



TENDÊNCIAS ACTUAIS DA LEGISLAÇÃO DE BARRAGENS

Laura Caldeira



Índice

1. *Conceitos* de segurança estrutural
2. *Conceitos de risco*
3. Utilização de *sistemas de classificação*
4. *Considerações finais*



1. Conceitos de segurança estrutural

“A segurança da obra deve ser verificada analisando o seu comportamento para *cenários correntes* e para *cenários de ruptura*, preferindo-se este procedimento à utilização do conceito de *estado limite*”

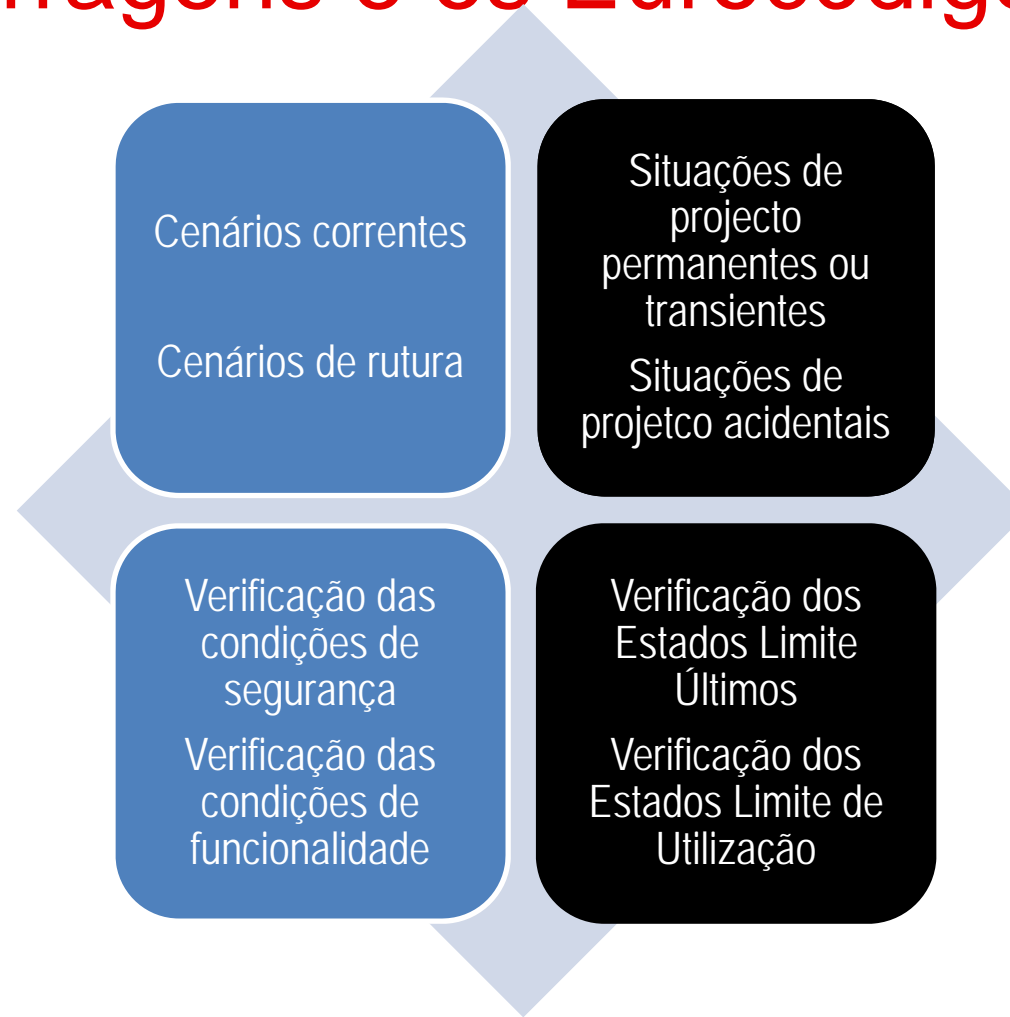
Prática tradicional do projeto de barragens - *coeficientes de segurança global*

- Verificação da *segurança estrutural*
- Verificação da *funcionalidade*

Conceitos actuais

- O problema da *segurança estrutural* é de *natureza probabilística*
- Os *critérios de dimensionamento* são analisados na óptica dos *estados limite* últimos e de utilização
- As *probabilidades de ruptura* devem depender do grau de relevância das *consequências* de cada ruptura
- Introdução dos *conceitos de risco*

Comparação entre os regulamentos de barragens e os Eurocódigos



Estados limite e dos coeficientes parciais

- Consideração de *valores característicos*
- É necessário atender a *riscos diversos* não traduzidos diretamente nas solicitações consideradas nem nas propriedades dos materiais – introdução dos *coeficientes parciais*
- Os *valores de cálculo* deverão depender do *conhecimento* das características e comportamento dos materiais, da qualidade dos métodos de *dimensionamento* e de *construção* adotados

2. Conceitos de risco

- *Áreas actuais de introdução do conceito*
- *Minimização da probabilidade de ruptura*
- *Abordagem observacional*

Risco



Materiais siltos

HIPÓTESE ADMITIDA:
Filtro chaminé segregado nas
cotas indicadas, ao longo de
todo o desenvolvimento da
barragem

Consequências, E

Vulnerabilidade, V

Perigo, H

$$R = f(H, V, C)$$



Áreas actuais de introdução do conceito de risco

- Entidades governamentais - *exigências regulamentares*
- Serviços de protecção civil - *sistemas e medidas de aviso e alerta* (planeamento de emergência e gestão de crises)
- Donos de Obra - avaliação da *exposição ao risco* das obras e estabelecimento de *prioridades de intervenção*
- Meio para *comunicação* ao público em geral e às autoridades



Governança do risco

- Responsabilidade dos *Governos* (através de directivas, de regulamentos e de normas)
 - *Donos de Obra* que exercem actividades geradoras de risco
- Considerações abrangentes de *âmbito social*
- O *Estado* deve intervir para *regular* o risco
 - Necessidade de *progresso* económico, social e tecnológico
 - Filosofia de "*risco zero*" ou de "*segurança garantida*" substituída por riscos *controlados, mas não eliminados*
 - Evolução da Sociedade do *aceitável* para o *tolerável*





Minimização da probabilidade de ruptura

- *Boa prática* de engenharia
- Técnicas de *observação* e de inspecção periódicas
- Trabalhos de *manutenção* e de *reabilitação* para correcção de deficiências identificadas
- Implementação de *sistemas de gestão* para assegurar a comunicação aos agentes competentes
- *Formação dos agentes* associados à operação e à inspecção da barragem
- Elaboração de *relatórios* (bases de dados para o melhoramento global da segurança de barragens)



Abordagem observacional

- Selecção de *indicadores chave de desempenho*
- Elaboração de um *plano de observação*
- Avaliação das *condições mais prováveis*
- Estabelecimento do *campo de variação* dos indicadores de desempenho
- Definição dos *critérios de alerta*
- Especificação de *medidas* de controlo, de mitigação e de redução de consequências (sistemas de aviso e alerta e de planos de emergência)



Abordagem observacional

Planear

Construir

Observar

Seguir

Actualizar

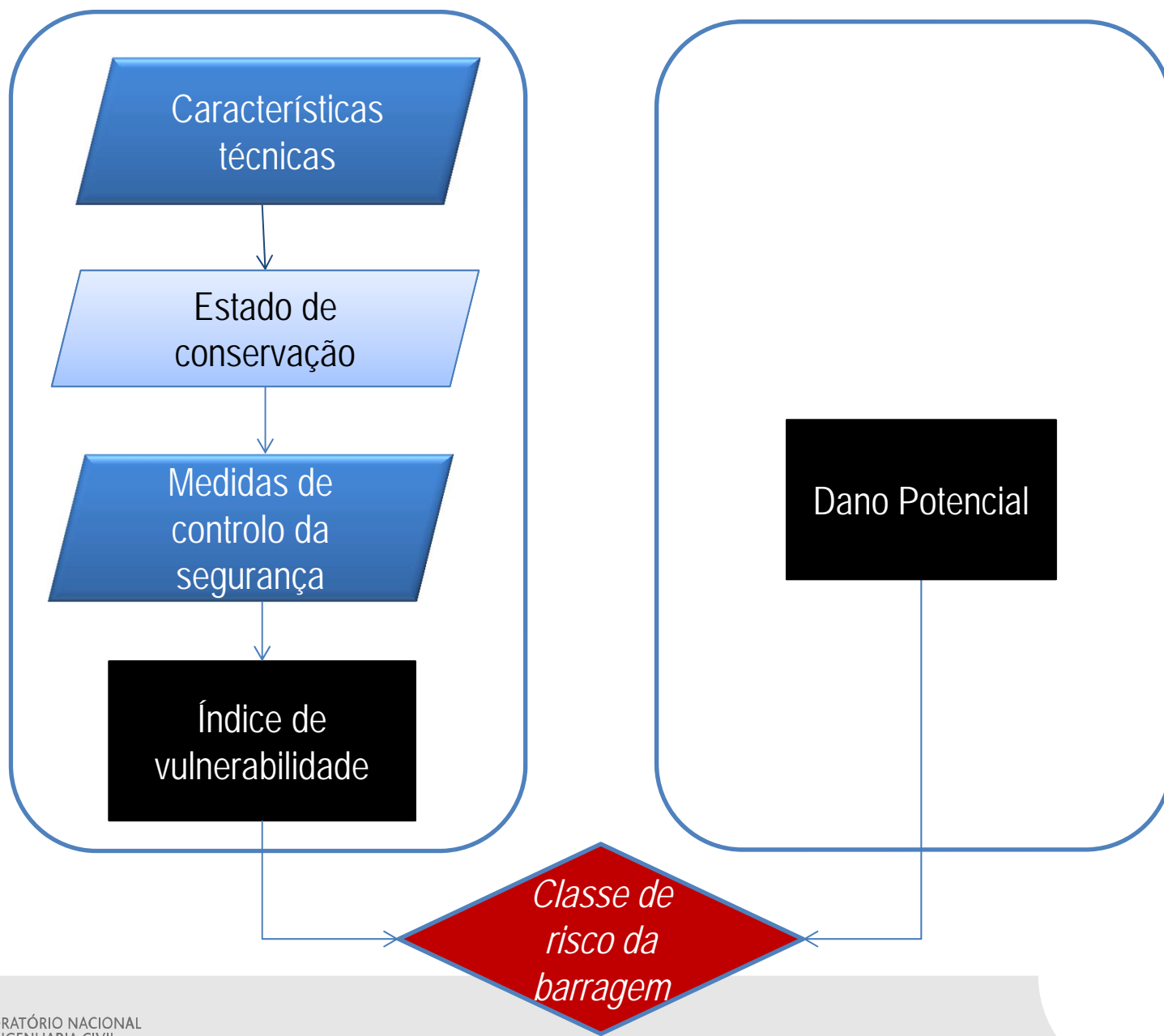


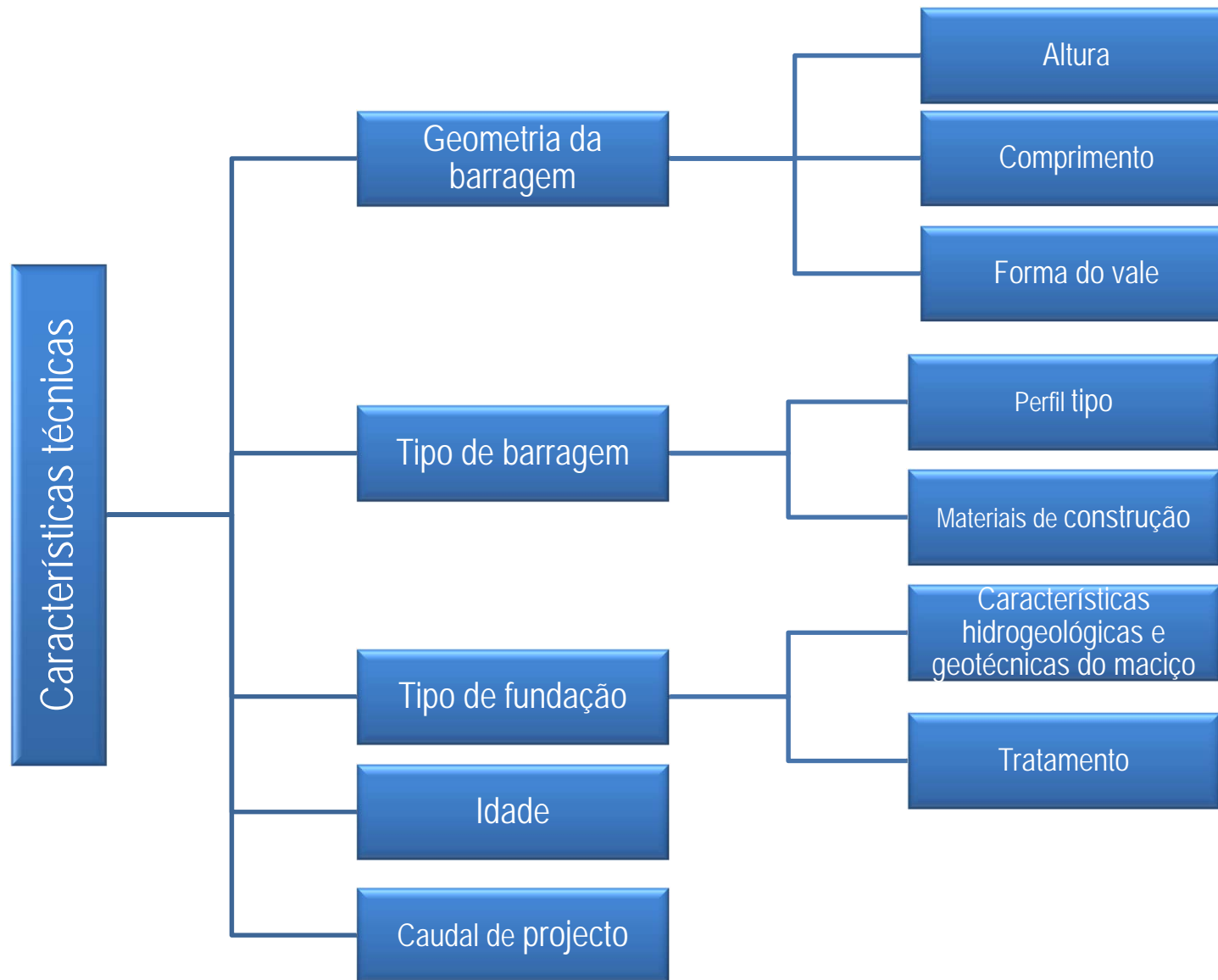
3. Utilização de sistemas de classificação de barragens

- *Objectivos*
- *Descritores*
- *Métodos simplificados de cálculo da onda de inundação*

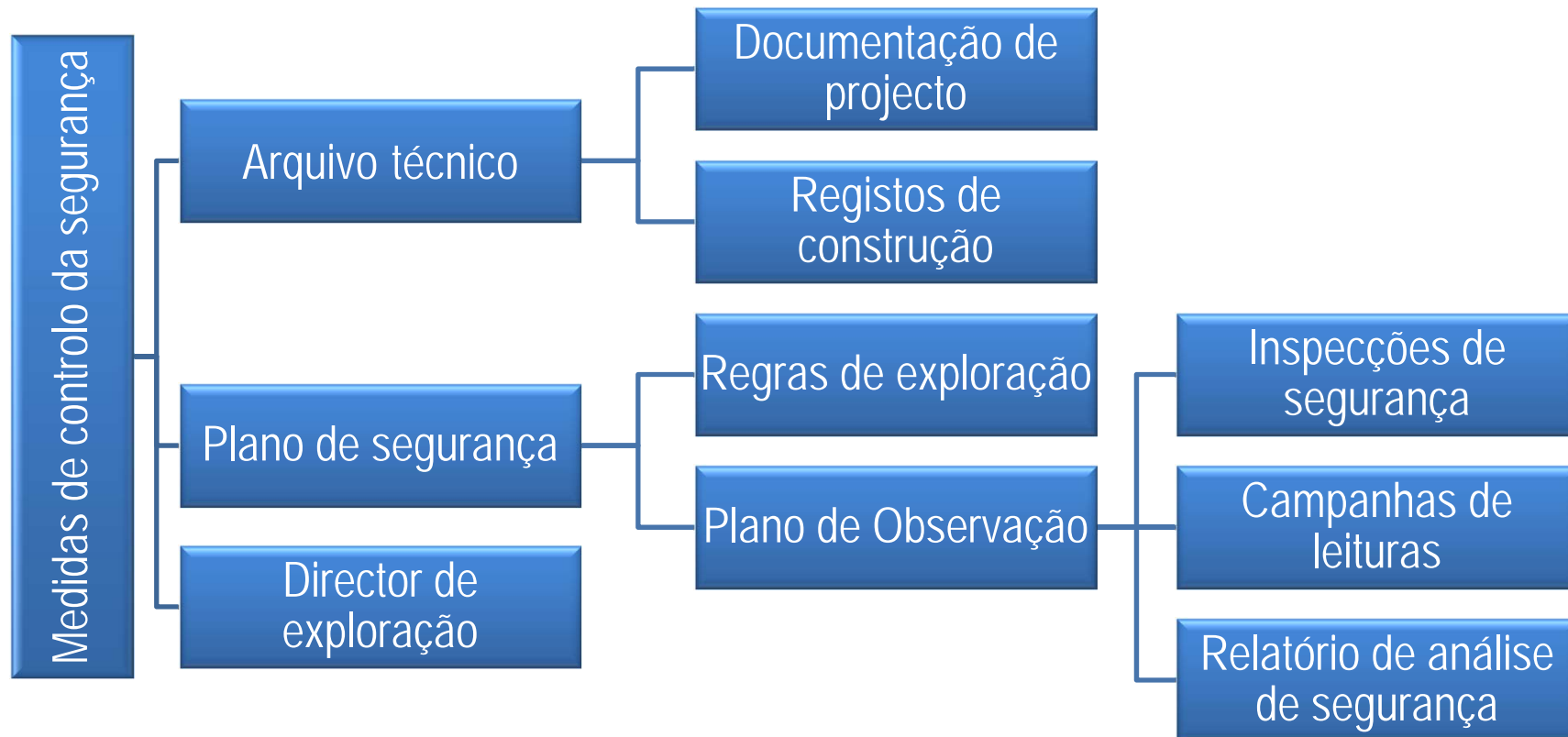
Objetivos dos sistemas de classificação

- *Universo de barragens*
 - Abrangidas pelos Regulamentos mais exigentes
 - Não abrangidas – recomendações prescritivas
- *Definição de parâmetros associados ao projecto*
- *Inspeções de segurança*
- *Revisão periódica de segurança*
- *Plano de Ações de Emergência* – barragens dano potencial associado alto











Sistema de classificação

Classificação da vulnerabilidade

- Características técnicas – *Ações* e fiabilidade da concepção (*perigo latente*)
- Estado de conservação – fiabilidade hidráulica e estrutural (*condições actuais*)
- Medidas de controlo da segurança – *Controlo do risco*

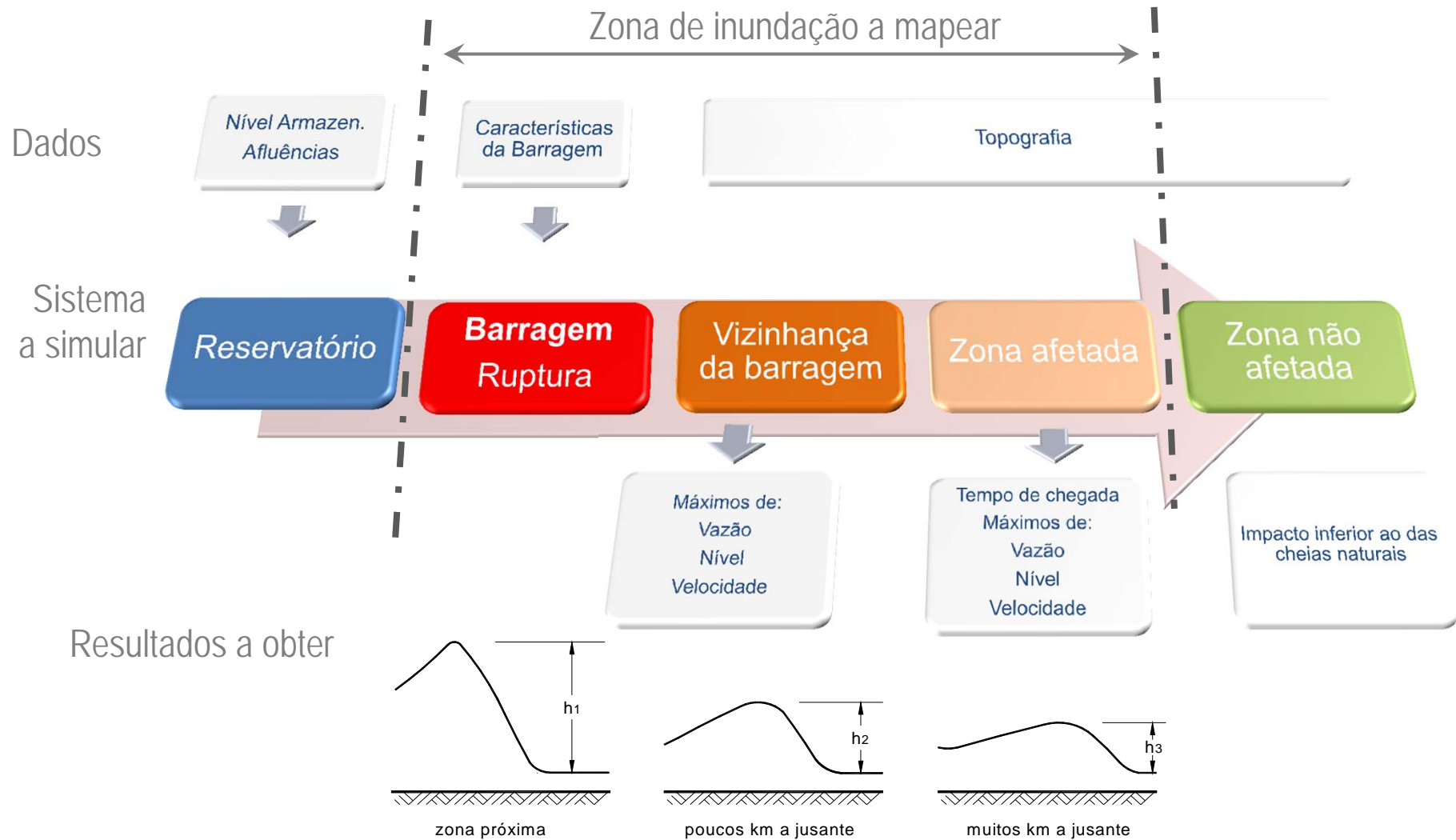
Classificação do Dano Potencial Associado

- Volume – *Ações* e *severidade* das consequências (tempo e distância)
- *Consequências* – *vidas humanas e impactes ambiental e sócio-económico*

Metodologia simplificada de cálculo da área de inundação



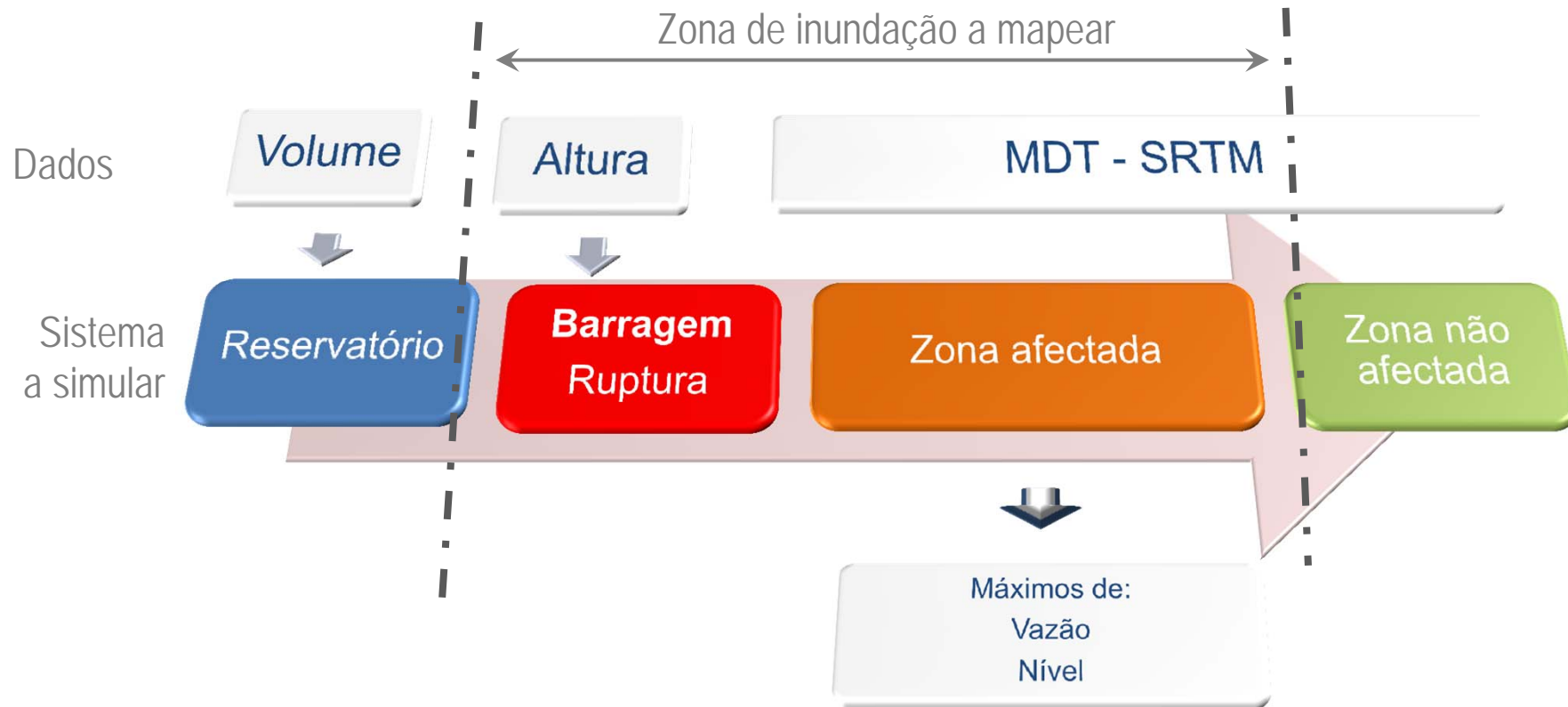
Ruptura e Cheia Induzida – Modelação



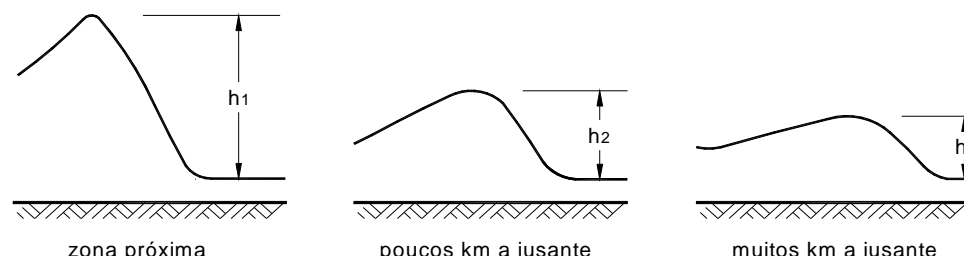
Escassez de dados



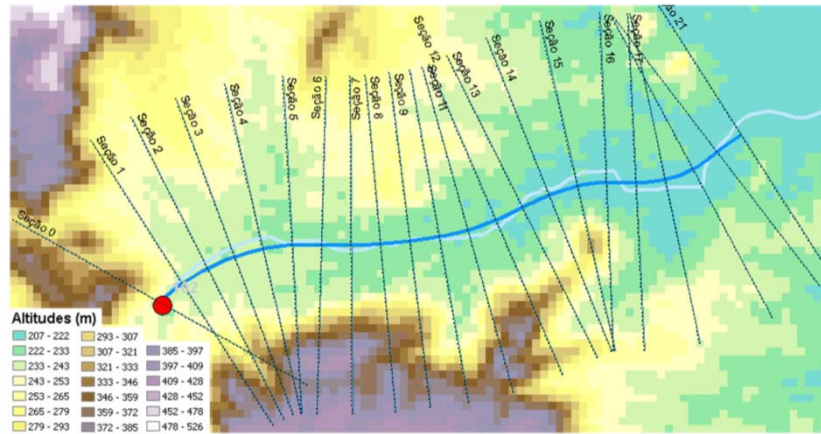
Metodologia Simplificada



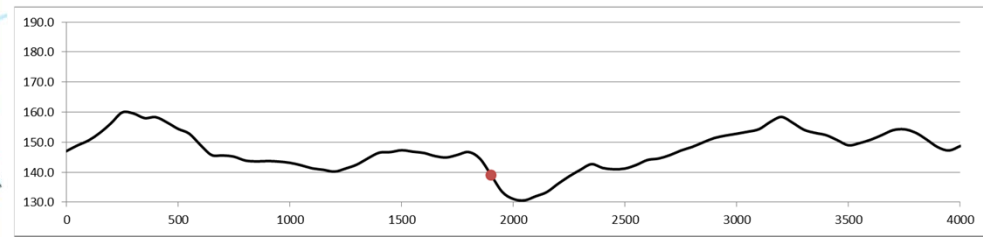
Resultados a obter



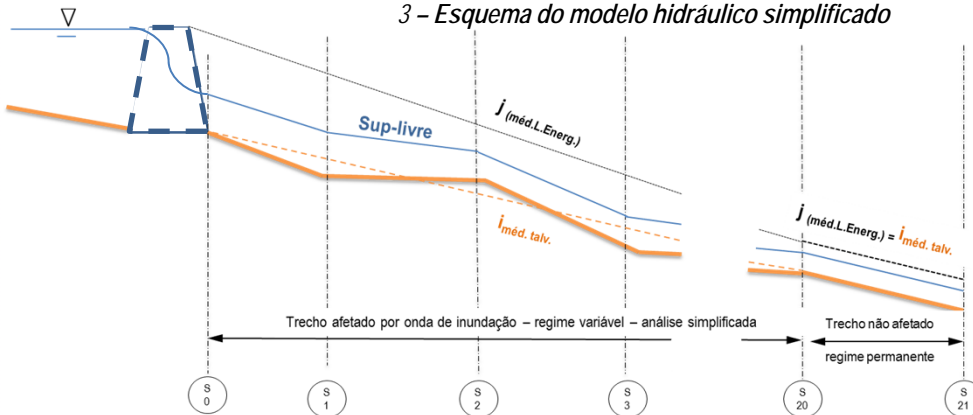
1 - Seções transversais do vale sobre altimetria do MDT (SRTM)



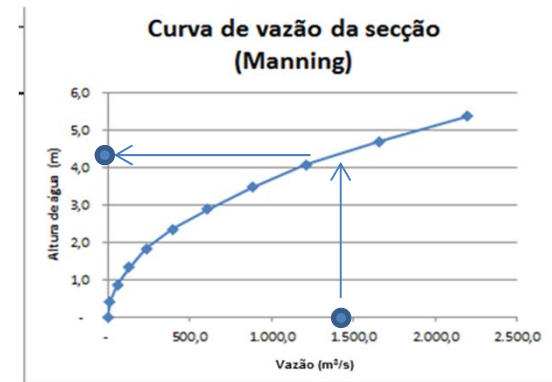
2 - Perfis transversais com base no MDT SRTM.



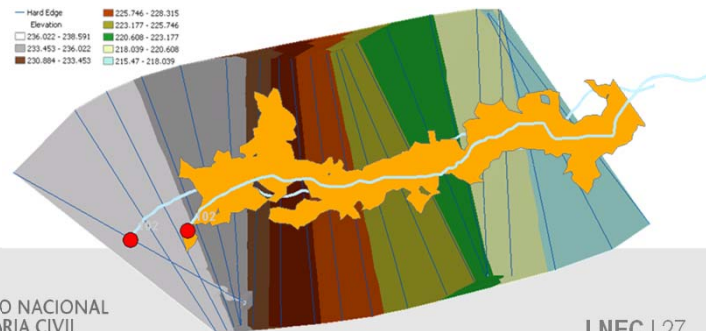
3 - Esquema do modelo hidráulico simplificado



4 - Cálculo dos Níveis a partir das Vazões em cada Seção



5 - Intersecção entre MDT (SRTM) e Superfícies definida pelos níveis calculados nas seções



6 - Sobreposição do limite do Mapa Inundação com a imagem satélite



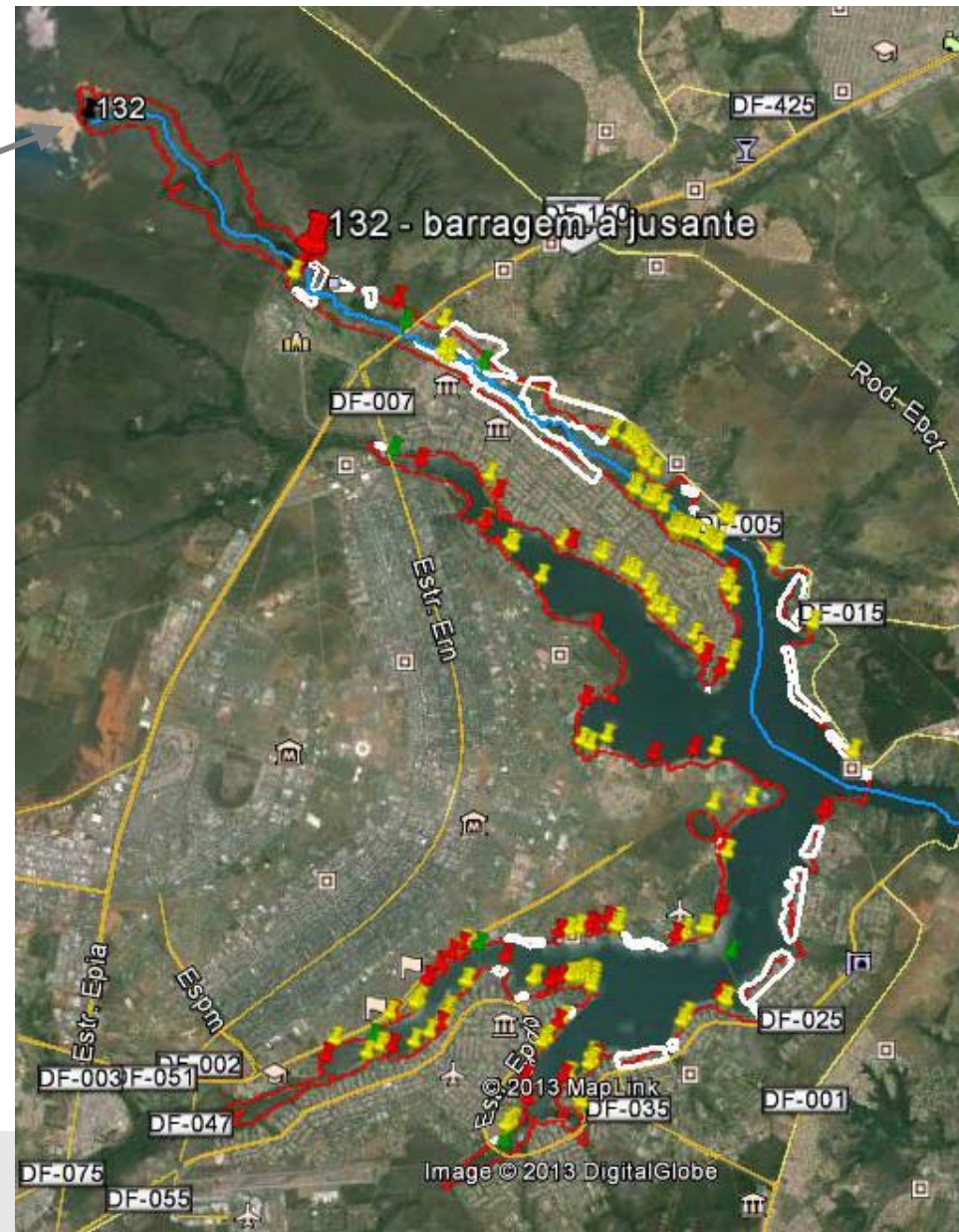
Santa Maria - CAESB

DPA Mapa de inundação

Extensão da zona afetada – 22,8 km

Barragem

- Casas isoladas (*pins amarelos*)
- Linhas poligonais brancas – Aglomerados urbanos
- Pequenas barragens, indústrias, comércio, outros locais de interesse econômico (*pins vermelhos*)
- Rodovias, estradas locais (*pins verdes*)
- Talvegue – *a azul* - marcado com base na imagem satélite
- Limite do mapa de inundação – *a vermelho* - marcado com base na topografia SRTM

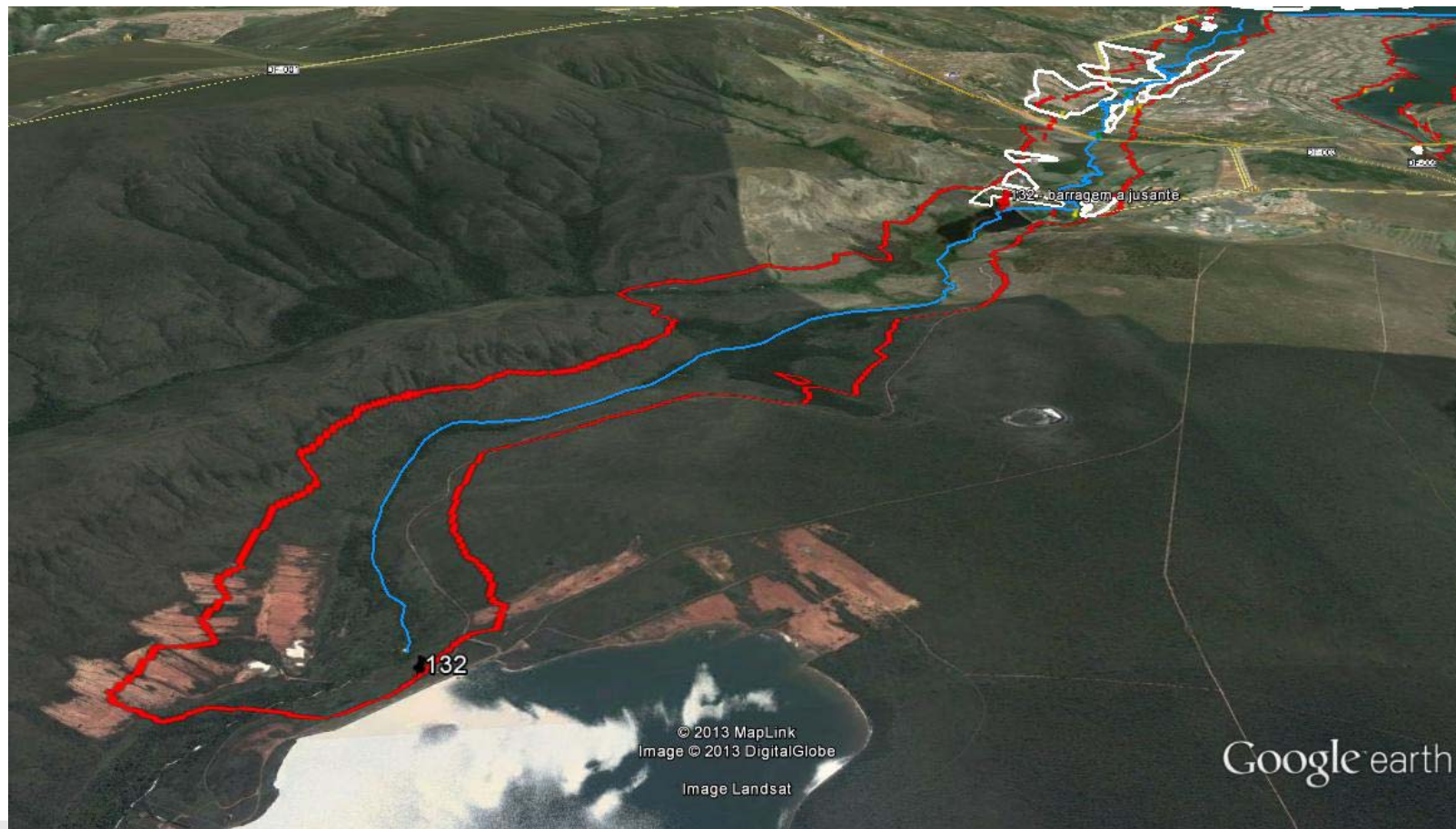


Santa Maria - CAESB

DPA Mapa de inundação – vista em perspectiva dos 15 km iniciais

Talvegue – *a azul* - marcado com base na imagem satélite

Limite do mapa de inundação – *a vermelho* - marcado com base na topografia SRTM



Jacareí



Jacareí

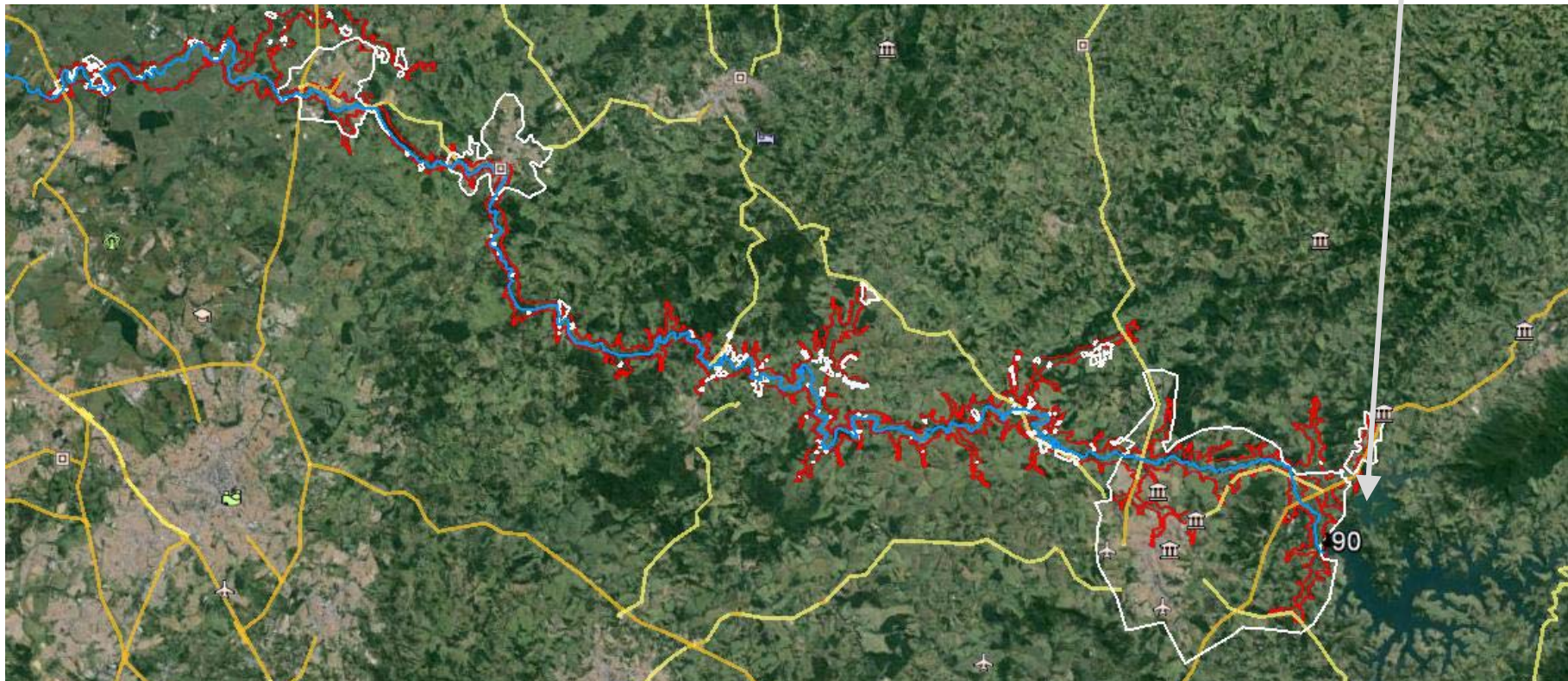
DPA Mapa de inundação

Extensão da zona afetada – 100 km

Mapa de inundação – *Linha vermelha*

Linhas poligonais brancas – aglomerados urbanos

Barragem



4. Considerações finais

As barragens são *infra-estruturas fundamentais*, mas com *consequências catastróficas* em caso de ruptura

O controlo de segurança de barragens inclui o *conhecimento* adequado e continuado *do estado da barragem*, a *detecção* oportuna de eventuais *anomalias* e uma *intervenção eficaz*

Os *sistemas atuais de classificação* têm em conta estes *factores e a sua evolução* e são baseados *em abordagens de risco*

32



Muito obrigado



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL