

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Departamento de Gestão Territorial - Deget

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

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



INTRODUÇÃO

- As **enchentes** e **inundações** são fenômenos de natureza hidrometeorológica e fazem parte da dinâmica natural.
- 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.



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CONCEITOS IMPORTANTES



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

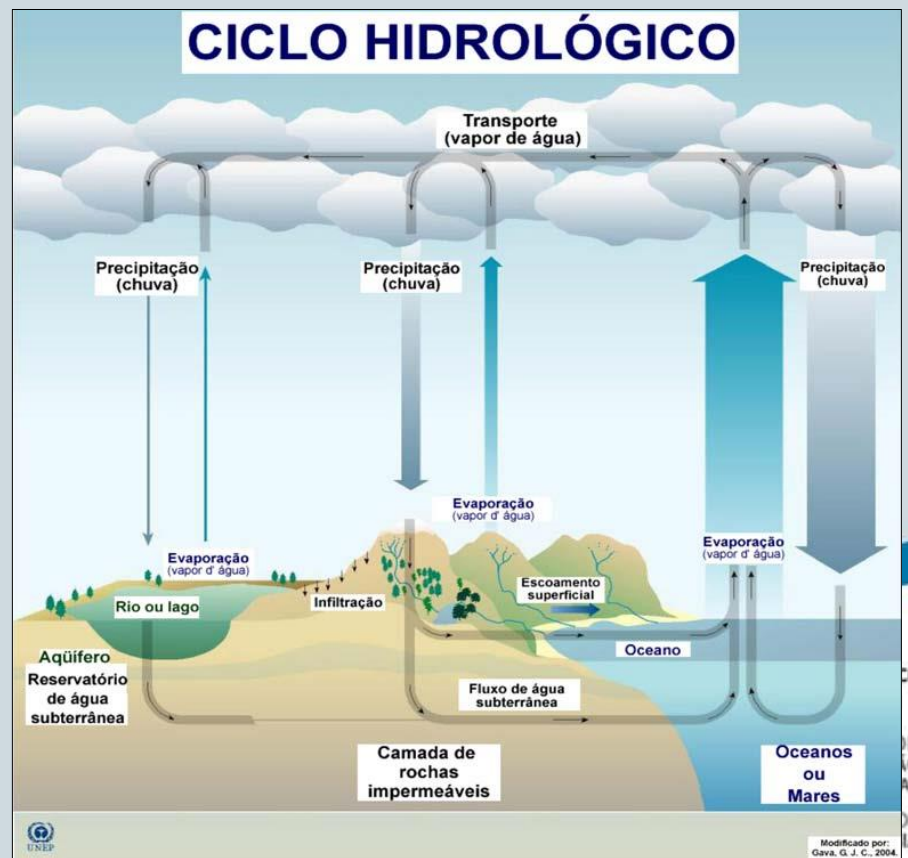


**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico descreve as formas pela qual a água se move pela terra.

- A água ocorre na atmosfera e na superfície da terra como **líquido, sólido ou gás**, e está continuamente mudando de estado.
- A água move-se **rapidamente** como **chuva** na atmosfera ou como **fluxos superficiais**, e mais **lentamente** como **fluxos subsuperficiais**.



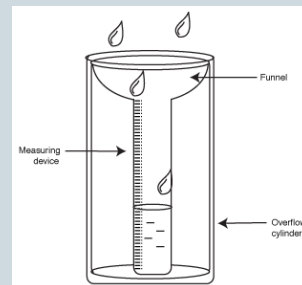
Precipitação

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**, aparelhos que expressam a quantidade de chuva em unidades de profundidade (geralmente milímetros).



Fonte: <<https://www.infoplease.com>>. Acesso em 20/12/17.



Fonte: <<http://www.efecade.com.br>>. Acesso em 20/12/17



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

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

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.

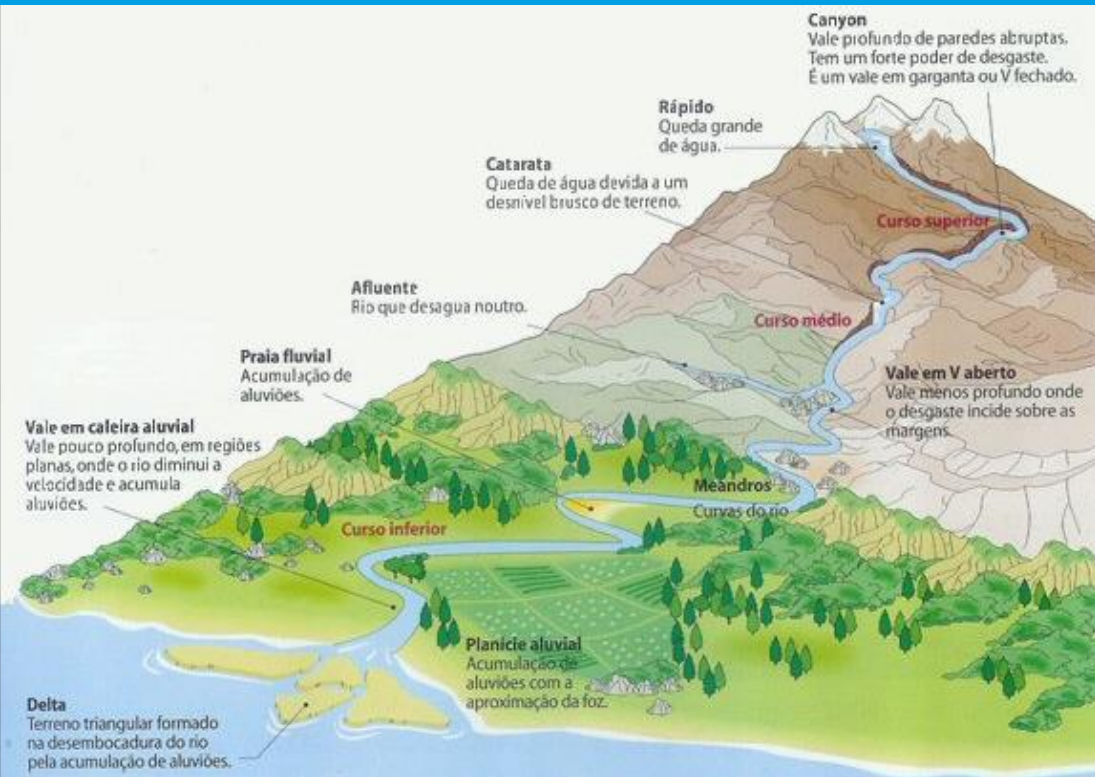


Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 18/12/1978

A **bacia hidrográfica** é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

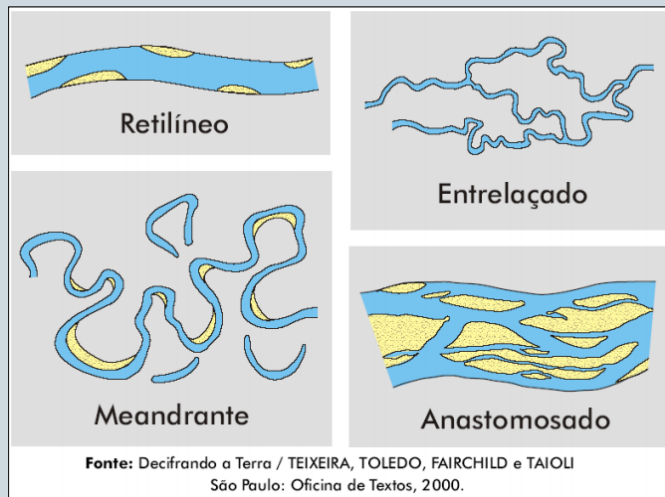
(Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997)

Canal fluvial



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

Planta esquemática de um canal de rio



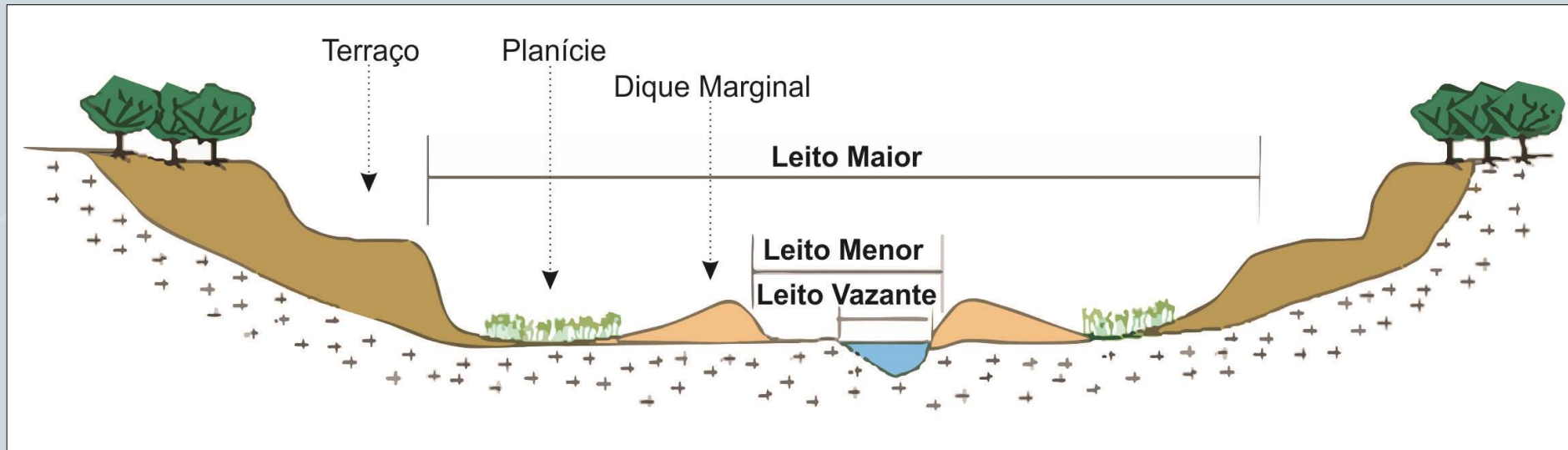
 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Seção esquemática de um canal de rio



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

PROCESSOS

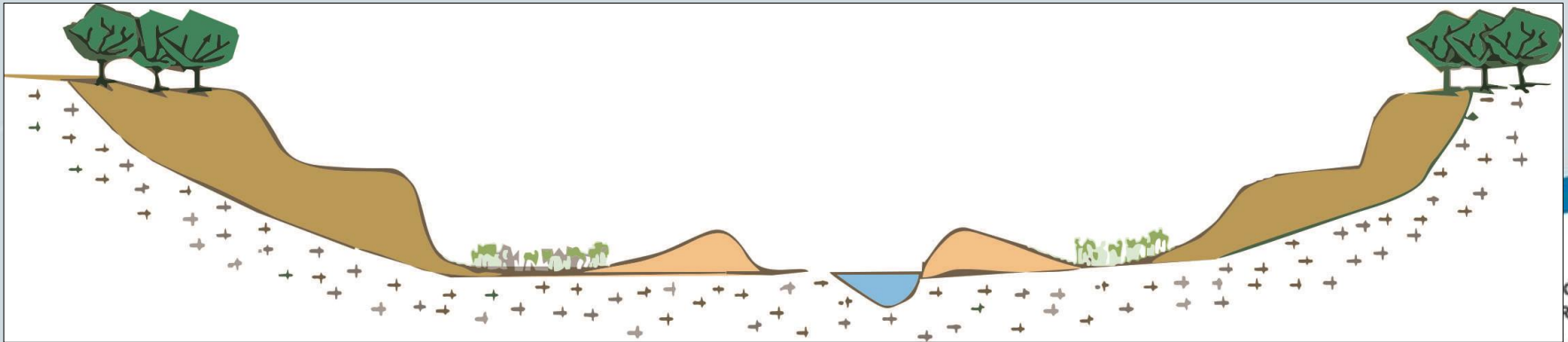


SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



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



Créditos: Euzivaldo Queiroz/ REUTERS. Fonte: <<http://especiais.ig.com.br>>. Acesso em 13/12/17

Porção normalmente profunda do Rio Negro, Afluente do Rio Amazonas, em Manaus - AM



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

Leito do Rio Doce em Colatina - ES

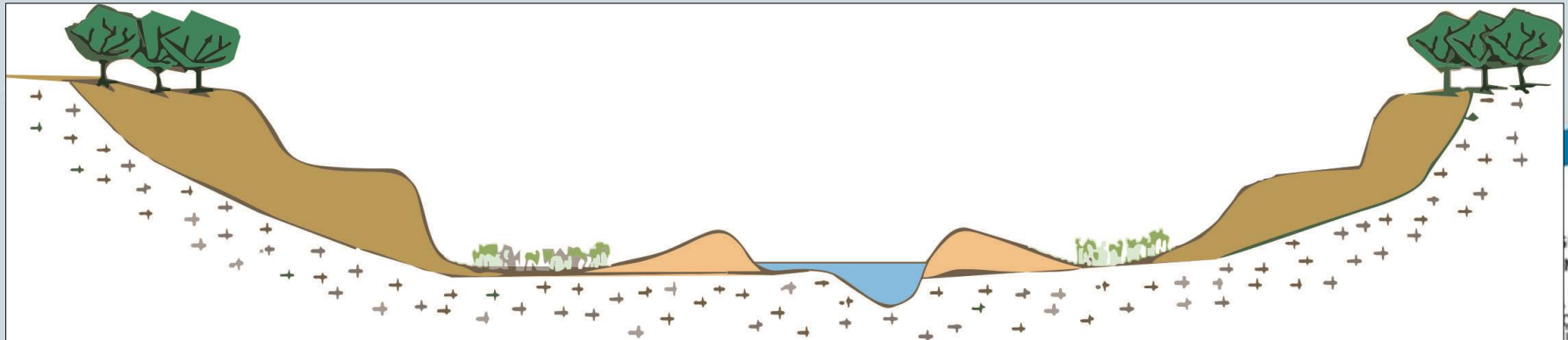
 **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

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



Créditos: DeMar. Fonte: <<http://www.panoramio.com/>>. Acesso em 13/12/17

Rio Cricaré em São Mateus/ES



Créditos: Rafael Silva Araújo. CPRM/SGB.

Rio Grande em São Sebastião do
Alto - RJ

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL



Fonte: <<http://www.prolinfo.com.br>>. Acesso em 13/12/17

Rio São Francisco entre os Municípios de Juazeiro - BA e Petrolina - PE

 DO BRASIL - CPRM

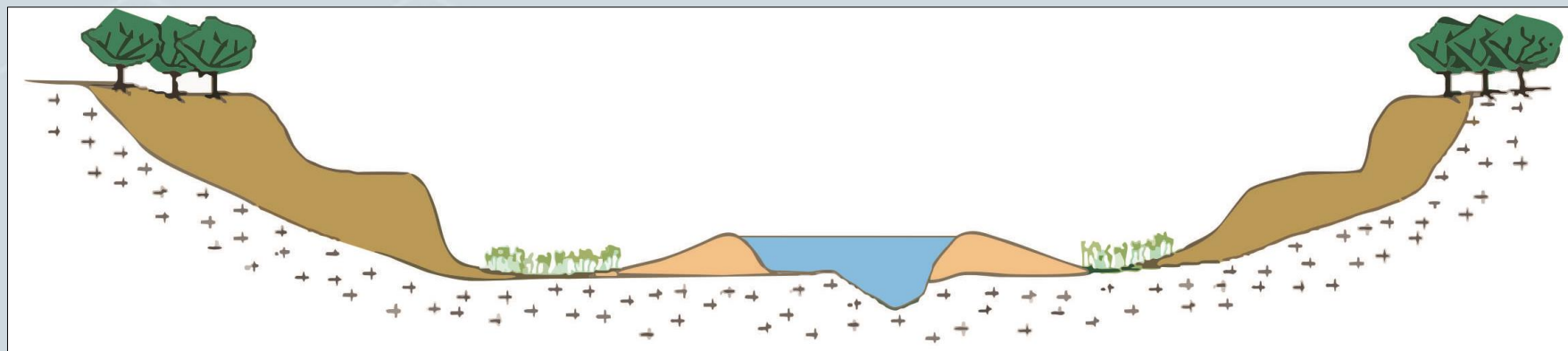
SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Enchente (ou cheia)

Enchente (ou cheia): temporária elevação do nível d'água normal da drenagem, devido ao acréscimo de descarga.



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

LÓGICO
CPRM
ARIA DE
ERAÇÃO
MINERAL
ÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Enchente (ou cheia)



Créditos: Patrick Rodrigues / Agência RBS. Fonte:
<<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br>>. Acesso em 13/12/17

Cheia do Rio Itajaí-Mirim em Brusque - SC



Fonte: <<http://imagenspocosdecaldas.blogspot.com.br>>. Acesso em 13/12/17

Cheia em Poços de Caldas - MG

Serviço GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA




Enchente (ou cheia)



Cheia em Barra de São Francisco - ES

Fonte: <<https://www.gazetaonline.com.br>>. Acesso em 13/13/17.

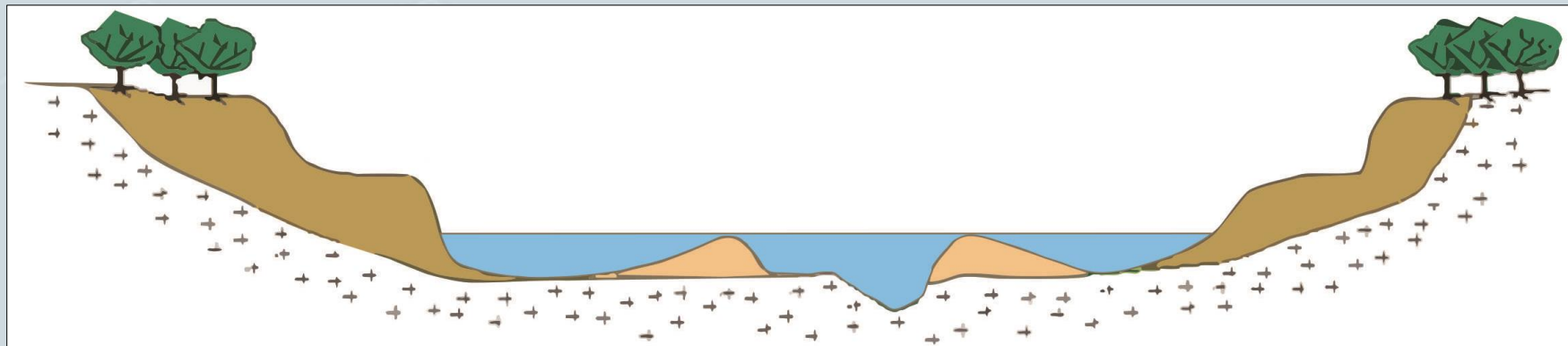
 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

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

Inundação



Fonte: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0408201121.htm>>.
Acesso em: 10/08/2020

Inundação do Rio Ribeira de Iguape,
Eldorado - SP em agosto de 2011



Fonte:
<https://brasil.elpais.com/brasil/2016/03/11/politica/1457725121_450376.html>.
Acesso em 10/08/2020.

Inundação do Rio Juqueri, Franco da Rocha – SP
em março de 2016

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

**SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA**

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



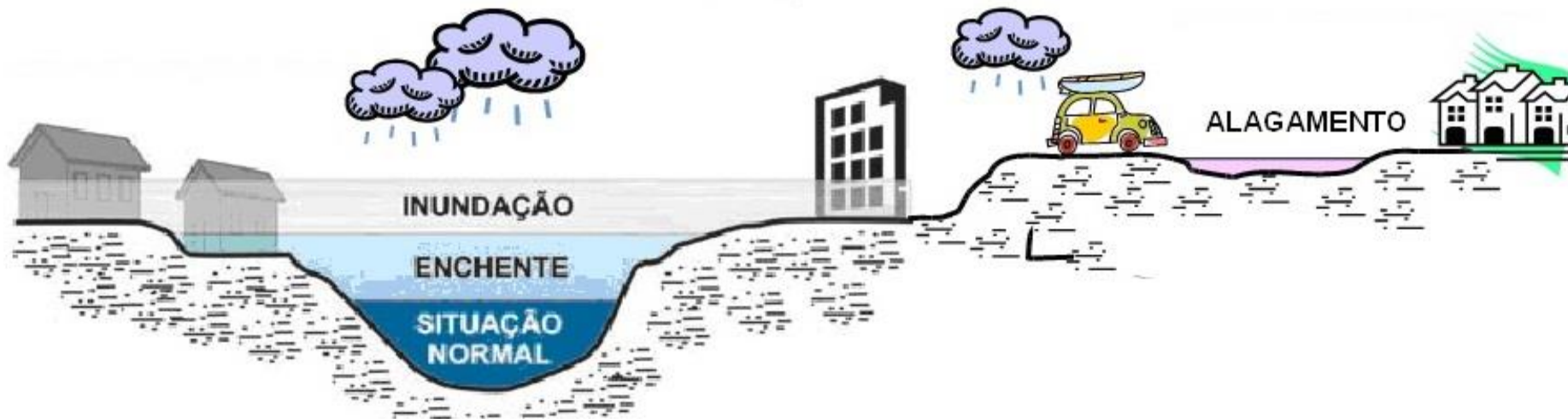
Inundação no Vale do Itajaí - SC

Créditos: Aurélio Lins Leal. Fonte: <<http://mapio.net/>>. Acesso em: 17/12/17.

SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



<https://acqualisengenharia.com.br/eng/wp-content/uploads/2018/05/Enchente.jpg>

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Enxurrada

Escoamento superficial concentrado e com alta velocidade e energia de transporte ocasionado em eventos chuvosos intensos ou extremos. Também denominado de ***inundação brusca***. Imagens de São Sebastião – SP e Coronel Freitas– SC.



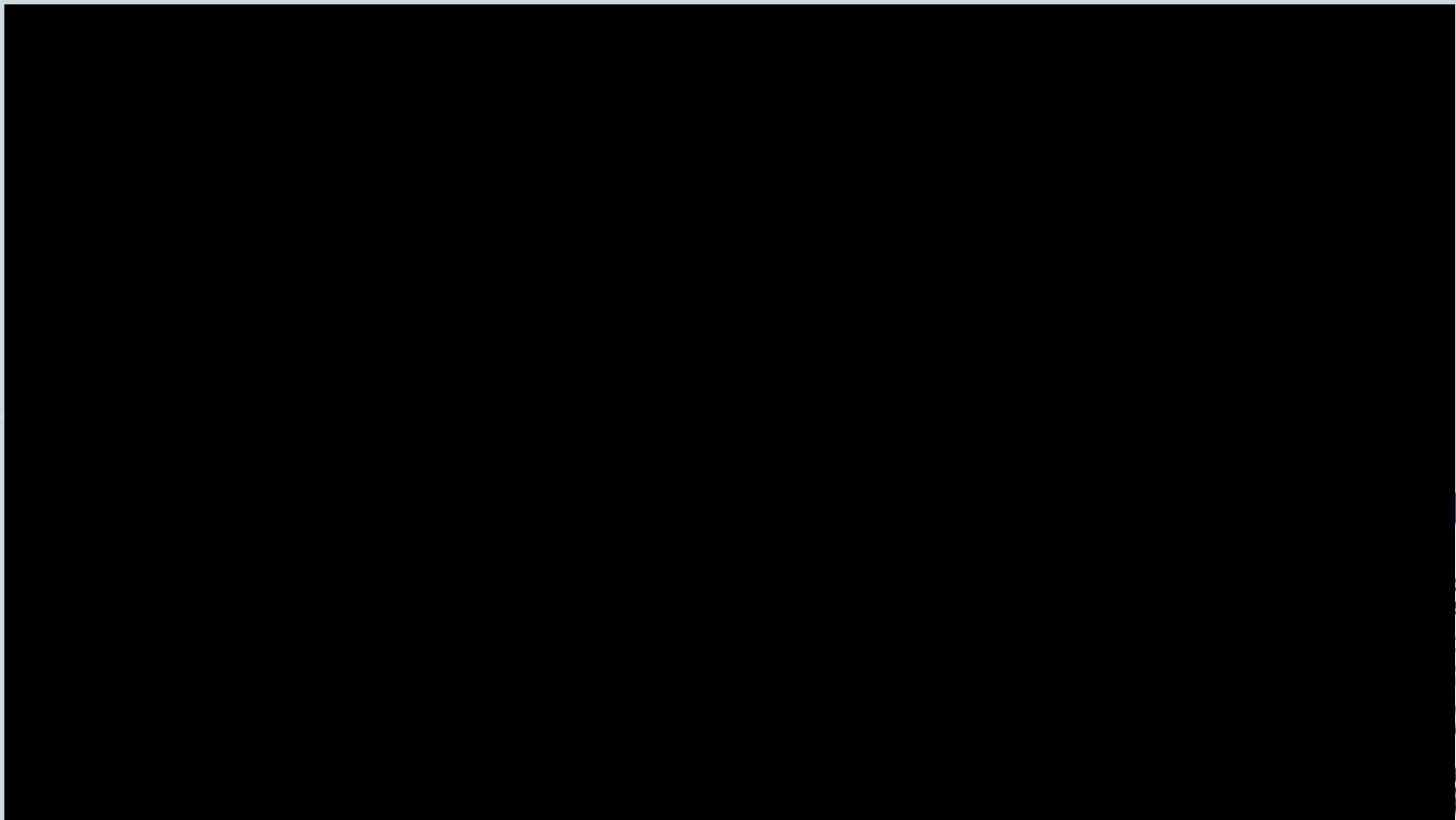
Créditos Gabriel Guedes/GES-Especial. Fonte:
<<http://www.diatodocanoas.com.br>>. Acesso
em 21/12/17.



Créditos: Débora Lamberty – CPRM/SGB

COLEGIADO
NACIONAL – CPRM
SECRETARIA DE
MINERAÇÃO
E GEOLÓGICA
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Visualize: <https://www.youtube.com/watch?v=93ErS-GqC7k>



INSTITUTO GEOLOGICO
BRASIL - CPRM

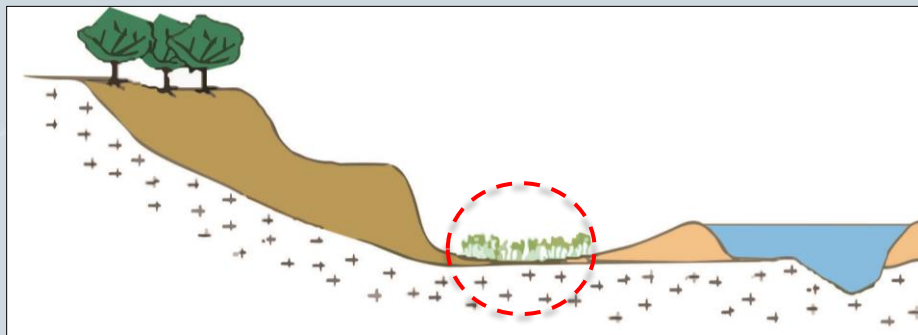
SECRETARIA DE
MINERAÇÃO
E METALURGIA

MINISTÉRIO DE
CIÊNCIAS E ENERGIA

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Alagamentos

Acúmulo momentâneo de água em regiões com deficiência de drenagem. Não têm relação com processos fluviais.




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



Fonte: <http://bibocaambiental.blogspot.com.br>. Acesso em 21/12/2017

FATORES ANTRÓPICOS E RISCO



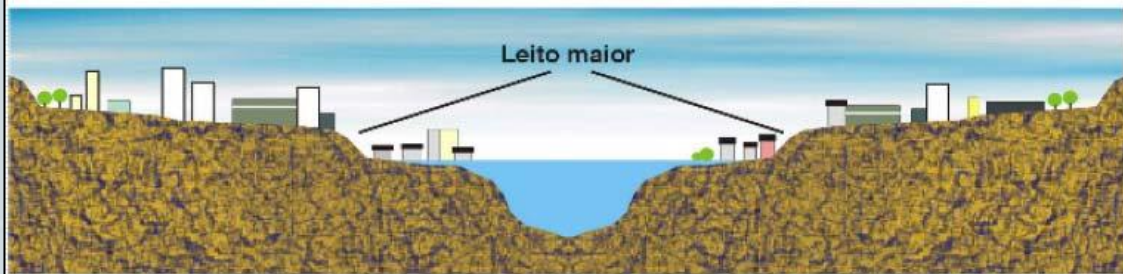
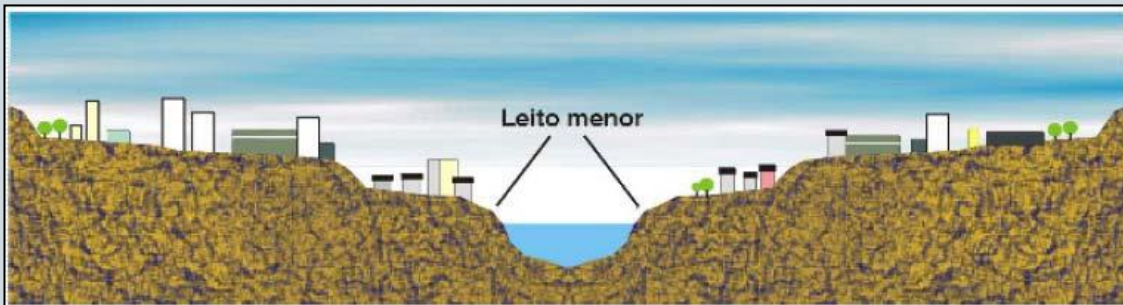
SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL



Ocupação das margens dos canais e de fundos de vale



Imagem Google Earth, acesso em 18/08/2020

SP DAS ENCHENTES >

Annotations

Chuva provoca 5 mortes em SP; rios Tietê e Pinheiros transbordam

JANUARY 11, 2011



Alagamento próximo à ponte da Vila Guilherme, no sentido Lapa, na madrugada desta terça-feira. Foto: Sergio Neves/AE

SÃO PAULO – A forte chuva que atingiu São Paulo na noite de segunda-feira, 10, fez transbordar os rios Pinheiros e Tietê e os córregos Cabuçu de Baixo, na zona norte, Jaguaré, na zona oeste, e Morro do S, na zona sul. Cinco pessoas morreram e três ficaram feridas em deslizamentos na capital e

MINAS E ENERGIA

Ocupação das margens dos canais e de fundos de vale



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



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

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

E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MATERIA ENERGIA

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

Eliminação da mata ciliar, desmatamentos e queimadas

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



Assoreamento no Rio Gualaxo do Norte, Ouro Preto - MG

Crédito: Rafael Araújo CPRM/SGB

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA



Eliminação da mata ciliar, desmatamentos e queimadas



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

Carreamento de sedimentos para curso d'água.



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

Assoreamento no Rio Uruçu, Carlos Chagas
MG

Serviço Geológico
do Brasil - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Mineração descontrolada em área de várzea



Fonte: <https://veja.abril.com.br/brasil/videos-flagram-avioes-e-retroescavadeiras-em-garimpo-ilegal-na-amazonia/> Acesso em 10/08/2020

Garimpo na Terra Indígena Apyterewa, no Pará

questões ambientais

GARIMPEIROS CAÇAM POLICIAIS EM PARQUÊ DE SP

Extração ilegal de ouro causa tiroteio e morte em reserva ambiental no Vale do Ribeira

ALLAN DE ABREU

06maio2020_13h50

Fonte: <<https://piaui.folha.uol.com.br/garimpeiros-cacam-policiais-em-parque-de-sp/>> Acesso em 10/08/2020.

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Mineração descontrolada em área de várzea



Imagem: Google Earth, acesso em 18/08/2020

Cavas de extração de argila na planície do Rio Urussanga em Morro da Fumaça – SC.

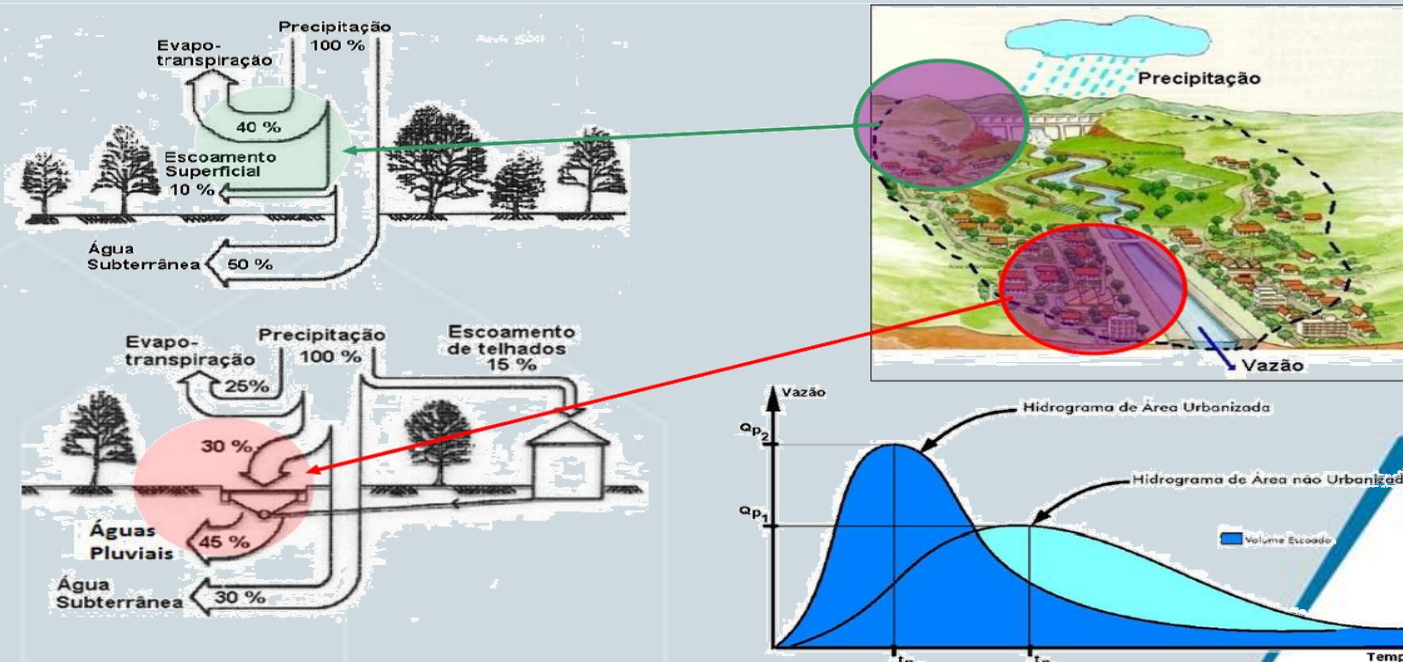


Créditos: Júlio Lana CPRM/SGB

Antiga área de extração de argila, Nanuque
MG

Impermeabilização do solo

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



Fonte: Carlos E. M. Tucci, Gestão de Águas Pluviais Urbanas, 2005.

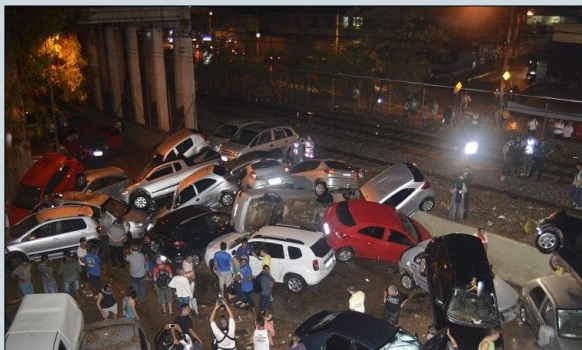
Fonte: <<http://fontehidrica.blogspot.com.br>>.

Créditos: Slide Prof. Márcio Baptista - UFMG



Inundação brusca urbana, Ribeirão Arrudas, Belo Horizonte - MG

Fonte: <<http://ribeiraoarrudas.blogspot.com.br/>> . Acesso em 18/12/17.



Prejuízos após encurrada no córrego Vilarinho em Belo Horizonte - MG

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

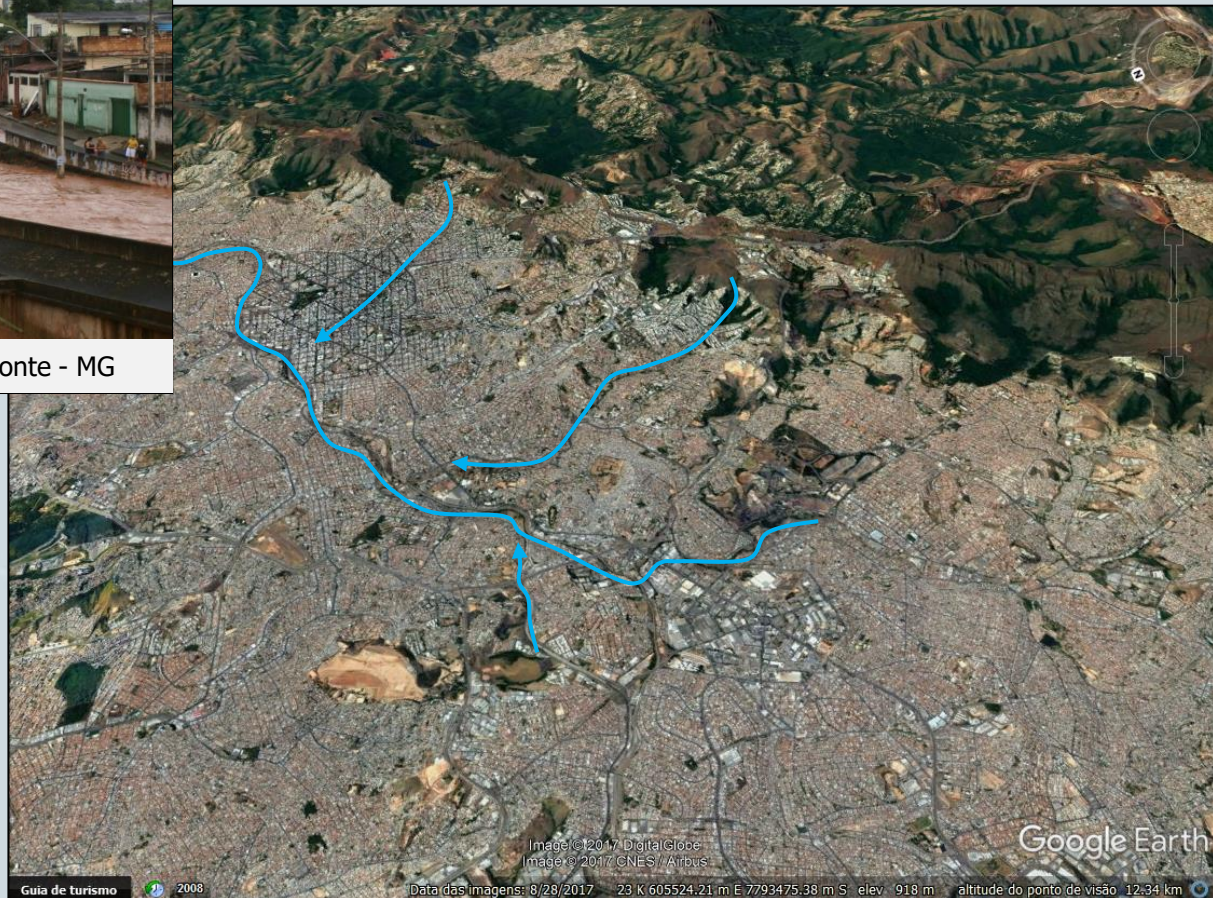


Imagem retirada do Google Earth. Acesso em 22/12/17.

Barramentos e estrangulamento de canal



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Canalização de córrego, Apiaí - SP



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Assoreamento de galeria, Joinville - SC

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

Barramentos e estrangulamento de canal



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Casa construída sobre rio, Lacerdópolis-SC



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

Afunilamento de canal de drenagem sujeito a
enxurradas, Ouro Preto - MG

GEOLÓGICO
- CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Despejo de resíduos sólidos urbanos



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Lixo e entulhos no leito de arroio em Soledade – RS.



Créditos: Débora Lamberty CPRM/SGB

Entulho lançado no Córrego do Guarujá, Lages – SC

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

Problemas na rede 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 qual foi projetada.** Sendo ainda o entupimento dessas drenagens outro fator de alagamento.



Avenida José de Alencar. Porto Alegre - RS


Creditos: IPTC/Divulgação Fonte: <<http://g1.globo.com/>> . Acesso em 12/01/18.

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

RESUMO



- Ocupação às margens do canal
- Aterro mal executado dos lotes
- Lançamento de águas servidas nas margens
- Erosão de margem fluvial
- Assoreamento do canal
- “Pontes” individuais sobre o córrego (barramentos)
- Lançamento de entulhos
- Casas a venda = ↑↑ vulnerabilidade dos moradores

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Referências

- Thomas Dunne; Luna B. Leopold. Water in Environmental Planning. Nova York: W.H. Freeman &Co., 1978. 818p.
- Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo : Instituto Geológico, 2009, 196 p.
- Luís Marcelo de Oliveira. Acidentes Geológicos Urbanos. Curitiba: MINEROPAR, 2010 (1ª Edição), 78 p.
- Antônio José Guerra; Sandra Baptista da Cunha (orgs). Geomorfologia: Uma Atualização de bases e conceitos. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 474p.
- Maurício Dalpiaz Mello, Rosemy da Silva Nascimento, Sung Chen Lin. Educação para a prevenção e redução de riscos climáticos. Florianópolis: UFSC, 2014. 98p.
- Antenor Rodrigues Barbosa Júnior . escoamento Superficial . Antenor Rodrigues Barbosa Júnior . In: Elementos de Hidrologia Aplicada. s.d. 92- 155p.
- Carlos E.M. Tucci. Gestão de águas pluviais urbanas. Brasília :Ministério das Cidades, 2006. 194p.(Saneamento para Todos; 4º volume).
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre, ABRH, 2005.
- Bacellar, L de A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. Geo.br. Ouro Preto, p. 1-39, 2005.



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





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