

## PROCESSOS FUNDAMENTAIS DA EROSÃO

### **META**

Conhecer o processo erosivo em todos os seus estágios.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:

Reconhecer a importância do uso dos recursos didáticos no ensino da Geografia;

Refletir sobre a inserção de outros recursos didáticos que possam auxiliar na relação ensino/aprendizagem da Geografia escolar;

Despertar para construção de recursos didáticos para o ensino da Geografia.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Geologia Geral e dicionário Geológico – Geomorfológico.

### INTRODUÇÃO

Os processos erosivos são provenientes de forças externas com principal fonte de energia representada pelo sol, além da aceleração da gravidade. Neste sentido, a direção e a intensidade dos processos erosivos são determinados, até certo ponto, pela energia solar, que controla os fenômenos que acontecem na atmosfera terrestre, tais como a precipitação, os ventos, a temperatura do ar, etc. No caso da gravidade, esta será a força que impulsiona os movimentos dos corpos líquidos e sólidos sobre a superfície terrestre. O fluxo das águas correntes é um exemplo.

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, especialmente nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, agravando ainda mais a erosão. O processo tende a se acelerar, à medida que mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e/ou para a produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, por isso as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (GUERRA, 1999).

Além da erosão desencadeada em áreas rurais, o ambiente urbano apresenta-se atualmente como uma das maiores expressões de transformação do espaço físico pela ação humana. Uma delas resulta da erosão acelerada com o aumento da taxa erosiva sobre a erosão geológica quebrando o equilíbrio do meio ambiente com suas atividades. Para adoção de práticas de conservação de solos acredita-se que é preciso conhecer bem o processo erosivo como um todo, e para tal é fundamental que se entenda a erosão desde os seus primeiros estágios, que no seu processo evolutivo acabam por culminar na formação de ravinas e voçorocas, conforme veremos a seguir.

### BASES CONCEITUAIS (EROSÃO - DENUDAÇÃO)

Erosão – a palavra erosão provem do latim “erodere” e o seu conceito está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais.

Implica na relação de fragmentação mecânica ou na decomposição química das rochas, bem como na remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo. Atua através de vários processos intempéricos (mecânicos, químicos e pela ação das águas correntes, das ondas, dos movimentos das geleiras e dos ventos, erosão: fluvial, marinha, glacial e eólica, etc.). Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da terra; às vezes a erosão é confundida com denudação (BIGARELLA, et al, 2003).

Denudação – o termo denudação origina-se do latim “denudare” (descobrir) e desde muito tempo tem sido empregado na Geomorfologia para referir à remoção do material solto (incoerente) resultante da intemperização das rochas, através da ação dos vários processos erosivos. Implica no desgaste da superfície terrestre, expondo estruturas rochosas cada vez mais profundas.

Como se constata, semioticamente, os termos erosão e denudação são muito próximos; o primeiro refere-se aos processos e o segundo às conseqüências. Para Davis (1999), o termo denudação corresponderia aos estágios juventude e maturidade do ciclo da erosão.

### ETAPAS DO PROCESSO INICIAL DE EROSÃO SEGUNDO GUERRA (1999)

Papel do *Splash* – a erosão por salpicamento é o estágio mais inicial do processo erosivo, uma vez que prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a conseqüente diminuição da porosidade, aumentando o escoamento das águas. O papel do *Splash* varia com a energia cinética das gotas de chuva e resistência do solo som o seu impacto.

Ruptura dos Agregados – pode ser considerada um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos, já que é a partir dessa ruptura que se desencadeiam outros processos no topo do solo, desestabilizando-o de tal maneira a iniciar o processo erosivo. A formação de pequenas partículas, possibilitam o preenchimento dos poros existentes no topo do solo, que acabam por culminar com o início do processo de formação de crostas na superfície do terreno, e com isso o aumento do escoamento superficial.

Formação de Crosta e Selagem dos Solos – esse processo ocorre com o rompimento dos agregados no topo do solo, provocando como conseqüência a selagem. Desse processo decorre a diminuição das taxas de infiltração, aumento das taxas de escoamento superficial e possibilidades em aumentar a perda de solo. Observa-se, portanto, que a única situação em que a superfície selada pelas crostas não representa aumento da produção de “*Runoff*” (escoamento superficial) é quando o topo do solo se torna muito seco formando rachaduras na superfície estimulando maior infiltração do que o escoamento.

### INFILTRAÇÃO E FORMAÇÃO DE POÇAS NA SUPERFÍCIE DO SOLO

Infiltração – A água da chuva que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltrar, contribuindo para aumentar a capacidade de armazenamento de água nos solos. Esse processo, segundo os especialistas, será influenciado por diversos fatores, tais como: propriedades do solo, características das chuvas, tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, entre outros.

Formação de Poças – a formação de poças (*ponds*) na superfície do solo é o estágio que antecede ao escoamento superficial. Na sua formação é preciso que haja concentração de água nas irregularidades, por ventura existentes, no topo do solo (microtopografia), que podem ter de 1 a 2 mm de profundidade, até alguns centímetros, dependendo do tipo de solo e do tipo de máquina agrícola utilizada no cultivo. Alguns fatores como: porosidade e densidade aparente do topo do solo, deve também ser considerados na formação de poças, logo, quanto mais densa e menos porosa, a superfície absorverá menos água, formando rapidamente mais poças para alimentar o escoamento superficial.

### TIPOS DE EROÇÃO E CICATRIZES ASSOCIADAS

Erosão Normal – é aquela que atua normalmente sem interferência do homem, e efetua-se dentro das condições naturais do ambiente, sendo menos evidente e percebida apenas com o decorrer do tempo. As taxas naturais erosivas variam consideravelmente, e dependem em grande parte das condições climáticas, da cobertura vegetal, do tipo de solo, do embasamento rochoso e da morfologia do terreno.

Erosão Acelerada – a ação acelerada implica na remoção de grande massa de material a curto prazo, abrindo sulcos mais ou menos profundos na superfície do terreno, destruindo o solo no meio rural e as propriedades na área urbana, além de afetar as obras de engenharia de modo geral. Desenvolve-se com taxas muito incrementadas quando comparada à aquela da erosão normal, muito embora tenha o seu início muitas vezes de forma muito lenta, passando a sofrer interferências posteriores que aceleram o processo.

Enfatizam Bigarella, et al. (2003) que a erosão acelerada, de grande poder destrutivo, corre tanto na forma em lençol como naquela em canal ou em ravina. Essas formas são favorecidas pela redução da cobertura vegetal e por outros fatores como relevo, pluviosidade, tipo de solo, granulometria, entre outros.

Erosão Superficial Laminar – uma das formas fundamentais da erosão pelas águas pluviais relaciona-se à desagregação das partículas constituintes do solo e seu arraste pelas águas do escoamento superficial difuso (laminar). O fluxo de água com solo desloca-se vertente abaixo na forma de lençol, removendo de forma progressiva finas lâminas de materiais terrosos, sobretudo aquelas constituídas de partículas mais finas.

A erosão laminar depende da ação das precipitações e do escoamento superficial difuso. Nesse tipo de erosão ocorre a remoção progressiva e sucessiva de películas do solo, afetando principalmente as partículas mais finas. Essas partículas, por sua vez, são transportadas por rolamento na superfície. Assim, a quantidade total de sedimentos a serem removidos é função da espessura do fluxo, da rugosidade tanto do chão como da partícula e da interação da vertente.

Nesse estágio do processo erosivo, começa a ocorrer uma pequena incisão no solo, especialmente onde o fluxo de água começa a se concentrar, podendo dar início à formação de ravinas. Apesar disso, à erosão nesse estágio ainda é incipiente, muito localizada e envolve apenas o transporte individual dos grãos que compõem o solo, ou seja, uma vez detectado o processo erosivo, ainda existe grandes possibilidades de se recuperar a área atingida (GUERRA, 1999).

Erosão Superficial Linear – o termo fluxo linear é o estágio seguinte ao escoamento em lençol. A erosão linear (filete) consiste basicamente no arraste de partículas de solo pela água, seguindo pequenas ranhuras e sulcos perpendiculares às curvas de nível. O escoamento anteriormente laminar passa a se concentrar em filetes líquidos com velocidades capazes de promover uma ação erosiva com incisão no solo, originando freqüentemente um padrão dentrítico de filetes. A origem desses filetes dependerá das feições do microrrelevo do terreno, principalmente dos pequenos obstáculos encontrados na superfície, como seixos e tufos isolados de vegetação. O obstáculo divide o fluxo laminar de água, provocando a jusante um pequeno turbilhonamento que escava uma pequena depressão, que por sua vez se alonga originando uma incisão que passa a progredir tanto para jusante como para montante do obstáculo. Dessa maneira, o fluxo laminar transforma-se transicionalmente em escoamento em filetes.

Em síntese, constata-se que nas fases iniciais do escoamento laminar os sedimentos finos são removidos, permanecendo no local os clastos mais grosseiros que contribuem para dar início aos filetes, onde a velocidade relativa da água aumenta.

Cicatrizes Erosivas – a força erosiva do escoamento aumenta com a distância vertente abaixo e com a sua declividade. Numa vertente de perfil convexo-côncavo, a energia do fluxo aproxima-se do máximo na parte mais íngreme, geralmente na porção central do perfil. A maior parte da ação erosiva ocorre abaixo dessa zona, onde se inicia o fluxo em canais e onde se formam as ravinas. Nos horizontes superiores do solo, de acordo com Kurkbay e Chorley (1967) apud Bigarella, et al. (2003), a velocidade

subsuperficial da água é lenta (cerca de 20 cm/h) quando comparada com a do fluxo subsuperficial (cerca de 27000 cm/h). A velocidade do fluxo subsuperficial e sua descarga varia de conformidade com a permeabilidade do material atravessado, sendo controlada pelas características do solo, pela distância vertente abaixo, por sua declividade e pela intensidade da chuva.

a) Erosão em Sulcos – os sulcos de erosão formam-se, portanto, onde surgem os filetes de água originados pelos obstáculos do terreno. Os sulcos constituem feições efêmeras e descontínuas que podem desenvolver-se rapidamente durante um aguaceiro. Normalmente o escoamento concentrado aprofunda os sulcos, incrementando a velocidade do fluxo, o qual possa a arrancar maior número de partículas, arrastando-as vertente abaixo. A erosão torna-se mais efetiva pela ação do fluxo de água carregado de sedimentos, o qual possui maior poder erosivo ao varrer o fundo e as paredes do sulco. Com o aumento de tamanho, os pequenos sulcos transformam-se em ravinas de dimensão maiores. Geralmente, os sulcos adquirem profundidade que varia entre 5 a 30 cm.

b) Erosão em Ravinas – a ravina constitui um canal pequeno e relativamente profundo originado por uma corrente de água intermitente. Pode originar-se a partir do desenvolvimento progressivo dos sulcos nas vertentes, transformando-se em canais efêmeros maiores, como também formar-se independentemente. Em alguns casos, a erosão subsuperficial pode dar origem a estruturas tubulares (*piping*) no solo, as quais por colapso podem dar início as ravinas. Muitas iniciam-se pela atividade antrópica não conservacionista, sendo conseqüente do mau uso do solo. Outras se iniciam nas cabeceiras de canais íngremes e estendem-se para jusante até atingir as calhas fluviais. Os ravinamentos ocorrem em quase todas as regiões climáticas, tanto em vertentes suaves como nas mais íngremes (Figura 5.1).



Figura 5.1 – Ravinas formadas sobre a formação barreiras no morro da Piçarreira (bairro Santa Maria-Aracaju). Crédito: Railda Nascimento, 2003.

A forma original das ravinas é em “V”, cortando um material de resistência relativamente homogênea. Quando os horizontes inferiores do solo são mais resistentes do que os superiores, o “V” se alarga. A ravina caracteriza-se então por paredes verticais, que recuam por solapamento da base e por desmoronamento, dando origem a forma de “U” que se desenvolve, quando o talvegue se situa no nível superior do embasamento rochoso.

Em geral, as ravinas possuem paredes íngremes e fundos chatos, onde a água flui na estação úmida ou por ocasião das chuvas ou enxurradas. Constituem uma das maiores fontes de sedimentos, os quais são depositados a jusante, ou no canal fluvial. Formam-se, na maioria dos casos, no material inconsolidado do manto de intemperismo, ou em depósitos fluviais. Sua profundidade, via de regra, é limitada pelo embasamento rochoso, mas segundo alguns autores é superior a 100 cm.

c) Erosão em Voçorocas – os ravinamentos acelerados são conhecidos como voçorocas ou boçorocas. Os dois termos têm sido usados prevalecendo o primeiro. A voçoroca constitui um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou, eventualmente, pequenos. A erosão geralmente é intensa. As voçorocas atuais formaram-se onde as águas se concentraram pela ação do homem. As do passado geológico originaram-se por circunstâncias naturais. Na maioria dos casos, ocorrem em vertentes constituídas por material inconsolidado (Figura 5.2).

A designação voçoroca é atribuída, no Brasil, a qualquer forma de ravina, particularmente aquelas de grandes dimensões. Essas dimensões são variáveis, atingindo comprimentos de várias centenas de metros e profundidade em geral entre 15 e 30 m. A largura pode atingir dezenas de metros, e o perfil transversal é em forma de “U” ou em forma de manjedoura. Tomando-se como base o glossário de Ciência dos solos Estados Unidos, as voçorocas adquirem largura e profundidade superior a 50 centímetros.

O desenvolvimento da voçoroca é acelerado a catastrófico. Resultam geralmente num sistema erosivo ramificado, distribuído numa área de contorno elipsoidal abrangendo extensões consideráveis, de centenas de hectares. Normalmente é estreita na parte de jusante e mais larga na porção de montante.

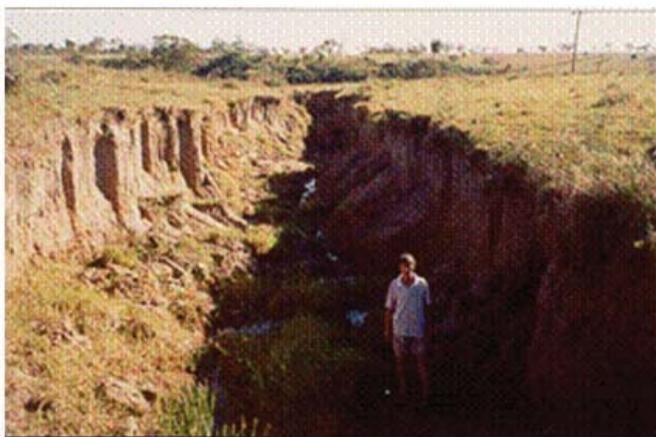


Figura 5.2 - Voçoroca. Município de Suzanápolis/SP – Brasil. (Fonte: Archimedes Perez Filho, 2008).

As voçorocas típicas estão relacionadas as áreas de terrenos sedimentares arenosos, em sua maioria de idade cenozóica, com elevado grau de desenvolvimento pedológico (em grande parte latossolos), encontrados em terrenos colinosos do sudeste brasileiro. Mas também são igualmente encontradas em solos derivados de rochas cristalinas. Alguns autores afirmam que as voçorocas desenvolvem-se melhor em solos com um horizonte “C” muito profundo devido à ausência de agregação das partículas e com horizonte “A + B” pouco espesso, o qual torna-se ainda menos pronunciado à medida que o relevo se acentua.

Conforme se verifica, cada voçoroca apresenta características distintas, necessitando soluções próprias, baseadas na estrutura geológica, nos dados hidráulicos e hidrológicos, nas características geotécnicas dos solos, e na topografia local e dos vales adjacentes.

### CONCLUSÃO

Os cientistas e técnicos ligados aos estudos de erosão são unânimes em considerar que as conseqüências da erosão não se limitam à quantidade de solo perdido e sim ao fato de que essas perdas têm reflexos na degradação física e na perda da fertilidade do solo, apontando a erosão laminar como o exemplo mais evidente dentro desse contexto.

A erosão em sulcos e ravinas é característica das superfícies desprovidas de vegetação (desmatamento) ou pouco vegetadas como nas regiões semi-áridas; nas terras de agricultura, ou onde a vegetação foi seriamente perturbada ou eliminada, bem como em áreas que sofreram mudanças ambientais ou climáticas; em áreas que sofreram a ação de queimadas, de superpastoreio ou de expansão agrícola. Já as voçorocas ocorrem tanto nas áreas rurais como urbanas. A prevenção delas deve ser realizada quando do seu surgimento. As medidas recomendadas, visando o seu controle referem-se a três situações distintas, estabilização, aproveitamento racional e eliminação.



### RESUMO

A erosão implica a remoção de partículas frouxas de solo, minerais e rocha de sua área fonte, assim como de substâncias dissolvidas. Os processos erosivos são oriundos de forças externas, com principal fonte de energia representada pelo sol, além da aceleração da gravidade. No processo inicial de erosão deve-se levar em consideração não somente o papel do *Splash*, mas também a ruptura dos agregados, formação de crostas e selagem dos solos. Existem vários tipos de erosão, sendo os mais gerais a erosão normal, acelerada, laminar e linear, que em decorrência do processo evolutivo surgem feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas).



## ATIVIDADES

1. Comentar sobre:
  - a) A formação de poças
  - b) Início do processo erosivo
2. Em que consiste a erosão normal, acelerada, laminar e linear.
3. Explique o processo de evolução das voçorocas.

## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Responder as questões com base no conteúdo da aula, caso você sinta a necessidade consulte o *dicionário geológico – geomorfológico*.

## PRÓXIMA AULA

Na aula 6, discutiremos sobre os movimentos de massa na perspectiva de compreendermos os processos controladores, avaliando a estabilidade das encostas.



## REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, João José, et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis; Ed. UFSC, Vol. 3, 2003.
- GUERRA, Antônio José Texeira. Início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. I.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M(orgs) **Erosão e conservação dos solos**. (orgs). Ed. Bertand Brasil, 1999. p. 17-50.
- \_\_\_\_\_. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro; Ed. Bertrand Brasil, 2002.
- \_\_\_\_\_. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Orgs) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1994. P. 149-199.
- JATOBÁ, Lucivânio; LINS, Rachel Caldas. **Tópicos Especiais de Geografia Física**. Recife: Ed.Universitária UFPE, 2001.