oeste, em Mato Grosso do Sul, onde o fenômeno atinge áreas de até 5 quilômetros de extensão, com 50 metros de largura e 20 metros de profundidade", diz Guerra, que apresentou trabalho retratando essa realidade.

Já na Europa, há ocorrência de voçorocas que, no Brasil, talvez nem chegassem a ser classificadas como tal. Seriam, no máximo, conforme explica o pesquisador, um tipo de voçoroca efêmera. "Em um dia de trabalho de campo do simpósio, na região central da Bélgica, visitamos uma área com voçoroca com, no máximo, 300 metros de comprimento, entre 4 a 5 metros de largura e 1,5 de profundidade", relata. A explicação, segundo Guerra, está no fato do solo europeu não ser tão profundo e as chuvas não serem tão concentradas como ocorre no Brasil. A vulnerabilidade do solo europeu ocorre porque é arenoso e siltoso.

A África é o continente que registra ocorrência de voçorocas mais parecidas com as brasileiras, de grandes extensões e profundidade. Guerra ouviu de pesquisadores africanos no encontro que o problema naquele país é bem mais severo. Isso porque, na maioria das vezes, está associado a outro fenômeno decorrente do uso não-sustentável dos recursos naturais, que é a desertificação.

O desmatamento generalizado é outro fator agravante. Lá, a madeira ainda é explorada como fonte combustível e, além disso, desmata-se muito mais que no Brasil para abrir fronteiras agrícolas porque o problema da fome é mais premente. O solo africano, a exemplo do europeu, conforme Guerra, é arenoso e siltoso, característica que propicia a erosão e também à desertificação, dependendo do tipo de uso. Em regiões como no Zaire (antigo Congo Belga), onde predomina a vegetação de florestas equatoriais, o regime de chuva é semelhante ao do Brasil, concentrado em períodos de dois a cinco meses.

Técnicos chineses mostraram slides de áreas erodidas por voçorocas em seu país que surpreenderam os participantes do simpósio. São áreas de regimes de chuva tropicais, de solos profundos e que estão extremamente degradados. Guerra atribui a situação à construção de represas para abastecimento de usinas hidrelétricas, conforme a apresentação de um geógrafo da Universidade da China. A degradação é severa nas áreas apresentadas, principalmente porque os sedimentos dos trechos com voçoroca se depositam nos rios e represas. "Isso diminui a vida útil da represa, que acaba abandonada, dependendo da extensão do problema", relata.

Com tantas realidades distintas, que levam o mesmo nome, Guerra considera difícil adotar uma terminologia padronizada, embora a considere fundamental. "É preciso que falemos (os pesquisadores) a mesma linguagem para que, quando o termo estiver citado num livro, saibamos do que se trata somente por sua classificação", opina.

O entrosamento dos grupos que estudam a erosão por voçoroca foi apontada, no simpósio, como variável fundamental para que pesquisadores do mundo inteiro façam previsões mais próximas da realidade e, com isso, haja um equacionamento do problema, seja no campo da prevenção ou da recuperação.

Divididos em três - modeladores, pesquisadores de campo e experimentadores - os grupos, na verdade, têm o mesmo objetivo: entender como ocorre o fenômeno e evitá-lo. Os modeladores se preocupam em chegar a modelos matemáticos que, quando aplicados em determinada área atingida pela erosão, possam determinar a gravidade do problema e prever sua ocorrência em trechos vizinhos. "Os norte-americanos se dedicam quase que exclusivamente a essa vertente", afirma Guerra.

Os pesquisadores de campo, como o próprio nome diz, se dedicam à observações diretamente no local onde o fenômeno ocorre. E os experimentadores são aqueles que recolhem material de campo e simulam problemas em laboratório. "O entrosamento entre os três já evoluiu nos últimos anos, mas pode ser melhor. Isso é extremamente importante porque só chegando a um denominador comum equacionaremos o problema", conclui.

Além dessas questões, a variável temperatura foi o assunto principal do evento. Ou seja, os estudiosos estão preocupados com os efeitos das mudanças climáticas anunciadas para os próximos trinta anos por diversos órgãos de meteorologia do mundo inteiro. Essas observações dão conta de que a temperatura aumentará no hemisfério Norte e as chuvas serão cada vez mais concentradas no hemisfério Sul. Assim, poderá haver problema no abastecimento de água, com conseqüente arenização do solo no primeiro, e carreamento de sedimentos no segundo que levaria a expansão dos processos erosivos. (Lana Cristina)

## ANEXO

### ANEXO C - Lixo FIAT – Degradação nas nascentes em Morro Cavado está cada vez pior.

“ Empreiteiro confirma: “Por razões econômicas, o projeto proposto para a recuperação não foi seguido integralmente, mas, como contratados, apenas cumprimos as ordens da contratante”. (Flávio- EFFES Engenharia)

O não cumprimento do estabelecido no projeto de recuperação ambiental da área degrada pelos fornecedores FIAT nas nascentes do Rio Formiga, conforme denunciado pelo jornal Nova Imprensa na edição de número 200 que circulou em 15/12 e reiterada na edição nº 213 de 16/03/2001, inclusive, com fotos comparativas da precária situação, tomando-se por base fotos de mesmos locais e ângulos, foi, mais uma vez, constatada pelo CODEMA em visita feita ao local, no último fim de semana, mais precisamente no dia 4/8. Face a gravidade da constatação, o órgão noticiou ao Curador de Meio Ambiente, que determinou que fosse feito pelo engenheiro do Codema um minucioso laudo, para que as providências cabíveis pudessem ser tomadas em defesa do meio ambiente.

O laudo, já concluído, demonstra claramente que, de fato, nada do previsto foi cumprido e que a determinação judicial para que o município acompanhasse a execução de tais serviços igualmente não foi cumprida.

A verdadeira “gambiarra” feita pelos executores do projeto passa longe do que havia sido proposto pela própria empresa e que foi objeto de aprovação pela FEAM e IBAMA. Mais uma vez, o município, órgãos ambientais e as empresas serão chamados à lide, pois é de consenso que, se providências urgentes e corretas não forem adotadas de imediato, com as próximas chuvas, os danos ambientais, que hoje já se mostram enormes, tomem proporções ainda maiores e mais danosas.

As contenções feitas com material de péssima qualidade, assim como a ausência de curvas de nível, da não execução de obras que permitissem a contenção das enxurradas, evitando o carreamento de materiais para as nascentes e a ausência de vegetação, conforme previsto no plano de recuperação, acentuaram as erosões nas voçorocas e provocaram o total assoreamento das nascentes e do lago que se formava a jusante delas.

Também na Fazenda São Francisco (Pirilão), a retirada de material sem a menor fiscalização por parte do município, está sendo feita de maneira incorreta e sem o menor cuidado. A pouca vegetação ainda existente está sendo danificada como mostra a figura 1. Cópias do relatório serão enviadas pelo Codema à Secretaria de Meio Ambiente e Procuradoria Municipal, assim como à Comissão de Meio Ambiente da Câmara de Vereadores, para que forças se somem em defesa do meio ambiente e na proteção às poucas nascentes que ainda restam no local.

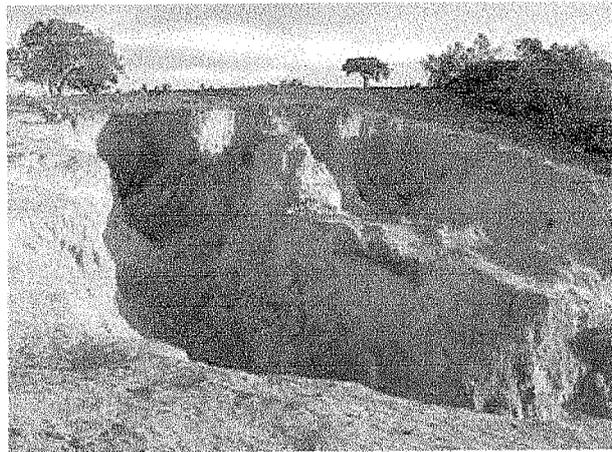


Figura 1: (Morro Cavado) Voçoroca criada à partir da não contenção de águas pluviais em aterro de onde se retirou lixo.

Fonte: [http://www.novaimprensa.inf.br/lixo\\_fiat.html](http://www.novaimprensa.inf.br/lixo_fiat.html)



Figura 2: (Morro Cavado) - Falta de vegetação e contenção mal feita carregam para a nascente, todo o volume de material vindo da montante das nascentes

Fonte: [http://www.novaimprensa.inf.br/lixo\\_fiat.html](http://www.novaimprensa.inf.br/lixo_fiat.html)

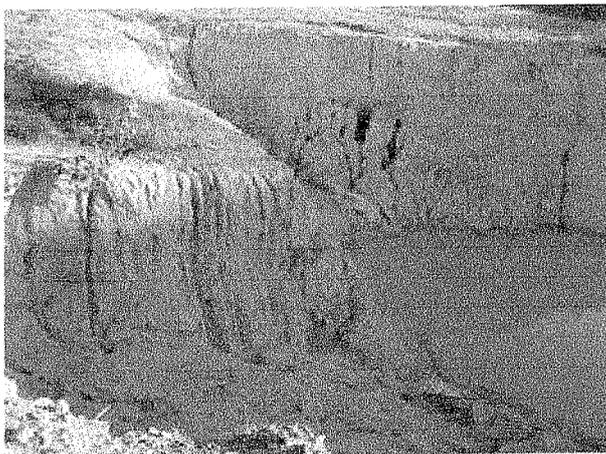


Figura 3: Nascente antiga, voçoroca nova! E muita terra carregada para todas as nascentes a jusante, pois o serviço contratado, ao invés de recuperar, contribuiu e muito para o vertiginoso aumento da degradação  
Fonte: [http://www.novaimprensa.inf.br/lixo\\_fiat.html](http://www.novaimprensa.inf.br/lixo_fiat.html)

O não cumprimento do previsto no Projeto de Recuperação Ambiental, integrante dos autos do processo movido pelo município contra a FIAT e seus fornecedores, conforme anunciado e “cantado em prosa e verso” pelos técnicos do Codema e imprensa, acarretou degradação cada vez maior as nascentes do rio formiga.

Com a aproximação da estação de chuvas, se medidas outras não forem tomadas com urgência, será o caos.

A empreiteira, encarregada da execução dos serviços, trabalhou sem a menor fiscalização por parte do município e, agora, “derramado o leite”, seu diretor reconhece que, por medidas de economia, a contratante determinou que eles abandonassem o projeto inicial (apresentado à justiça) e executassem tais serviços, de acordo com as novas ordens.

## ANEXO

### **ANEXO D - ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE A ORIENTAÇÃO DE FEIÇÕES EROSIVAS LINEARES E CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS NA BACIA DO CÓRREGO DA CACHOEIRA. MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES/RJ.**

Os processos erosivos do município de Paty do Alferes/Rj são caracterizados, principalmente, por feições erosivas lineares, que se subdividem em dois tipos básicos: voçorocas e ravinas desconectadas da rede de drenagem e voçorocas conectadas à drenagem. Trabalhos anteriores desenvolvidos na região Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ) mostraram que esses dois tipos de feição erosiva têm origem, evolução e local de ocorrência distintos.

#### **Objetivos.**

Visando fornecer subsídios para o planejamento agrícola e conservação dos recursos naturais, o presente estudo tem como objetivo avaliar a importância de condicionantes geológicos para o desenvolvimento dos diferentes tipos de feições erosivas lineares no município de Paty do Alferes, concentrando as análises na bacia do Córrego da Cachoeira, situada à sudoeste do município. Para tal analisou-se a relação da estrutura geológica com a distribuição espacial e orientação das incisões erosivas.

#### **Metodologia.**

A geologia deve ser considerada como importante agente, pois podem atuar de maneira significativa na origem e evolução das voçorocas. A estrutura geológica é compreendida por falhas, fraturas e contatos litológicos. Estes aspectos estruturais são predisponentes à ocorrência de voçorocas, pois constituem importantes discontinuidades mecânicas e hidráulicas. Nas zonas de contatos litológicos fluxos superficiais e subsuperficiais de água, ao atingir uma formação menos resistente à erosão, propiciam a erosão diferencial, que, se canalizada, evolui para uma feição erosiva linear. As falhas e

fraturas funcionam como zonas de alívio de pressão, gerando a migração vertical e exfiltração de água em subsuperfície, que carrega consigo partículas de solo.

Essa remoção gera um solapamento do material encontrado acima e leva ao voçorocamento. As voçorocas que apresentam padrão anômalo, ou seja, crescimento não concordante ao gradiente topográfico, podem estar ligadas a essas zonas de falhamento e/ou fraturamento, pois os fluxos superficiais não são capazes de explicar esse comportamento. Mesmo em voçorocas que têm iniciação por outros fatores, sua propagação remontante é guiada pelas estruturas geológicas, a partir do momento que o saprolito é atingido.

No médio vale do Paraíba do Sul (SP/RJ), a erosão linear vem sendo estudada principalmente sob uma perspectiva geomorfológica.

As voçorocas desconectadas – Figura 1 – encontram-se nos setores mais elevados das encostas. São formadas pela implantação de canais preferenciais de escoamento das águas pluviais, onde é retirado material superficial do solo formando sulcos, que aumentam sua largura e profundidade com o tempo. A partir daí, seu crescimento se dá em direção à montante, devido ao surgimento de braços ligados a retirada de material da cabeceira. Apresenta forma de cone, é larga e profunda para montante e estreita e rasa para jusante. Há predomínio de fluxos superficiais em sua evolução.

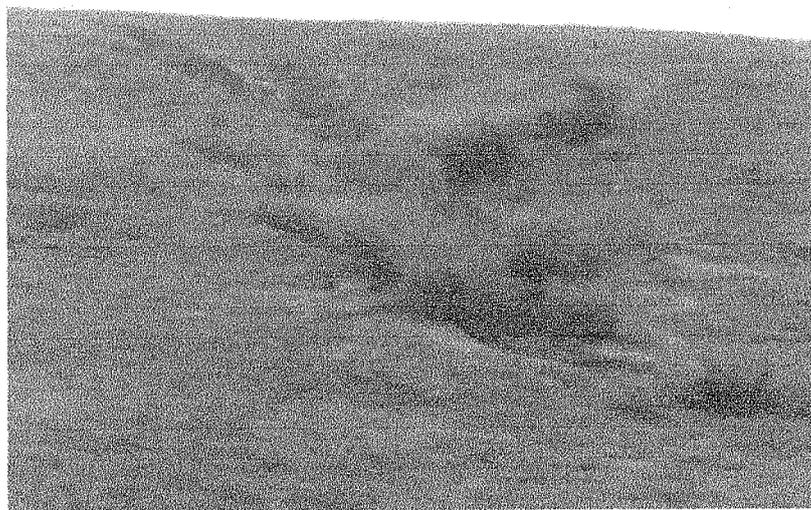


Figura 1: Voçoroca desconectada da rede de drenagem, percebe-se sua localização no setor mais elevado da encosta.

Fonte: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/233/23>

3.htm

As voçorocas conectadas - Figura 2 - à drenagem estão localizadas nas áreas mais baixas – fundos de cabeceiras de drenagem e de vales fluviais. São formadas pelo solapamento de suas bases a partir do canal da rede de drenagem. Seu crescimento ocorre em direção a montante, e na maioria das vezes, o faz de forma linear. Em geral, apresenta maior profundidade em direção a jusante. Nesse tipo de voçoroca existe predomínio de fluxos de escoamento subsuperficiais.



Figura 2: Voçoroca conectada à rede de drenagem, onde nota-se sua localização no setor mais baixo da encosta e fundo da cabeceira de drenagem.

Fonte: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/>

[eixo3/3.4/233/233.htm](http://eixo3/3.4/233/233.htm)

Supõe-se, então, que haja casos em que as voçorocas conectadas e desconectadas se integram formando um entalhe erosivo com grande capacidade para remoção de material. Classificam ainda as incisões erosivas em ativas e estabilizadas. Voçorocas são ativas quando apresentam grande número de mecanismos erosivos atuando, com expansão de seu volume, indicando presença de material disponível na encosta. As voçorocas estabilizadas estão relacionadas à existência de camadas de solo mais resistentes ou afloramento rochoso que dificultam o aprofundamento da incisão, permitindo, por outro lado, a entrada e desenvolvimento de vegetação.

## Métodos e Técnicas.

A metodologia empregada baseia-se no confronto do mapa de lineamentos estruturais com o mapeamento de feições erosivas.

As atividades do presente trabalho compreendem:

a) Mapeamento do limite da bacia, da rede de drenagem e das feições erosivas lineares na bacia do Córrego da Cachoeira em papel overlay através de fotografias aéreas (escala 1:20.000), classificando-as quanto ao processo de evolução (desconectada ou conectada à rede de drenagem) – FIGURA 3;

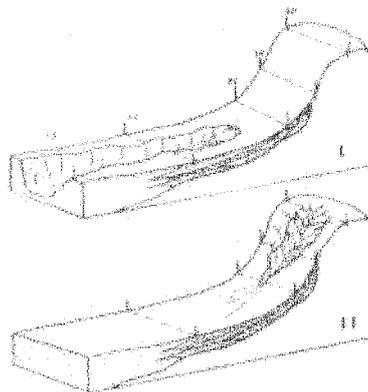


Figura 3: Processo de evolução da voçoroca.

Fonte: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/>

[eixo3/3.4/233/233.htm](http://eixo3/3.4/233/233.htm)

- b) Vetorização e criação dos mapas do limite da bacia, da rede de drenagem e de feições erosivas lineares;
- c) Levantamento geológico da região (escala 1:200.000), retirado de Almeida (2000);
- d) Confecção do mapa de lineamentos rede de drenagem do município de Paty do Alferes;
- e) Confecção dos mapas de lineamentos rede de drenagem, do adensamento da drenagem e das feições erosivas desconectadas e conectadas do médio-baixo vale do ribeirão do Secretário.

## Resultados.

Pelo levantamento de dados geológicos regionais, percebe-se que a área de estudo está inserida no domínio geológico Pirai – Bem posta, que apresenta distribuição espacial

abrangendo os municípios de Pirai, Miguel Pereira, Paty do Alferes, Três Rios e Areal, e estende-se com direção NE-SW, acompanhando o padrão das direções do Sudeste brasileiro. Sua litologia correspondem aos granitos, ortognaisses e migmatitos, rochas que são ricas em quartzo, feldspato e micas, agrupadas em um mesmo domínio pois a semelhança litológica das mesmas não implica em grandes variações no relevo. Segundo Bacellar (2000), em virtude dessa estrutura granular e a baixa resistência de alguns minerais ao intemperismo, as voçorocas se fazem muito freqüentes.

Do ponto de vista estrutural, o padrão da rede de drenagem da bacia do Córrego da Cachoeira é do tipo paralelo e as orientações de seus lineamentos comportam-se da seguinte forma: 18,64% têm direção NW-SE; 33,05% têm direção N-S, que é relacionada principalmente as nascentes, sendo a mais freqüente; 26,27% têm direção NE-SW, que corresponde aos canais fluviais de maior extensão e aos topos de morros e colinas; e 22,04% têm direção E-W (figuras 2 e 3). Essas estruturas típicas da região do médio vale do Rio Paraíba do Sul revelam forte influência da estrutura geológica no encaixamento da rede de drenagem, e conseqüente esculturação do relevo.

### **Conclusões.**

A bacia do Córrego da Cachoeira (sudoeste do município de Paty do Alferes/RJ) apresenta grande incidência de feições erosivas lineares, com a ocorrência de um total de 86 feições, onde a maioria, 63, são ravinas/voçorocas desconectadas da rede de drenagem e 23 são voçorocas conectadas à drenagem.

Através das análises dos mapas geológico, de compartimentos topográficos, de declividade, de solos e de uso do solo, verificou-se que esse elevado número de feições erosivas lineares se deve, em grande parte à litologia da região, pela presença de rochas que possuem características que propiciam a atuação de processos erosivos, à presença de desníveis de até 250 metros, à elevadas declividades, à grande presença de solos que favorecem a infiltração e escoamento subsuperficial, e a retirada da vegetação original, por ação humana, para a implantação de atividades agro-pastoris, alterando o sistema hidrológico da região, o que interfere diretamente na capacidade erosiva dos fluxos de água.

Os lineamentos estruturais da bacia apresentam-se representados em todas as direções, com predomínio nas direções. Sendo que os canais principais (mais extensos) e os alinhamentos do relevo dispõem-se principalmente para NE-SW e os canais menores e

nascentes mais numerosos, para N-S, comportamento típico dos relevos rifteados durante o Terciário, situados no sudeste do Brasil.

As orientações das ravinas/voçorocas desconectadas coincidem com as das fraturas e falhas do substrato rochoso, principalmente nas direções NW-SE e N-S, o que revela forte influência da estrutura geológica nesse tipo de feição. Por sua vez, as voçorocas conectadas não seguem o padrão dos principais lineamentos da área, o que sugere que a estrutura geológica não é o fator mais influente no desencadeamento desse tipo de feição.