

08 de abril de 2025



CAPACITAÇÃO EM PERCEPÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Processos Hidrológicos



SUMÁRIO

- # CONCEITOS
- # PLUVIOSIDADE
- # BACIA HIDROGRÁFICA
- # UNIDADES MORFO ESTRATIGRÁFICAS
- # FLUVIOMETRIA
- # PERFIL FLUVIAL
- # LEITO VAZANTE, MENOR e MAIOR
- # NÍVEL VAZANTE, MÉDIO, ENCHENTE, INUNDAÇÃO e ENXURRADA
- # ALAGAMENTOS NATURAIS E PROBLEMAS EM REDES DE DRENAGEM
- # PRINCIPAIS CONDICIONANTES ESCOAMENTO SUPERFICIAL
- # TIPOS DE CHUVAS
- # RELEVO E FORMATO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS
- # MONITORAMENTO
- # SOLO e VEGETAÇÃO
- # OCUPAÇÃO INDEVIDA DAS MARGENS DOS RIOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS



CONCEITOS

- As **enxurradas, enchentes e inundações** são fenômenos de natureza hidrometeorológica e fazem parte da dinâmica natural do planeta.
- Ocorrem frequentemente deflagradas por **chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração**, degelo nas montanhas e outros eventos climáticos tais como furacões e tornados, sendo **intensificados pelas alterações** ambientais e intervenções urbanas de origem antrópica.

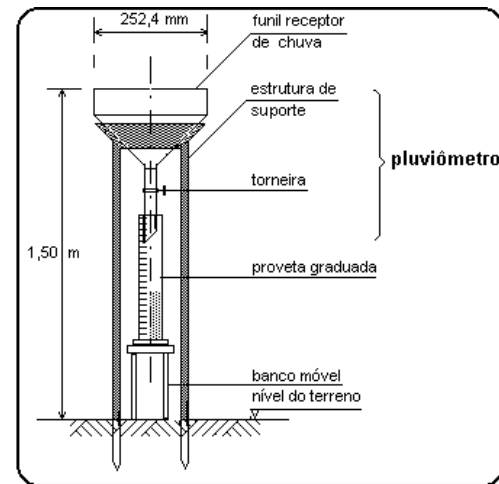




PLUVIOSIDADE

- É o maior fator controlador do ciclo hidrológico de uma região.
- A quantidade de chuva, variação sazonal, tamanho e intensidade de tempestades afetam as atividades humanas.
- Podem possuir abrangência regional ou local.

A mensuração da precipitação pode ser feita através de **pluviômetros**, instrumentos que medem a quantidade de chuva que cai em um determinado local num período de tempo. A quantidade de água captada é mostrada em milímetros (mm)



Fonte: <http://sismatemati.blogspot.com/2012/08/atividade-2-o-que-e-pluviometro-o-um.html>

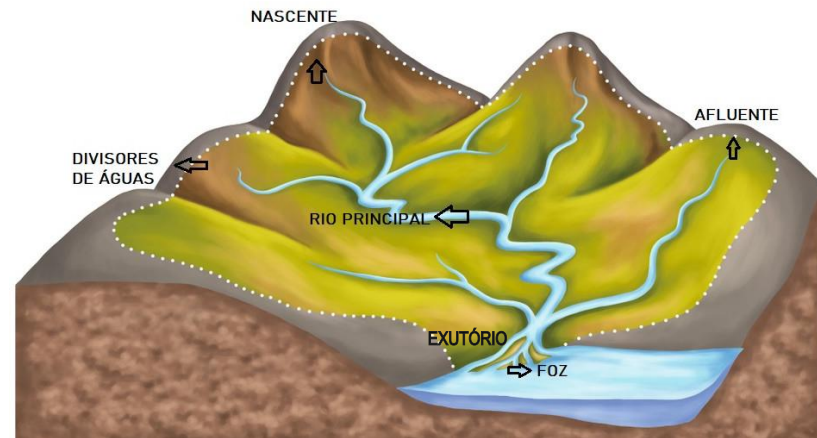


Fonte: <<http://orsm.com.br>>. Acesso em 20/12/2017.



BACIA HIDROGRÁFICA

- Uma **bacia hidrográfica** é uma área da superfície terrestre que **drena água**, sedimentos e materiais dissolvidos em direção a uma **saída comum**.
- O limite de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas (divisor topográfico), e o ponto de saída da bacia é o **exutório**.
- A bacia pode possuir diferentes tamanhos e podem ser desmembradas em sub- bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo de seu eixo.



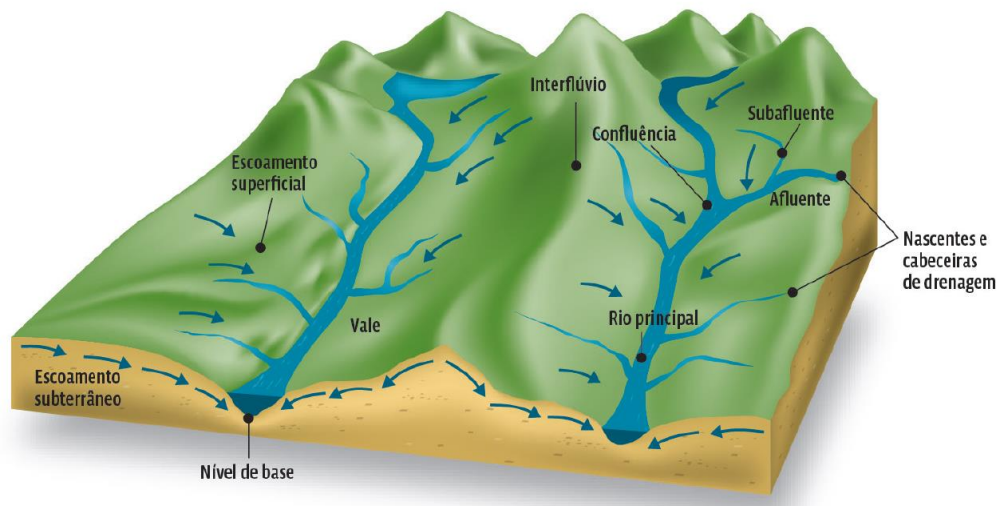
<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/>

A **bacia hidrográfica** é a unidade territorial definida para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997)



BACIA HIDROGRÁFICA

A BACIA HIDROGRÁFICA E SEUS COMPONENTES



Fonte: <https://guiadoestudante.abril.com.br/>

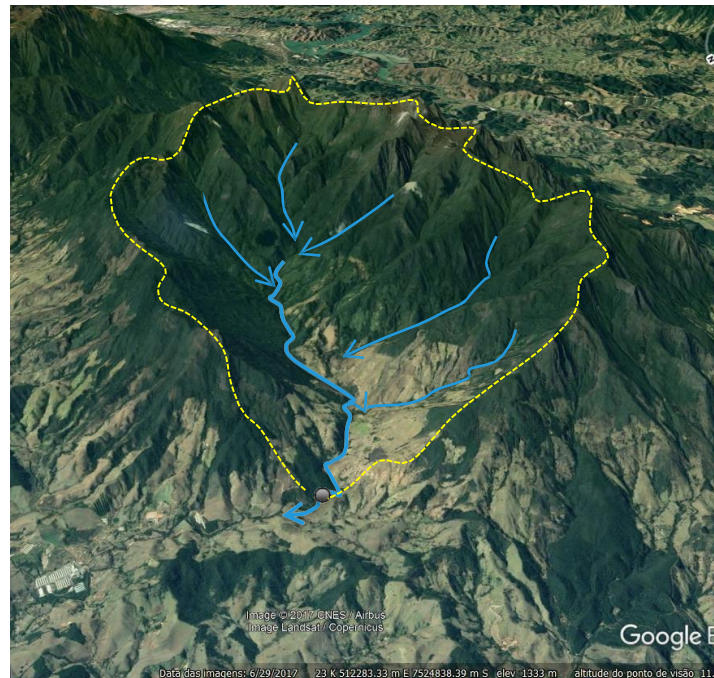


Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 18/12/17.





BACIA HIDROGRÁFICA



Bacias
Hidrográficas do
Brasil

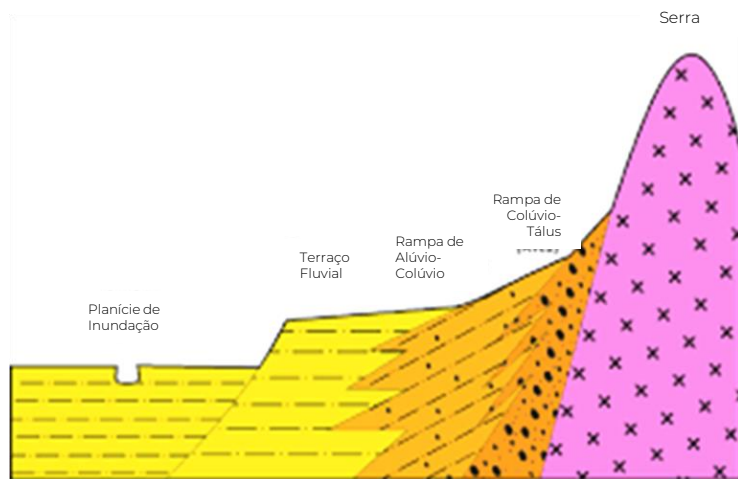
Créditos: *Robert Szucs via Fejetlenfej/Imgur*. Fonte: <http://www.iflscience.com>. Acesso em 18/12/17.



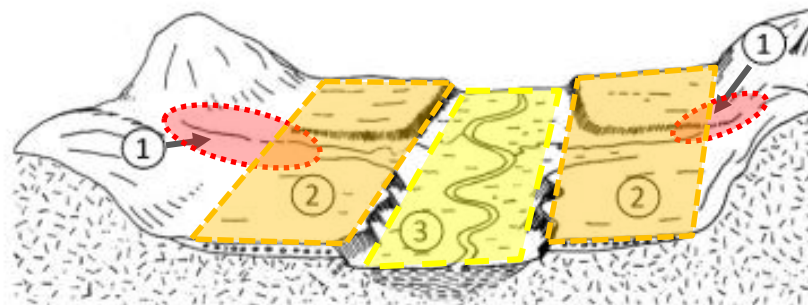


UNIDADES MORFO-ESTRATIGRAFICAS

O ambiente onde ocorrem (preferencialmente) as dinâmicas fluviais podem ser dividido em diferentes unidades morfo-estratigráficas, a depender de sua posição no vale, formato, granulometria do sedimento e processos geológicos atuantes. Aqui, iremos detalhar as Rampas de alúvio-colúvio, os terraços e as planícies de inundação.



Fonte: SGB.



-  Rochas cristalinas
-  Sedimentos consolidados
-  Sedimentos inconsolidados

- ① Rampas Al-Co
- ② Terraços fluviais
- ③ Planície fluvial

Fonte: CUNHA, Sandra B.; GUERRA, Antônio J. T. (Orgs.). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1998. Adaptado.





UNIDADES MORFO-ESTRATIGRAFICAS

Rampas de alúvio-colúvio: Enxurradas e Enchentes

- Superfícies deposicionais, suavemente inclinadas (5 a 9°), geradas por acumulação aluvial e, subordinadamente, coluvionar, de matriz predominantemente areno-argilosa.
- Situam-se em cabeceiras de vales e apresentam um moderado selecionamento granulométrico. Geralmente, apresentam-se entulhando os fundos de vales estreitos.



Fonte: SGB.





UNIDADES MORFO-ESTRATIGRAFICAS

Terraço fluvial: Inundação

- É constituído por material aluvionar mais antigo e em nível mais alto do que a atual da planície aluvionar e que ficou como testemunho de um período da evolução desta planície.
- A origem desses terraços pode estar ligada a evolução geomorfológica, mudanças climáticas e/ou processos tectônicos que se refletem em mudança de poder erosivo da corrente fluvial por aumento de competência, do gradiente topográfico e/ou de mudança de nível base, levando a erosão da própria planície.



Fonte: Marcelo Dantas - SGB.





UNIDADES MORFO-ESTRATIGRAFICAS

Planície de inundação: Enchente e Inundação

- Superfície deposicional, praticamente plana (0° a 3°), gerada por acumulação de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situada nos fundos de vales e podem ser amplas ou estreitas.



Fonte: SGB.





FLUVIOMETRIA

Medição de vazão líquida e sólida, monitoramento das cotas dos níveis de água e levantamento da seção transversal do rio.



Fonte: Anselmo Pedrazzi.



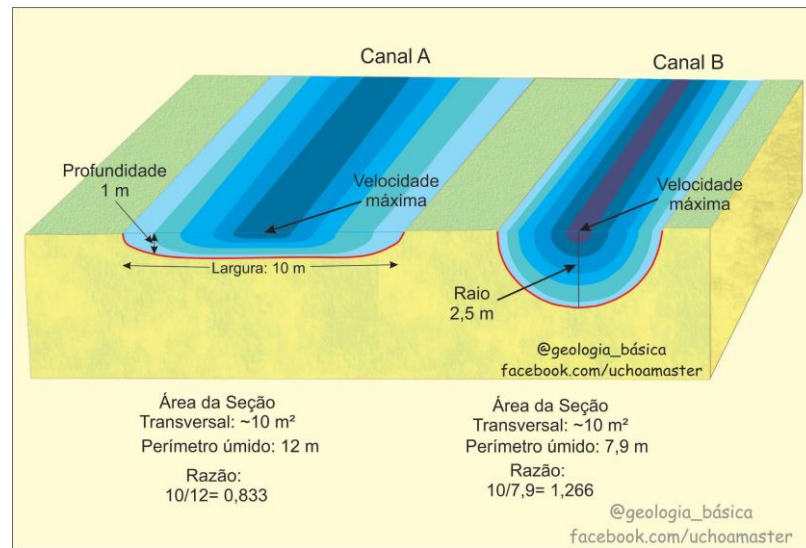
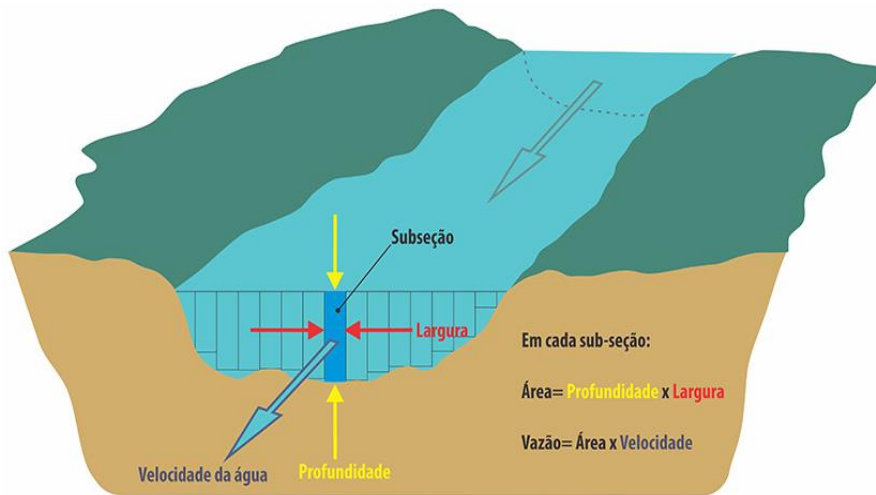
Fonte: Anselmo Pedrazzi.



DESCARGA FLUVIAL

A descarga fluvial é o volume de água que flui por um rio ou curso d'água em um determinado período de tempo.

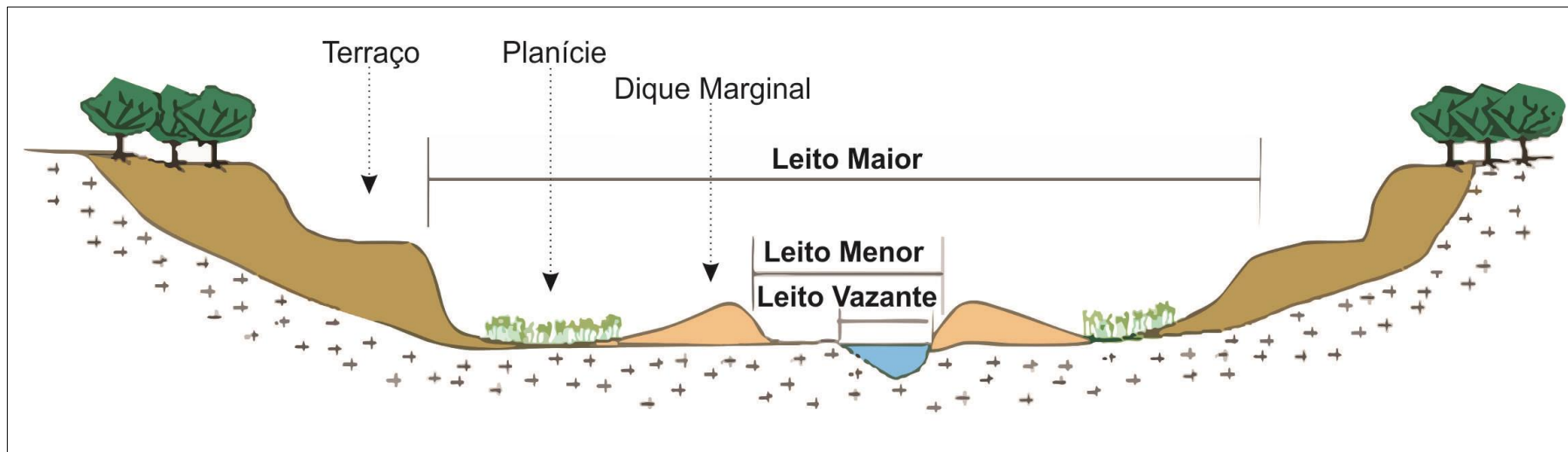
Área = Profundidade x Largura
Vazão = Área x Velocidade





PERFIL FLUVIAL

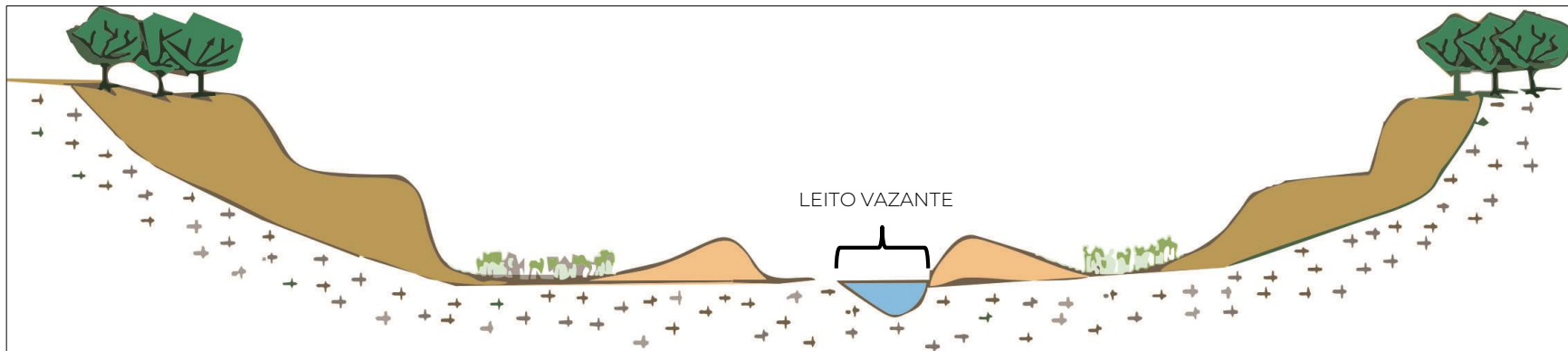
Seção esquemática de um canal de rio



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17



Vazante: nível d'água mais baixo de um período, restrito ao ponto mais profundo do talvegue



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17



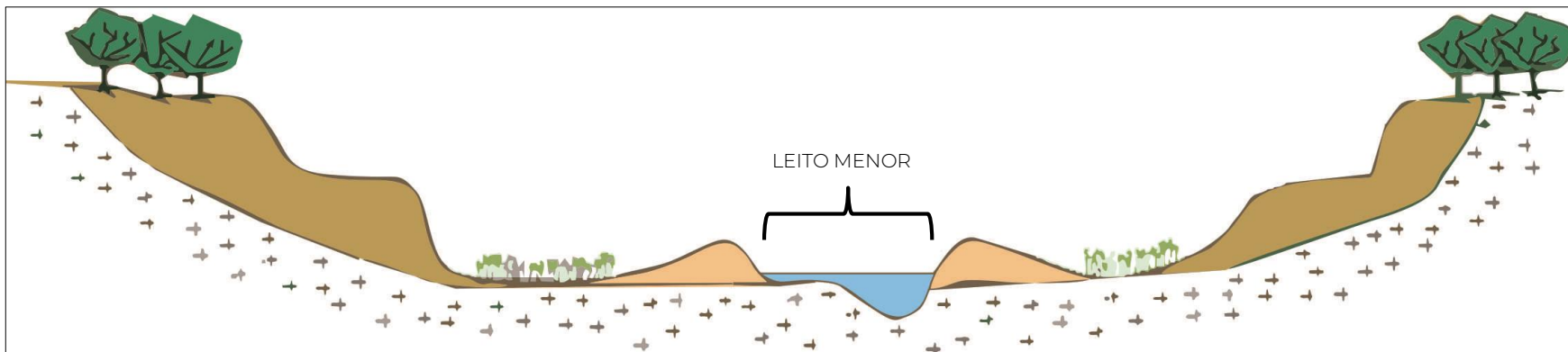
Distrito Federal. Fonte: Anselmo Pedrazzi.



Leito do Rio Doce em Colatina – ES

Créditos: Raquel Lopes/ A Gazeta. Fonte: <<http://g1.globo.com>>. Acesso em 13/12/17

Nível médio: Nível d'água médio da drenagem.



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17



Nível Médio

Rio Paraopeba em Brumadinho/MG



Créditos: Anselmo Pedrazzi. CPRM/SGB.

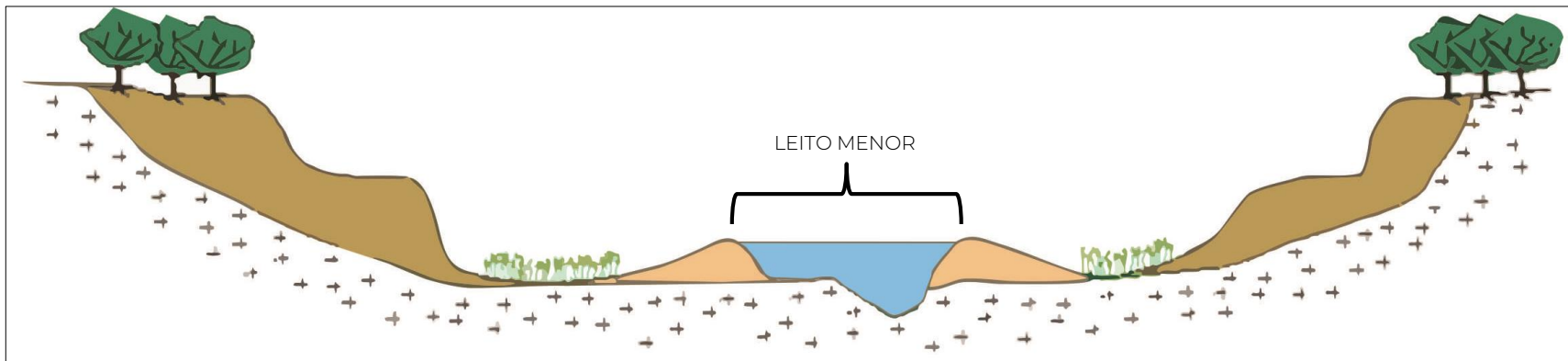
Rio Cricaré em São Mateus/ES



Créditos: Rafael Silva Araújo. CPRM/SGB.



Enchente (ou cheia): temporária elevação do nível d'água normal da drenagem, devido ao acréscimo de descarga. Nesse nível, a água ocupa totalmente o canal fluvial.



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17

Nível de Enchente

Cheia Rio Acre – Mercado Velho



Créditos: SGB-CPRM

Cheia em Barra de São Francisco - ES



Créditos: SGB-CPRM





Nível de Enchente – *Erosão de Margens*

Caratinga -MG



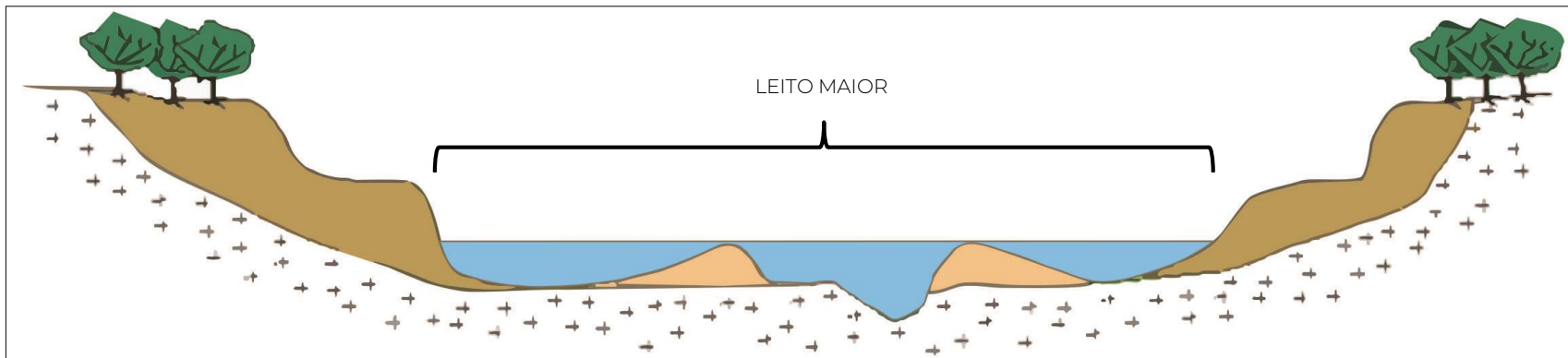
Créditos: SGB-CPRM



Créditos: SGB-CPRM



Inundação: Volume não se limita à calha principal do rio e extravasa para áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas.



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17

Nível de Inundação

Inundação Rio Acre em Rio Branco



<https://agazetadoacre.com/>

Inundação no Vale do Itajaí - SC



Nível de Inundação

Jacuípe Al – rio Mundaú



Créditos: SGB-CPRM

União dos Palmares - Al



Créditos: SGB-CPRM





Inundação - Modelagens

cota 6 metros

Av. Martin Luther

Prefeitura

BIG

R. J. Pessoa

Galeão





Inundação - Modelagens

cota 9 metros

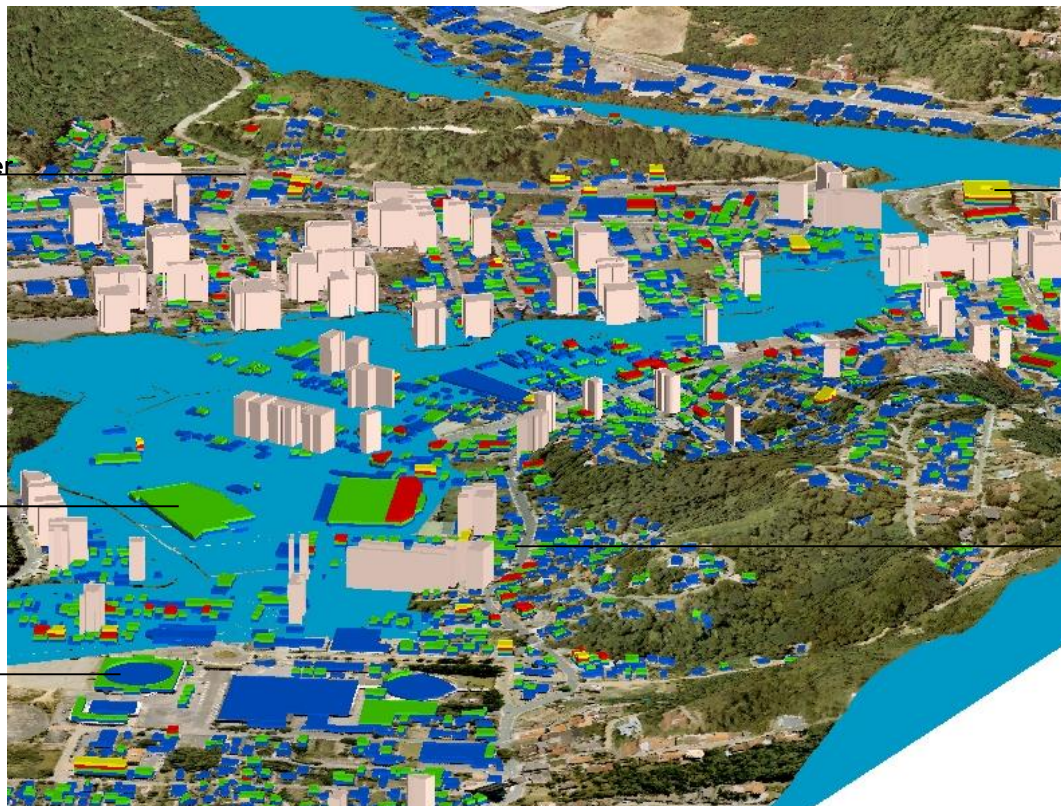
Av. Martin Luther

Prefeitura

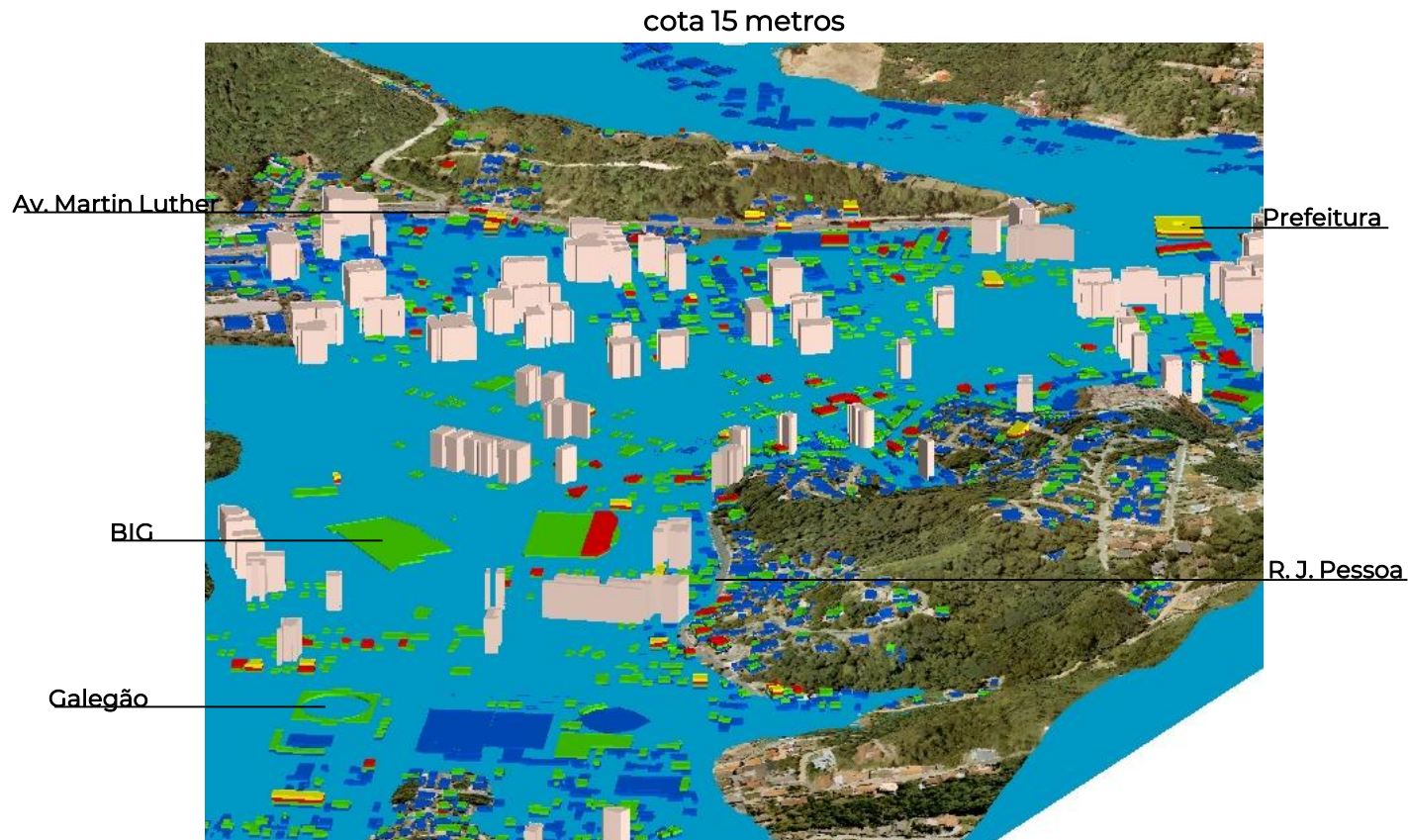
BIG

R. J. Pessoa

Galeão

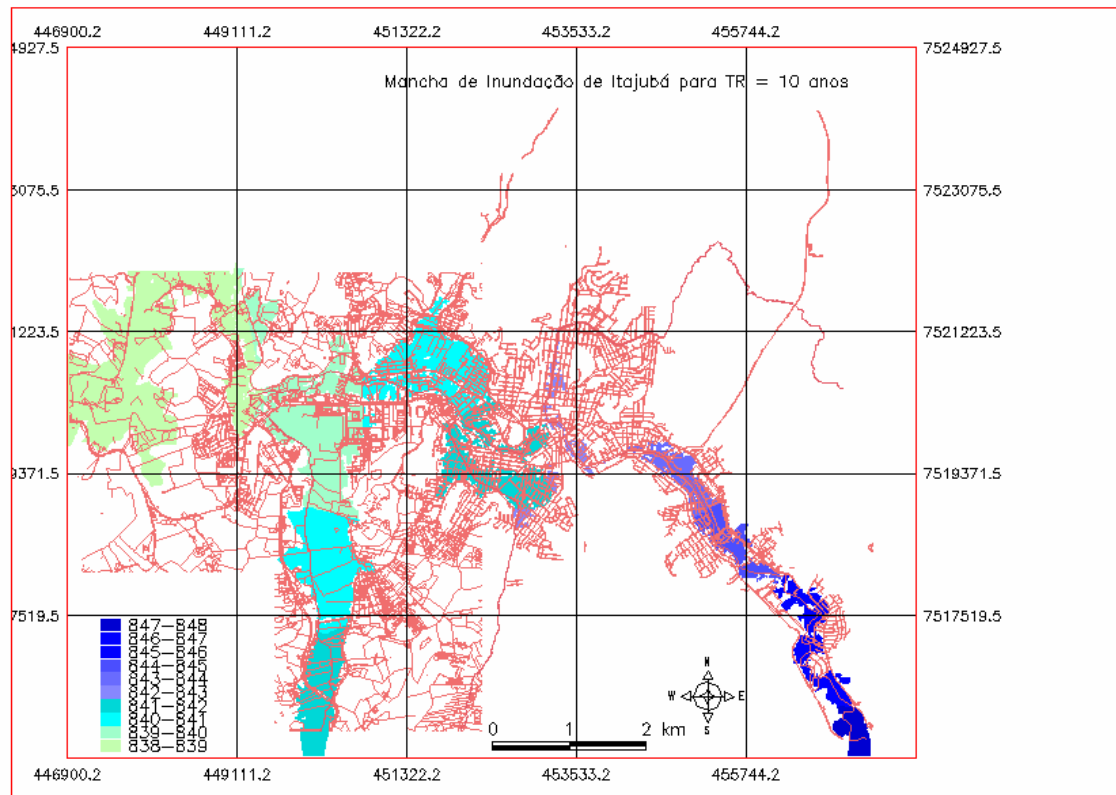


Inundação - Modelagens





Tempo de Retorno
(Recorrência ~ 10 anos)
Itajubá, MG



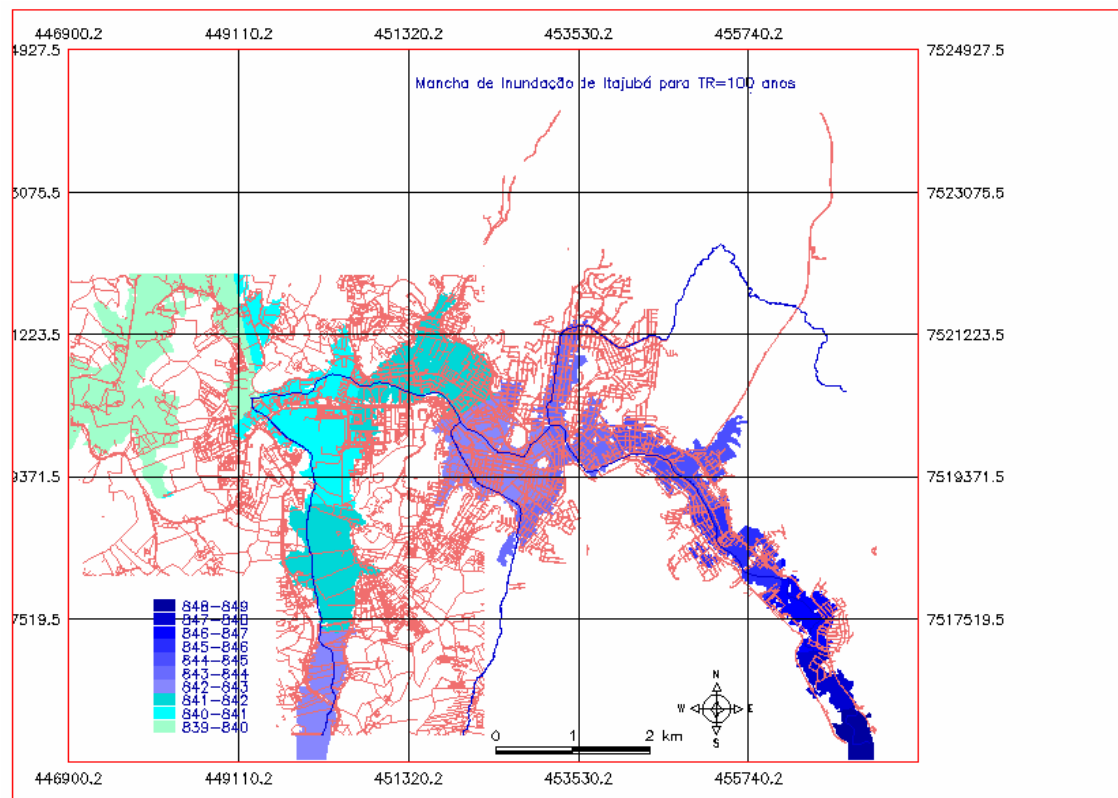
MONI SILVA, A. P. **Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG.** UNIFEI. Engenharia da Energia. 2006.





Inundação - Modelagens

Tempo de Retorno
(Recorrência ~ 100 anos)
Itajubá, MG



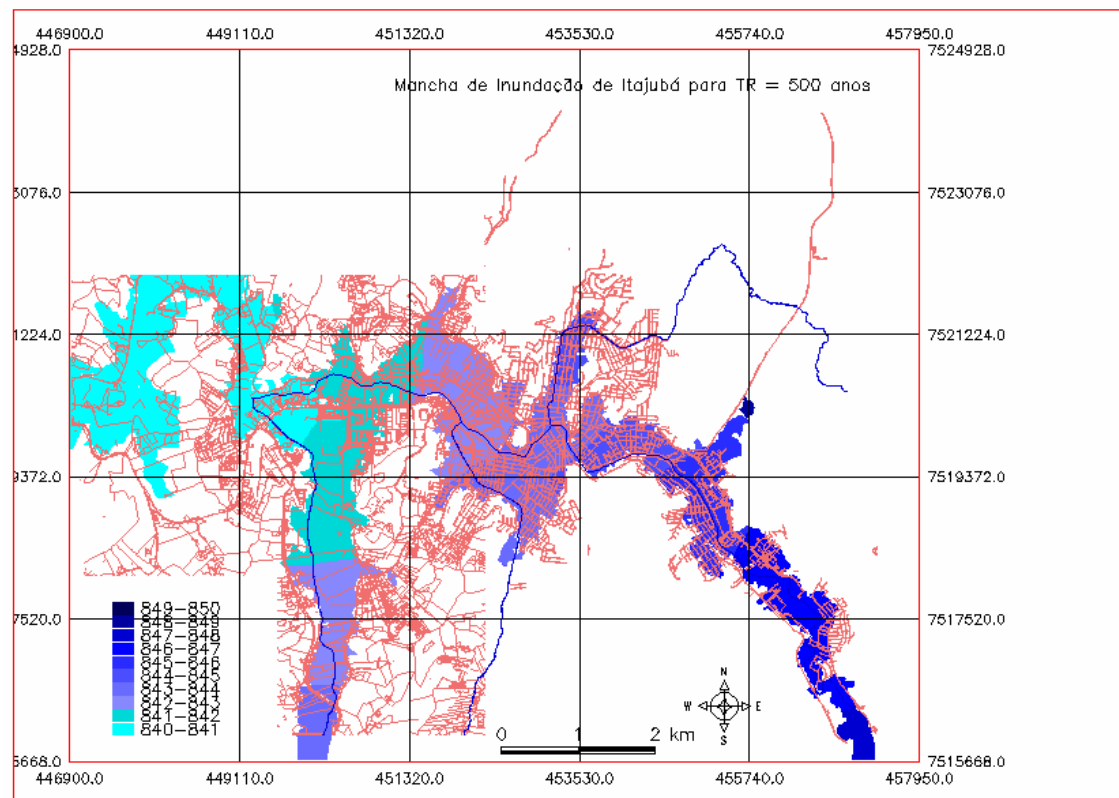
MONI SILVA, A. P. *Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG.* UNIFEI. Engenharia da Energia. 2006.





Inundação - Modelagens

Tempo de Retorno
(Recorrência ~ 500 anos)
Itajubá, MG

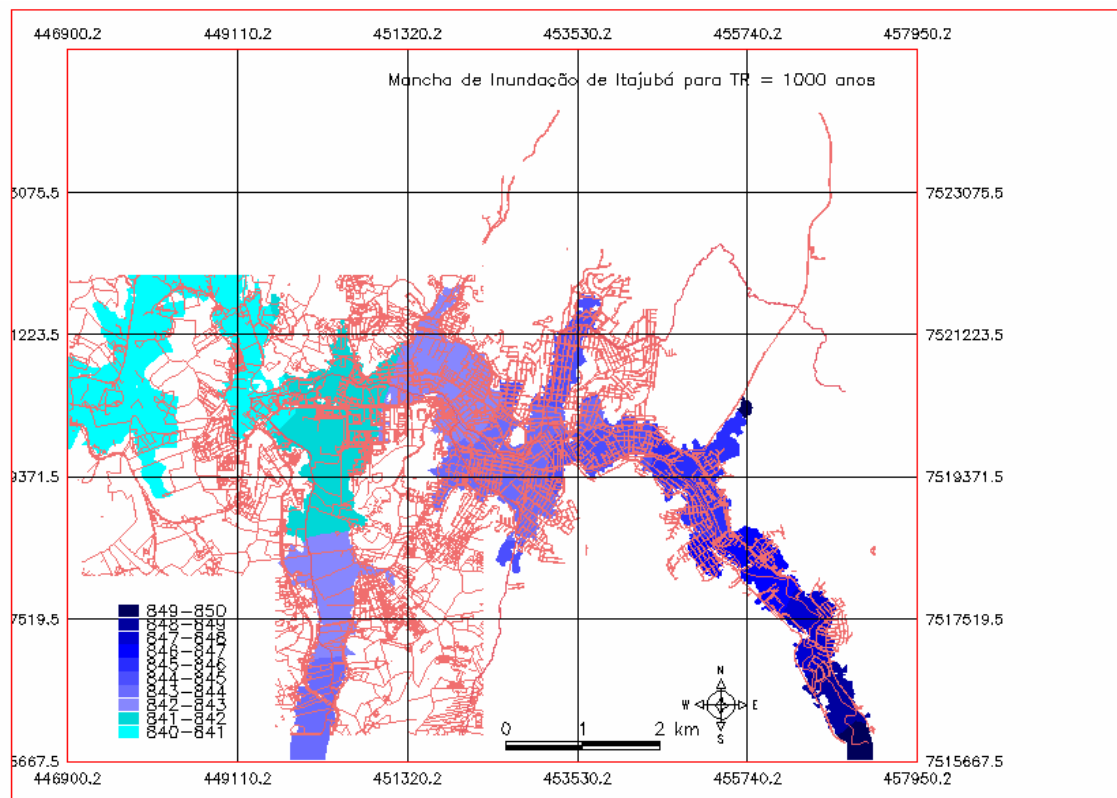


MONI SILVA, A. P. *Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG.* UNIFEI. Engenharia da Energia. 2006.





Tempo de Retorno
(Recorrência ~ 1000 anos)
Itajubá, MG



MONI SILVA, A. P. *Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG. UNIFEI. Engenharia da Energia. 2006.*





Enxurradas

Escoamento superficial concentrado e com alta velocidade e energia de transporte ocasionado em eventos chuvosos intensos ou extremos. Também denominado de **inundação brusca**.

Teresópolis, RJ



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

Rio largo, AL

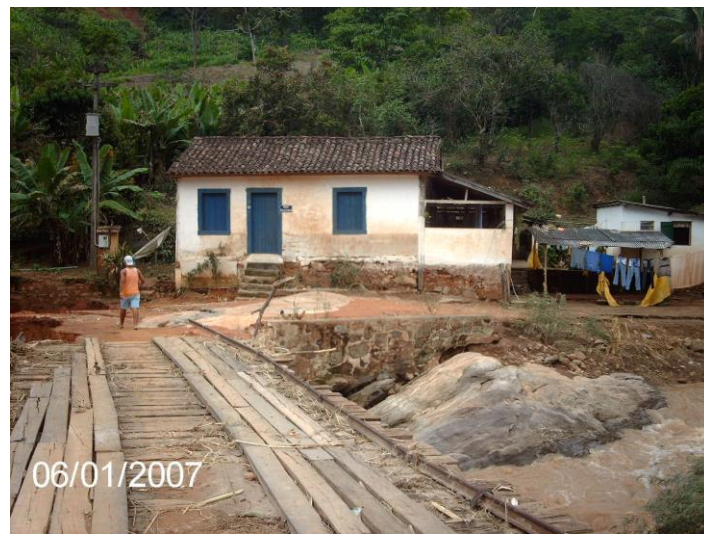


Iúna, ES



Fonte: Instagram/@pocodoegito.0fc





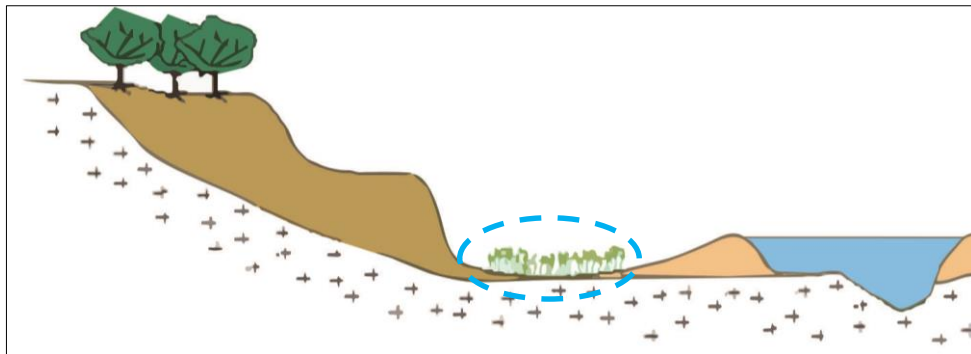
Fonte: CPRM-SGB.





Alagamentos Naturais

Acúmulo momentâneo de água em regiões com deficiência de drenagem e devido a subida do nível freático. Não têm relação com processos fluviais.



Modificado por Rafael Silva Araújo CPRM/SGB. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso 13/12/17



Fonte: Anselmo Pedrazzi



Fonte:
<<https://bibocaambiental.blogspot.com.br>>.
Acesso em 2/12/2017





Problemas nas Redes de Drenagem

Acúmulo de água provocado por chuvas intensas em áreas total ou parcialmente impermeabilizadas e onde a rede de drenagem pluvial **não consegue escoar** uma **vazão superior** aquela para a qual foi projetada.

Podemos incluir ainda o **entupimento** dessas drenagens outro fator de alagamento.



Avenida José de Alencar, Porto Alegre - RS

Créditos: EPTC/Divulgação Fonte: <<http://g1.globo.com/>>. Acesso em 12/07/18.





PRINCIPAIS CONDICIONANTES

Destacam-se como principais fatores influenciadores para o escoamento superficial:

Fatores Climáticos

- Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas;

Fatores Fisiográficos

- Capacidade de infiltração e permeabilidade do solo;
- Forma de relevo
- Forma da bacia e rede de drenagem
- Tipo de cobertura vegetal



Tipos de Chuvas mais comuns



CHUVA OROGRÁFICA: o aquecimento dos oceanos causa a evaporação da água. Esse vapor é empurrado pelo vento, forçando a subir uma barreira topográfica como uma montanha. Conforme essa massa de ar vai subindo, ela também vai resfriando. Assim ocorre a condensação do vapor de água, que vai se transformando em gotículas de água e formando nuvens.

CHUVA FRONTAL: quando uma massa de ar quente encontra uma massa de ar frio. Essas massas de ar têm diferentes densidades, temperaturas e umidades. A massa de ar quente, que é menos densa e possui mais energia, é forçada a subir sobre a massa de ar frio. À medida que o ar quente sobe, ele se resfria. O resfriamento resulta na condensação do vapor de água e na formação de nuvens de chuva.

CHUVA CONVECTIVA: movimento vertical do ar causado por diferenças de temperatura e densidade em diferentes pontos. O ar próximo à superfície aquecida se torna mais quente e menos denso do que o ar circundante. Essa massa quente tende a subir em uma corrente ascendente, conhecida como corrente convectiva. À medida que o ar sobe, ocorre a condensação do vapor de água, formando nuvens e, eventualmente, chuva.





Fonte: Reprodução/Cptec/Inpe

ZCIT + ZCAS

A **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)** é um sistema meteorológico que provoca chuvas intensas no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. A ZCIT é formada pela convergência de ventos alísios dos hemisférios Norte e Sul, fica posicionada entre, aproximadamente, 14 graus ao Norte e 2 graus ao Sul da linha do Equador ao longo de todo o ano. Os ventos alísios são úmidos e, constantemente, seguem em direção à região equatorial.

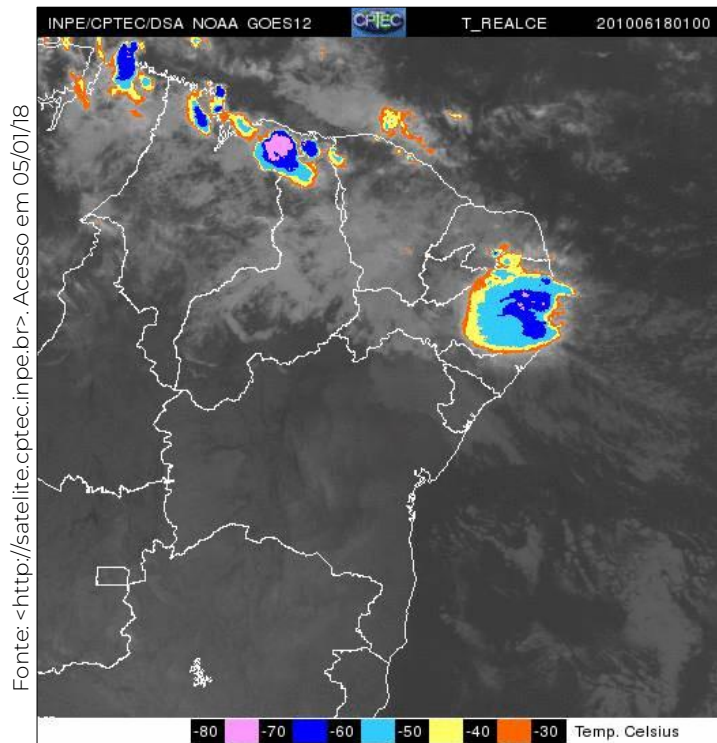
A **Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)** é um dos principais sistemas meteorológicos causadores de chuvas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste entre o fim da primavera e o verão. Definida como um corredor de nuvens que corta o Brasil, desde o sul da Região Amazônica até o Oceano Atlântico, passando pela faixa central do País. A ZCAS eventualmente, também pode se deslocar para cima ou para baixo e atingir, também, os estados da Bahia e do Paraná.



Chuvas

Exemplo

Chuvas intensas e/ou de longa duração favorecem a saturação dos solos, o que aumenta o escoamento superficial e a concentração de água nessas regiões.



Imagens de satélite da tempestade que causou Inundação do Rio Mundaú-AL, em junho de 2010.



Fonte: <<https://www.uniaonet.com>>. Acesso em 05/01/18



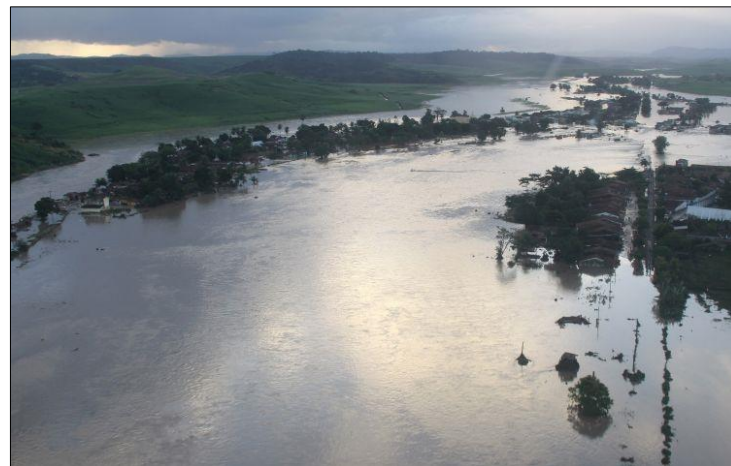


União dos Palmares - AL.

Antes, durante e após a cheia do
Rio Mundaú em Junho de 2010



Créditos: Clezivaldo Mizaél Fonte: <<http://www.jmarcelofotos.com>>.
Acesso em 05/01/18.



Créditos: Thiago Sampaio/Agência Alagoas. Fonte: <<https://noticias.uol.com.br>>. Acesso em 05/01/18.



Ciclones Extratropicais

São sistemas de baixa pressão atmosférica onde o ar se movimenta no sentido horário, no Hemisfério Sul. Está associado com frente fria e frente quente, causando padrões de tempo distintos nessas duas regiões. Os ciclones extratropicais são fenômenos meteorológicos muito comuns na América do Sul, embora só alguns atuem próximos do Brasil.



Imagens de satélite obtidas a partir do **Programa de Monitoramento Rede Brasil M.A.I.S** (Meio Ambiente Integrado e Seguro), do Ministério da Justiça e Segurança Pública, mostram o alcance da destruição provocada pelo ciclone extratropical no Rio Grande do Sul. Com o registro do antes e depois, é possível analisar o impacto para os municípios de General Câmara, Taquari, Muçum e Encantado.



Foto: Planet/SCCON do Programa Brasil Mais/Divulgação



Relevo

Vales encaixados, vertentes com elevada declividade predispõem fluxos de alta velocidade.

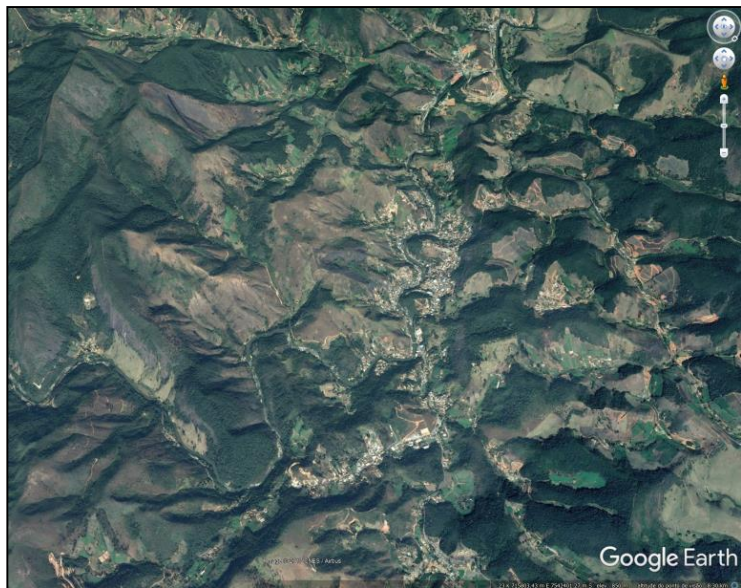


Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 05/01/18.

Relevo íngreme, São José do Vale do Rio Preto - RJ

Vales abertos com extensas planícies e terraços, vertentes menos declivosas predispõem inundações mais lentas e graduais.



Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 05/01/18.

Relevo suave, Angélica- MS

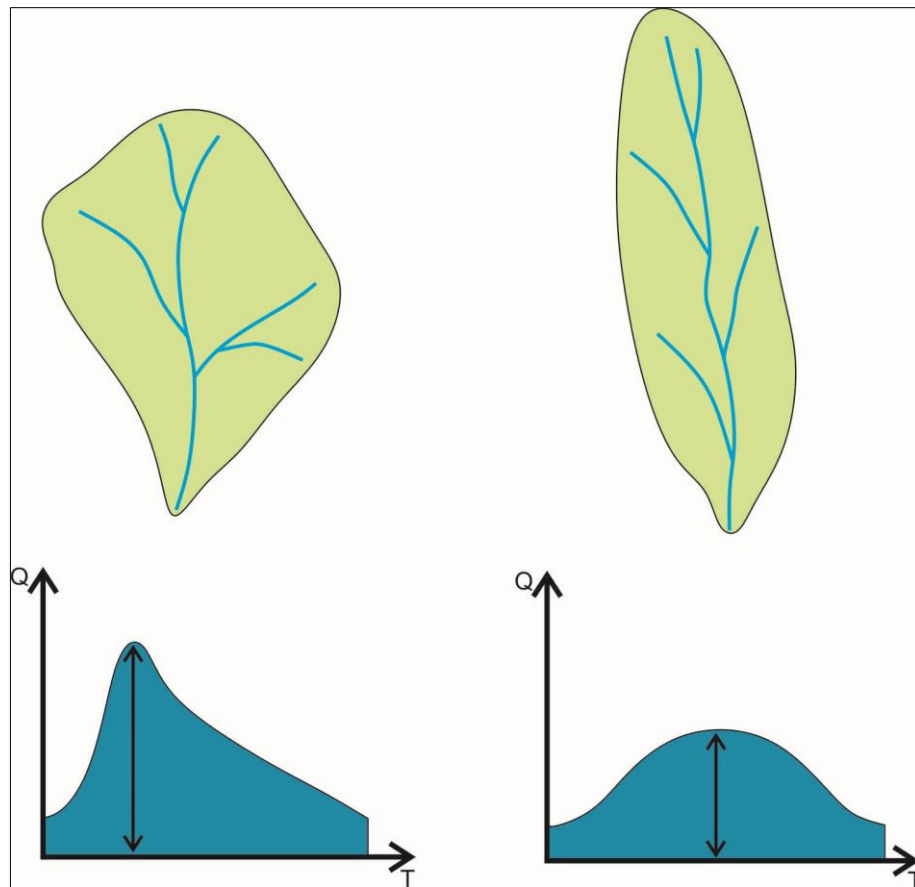




Forma da Bacia

Quanto **mais arredondada**,
mais propensa a **processos de
inundação rápida** uma vez
que todos os fluxos chegam
ao mesmo tempo no canal
principal.

Geometria de bacias hidrográficas e
respectivos **hidrogramas**
(relação vazão(Q) x tempo(t))



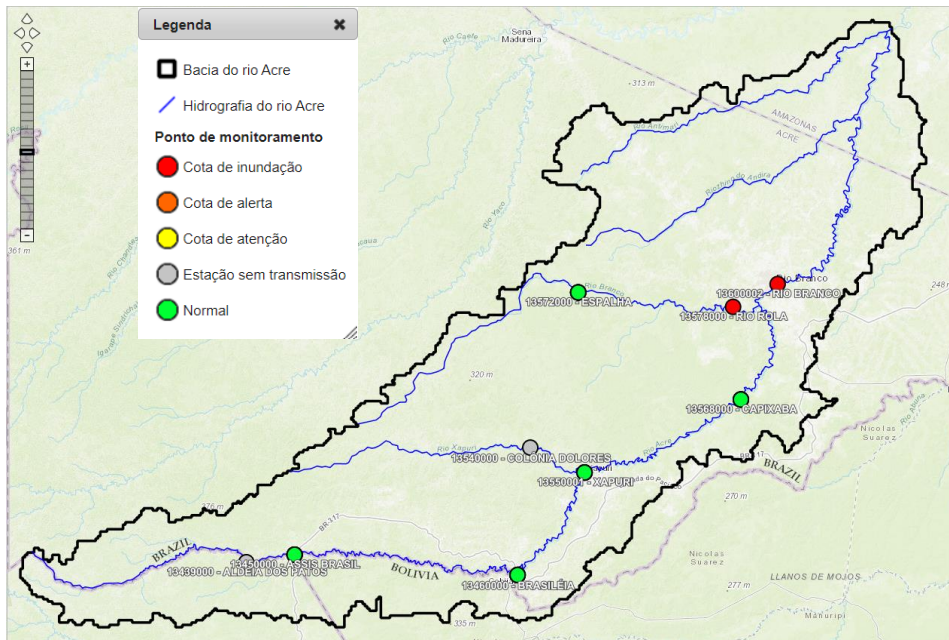
Créditos: Rafael Silva Araújo CPRM/SGB





Monitoramento

SACE - <https://www.sgb.gov.br/sace/>



Bacia do Rio Acre. Fonte: <http://www.cprm.gov.br/sace/>

O **SACE** é a plataforma desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para disponibilizar todas as informações geradas no contexto dos Sistemas de Alerta Hidrológicos (SAHs).

Aqui, são reunidas todas as informações disponíveis para cada bacia hidrográfica, como o monitoramento automático de chuvas e níveis de rios em diversas estações hidrometeorológicas, os links para os mapas de riscos dos municípios e todos os boletins de monitoramento e alertas publicados.

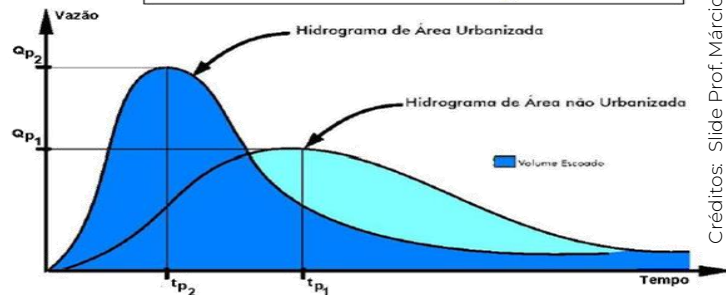
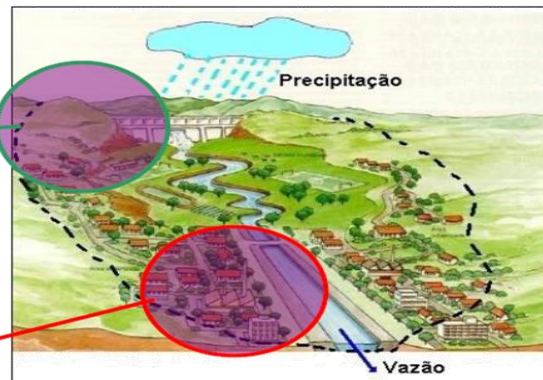
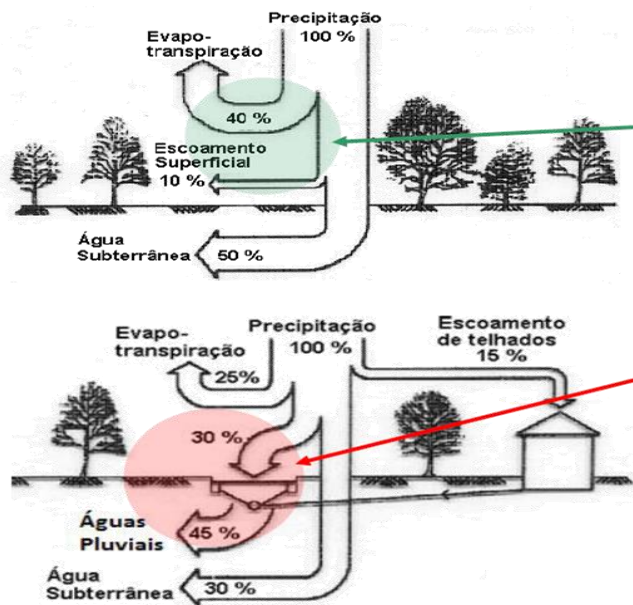
O objetivo dos **SAH's** consiste no monitoramento e previsão de níveis de rios, gerando e disseminando informações hidrológicas para subsidiar a tomada de decisão por parte da população e dos órgãos relacionadas à mitigação dos impactos de eventos hidrológicos extremos.





Impermeabilização do Solo

A rápida passagem da água por regiões urbanizadas com canais canalizados e retinizados tem efeitos colaterais, como o incremento do pico de cheia a jusante.



Créditos: Slide Prof. Márcio Baptista - UFMG

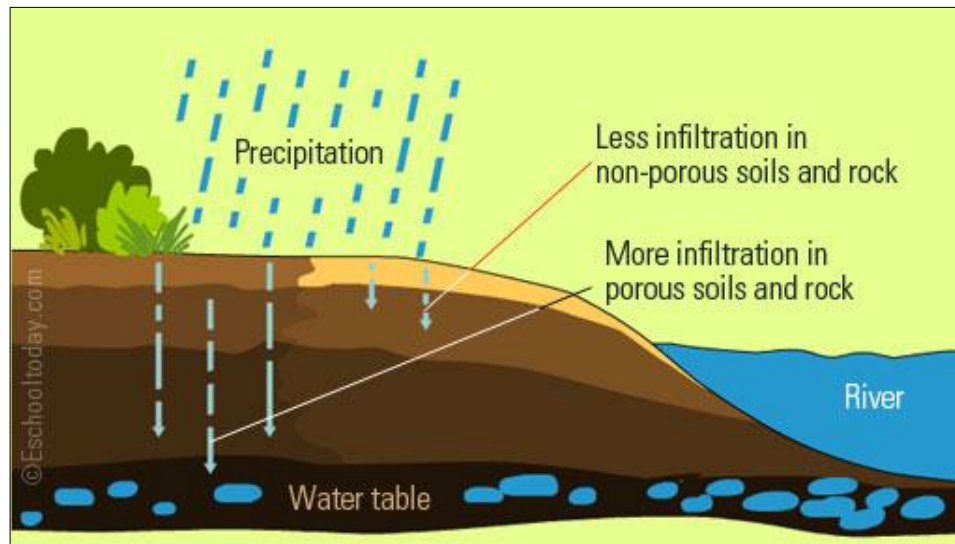




Solo

Para uma dada chuva, quanto maior a capacidade de infiltração do solo, menor o escoamento superficial resultante.

No entanto, a chuva infiltrada que abastece o lençol freático, alimenta os corpos fluviais por mais tempo.



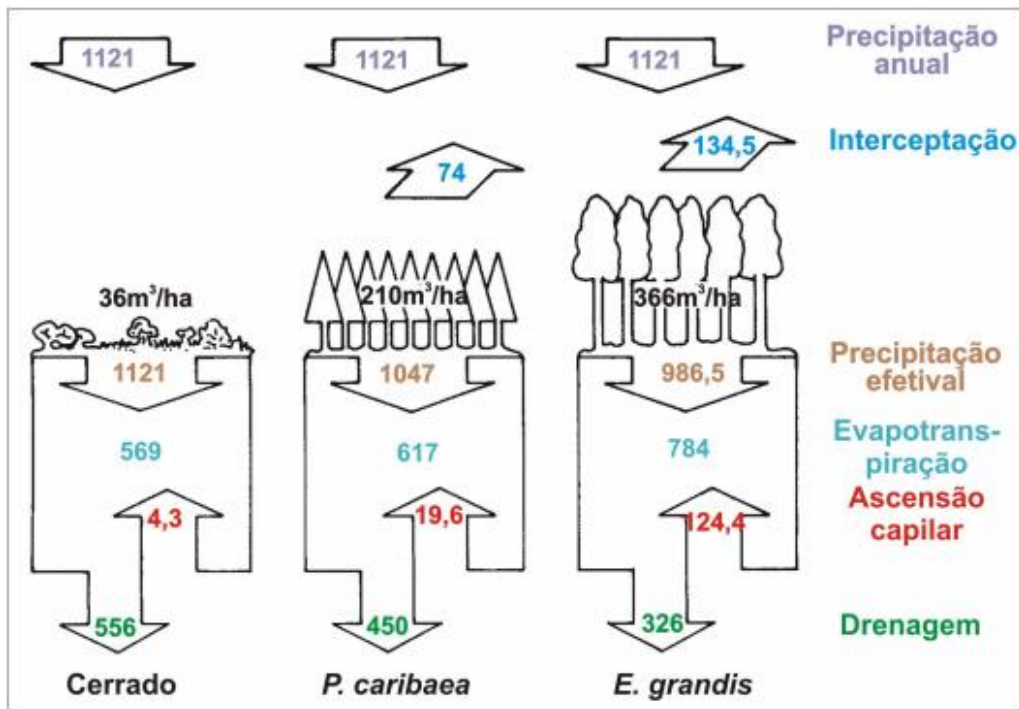
Fonte: <<http://www.eschooltoday.com>>. Acesso em 08/01/2018



Vegetação

A presença de vegetação auxilia na retenção de água no solo e diminui a velocidade do escoamento superficial, minimizando as taxas de erosão.

Para os diferentes tipos de vegetação, efeitos distintos são causados no escoamento superficial e infiltração.



Créditos: Lima 1993. Fonte: Luiz de A. P. Bacellar, 2005.



Eliminação da mata ciliar, desmatamentos e queimadas

Aumenta o escoamento superficial, provoca erosão contínua e assoreamento dos cursos d'água.



Créditos: 360grus. Fonte: <<http://www.pensamentoverde.com.br>>. Acesso em 10/01/18.



Ocupação das margens dos canais e de fundos de vale



Fonte: <<http://mapio.net>> Acesso em 12/01/18



Créditos: Marta Aguiar. Fonte: <<http://manhuacunoticia.com.br>> Acesso em 12/01/18.

Construções ocupam planície de inundação do Rio Manhuaçu (MG) e invadem também porções do leito menor.



Aterros lançados nos leitos e margens dos rios



Fonte: <<https://afaunanatal.wordpress.com>>. Acesso em 11/01/18

Aterro em planície de inundação, Natal - RN



Fonte: Débora Lamberty, SGB/CPRM

Aterro lançado às margens de córrego e assoreamento do canal, Apiaí - SP





Barramentos e Estrangulamento de Canais



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Canalização de córrego, Apiaí - SP



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Assoreamento de galeria, Joinville - SC





Barramentos e Estrangulamento de Canais



Créditos: CPRM/SGB



Créditos: CPRM/SGB





Assoreamento de canal

Diminuição da capacidade de vazão



Créditos: IPT





Inundação brusca urbana, Ribeirão Arrudas, Belo Horizonte - MG



Prejuízos após enxurrada no córrego Vilarinho, Belo Horizonte - MG

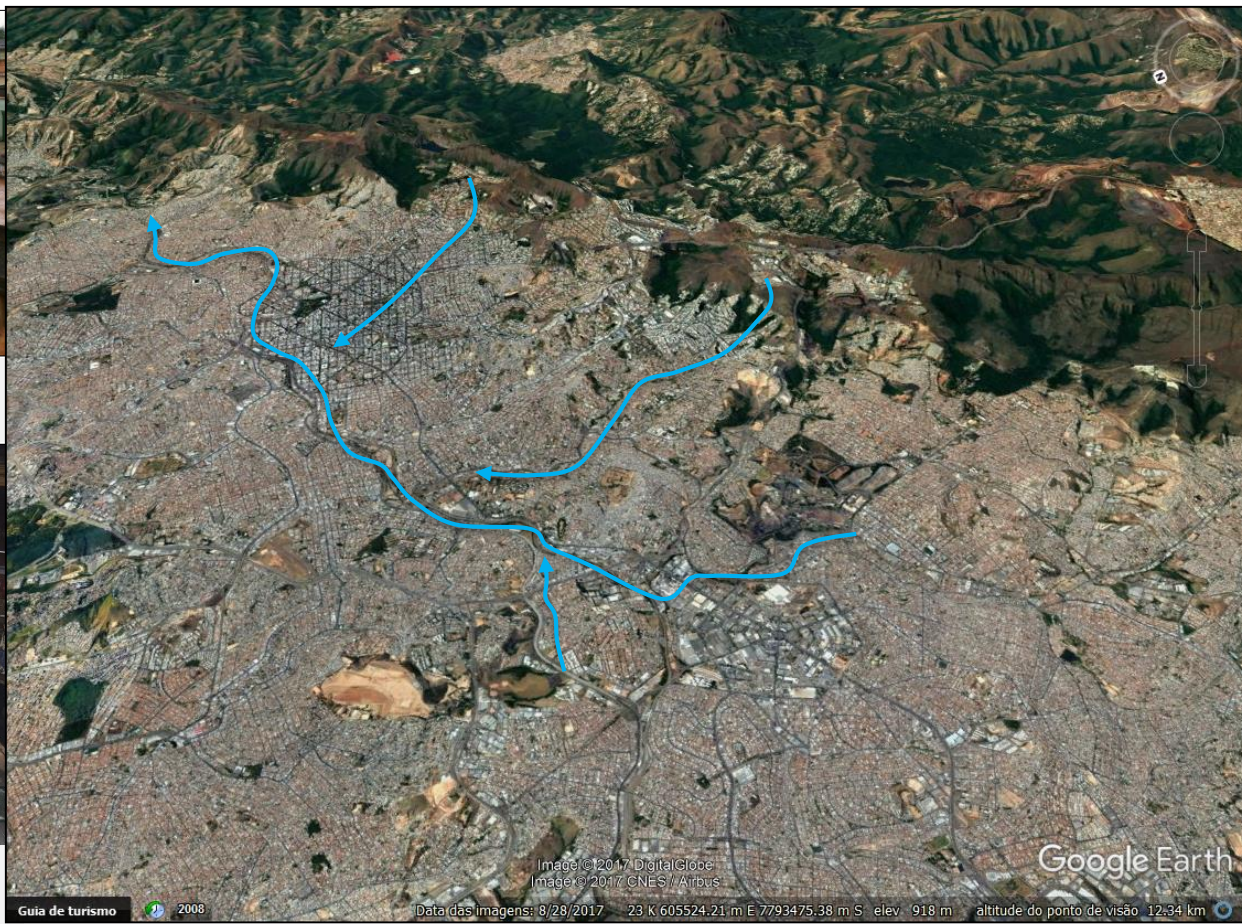


Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 22/12/17.

Créditos: Cristiano Machado/Estadão Conteúdo.
Fonte: <<https://www.metropoles.com>>. Acesso em 14/12/17



Marcelo Parente Henriques
Pesquisador em Geociências

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
e-mail: marcelo.parente@sgb.gov.br
Telefone: (21) 3044-0614
www.sgb.gov.br



OBRIGADO



**SERVIÇO
GEOLÓGICO
DO BRASIL**

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

