

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Departamento de Gestão Territorial - DEGET

CURSO DE PERCEÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO: Processos Erosivos

Eng. Geol. Renato R. Mendonça
Superintendência de Porto Alegre



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

EROSÃO

Processo de **desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas** pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais) (IPT, 1986).

Podem ser acelerados pela ação humana.

Erosão Pluvial



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

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 Eólica



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

SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Escoamento superficial e subsuperficial

- Erosão por salpicamento
- Erosão laminar
- Erosão linear – sulcos
- Erosão linear – ravinas
- Fluxo subterrâneo – *piping*
- Voçorocas



- Erosividade da Chuva
- Erodibilidade do solo
- Característica das encostas
- Cobertura vegetal

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

Erosividade da chuva

EROSIVIDADE DA CHUVA: capacidade da chuva de causar erosão.

Chuvas mais intensas causam mais erosão

- A intensidade da chuva influencia no **escoamento superficial** quando a capacidade de infiltração é excedida.
- Força da gota e força de arraste.



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.

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



Erodibilidade do solo

ERODIBILIDADE DO SOLO: maior ou menor resistência à ação erosiva das águas.

Textura (granulometria)

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

Estrutura (arranjo)

- Tipo: laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares, granular
- Grau de desenvolvimento: solta, fraca, moderada, forte

Presença de matéria orgânica

- Agrega partículas 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 rochas alteradas, Material argiloso x material siltoso Nova Lima – MG.

Erobilidade das rochas



Mesmo os maciços rochosos podem ser erodidos por dissipação de energia em quedas d'água, por exemplo.

As rochas também sofrem erosão:

- **intensidade do intemperismo**
- **natureza da alteração**
- **grau de fraturamento**

condicionam a suscetibilidade do material à erosão.



Créditos: Marcelo Ambrosio, CPRM/SBG

Erosão diferencial entre camadas de arenito x folhelho.
BR-116, aproximadamente KM 105 em Santa Catarina.

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Queda de Meu Deus, El Gracioso

Fonte: https://levenaviagem.com.br/wp-content/uploads/2020/05/Cachoeira_Queda_de_meu_Deus.jpg Acesso em

Vegetação

A cobertura vegetal é o fator mais importante de defesa natural do solo contra a erosão.

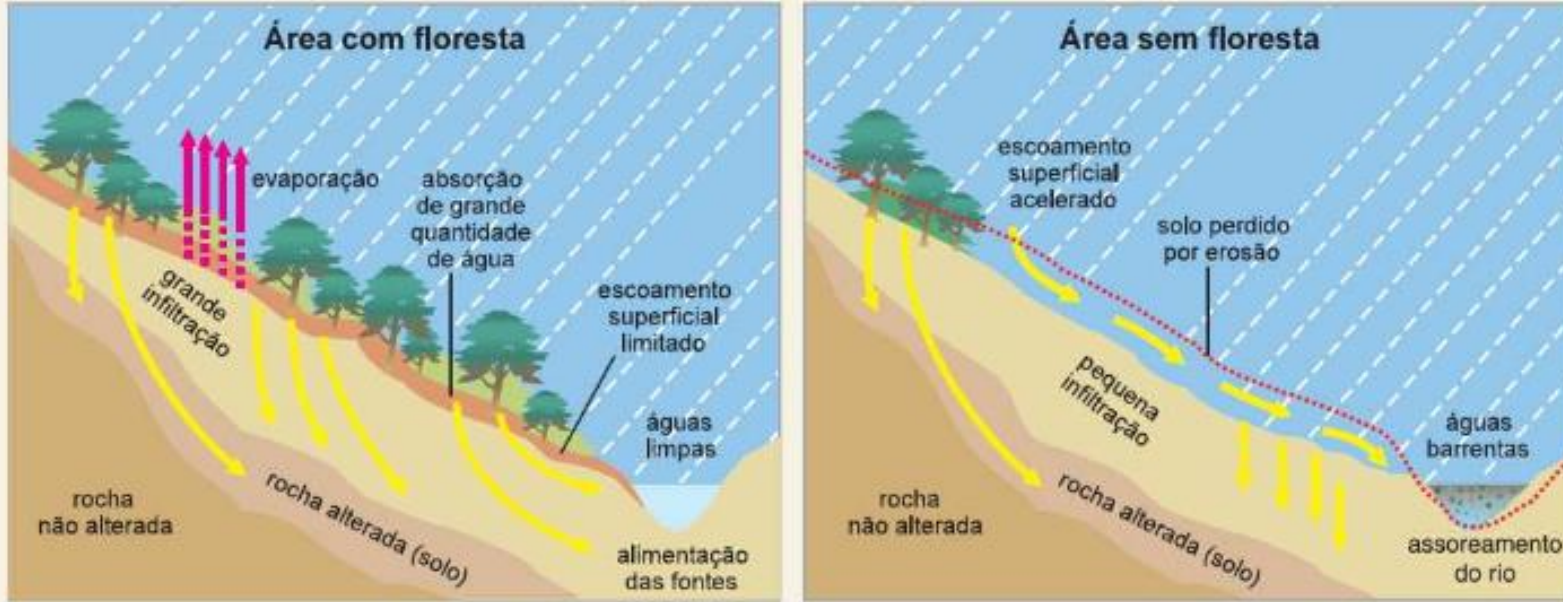
- Intercepta gotas d'água;
- Diminui escoamento superficial;
- Aumenta taxa de infiltração;
- Aumenta absorção de água nos solos orgânicos.





Vegetação

Erosão pluvial



Organizado pelos autores.

Cassiano Pêda/Arquivo da editora

Fonte: <<https://docplayer.com.br/81714632-Livro-eletronico-aula-00-geografia-p-colegio-naval-2018-com-videoaulas.html>>, pag. 36. Acesso em 17/08/2020.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

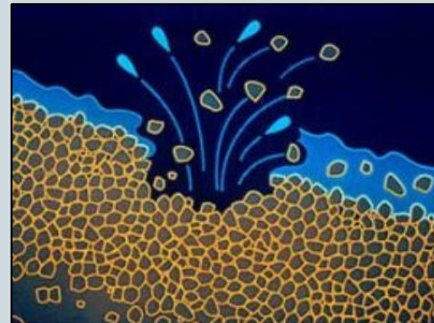


EROSÃO POR SALPICAMENTO

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



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



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

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

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

EROSÃO LAMINAR (LENÇOL)

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



Fonte: <<http://1.bp.blogspot.com/-JwGsMBO7lu4/UXnsoyP4ZsI/AAAAAAAAACLM/vIhC1HCkTII/s1600/eros%C3%A3o+laminar.jpg>>. Acesso em 14/11/17.



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

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

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.

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

FLUXO SUBTERRÂNEO - PIPING

Formação dos dutos relacionada à dissolução e carreamento de minerais em subsuperfície.



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



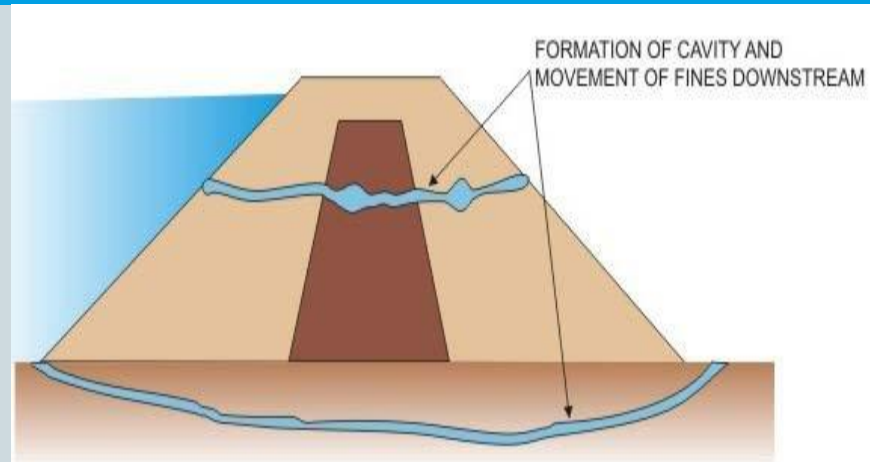
Marokko148a

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

FLUXO SUBTERRÂNEO - PIPING



https://www.researchgate.net/figure/Earth-dam-failure-by-internal-erosion-piping-3_fig1_297714057



https://www.researchgate.net/figure/21-Internal-erosion-and-piping-through-dam-body-and-foundation_fig14_330113598

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



Voçoroca em Loanda– PR. Créditos: Prefeitura Municipal de Loanda.

- 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.

Erosão fluvial corresponde ao processo erosivo que ocorre nas **calhas dos rios.**

Pode ocorrer de duas formas genéricas:

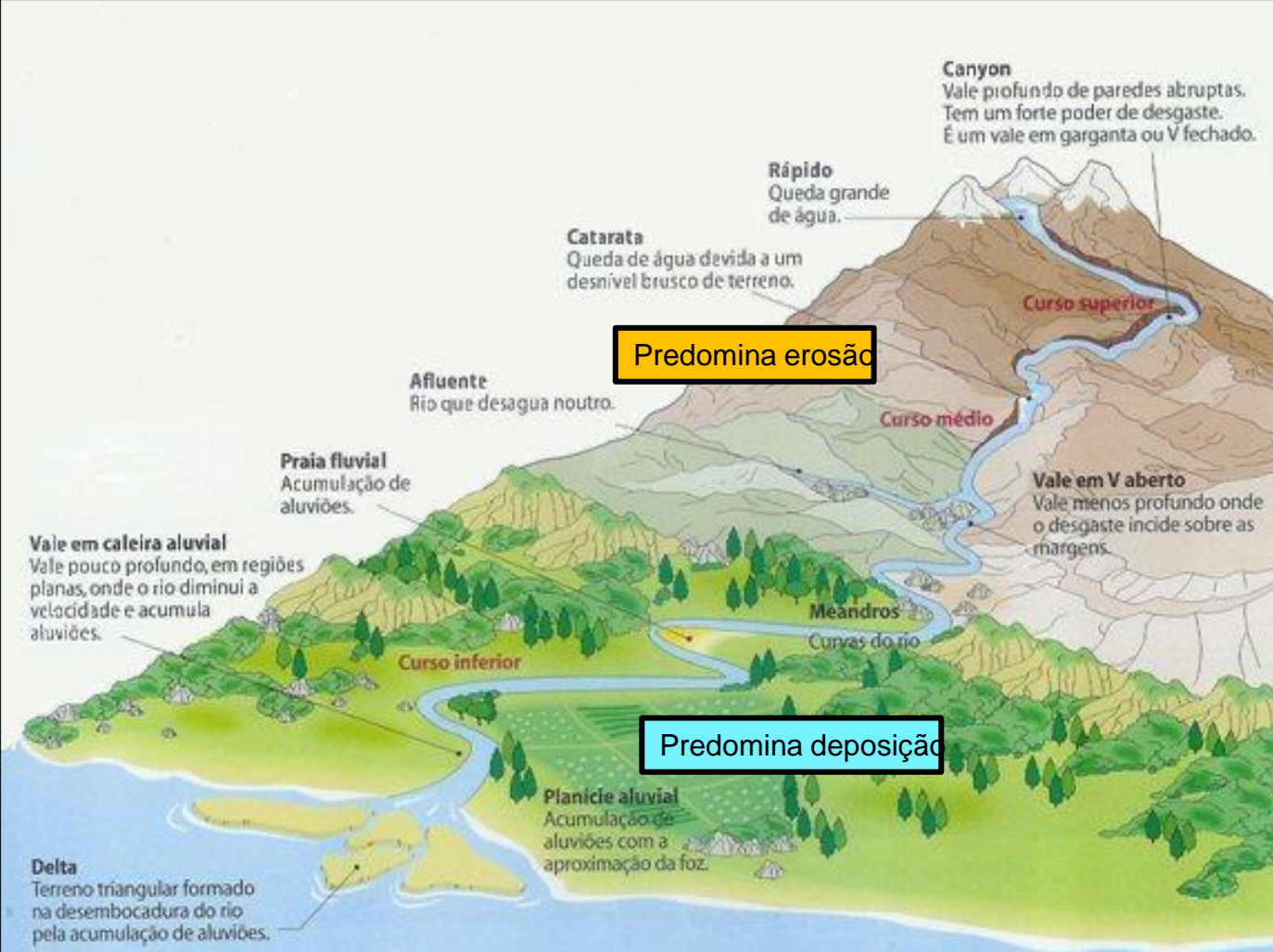
- **lateral** (desgaste nas margens, contribuindo para alargamento dos vales)
- **vertical** (aprofundamento do leito dos rios)



EROSÃO → ENERGIA

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.

 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

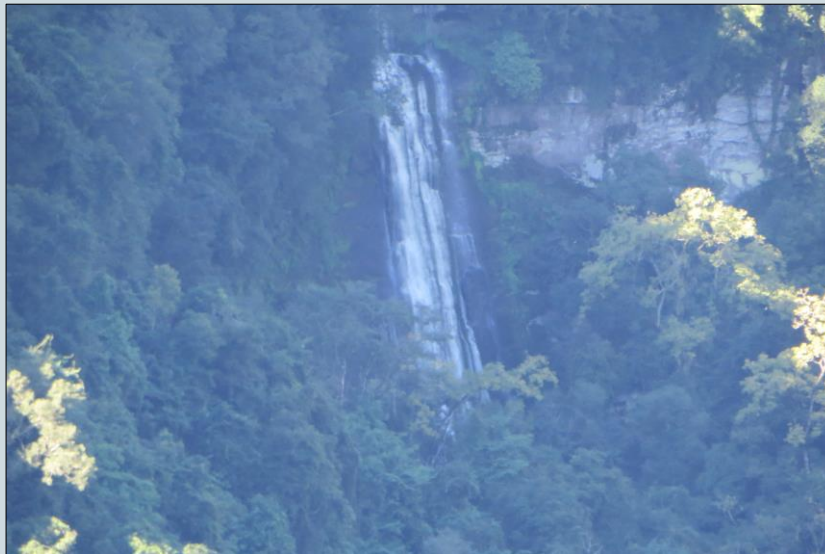
Fluxo rápido

- 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 Caxias do Sul– RS;

Fonte: Débora Lamberty/CPRM-SGB.

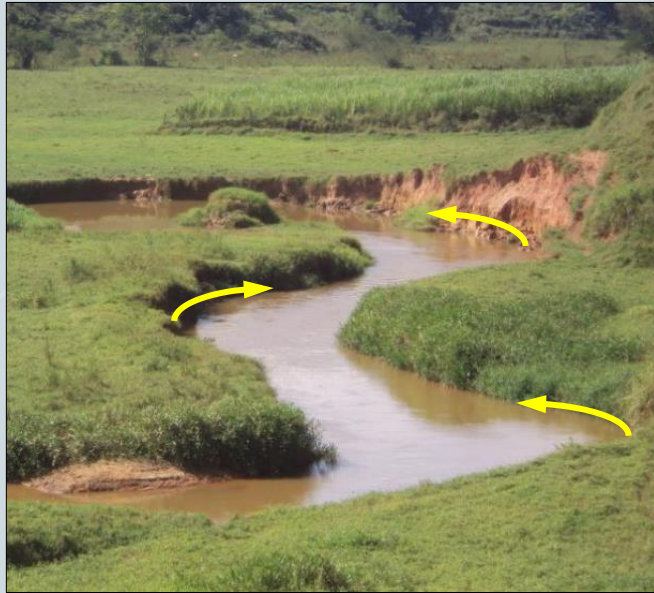
EOLÓGICO
– CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

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.professoralexinowatzki.webnode.com.br>>. Acesso em 14/11/17



Rio Meandrante

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

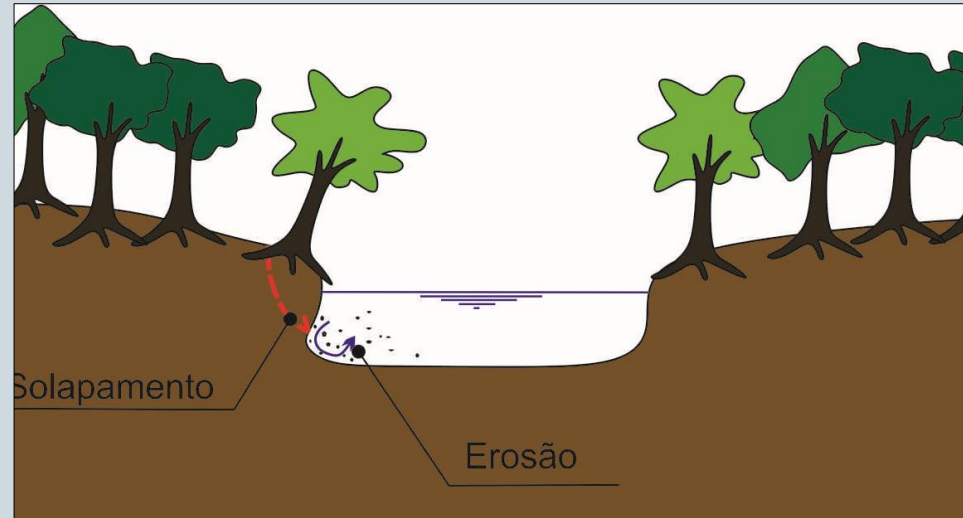
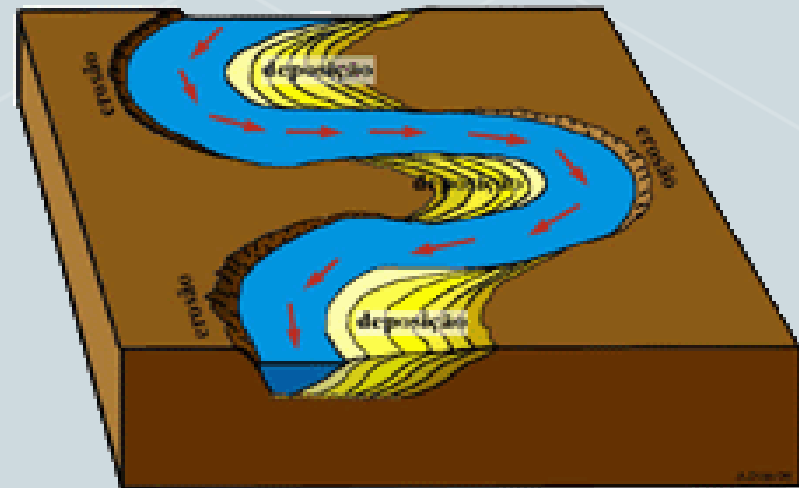
INSTITUTO GEOGRÁFICO
BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
CIÊNCIA, MINERAÇÃO
E ENERGIA

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Solapamento

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



Créditos: Rafael Silva Araújo
CPRM/SGB

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



EROSÃO COSTEIRA



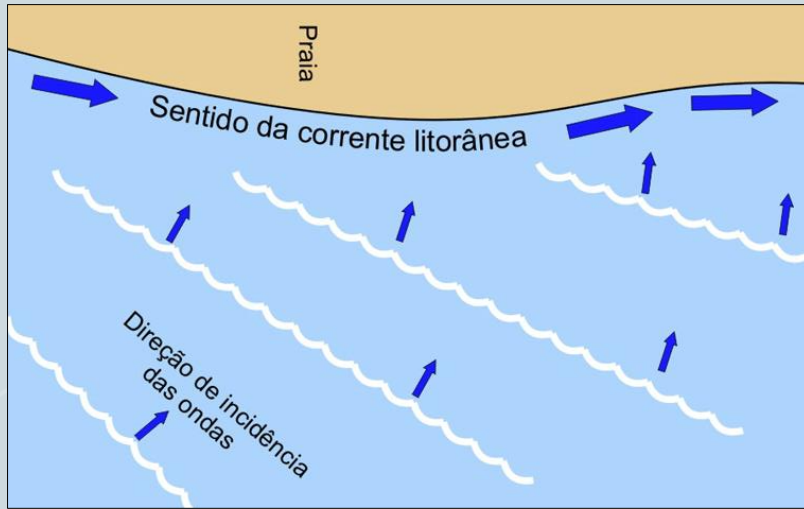
 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

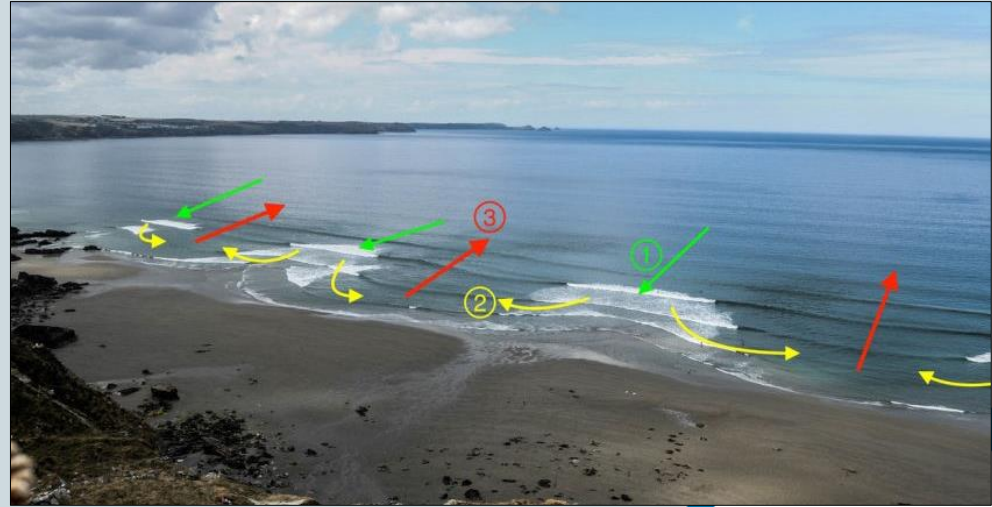
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Na zona costeira um outro conjunto de agentes de erosão, transporte e deposição passa a atuar:
ondas, correntes e marés




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



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

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.

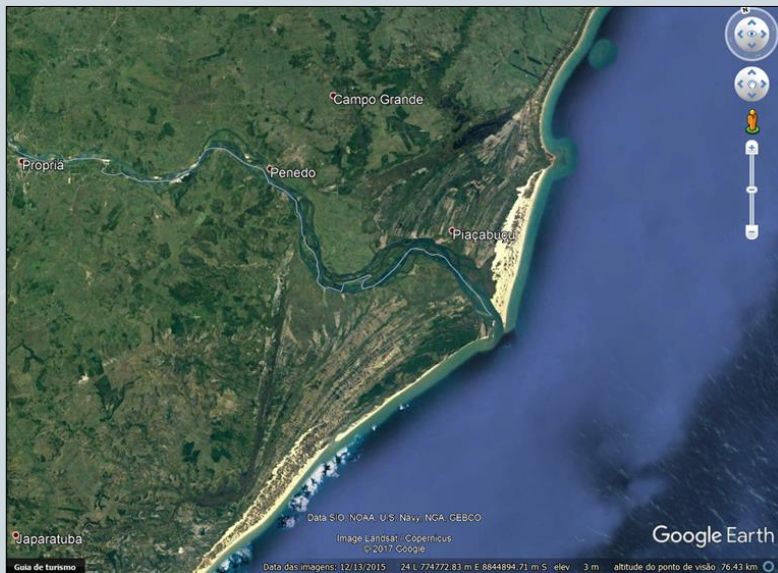
 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

A paisagem costeira atual exibe 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

 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

FATORES ANTRÓPICOS E RISCOS

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.



Vargem Alta – ES

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=07QLf7kylls>

Acesso em 17/08/2020.

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Material erodido dos cortes acumulados nas vias, 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.

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Exposição de solo, drenagem deficiente e concentração de fluxo pluvial

Formação de sulcos e ravinas devido à concentração de fluxos pluviais



Via sem pavimentação, Alfredo Wagner– SC. Créditos: Débora Lamberty, CPRM/SBG



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

MINAS E ENERGIA

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.

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Lançamento de esgoto e direcionamento incorreto de drenagem

Ocupação em solo com elevada erodibilidade
(Acelerada por vazamento na drenagem pluvial)



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

INSTITUTO GEOLOGICO
CPRM - CPRM

SECRETARIA DE
MINERAÇÃO
E GEOLÓGICA

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

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

GEOLÓGICO
L – CPRM

SECRETARIA DE
MINERAÇÃO
E GEOLOGIA

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Reativação ou aceleração de feições erosivas

- Urbanização em bordas de voçorocas



Urbanização em bordas de voçoroca. Itaperuna – BA. Créditos: Victor Alves, CPRM/SBG

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

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.


 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

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

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.

Academia Smart Fit

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

**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Ocupação de margem de rios

Habitações em margens ou dentro de canais de rios sem obras protetivas ou controle de erosão podem ser **solapadas**;
Modificações na geometria do rio e construções de barramentos.



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.



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

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

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

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.



Favela do Mangue Seco, na zona noroeste de Santos. Fonte: <<https://arte.folha.uol.com.br/ciencia/2018/crise-do-clima/litoral-paulista/no-litoral-de-sp-erosao-come-praias-e-ate-casas-inteiras-obras-buscam-protecao-contra-ressacas-mais-frequentes/>>. Acesso em 07/08/2020.



Entulhos de construções que foram destruídas pelo mar e parcialmente cobertos pela areia em Ilha Comprida, no litoral sul de São Paulo. Fotografia: Lalo de Almeida/Folhapress. Fonte: <<https://arte.folha.uol.com.br/ciencia/2018/crise-do-clima/litoral-paulista/no-litoral-de-sp-erosao-come-praias-e-ate-casas-inteiras-obras-buscam-protecao-contra-ressacas-mais-frequentes/>>. Acesso em 07/08/2020.

SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

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.

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
HÁ 51 ANOS TRABALHANDO PARA O
DESENVOLVIMENTO DO PAÍS



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

Renato R. Mendonça
Pesquisador em Geociências

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
e-mail: renato.mendonca@cprm.gov.br
www.cprm.gov.br



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL