



HÁ *50 anos* GERANDO E DISSEMINANDO
O CONHECIMENTO GEOCIENTÍFICO
COM EXCELÊNCIA



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Curso Básico de Percepção e Mapeamento do Risco Geológico

Processos Erosivos

Vitória - ES

Heródoto Goes

Geólogo – Pesquisador em Geociências – GEHTE – SUREG -BH

Setembro/2019

SUMÁRIO

INTEMPERISMO

PROCESSOS EROSIVOS

1. EROSÃO HÍDRICA NAS VERTENTES

1.1. Fatores Controladores

1.2. Processos Erosivos Básicos

2. EROSÃO FLUVIAL

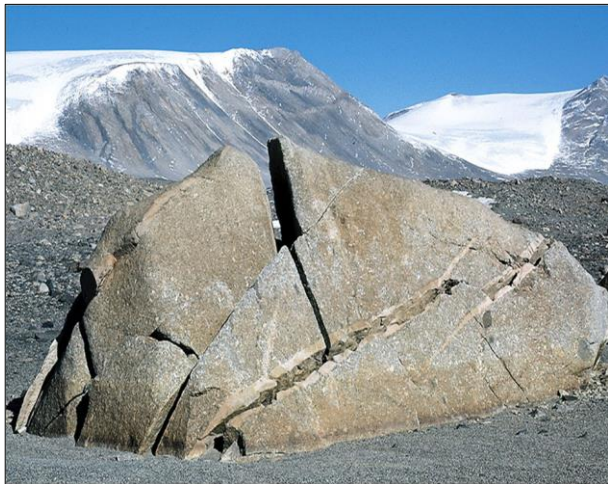
3. EROSÃO COSTEIRA

4. FATORES ANTRÓPICOS E RISCO

REFERÊNCIAS

INTEMPERISMO

Alterações de ordem **física** (desagregação), **química** (decomposição – água principal agente) e **biológica** (desagregação e decomposição) que atuam sobre as rochas em contato com a atmosfera.



Fonte: <<http://4.bp.blogspot.com/-FL8chsmD8Bo/TmOijyVr9eI/AAAAAAABABQs/hDoYFonWaWc/s400/img-2.jpg>>. Acesso em 24/11/2017.



Fonte: <<http://geologiahoje.blogspot.com.br/2010/08/>>. Acesso em 24/11/2017.



Fonte: <<https://geoufma.files.wordpress.com/2011/01/img-4.jpg?w=300&h=225>>. Acesso em 24/11/2017.

MANTO DE INTEMPERISMO - SOLO



Fotos: Heródoto Goes / SGB-CPRM

PROCESSOS EROSIVOS

A erosão é um processo mecânico que age em superfície e profundidade;

Traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras;

Podem ser acelerados pela ação humana.

Erosão Eólica



Fonte: <http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-live/photos/000/008/cache/arizona-rock_824_990x742.jpg>.
Acesso em: 14/11/17.

Erosão Glacial



Fonte:
<<https://i2.wp.com/meioambienterio.com/wp-content/uploads/2017/04/Eros%C3%A3o-Glacial.jpg?ssl=1>>. Acesso em: 14/11/17.

Erosão Hídrica



Voçoroca em Ouro Preto – MG. Créditos: Ítalo Prata, CPRM/SBG

1 - EROSÃO HÍDRICA NAS VERTENTES

ESCOAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL

1.1 - FATORES CONTROLADORES

A interação destes fatores causa **variações na taxa de erosão** entre uma área e outra:

- Erosividade da chuva;
- Erodibilidade do solo;
- Característica das encostas;
- Cobertura vegetal



EROSIVIDADE DA CHUVA:

Erosão envolve dispêndio de energia:

- Principal fonte de energia é a chuva;
- Energia cinética da chuva está relacionada com sua intensidade;

Chuvas mais intensas causam mais erosão:

- A intensidade da chuva influencia no **escoamento superficial** quando a capacidade de infiltração é excedida;



Fonte: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Chuva#/media/File:Chuva_\(gotas\).JPG](https://pt.wikipedia.org/wiki/Chuva#/media/File:Chuva_(gotas).JPG)>.
Acesso em 16/11/2017.

Chuva como fonte de energia cinética, força das gotas, força de arraste.



Fonte: <<http://www.portalnovasantarosa.com.br/upload/2017-10-30-12-42-36-chuvas-6.jpg>>. Acesso em 16/11/2017.

Erodibilidade de solos

Textura:

- Algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente que outras;
- Frações areia média e silte são mais facilmente removíveis;

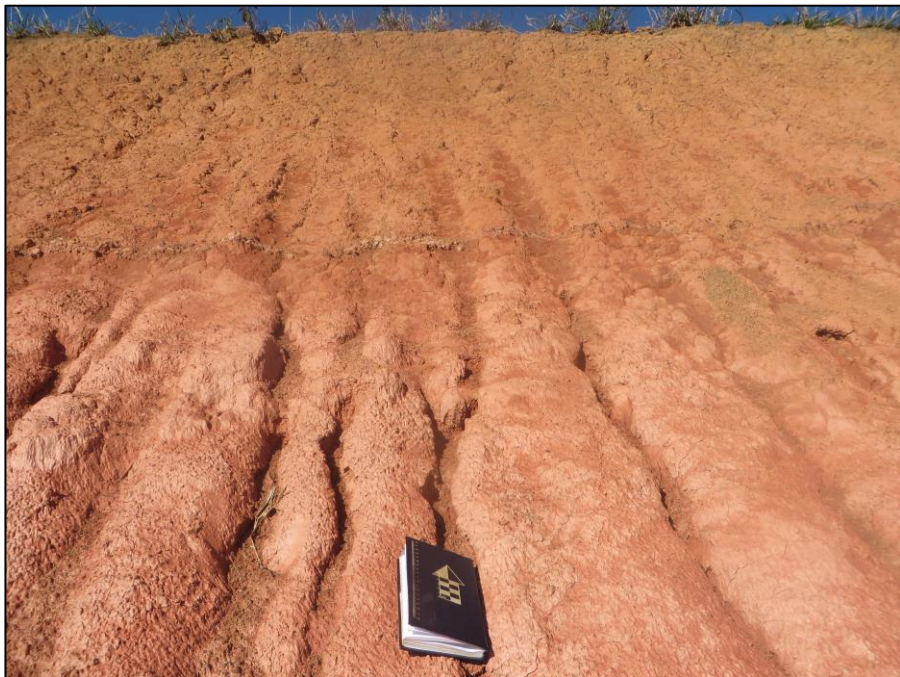
Matéria orgânica:

- Agrega partículas;
- Facilita infiltração e dificulta erosão;

Densidade aparente:

- O aumento da densidade aparente reduz a infiltração;
- Menores taxas de infiltração resultam em mais fluxo superficial.





Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG

Erosão diferencial entre camadas de solo.
Santa Bárbara - MG



Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG

Erosão diferencial entre camadas de solo.
Santa Bárbara - MG

TIPO DE MATERIAL

Substrato rochoso

Intensidade do intemperismo; natureza da alteração; grau de fraturamento condicionam a suscetibilidade do material a erosão;



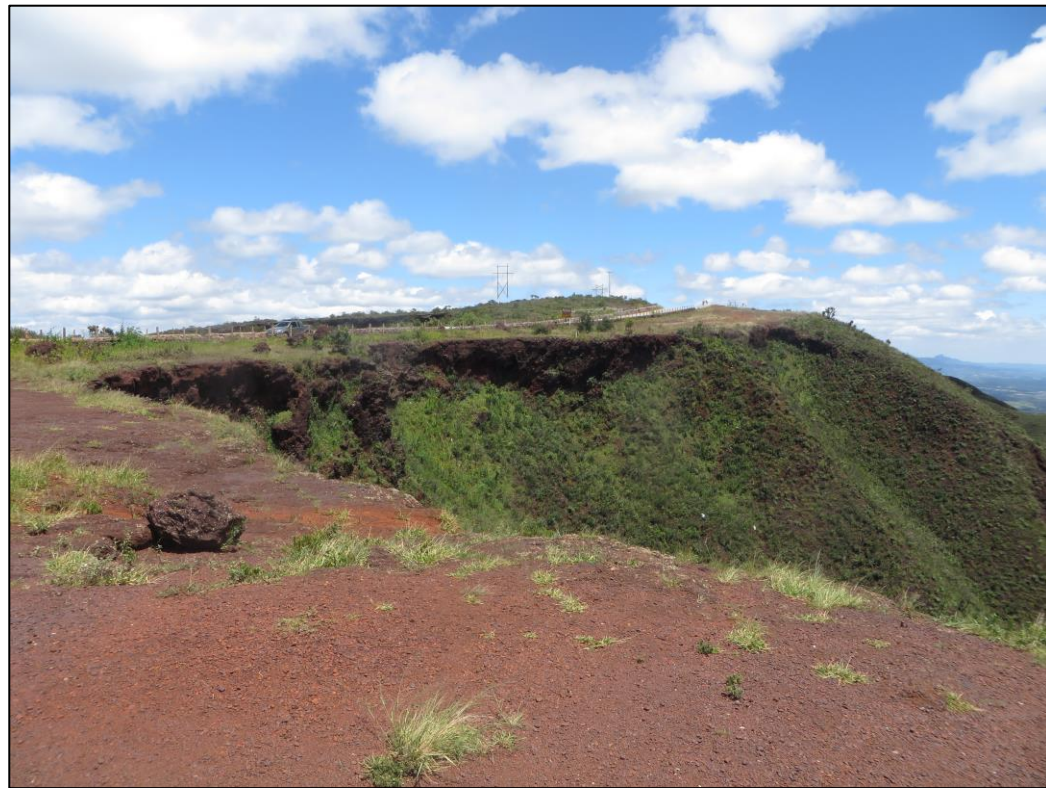


Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG

Erosão diferencial entre camadas de rochas alteradas, Material argiloso x material siltoso
Nova Lima - MG

Carapaça de Canga mais resistente à erosão que as rochas subjacentes. Belo Horizonte - MG

Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG



VEGETAÇÃO

Intercepta gotas d'água;

Diminui escoamento superficial;

Aumenta taxa de infiltração;

Aumenta absorção de água nos solos orgânicos.



Fonte: <<http://profwladimir.blogspot.com.br/2016/05/experimento-importancia-vegetacao-agua.html>>. Acesso em 14/11/17.

1.2 - PROCESSOS EROSIVOS BÁSICOS

A erosão traduz-se em **remoção, transporte** e deposição de partículas;

Ocorre a partir do momento em que as **forças que removem** e transportam materiais **excedem aquelas que tendem a resistir** à remoção;

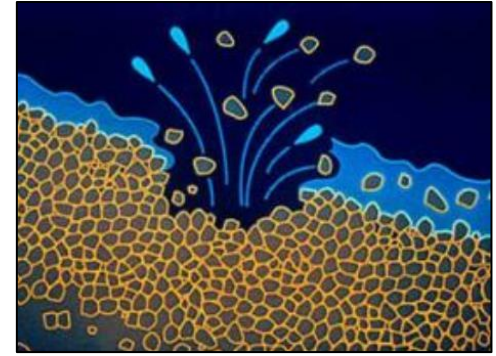
Água primeiramente infiltra ou se acumula em pequenas depressões;

Quando o solo não pode mais absorver água, o **excesso começa a se mover em superfície e/ou em subsuperfície**;



EROSÃO POR SALPICAMENTO

- Remove partículas pelo impacto de gotas de chuva;
- Pode formar crostas no solo diminuindo a infiltração e aumentando o fluxo superficial;



Fonte: <<http://www.hillsdalecounty.info>>. Acesso em 14/11/17.



Fonte: <<http://www.giphy.com>>. Acesso em 27/11/2017



Fonte: <<http://static.panoramio.com/photos/large/65770.jpg>>. Acesso em 14/11/17.

EROSÃO POR SALPICAMENTO



Fonte: <<http://static.panoramio.com/photos/large/65770.jpg>>. Acesso em 14/11/17.

EROSÃO LAMINAR (lençol)

Escoamento difuso da água, remoção progressiva e uniforme do solo.



Fonte: <<http://1.bp.blogspot.com/-JwGsMBO7lu4/UXnsoyP4Zsl/AAAAAAAAACLM/vlhC1HCKtII/s1600/eros%C3%A3o+laminar.jpg>>. Acesso em 14/11/17.



Fonte: <<https://d2gne97vdumgn3.cloudfront.net/api/file/nULssdISSum0MtG4PtsQ>>. Acesso em 14/11/17.

EROSÃO LINEAR (sulcos)

- Tendem a ser efêmeros
- Em períodos secos, podem ser preenchidos



Fonte: <<http://s3.static.brasilecola.uol.com.br/img/2014/08/erosao-em-sulcos.jpg>>. Acesso em 14/11/17.



Fonte: <<http://static.panoramio.com/photos/large/85775035.jpg>>. Acesso em 14/11/17.

EROSÃO LINEAR (Ravina)

- Não são sazonais – mais profundas
- Sem associação com o lençol freático



Fonte: <<http://www.fao.org/docrep/T1765E/t1765e2h.jpg>>. Acesso em 14/11/17.



Fonte: <http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2014/02/04/article-2551912-1B31735F00000578-452_634x423.jpg>. Acesso em 14/11/17.

EROSÃO LINEAR (Ravina) – Ação antrópica – Conceição do Mato Dentro



Fotos: Heródoto Goes / SGB-CPRM

FLUXO SUBTERRÂNEO - *piping*

Formação dos dutos relacionada a dissolução e carreamento de minerais em subsuperfície



Fonte: <<https://www.soils.org/files/images/news/soil-pipe-openings.jpg>>.
Acesso em 14/11/17.



Fonte: <<https://gsoil.files.wordpress.com/2012/10/kwaad11.jpg>>. Acesso em 14/11/17.

VOÇOROCA



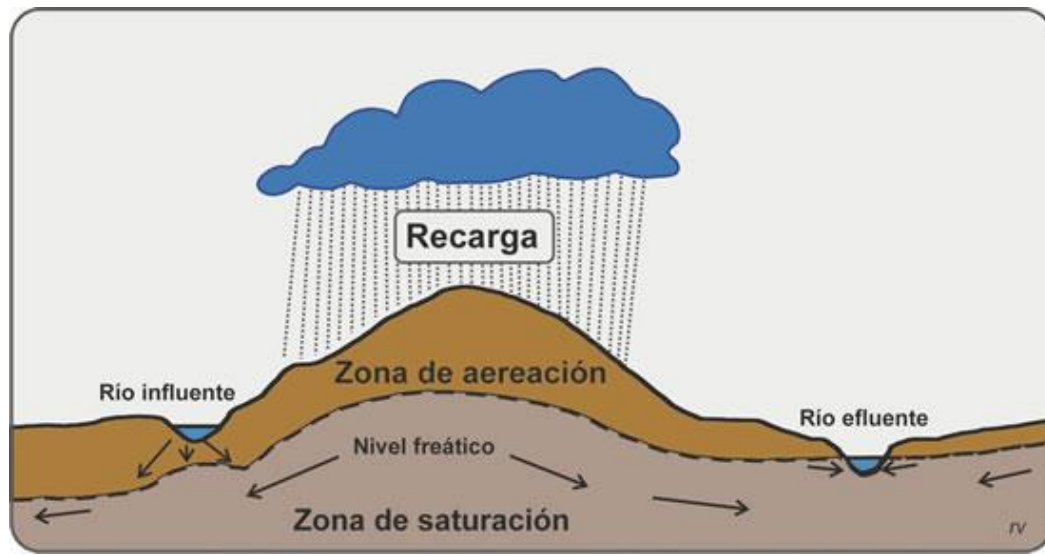
Voçoroca em Ouro Preto – MG. Créditos: Ítalo Prata, CPRM/SBG

- Não são sazonais;
- Associação com o lençol freático;
- Conectadas à rede de drenagem local;
- Combinação de diversos fenômenos:
 - ✓ Erosão superficial;
 - ✓ Erosão subsuperficial;
 - ✓ Solapamentos;
 - ✓ Desabamentos;
 - ✓ Deslizamentos.
- Rápida evolução.

2 - EROSÃO FLUVIAL

O **escoamento fluvial** é alimentado pela água proveniente do **escoamento superficial e subterrâneo**.

A **intensidade e frequência das chuvas** que atuam erodindo as encostas bem como a **cobertura vegetal** possuem destaque na participação do volume de carga sólida que aporta nos canais.



Fonte: <www.insugeo.org.ar>. Acesso em 28/11/17.

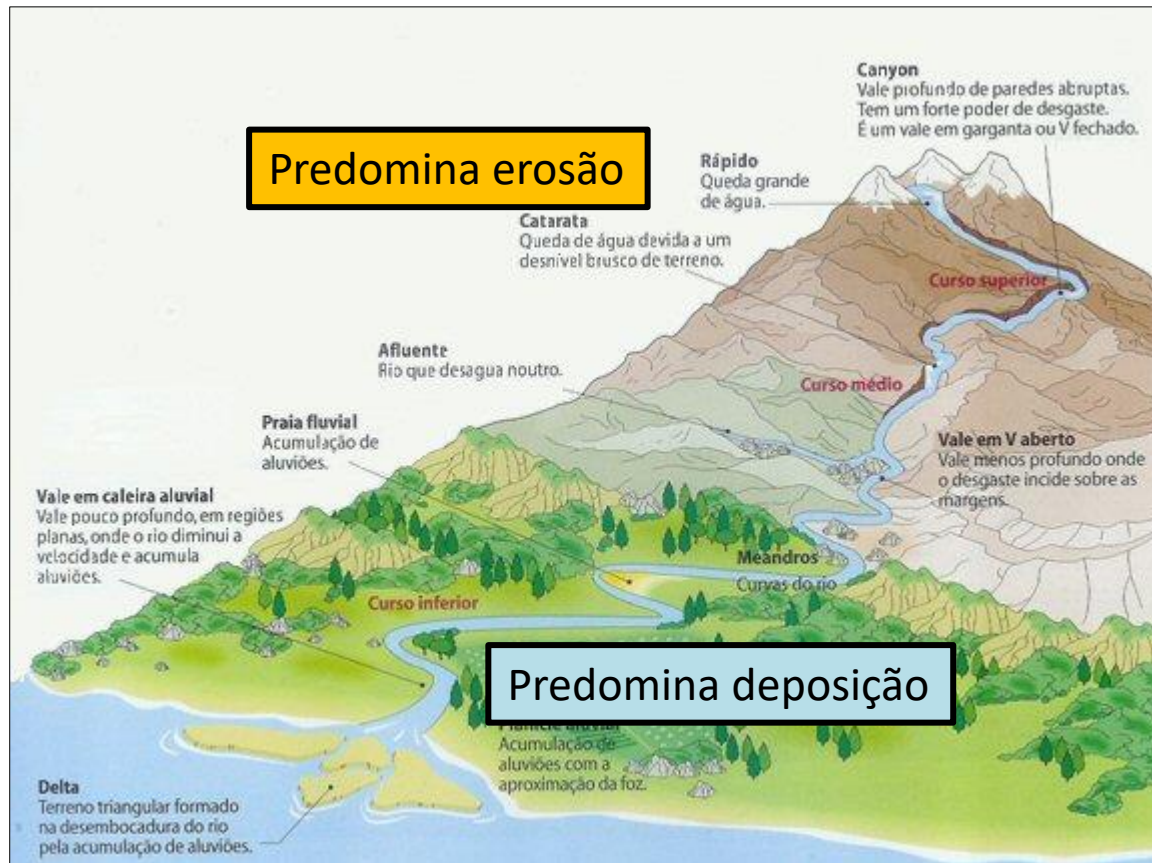
A capacidade erosiva de um rio depende principalmente da **velocidade e turbulência** do fluxo. As **mudanças nestes elementos alteram a velocidade e forma do canal**, e conseqüentemente a capacidade erosiva do rio.

O transporte do material erodido se dará de acordo com as características destas partículas:

- As mais finas entram em suspensão, e só são depositadas em velocidades muito baixas;
- As mais grossas saltam ou deslizam ao longo do leito fluvial, neste caso os grãos se movimentam lentamente.



Predomina erosão



Fonte: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/7/esquema_rio.jpg>. Acesso em 14/11/17.

A **velocidade** das águas de um rio tem **caráter dinâmico ao longo do canal**, e depende de diversos fatores como:

- Declividade do perfil longitudinal do rio;
- Rugosidade do leito;
- Volume.
- Forma do canal;

Ao longo do perfil do rio são encontrados locais preferenciais para erosão e deposição.

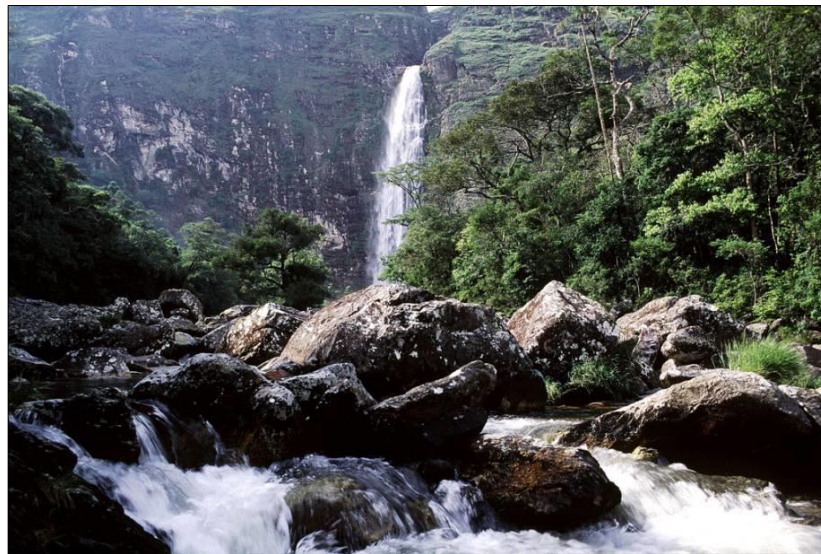
FLUXO RÁPIDO

- Predominam fluxos turbulentos, maior capacidade de transporte.
- A capacidade de transporte atinge **partículas maiores**.



Erosão em leito rochoso, Mariana – MG.

Créditos: Geraldo Salomão. Fonte:
<<http://static.panoramio.com/photos/large/18877194.jpg>
>. Acesso em 23/11/17

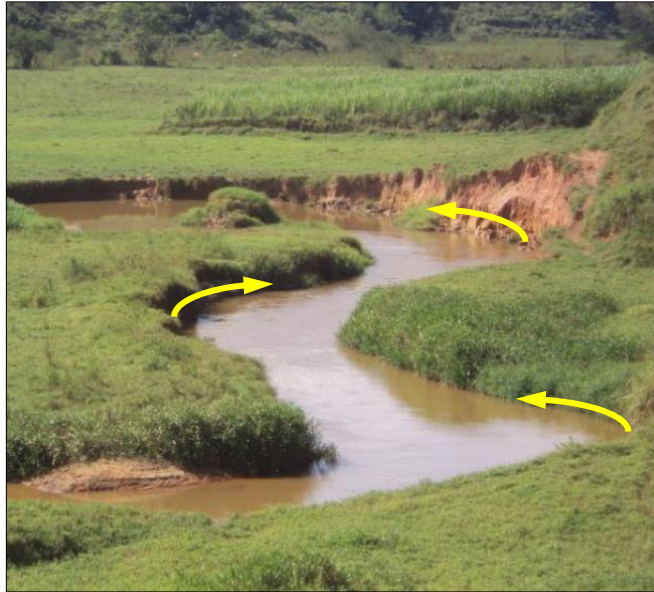


Cachoeira em São José do Barreiro – MG.

Fonte: <<https://abrilviagemeturismo.files.wordpress.com>>. Acesso em 14/11/17

FLUXO LENTO

- Predominam fluxos laminares menos turbulentos, menor capacidade de transporte;
- Os processos erosivos são diminutos, e o rio transporta **partículas finas**.



Rio Meandrante.

Fonte:
<<http://files.professoralexeinowatzki.webnode.com.br>>.
Acesso em 14/11/17

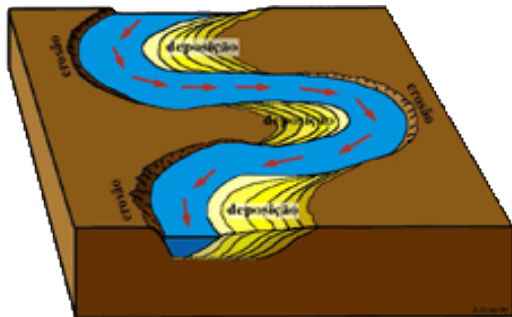


Rio Meandrante.

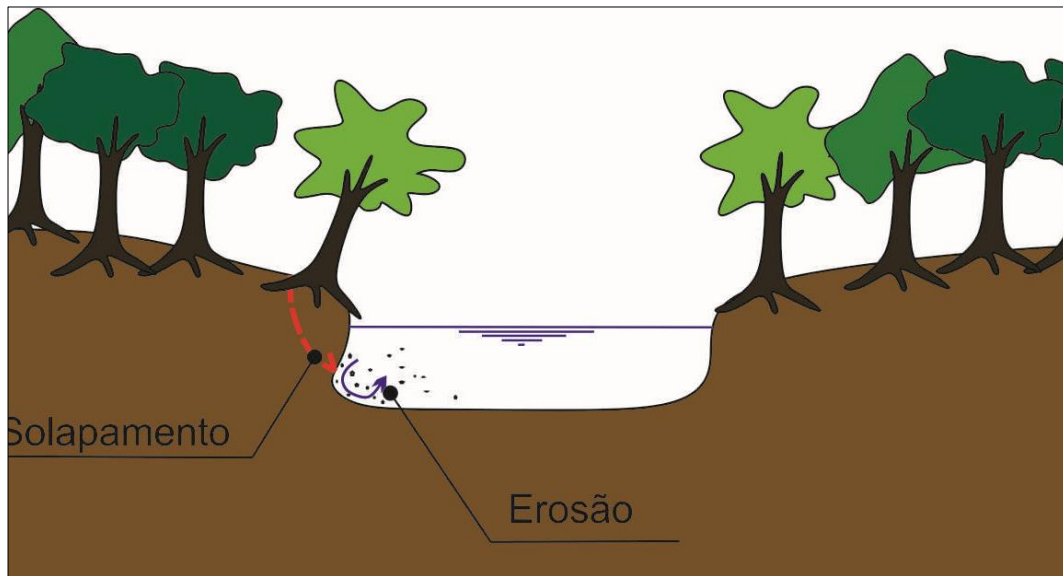
Fonte: <<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/30/ce/15/30ce15acf99f12a6c2996502afa8ba77.jpg>>. Acesso em 14/11/17

SOLAPAMENTO

Fonte: <<http://w3.ualg.pt>>.
Acesso em 18/12/17



Fonte:
<<http://files.professoraleixinowatzki.webnode.com.br>>. Acesso em 14/11/17



Créditos: Rafael Silva Araújo
CPRM/SGB



Fonte: <<https://guiaecologico.files.wordpress.com>>. Acesso em 14/12/17.



Fonte: <<https://guiaecologico.files.wordpress.com>>. Acesso em 14/12/17.

Córrego do Pereira

Conceição
do
Mato Dentro

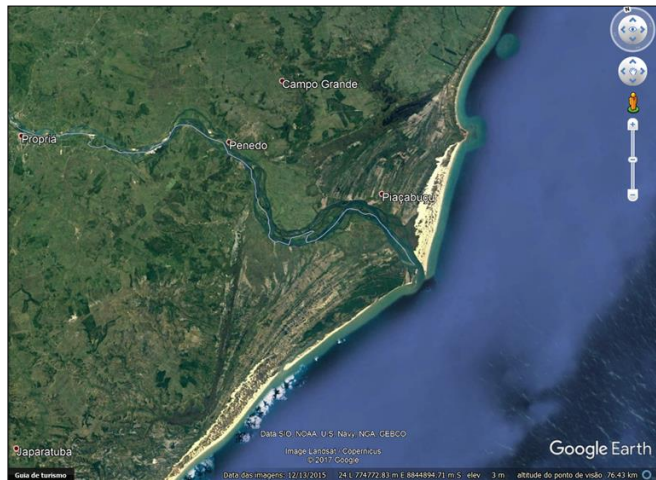


Foto: Heródoto Goes / SGB-CPRM

3 – EROSÃO COSTEIRA

Na zona costeira os rios depositam suas cargas de sedimentos. A partir de então, um outro conjunto de agentes de erosão, transporte e deposição passa a atuar.

A paisagem costeira atual exhibe diversas formas, que são resultado de condições pretéritas, sendo que muitos processos que modelaram esta paisagem podem ou estar ainda em atuação ou já terem sido modificados.



Foz do rio São Francisco (SE/AL), Google Earth, acesso em 23/11/17



Antigo farol, Brejo Grande – SE. Fonte: <<http://antoniogeografo.blogspot.com.br/2012/06/foz-do-rio-sao-francisco.html>>, acesso em 23/11/17

PROCESSOS COSTEIROS

Como resultado da interação entre estes vários fatores, a linha de costa pode avançar mar adentro, recuar em direção ao continente, ou permanecer em equilíbrio:

- Aporte de sedimentos;
- Composição e granulometria destes sedimentos;
- Energia da onda;
- Inclinação do fundo marinho;
- Amplitude de oscilação do nível do mar.



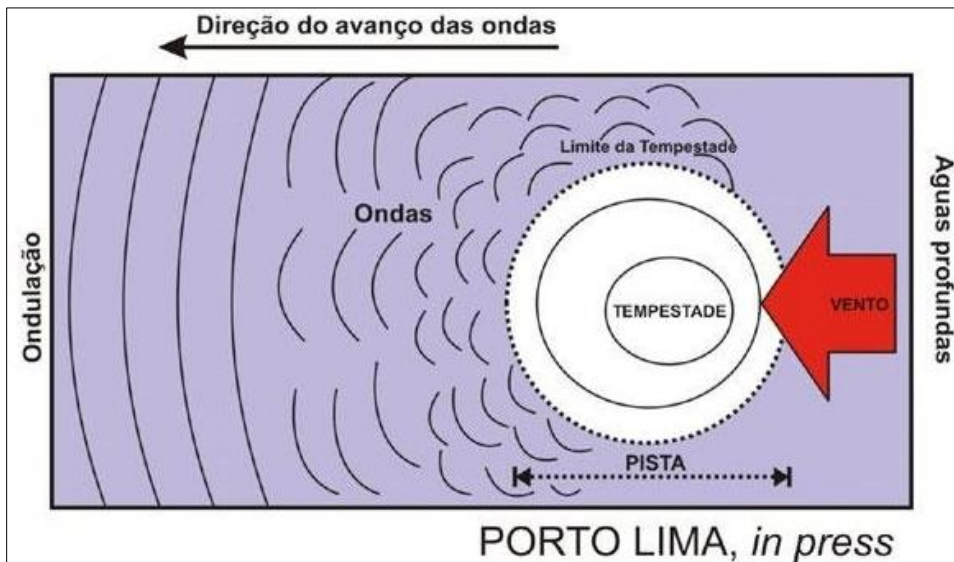
As **ondas** possuem persistente energia cinética e executam a maior parte do trabalho de modelagem da costa;

As **correntes** movimentam os sedimentos;

As **marés** ampliam o intervalo vertical de atuação das ondas.

Ondas são criadas pela ação do **vento**. Para isto é necessário que o vento sopre por tempo suficiente ao longo de uma distância mínima, chamada pista.

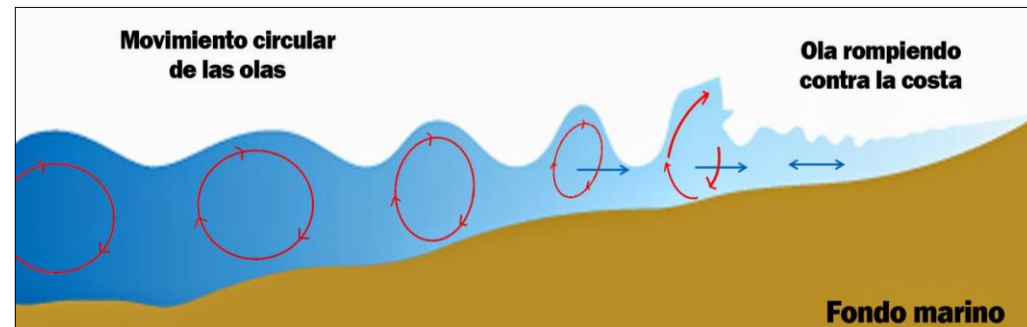
- Ondas em lagoas podem não se desenvolver por falta de pista;
- Ao se aproximar da costa, a onda se modifica. Quando a profundidade atinge $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda, ocorre a arrebentação.



Fonte: <<https://image.redbull.com>>.
Acesso em 22/11/2015.



Fonte: <<http://ondagringa.com.br>>. Acesso em 28/11/17



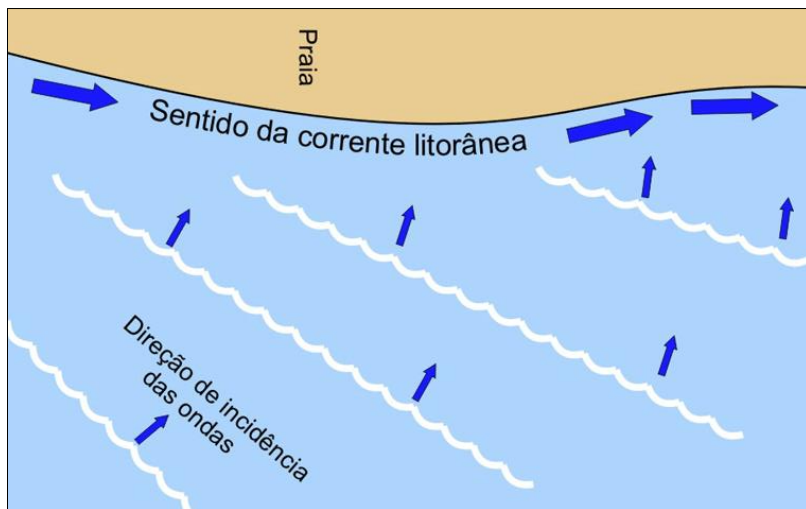
Fonte: <<http://3.bp.blogspot.com>>.
Acesso em 22/11/2015.

A água trazida para a praia pelas ondas precisa encontrar caminhos para retornar ao mar aberto, criando **correntes** e conseqüentemente **transportando sedimentos**:

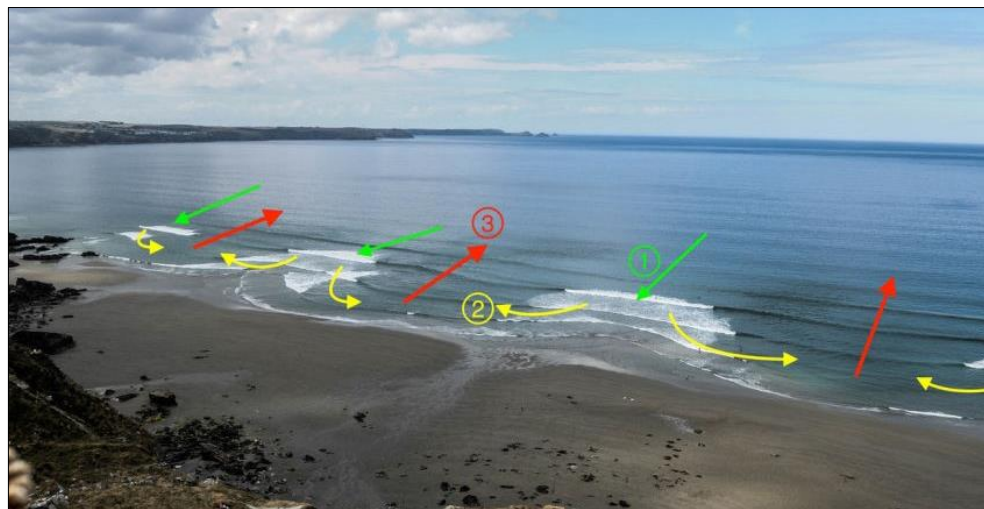
- Corrente Longitudinal - flui paralela a praia;
- Corrente de Retorno - atravessa a zona de arrebentação.

O transporte **longitudinal** de sedimentos leva à erosão de uma das extremidades da praia e acumulação em outra;

A corrente de **retorno** transporta sedimentos para além da zona de arrebentação.



Fonte: <<http://www.cem.ufpr.br>>. Acesso em 22/11/2015.



Fonte: <<http://www.jornalciencia.com>>. Acesso em 22/11/2015.

4 – FATORES ANTRÓPICOS E RISCO

- A forma de **uso e ocupação** do solo pelo ser humano influencia na taxa de erosão:
 - Retirada de cobertura vegetal;
 - Movimentação de terra;
 - Concentração de fluxos pluviais;
 - Exposição de camadas de solo pouco resistentes;
 - Reativação de processos estabilizados;
 - Ocupação de margem de rios;
 - etc;





Realização de cortes:

Exposição de camadas com comportamentos distintos frente a erosão.

Corte em solo coluvionar argiloso (A) sobre saprolito de granitóides (B), Antônio Dias – MG. Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG



Grande quantidade de sedimentos provenientes dos cortes são carreados para a rua, redes de drenagem e canais.

Material erodido dos cortes acumulados nas vias, Antônio Dias – MG. Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG

Movimentação de Terra



Erosão em aterro lançado, São Pedro do Suaçuí – MG. Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG

Formação de sulcos e ravinas em movimentações de terra, aterros com baixa coesão e sem proteção vegetal.

Exposição de solo, drenagem deficiente e concentração de fluxo pluvial

Formação de sulcos e ravinas devido à concentração de fluxos pluviais;



Via sem pavimentação, Antônio Dias – MG. Créditos: Rafael Araújo, CPRM/SBG



Erosão em via pavimentada, Ouro Preto – MG. Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG

Ocupação de linhas de drenagem naturais (Talvegues)



Abertura de ruas sem a devida proteção e drenagem – Formação de sulcos e ravinas.



Ravina aberta em rua, com comprometimento de sistema de esgoto. Capelinha – MG. Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG



Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG

Drenagem sem finalização adequada* – Ruptura e erosão remontante

(*Escada hidráulica, caixas de dissipação, etc)

- Ocupação em solo com elevada erodibilidade



Erosão causada por sobrecarga do sistema de drenagem pluvial. Capelinha – MG. Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG



Fotos: Heródoto Goes/SGB-CPRM

Reativação ou aceleração de feições erosivas

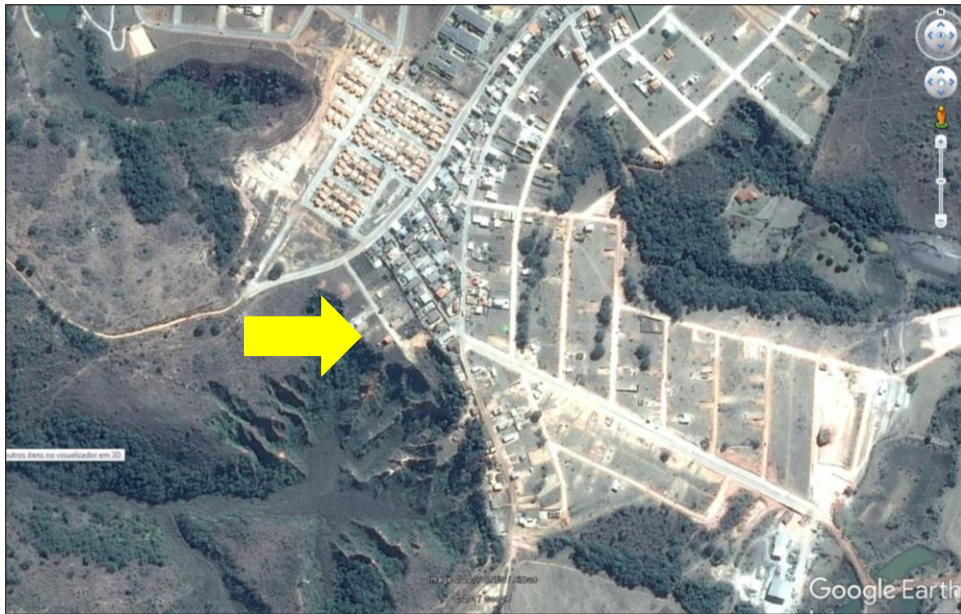
- Lançamento de esgoto dentro de feições erosivas;
- Ocupação de borda de feições erosivas.



Lançamento de esgoto em ravina e casas construídas em bordas de voçoroca. Capelinha – MG. Créditos: Júlio Lana, CPRM/SBG

Reativação ou aceleração de feições erosivas

- Urbanização em bordas de voçorocas



Urbanização em bordas de voçoroca. Ouro Preto – MG. Imagem obtida do Google Earth, 21/11/17



Urbanização em bordas de voçoroca. Ouro Preto – MG. Créditos: Ítalo Prata, CPRM/SBG

Aterramento de feições erosivas



Região apresentava feição erosiva, ainda sem urbanização em 2014

Jardim Novo Mundo 2, Imagem do *Google Earth*, de 2014 - Goiânia - GO. Fonte: Setorização de Goiânia – GO, CPRM/SGB

Aterramento de feições erosivas



Mesmo local em 2015,
com urbanização
próxima a feição
erosiva.

Jardim Novo Mundo 2, Imagem do *Google Earth*, de 2015 - Goiânia - GO. Fonte: Setorização de Goiânia – GO, CPRM/SGB

Aterramento de feições erosivas



Mesmo local em 2017, Feição erosiva completamente aterrada e urbanizada

Jardim Novo Mundo 2, Imagem do Google Earth, de 2017 - Goiânia - GO. Fonte: Setorização de Goiânia – GO, CPRM/SGB

Aterramento de feições erosivas



Créditos: Guilherme Peret, CPRM/SGB

Material utilizado para aterrar feição erosiva.



Créditos: Guilherme Peret, CPRM/SGB

Acesso ao bairro construído em cima do eixo principal da erosão.

Defesa Civil alerta para possibilidade de desmoronamento no Jardim Novo Mundo II

Área é considerada de risco e abriga 350 famílias. O terreno pertence ao Poder Público Federal, é região de invasão e considerado "bomba relógio"

Amanda Sales*

Do Mais Goiás | Postado em: 04/10/2017 às 19:18:07



350 famílias vivem na região de risco (Foto: Defesa Civil)

Compartilhe Compartilhar 

Academia Smart Fit

Conheça a Nova Smart Fit.
Com Circuito de
Emagrecimento e Muito Mais!

smartfit.com.br

A Defesa Civil de Goiânia realizou na tarde desta quarta-feira (04) uma vistoria no Setor Jardim Novo Mundo II. A região, onde vivem 350 famílias, é a área de risco mais crítica das 18 da Capital. No local, existe possibilidade de desmoronamento.

O chefe da Defesa Civil, Cidicley Santana, informou que as chuvas dos últimos dias deixaram a situação crítica por causa da instabilidade do terreno, que pertence ao Poder Público Federal. Por esse motivo, não cabe ao município tomar iniciativas em relação ao destino dessas famílias.

Notícia de Outubro de 2017 reportando instabilidade do terreno após período de chuvas.

Fonte: <<http://www.emaigoias.com.br/defesa-civil-realiza-vistoria-no-jardim-novo-mundo-ii/>>. Acesso em 23/11/2015.

Ocupação de margem de rios

Habitações em margens ou dentro de canais de rios sem obras protetivas ou controle de erosão podem ser destruídas por **solapamento**; Modificações na geometria do rio e obstruções construtivas.



Foto Vladimir Platonow/Agência Brasil,
<<https://upload.wikimedia.org>>. Acesso em
24/11/2015.

Em decorrência das fortes chuvas o rio subiu rapidamente durante a madrugada, destruindo as casas em sua margem, Teresópolis – RJ.



Foto: Kassilene Teixeira,
<<http://bioclimaufv.blogspot.com.br>>. Acesso
em 24/11/2015.

Casa tomba na margem do rio Xopotó, Visconde do Rio Branco – MG.

Erosão costeira

Ocupação de praias e falésias sem levar em conta o padrão erosivo da área ou modificações que causem diminuição do aporte de sedimentos.



Atafona, São João da Barra – RJ Fonte: <https://ogimg.infoglobo.com.br>. Acesso em 24/11/2015.



Atafona, São João da Barra – RJ Fonte: <http://www.aspjustica.com>. Acesso em 24/11/2015.

REFERÊNCIAS



- Antônio José Guerra; Sandra Baptista da Cunha (organizadores). Geomorfologia: Uma Atualização de bases e conceitos. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 474p.
- Nelson Infanti Jr.; Nilson Fornasari Filho. Processos de Dinâmica Superficial In: Antônio Manoel dos Santos Oliveira; Sérgio Nertan Alves de Brito (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 131 - 152.
- Álvaro Rodrigues dos Santos. Manual Básico Para Elaboração e Para Uso da Carta Geotécnica. São Paulo: Ed. Rudder, 2014; 109p.
- Thomas Dunne; Luna B. Leopold. Water in Environmental Planning. Nova York: W.H. Freeman & Co., 1978. 818p.



Rafael Silva Araújo

Geólogo – Pesquisador em Geociências

Superintendência de Belo Horizonte: Av. Brasil, 1731 -

Funcionários

- Cep: 30.140-002 – Belo Horizonte - MG

Tel.: 31 3878-0335 - Fax: 31 3878-0322

E-mail: rafael.araujo@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

Heródoto Goes

Geólogo – Pesquisador em Geociências

E-mail: herodoto.goes@cprm.gov