



COBA, S.A.
COBA, LTDA.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

WORKSHOP

ÁREAS DE INUNDAÇÃO: APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

BRASÍLIA, 16 - 18 JULHO DE 2013



COBA, S.A.
COBA, LTDA.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Dano Potencial Associado (DPA)

- Apresentação em duas partes
 - Mapa de Inundação metodologia
 - Exemplos de aplicação

Enquadramento - porquê DPA?

Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010

Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012

Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012

Resolução ANA Nº 91 de 3 de abril de 2012 ...

Estes diplomas encerram os conceitos de **Dano Potencial Associado (DPA)** devido a:

- rompimento
- vazamento
- infiltração no solo
- mau funcionamento de uma barragem

Na determinação do **DPA** está implícita a determinação da
ÁREA DE INUNDAÇÃO

A metodologia de definição de seus limites deverá ser
DETERMINADA PELO ÓRGÃO FISCALIZADOR

CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO DPA

- A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010
e a
- Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012,

estabelecem que **Dano Potencial Associado (DPA)** é graduado de acordo com **4 critérios** distintos:

- volume do reservatório
- perdas de vidas humanas
- impactos sociais, econômicos
- Impactos ambientais

Que se espera da classificação DPA?

- Graduação de Dano Potencial Associado em **três classes de dano**
 - **BAIXO**
 - **MÉDIO**
 - **ALTO**
- Cujo resultado será combinado com a classificação da Categoria de Risco (CRI)
- **Resultado combinado** traduzido na matriz de classificação da Res. 91 de abril 2012-ANA

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	A	C	D
BAIXO	A	C	E

Dados para graduar o DPA - quais as suas origens?

- Modelos Digitais de Elevação obtidos a partir do **SRTM** (*Shuttle Radar Topography Mission*)
- Base de **metadados SIG** da ANA
- **Fichas de inspeção** entregues pelas entidades empreendedoras
- Imagens de Satélite disponibilizadas no **Google Earth** e no **ArcGIS**
- ...

Questões técnicas de base para a classificação DPA

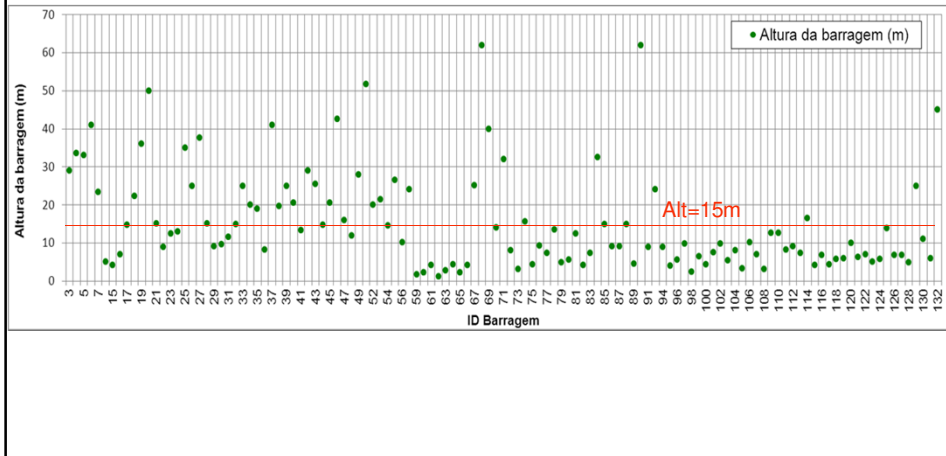
- Que **tipo de rompimento** considerar?
- Qual a **distância que será afetada** por um rompimento?
- Qual a **vazão e altura máxima** da onda gerada?
- Como se **atenua a energia** associada à onda gerada?
- Como se **propaga a onda** de rompimento ao longo do **vale principal**?
- Que sucede nas **confluências e afluentes**?
- Que sucede na **presença de reservatórios no percurso** da onda?

A Metodologia para cálculo da zona inundada

- A **METODOLOGIA** é
 - **simplificada**, mas tem fundamentação técnica
 - baseada no conhecimento de **casos reais**
 - baseada em **resultados de modelos matemáticos** de simulação de rompimentos
- Admitem-se **HIPÓTESES** pessimistas como
 - o rompimento ser instantâneo
 - o volume do reservatório ser o da barragem + o do sistema de cascata a montante
- Requer **DADOS BASE** em regras conhecidos
 - **Altura** da barragem
 - **Volume** dos reservatórios do sistema de cascata a montante
 - **Informação topográfica** disponibilizada pelo SRTM e Google Earth
- Permite **MAPEAMENTO** da zona de inund. c/ algum grau de **automatização de procedimentos**
- Requer uma **PÓS ANÁLISE** dos resultados e algumas **correções**

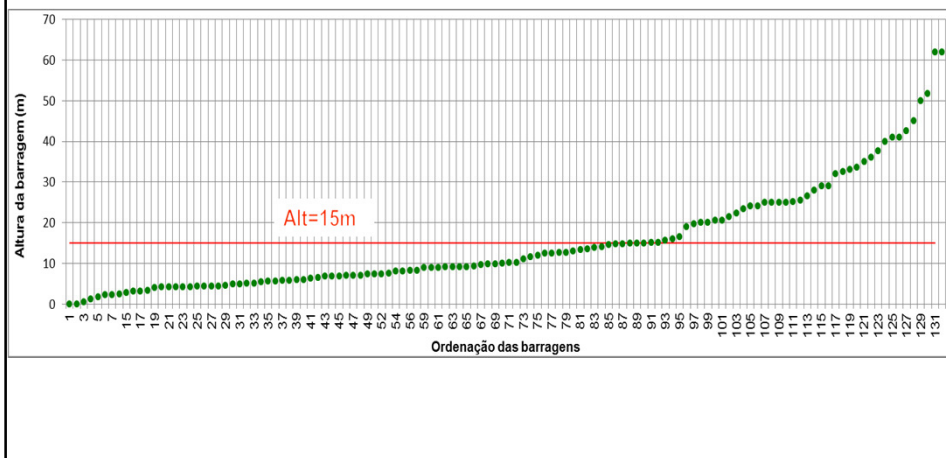
Universo barragens ANA - Alturas

- Universo envolve uma banda larga de alturas – entre 1,25m e 62m



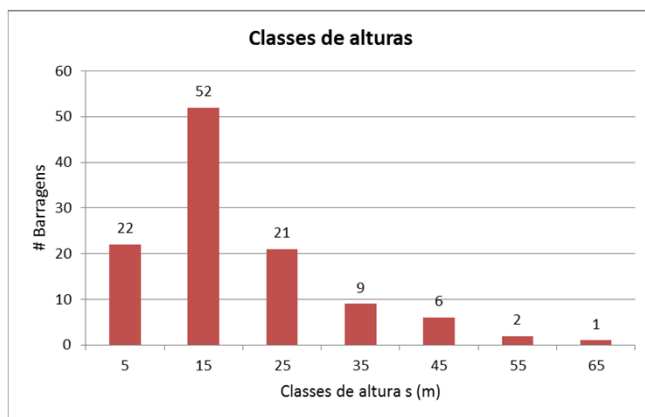
Universo barragens ANA - Alturas

- Universo envolve uma banda larga de alturas – entre 1,25m e 62m



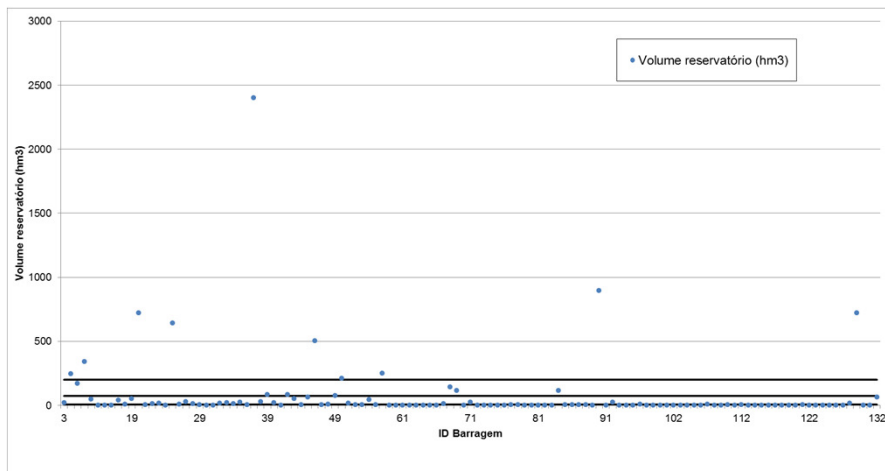
Universo de barragens ANA - Alturas

- 74 das 113 barragens têm menos de 15 m de altura
- 22 das 113 barragens têm menos de 5 m de altura



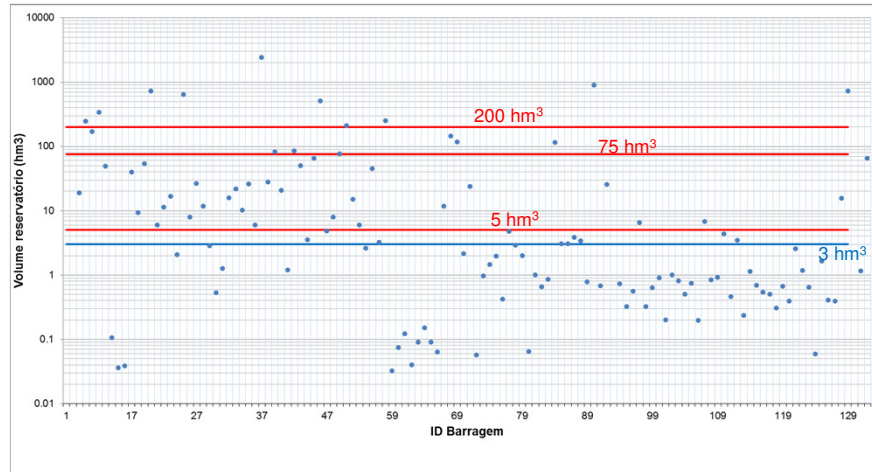
Universo de barragens ANA - Volumes

Banda extremamente larga de vol. reservatórios – entre menos 1hm³ e 2400 hm³



Universo de barragens ANA - Volumes

Banda extremamente larga de vol. reservatórios – entre menos 1hm³ e 2400 hm³

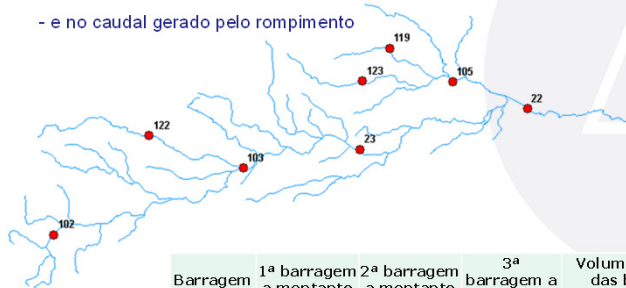


O efeito das cascatas no volume a considerar

No caso de barragens em cascata, o volume do reservatório é maior dos somatórios dos volumes dos reservatórios das barragens localizadas a montante

O Volume considerado tem influência:

- na extensão da zona afetada
- e no caudal gerado pelo rompimento

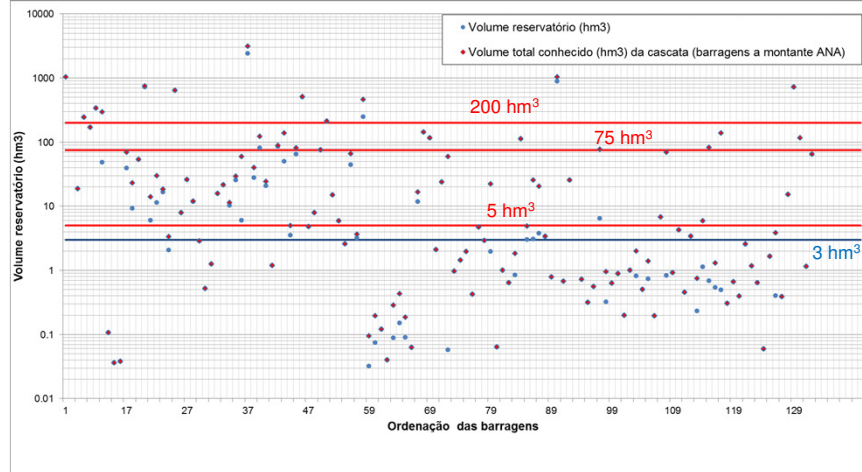


Barragem	Volume do reservatório (hm ³)
22	11,342
23	16,579
102	0,999
103	0,81
122	1,17
105	0,737
119	0,662
123	0,637

Barragem	1ª barragem a montante	2ª barragem a montante	3ª barragem a montante	Volume total (hm ³) das barragens a montante
22	23	103	102	29,73
22	23	103	122	29,90
22	105	119		12,74
22	105	123		12,72

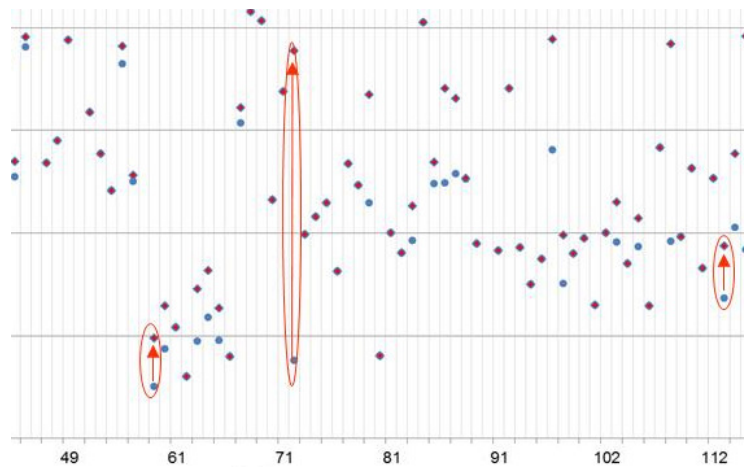
Universo barragens ANA – Volumes de cascata

- Banda extremamente larga de vol. reservatório – entre menos 1 hm³ e 3150 hm³



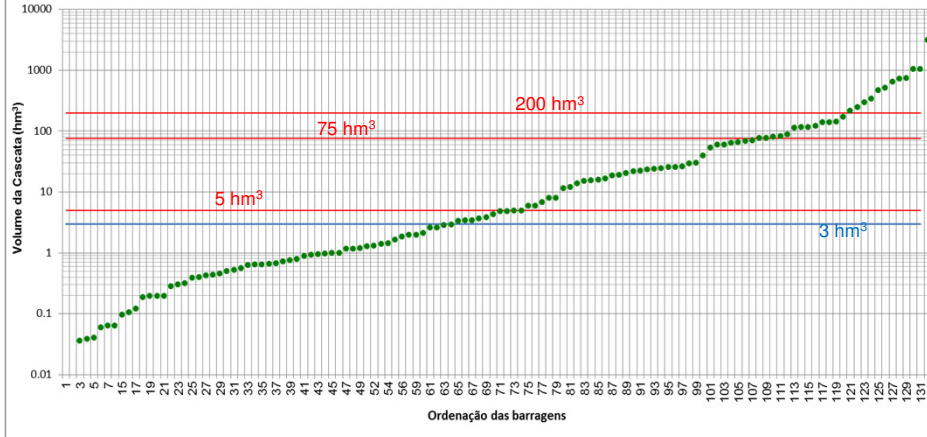
Universo barragens ANA – Volumes de cascata

- Banda extremamente larga de vol. reservatório – entre menos 1 hm³ e 3150 hm³



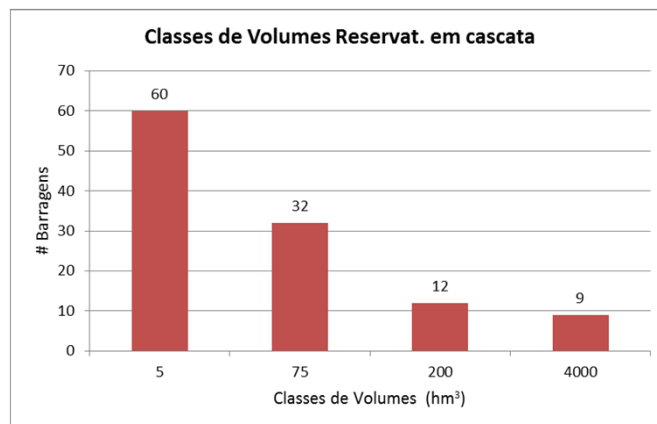
Universo barragens ANA – Volumes de cascata

- Banda extremamente larga de vol. reservatório – entre menos 1 hm³ e 3150 hm³



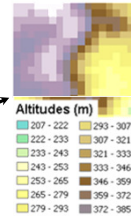
Universo de barragens ANA – Volumes de cascata

- Cerca de Metade das 113 barragens tem menos de 5 hm³



Síntese do universo de barragens para efeitos de DPA

- O **método simplificado deve ser flexível** para cobrir um universo muito **heterogéneo e gama larga** de:
 - alturas – 1 a 62 m
 - volumes – 0.012 a 3150 hm³
- Os dados **topográficos** de base têm:
 - fraca resolução quanto a **cotas altimétricas com passos de 1m**
 - as cotas altimétricas podem encerrar **erros absolutos da ordem de 15m,**
 - uma **resolução em planta** com base em células de **90x90m²**
- Pelo que envolvem **maior peso dos erros** de origem topográfica:
 - nas **pequenas barragens** do que nas grandes
 - nos **vales pouco declivosos e abertos** do que nos vales declivosos e encaixados



Mapa de inundação - Passos do Método Simplificado

DADOS BASE

- Altura da barragem
- Volume dos reservatórios da cascata associada
- Topografia SRTM
- Imagens Goolge Earth
- **PASSO 1** – [Volume] -> fórmula de cálculo empírica -> extensão para jusante
- **PASSO 2** - [Altura, Volume Reservat.] -> fórmula empírica -> vazão máxima na seção da barragem
- **PASSO 3** – Obtenção das seções de cálculo ao longo do vale afetado (22 seções) com base em SRTM, Google Earth e ArcGIS

Mapa de inundação - Passos do Método Simplificado (cont.)

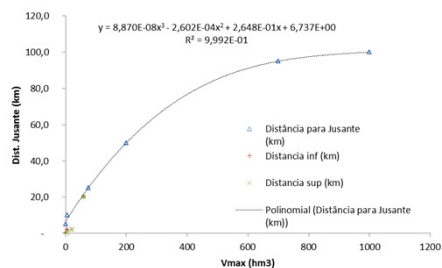
- **PASSO 4** - [Altura, Volume, distância à barragem] -> fórmula de cálculo empírica -> vazão máxima à distância x da barragem
O passo 4 repete-se para as várias seções de cálculo ao longo da extensão obtida no passo 1
- **PASSO 5** - [vazão seção x, geometria da seção X] -> cálculo hidráulico aproximado -> nível máximo da onda de rompimento na seção x
O passo 5 repete-se para as várias seções de cálculo ao longo da extensão obtida no passo 1
- **PASSO 6** - Migração de resultados passo 5 para ambiente ArcGIS
- **PASSO 7** - cruza topografia SRTM e Níveis máximos no vale inundado em ArcGIS
- **PASSO 8** - Exporta área de inundação para KMZ (para se poder analisar no Google Earth)

PASSO 1 – Extensão para jusante

- Com base no Volume -> Cálculo Extensão afetada

Vmax (hm3)	Distância para Jusante (km)	regressão	erro (%)
0,2	5,0	6,8	36%
5	10,0	8,1	-19%
75	25,0	25,2	1%
200	50,0	50,0	0%
700	95,0	95,3	0%
1000	100,0	100,4	0%

Queensland		
Vmax (hm3)	Distancia inf (km)	Distancia sup (km)
0,2	0	5
2	5	20
20	60	60



PASSO 2 - Cálculo vazão máxima na seção da barragem

- Com base no Volume e na Altura da barragem-> Cálculo Vazão Máxima na seção da barragem

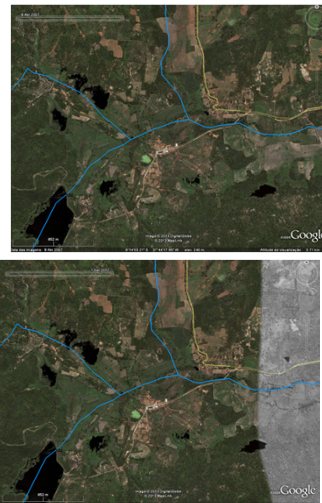
Vw=Vmax (m3)	Hw=Hbar (m)	Frohelisch Caudal Ponta (m3/s)	MMC Caudal Ponta (m3/s)	Caudal de ponta final Max (Froh.; MMC)
16.600	8,5	152	10	152
100.000	7	202	45	202
1.000.000	15	1.027	291	1.027
10.000.000	30	4.784	1.890	4.784
100.000.000	40	13.482	12.267	13.482
1.000.000.000	50	35.068	79.593	79.593
10.000.000.000	100	163.376	516.445	516.445

PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções)

- Em ambiente SIG (ArcGIS)



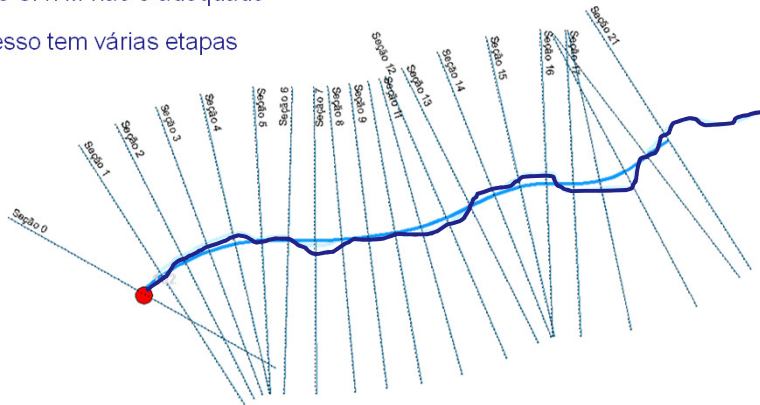
- Em ambiente Google Earth



PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções)

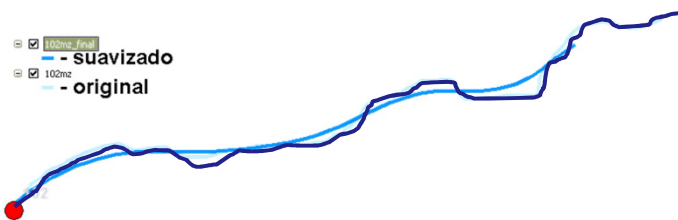
Desenhar seções

- O objetivo é desenhar seções perpendiculares à linha de escoamento
- O Talvegue SRTM não é adequado
- Este processo tem várias etapas



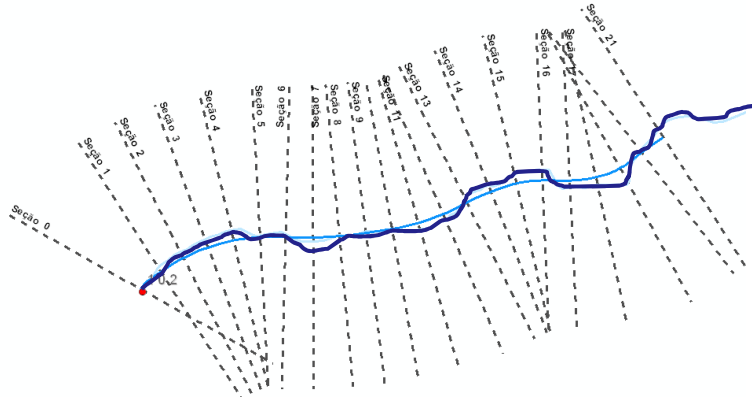
PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções) - cont.

> Suavizar o curso de água



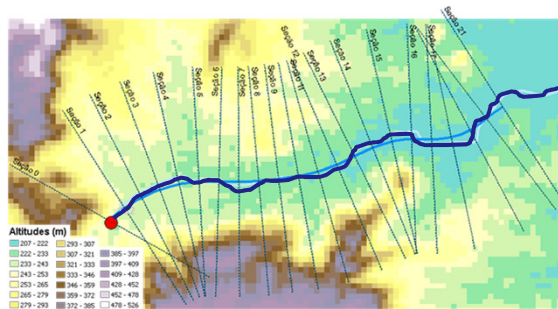
PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções) - cont.

- Representação da versão inicial das seções sobre a linha de água suavizada

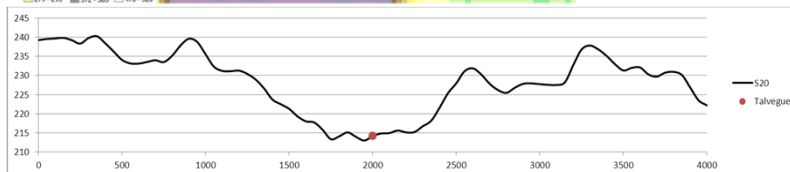


PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções) - cont.

Obter o perfil altimétrico das seções

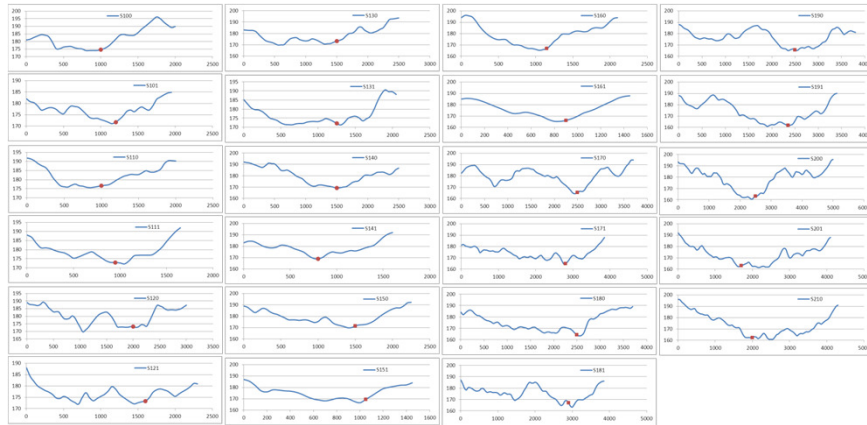


- > O objetivo é obter as cotas altimétricas em pontos equidistantes das seções
- > As seções são cruzadas com o SRTM
(Z_PKG\srmt_amsul.tif)



PASSO 3 – seções de cálculo ao longo do vale (22 seções) - cont.

> O resultado do passo 3 são 22 seções transversais do vale centradas no talvegue



PASSO 4 - vazão máxima à distância x da barragem

- A propagação e o amortecimento da vazão máxima

3.1 - Método simplificado

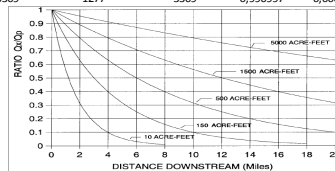
$$a = 0.0022 \ln(Vol(m^3)) + 0.9626$$

$$b = -0.20047 \ln(Vol(m^3) + 25000) \wedge (-0.5979)$$

$$Qx/Qp = a \cdot \exp(b \cdot Dist(m))$$

3.1.1 - Vmax < 5000 ac-ft = 6,2hm³

Hbar(m)	Vmax (m3)	Vmax (hm3)	Dist max (km)	2P (Froelisch)	Qp MMC	% da distância da seção à barragem ->	
						Qp adoptado	a b
4	1,233E+04	0,012	6,74	55	8	55	0,983324 -0,000370
7	1,850E+05	0,185	6,79	243	74	243	0,989282 -0,000132
10	6,167E+05	0,617	6,90	539	197	539	0,991931 -0,000068
15	1,850E+06	1,850	7,23	1231	480	1231	0,994348 -0,000036
25	6,167E+06	6,167	8,36	3309	1277	3309	0,996997 -0,000017



3.1.2 - Vmax > 5000 ac-ft = 6,2hm³

Hbar(m)	Vmax (m3)	Vmax (hm3)	Dist max (km)	2P (Froelisch)	Qp MMC	Qp adoptado
25	6,167E+06	6,167	8,36	3309	1277	3309
30	1,000E+07	10,000	9,36	4784	1891	4784
40	1,000E+08	100,000	30,73	13482	12267	13482
50	1,000E+09	1000,000	100,44	35068	79594	79594

PASSO 4 - vazão máxima à distância x da barragem (cont)

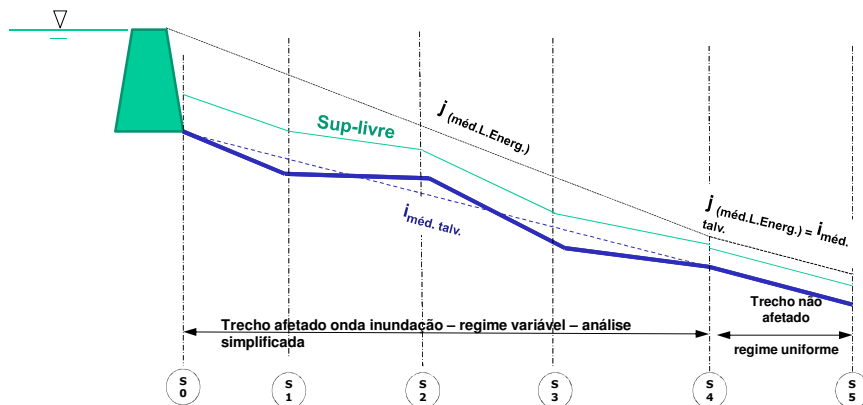
- A propagação e o amortecimento do caudal máximo (cont.)

Hbar(m)	Vmax (m3)	Vmax (hm3)	Secção 1	secção 2	Secção 3	Secção 4	Secção 5	Secção 6	Secção 7	Secção 8	Secção 9	Secção 10
			x1 (m)	x2 (m)	x3 (m)	x4 (m)	x5 (m)	x6 (m)	x7 (m)	x8 (m)	x9 (m)	x10 (m)
4	1,233E+04	0,012	674	1349	2023	2697	3372	4046	4720	5395	6069	6743
7	1,850E+05	0,185	679	1358	2037	2716	3395	4073	4752	5431	6110	6789
10	6,167E+05	0,617	690	1381	2071	2761	3452	4142	4832	5523	6213	6903
15	1,850E+06	1,850	723	1446	2169	2892	3615	4338	5061	5784	6506	7229
25	6,167E+06	6,167	836	1673	2509	3346	4182	5019	5855	6692	7528	8364

Hbar(m)	Vmax (m3)	Vmax (hm3)	Secção 1	secção 2	Secção 3	Secção 4	Secção 5	Secção 6	Secção 7	Secção 8	Secção 9	Secção 10
			10% Qx1	20% Qx2	30% Qx3	40% Qx4	50% Qx5	60% Qx6	70% Qx7	80% Qx8	90% Qx9	100% Qx10
4	1,233E+04	0,012	42	33	25	20	15	12	9	7	6	4
7	1,850E+05	0,185	219	201	184	168	153	140	128	117	107	98
10	6,167E+05	0,617	510	487	464	443	423	404	385	368	351	335
15	1,850E+06	1,850	1193	1163	1133	1105	1077	1049	1023	997	971	947
25	6,167E+06	6,167	3251	3204	3158	3112	3067	3023	2979	2936	2894	2852

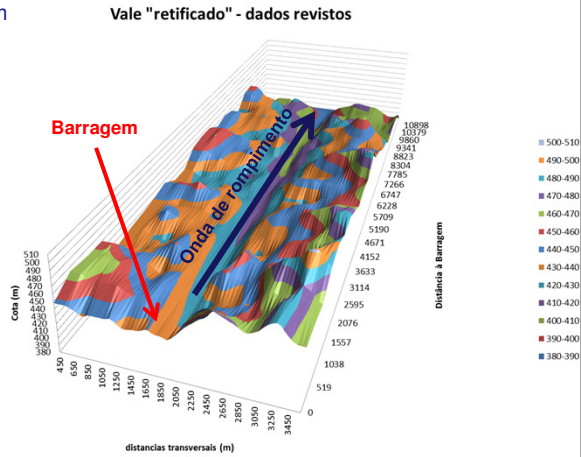
PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções

- Esquema do funcionamento do modelo de cálculo hidráulico simplificado

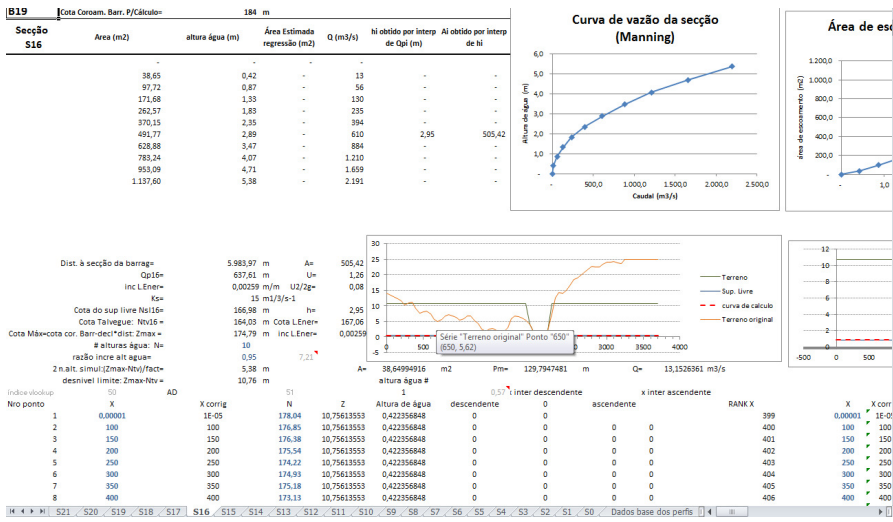


PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções

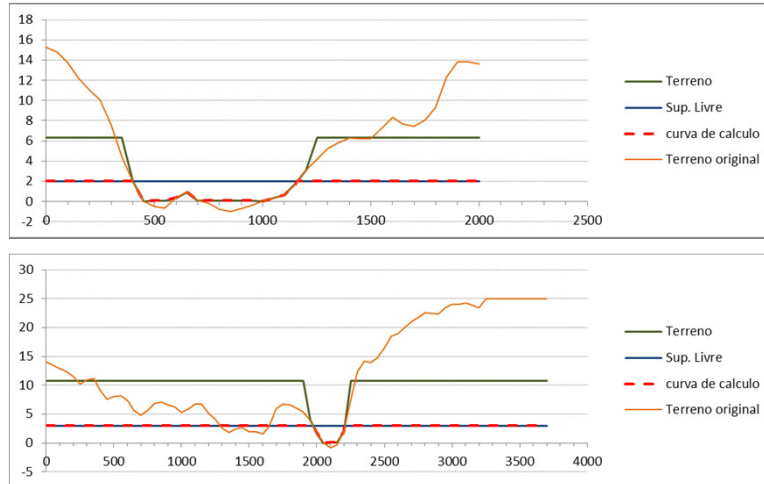
- As 22 seções transversais foram obtidas no Passo 3
- As seções são carregadas para o modelo de cálculo Excel
- No modelo de cálculo o terreno não considera as curvas em planta do talvegue (o vale fica "retificado")



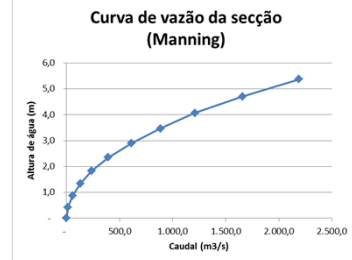
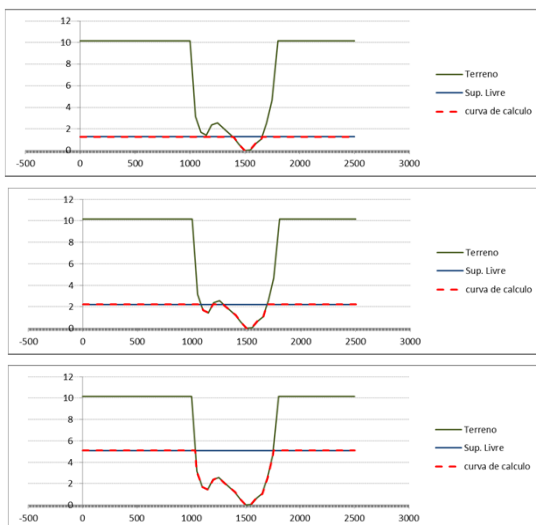
PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções

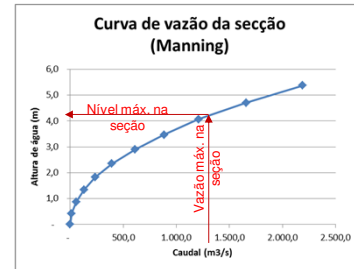
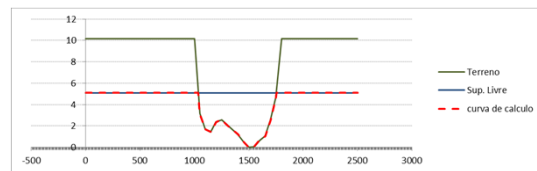
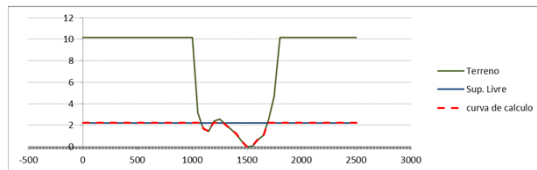
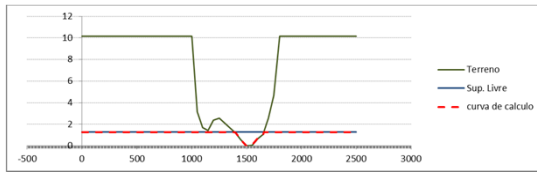


PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções



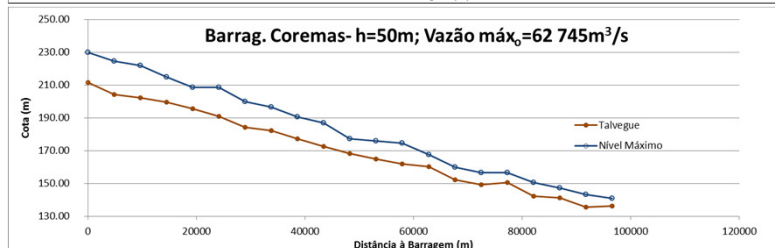
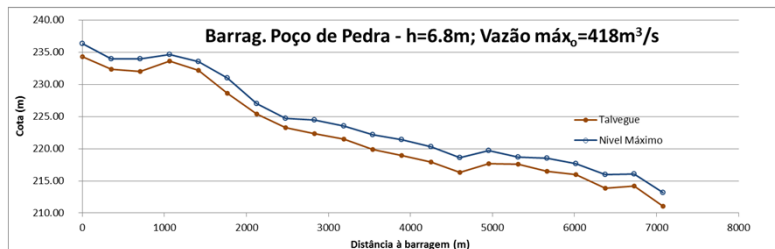
PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções





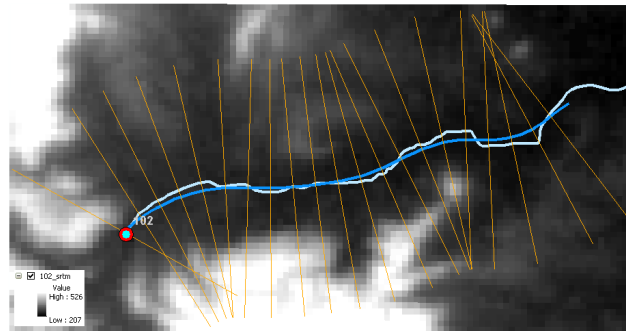
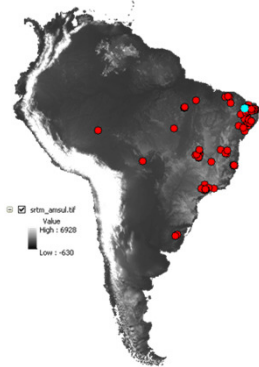
PASSO 5 - Cálculo hidráulico do nível máximo da onda de rompimento nas 22 seções

Níveis de água ao longo do vale Inundação - exemplo dos resultados do modelo



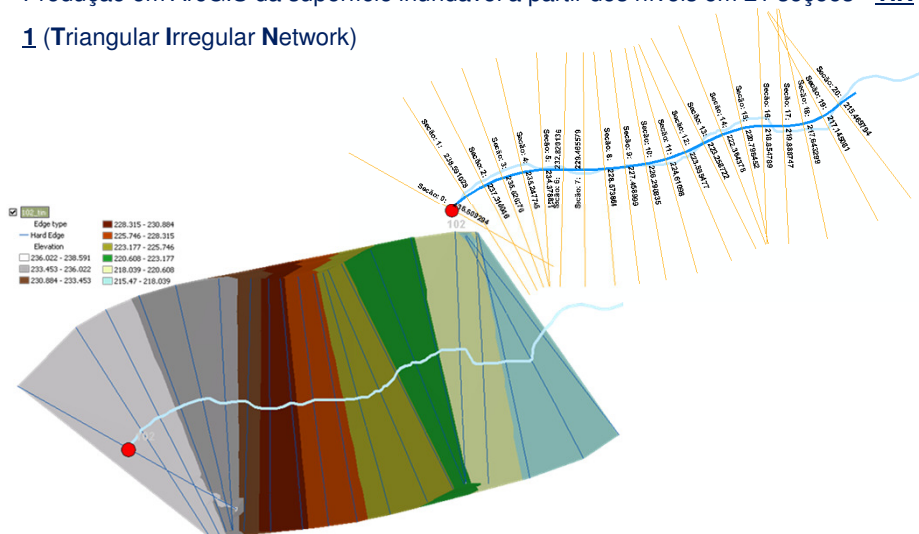
PASSO 6 – Migração de resultados do cálculo para ambiente ArcGIS

> Extrair uma GRID com a extensão da área em análise



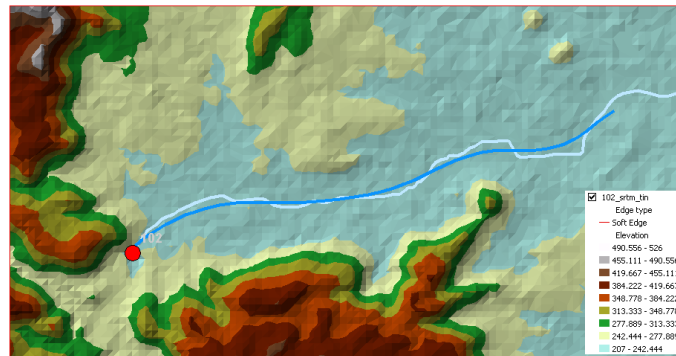
PASSO 6 – Migração de resultados do cálculo para ambiente ArcGIS

Produção em ArcGIS da superfície inundável a partir dos níveis em 21 seções - **TIN**
1 (Triangular Irregular Network)



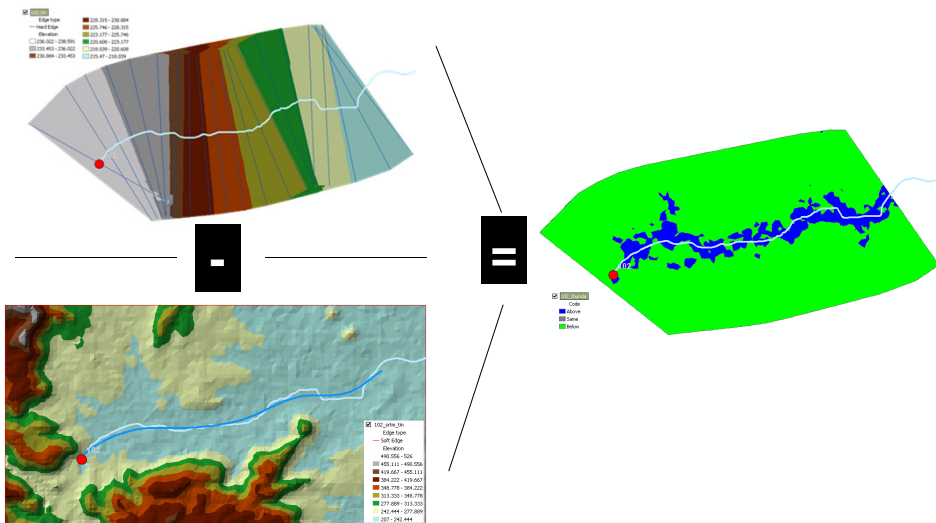
PASSO 7 - Cruza em ArcGIS topografia SRTM e Níveis Máximos no Vale Inundado

> Definir em ArcGIS a partir do SRTM a área de influência da barragem - TIN 2



PASSO 7 - Cruza em ArcGIS topografia SRTM e Níveis Máximos no Vale Inundado

Obter superfície de inundação: diferença entre TINs



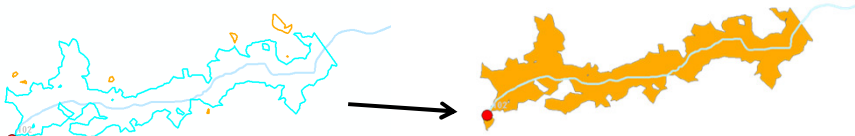
PASSO 7 - Cruza em ArcGIS topografia SRTM e Níveis Máximos no Vale Inundado

> Decisões pelo lado da segurança para correção de incoerências:

- Aumentar altura de inundação devido a incertezas em 3m

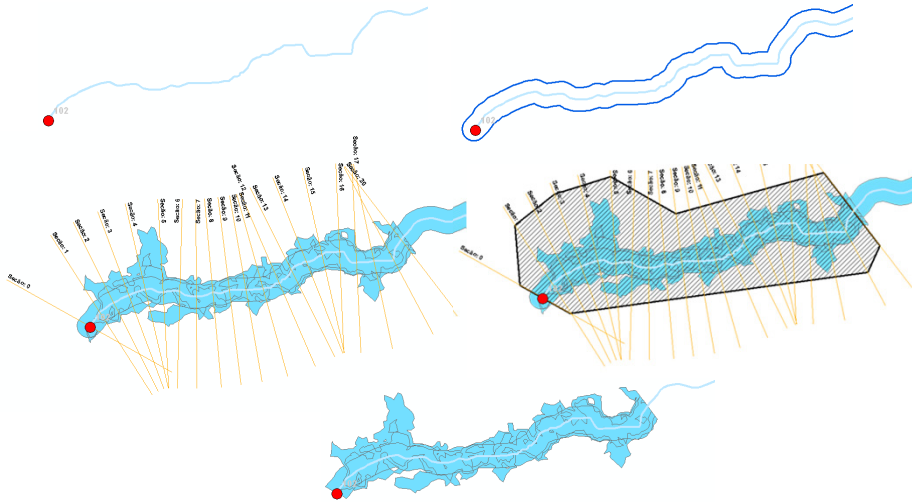


- Limpar "lagos"

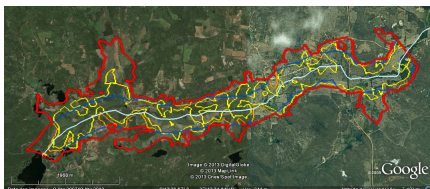
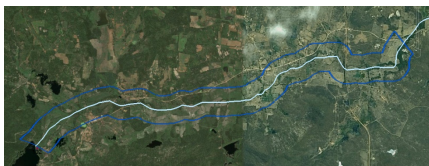


PASSO 7 - Cruza em ArcGIS topografia SRTM e Níveis Máximos no Vale Inundado

> Acrescentar "buffer" lateral ao curso de água devido a incertezas em 250 m



PASSO 8 - Exportar área de inundação para KMZ (para se poder analisar no Google Earth)



**Universo de barragens ANA
Subdivisão com base na Lei 12.334**

Barragens com:

- **Altura** \geq 15 m
- **Vol. de reservatório** \geq 3hm³
- DPA Médio ou Alto

Volume	# Barragens
Menor que 3 hm ³	62
Maior/igual que 3 hm ³	51
Total	113

Altura	# Barragens
Menor que 15 m	74
Maior/igual que 15 m	39
Total	113

- Das 62 barragens com **menos de 3hm³, 3 têm mais de 15 m**
- Das 74 barragens com **altura menos que 15 m, 15 têm mais de 3 hm³**

- Casos que só ficarão sob alçada da Lei 12.334 **se DPA for Médio ou Alto**

Altura/Volume	# Barragens
Menos que 15 m e 3 hm ³	59

O universo de barragens ANA Subdivisão em termos de do critério DPA Volume

- Barragens de **menor dimensão** ($h < 15$ e $V < 5 \text{ hm}^3$) – **57 barragens**
 - classificação é provisória
 - discussão de resultados em curso
 - análise de incertezas várias (método, informação de base, informação de ocupação, etc) para eventual reclassificação
- Barragens de **maior dimensão** ($h > 15$ ou $V > 5 \text{ hm}^3$) – **56 barragens**
 - considera-se haver um adequado grau de confiança da classificação feita
 - uma discussão de resultados provavelmente não levará a mudanças significativas e à alteração da classificação

ANÁLISES DE RESULTADOS
HÁ QUE TER EM CONSIDERAÇÃO ESTAS DUAS SITUAÇÕES

DPA - Classificações máxima e mínima possíveis

	Vol	Vidas Hum.	Imp.Amb.	Imp.Econ.	DPA
Mínimo	1	0	3	0	4
Máximo	5	12	5	8	30



Aspectos a considerar na aplicação de critérios DPA

- "Caso o empreendedor da barragem **não apresente informações** sobre determinado critério especificado nos incisos previstos neste artigo ou em critérios complementares, o **órgão fiscalizador aplicará a pontuação máxima** para o referido critério" (Res. 143, 10/7/2012, seção II, art.5º, § 4).

Assim:

- **Volume do reservatório** - se for desconhecido
=> classificação máxima **MUITO GRANDE = 5**
- **Potencial de perda de vidas humanas** - se não se consegue apurar "se existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas"
=> classificação máxima **EXISTENTE = 12**
- **Dano económico**: se não se consegue apurar se "existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ..."
=> classificação máxima **ALTO = 8**

Consequência nos critérios DPA da falta de informação

Na prática ao analisar a zona afectada por rompimento para atribuição de valores aos critérios DPA atribui-se o valor máximo aos critérios:

- se a imagem satélite está pouco definida
- se há impossibilidade de complementar elementos com informação adequada de outra origem

Na falta de dados de base o DPA atinge o valor máximo de 30:

$$5 (\text{Vol.}) + 12 (\text{vidas}) + 5 (\text{amb.}) + 8 (\text{econ.})$$

A Resolução 143 de 10 de julho de 2012 prevê:

- **revisões periódicas** - art. 14º - 5 a 10 anos conforme classe A a E
- **possibilidade da ANA actualizar a classificação em decorrência da alteração** da ... ocupação do vale a jusante que requeiram a revisão ... do dano potencial associado à barragem - art.3º, § único

Consequência prática da aplicação de critérios DPA

MELHORANDO O CONHECIMENTO da ocupação da zona inundada

Aumenta-se a probabilidade

de se poder BAIXAR A CLASSIFICAÇÃO em vários critérios

Classificação DPA

Análise paramétrica para PEQUENA barragem e vale pouco ocupado

Volume	VIDAS	Impacto amb.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
1	0	3	0	4	Baixo
1	4	3	0	8	Baixo
1	8	3	0	12	Médio
1	12	3	0	16	Alto

Volume	Vidas	IMPACTO AMB.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
1	0	3	0	4	Baixo
1	0	5	0	6	Baixo

Volume	Vidas	Impacto amb.	IMPACTO ECON.	DPA Quant	DPA Qualit
1	0	3	0	4	Baixo
1	0	3	4	8	Baixo
1	0	3	8	12	Médio

- Se houver **1 pessoa** ocupando permanentemente leito – tem-se **DPA Alto** (16 limite inferior)
- Se houver **1 rodovia municipal** ou **1 barragem** no vale inundado – tem-se **DPA MÉDIO** (12)

4	10	11	15	16	30
BAIXO		MÉDIO		ALTO	

Classificação DPA

Análise paramétrica para Grande barragem e vale pouco ocupado

Volume	VIDAS	Impacto amb.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
3	0	3	0	6	Baixo
3	4	3	0	10	Baixo
3	8	3	0	14	Médio
3	12	3	0	18	Alto

Volume	VIDAS	IMPACTO AMB.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
3	0	3	0	6	Baixo
3	0	5	0	8	Baixo

Volume	VIDAS	Impacto amb.	IMPACTO ECON.	DPA Quant	DPA Qualit
3	0	3	0	6	Baixo
3	0	3	4	10	Baixo
3	0	3	8	14	Médio

- Se houver **1 pessoa** ocupando permanentemente leito – tem-se **DPA Alto** (18)
- Se houver **1 rodovia** municipal ou **1 barragem** no vale inundado – tem-se **DPA MÉDIO** (14)

4	10	11	15	16	30
BAIXO		MÉDIO		ALTO	

Classificação DPA

Análise paramétrica para MUITO GRANDE barragem e vale pouco ocupado

Volume	VIDAS	Impacto amb.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
5	0	3	0	8	Baixo
5	4	3	0	12	Médio
5	8	3	0	16	Alto
5	12	3	0	18	Alto

Volume	VIDAS	IMPACTO AMB.	Impacto econ.	DPA Quant	DPA Qualit
5	0	3	0	8	Baixo
5	0	5	0	10	Baixo

Volume	VIDAS	Impacto amb.	IMPACTO ECON.	DPA Quant	DPA Qualit
5	0	3	0	8	Baixo
5	0	3	4	12	Médio
5	0	3	8	16	Médio

- Se houver **1 pessoa** ocupando permanentemente leito – tem-se **DPA Alto** (16 limite inferior)
- Se houver **1 rodovia** municipal ou **1 barragem** no vale inundado – tem-se **DPA MÉDIO** (12)

4	10	11	15	16	30
BAIXO		MÉDIO		ALTO	

Síntese e Conclusões sobre a metodologia

- O **mapa de inundação** é uma ferramenta essencial para se graduar o Dano Potencial Associado (DPA)
- O **Volume de dados de base** para um modelo completo é **grande** e de obtenção **dispendiosa**
- O universo de mais de 100 barragens conduziu a uma **sistematização** do processo de cálculo
- Com base no **conhecimento existente** sobre rompimentos e considerando **os dados da barragem e vale já disponíveis**, estabeleceu-se um **modelo de cálculo da zona afetada** compatível com os objetivos
- Os dados da base do modelo são
 - **Altura** da barragem
 - **Volumes** dos reservatórios em sistema de cascata a montante
 - Informação digital de **terrenos** (SRTM)
 - **Imagens de satélite** (SRTM, Google Earth, info SIG da base de dados da ANA)

Síntese e Conclusões sobre a metodologia (cont.)

- Estabeleceu-se um **procedimento** com 8 passos que permite definir **os níveis de água máximos** em cada seção de cálculo e o mapa de inundação
- O sistema desenvolvido envolve um **grau de incerteza e erros** que não é desprezível
- As **incertezas** são tanto maiores quanto **menor for a barragem** e **menor relevo** tiver o vale
- O **mapa de inundação deve ser corrigido em altimetria e planimetria** para se cobrir os erros e incertezas do modelo e dos dados, sendo que se propuseram as correções a introduzir:
 - Nível de inundação de cálculo + **3 m**
 - inundação de pelo menos **250 m para cada lado** do talvegue
- Os **mapas de inundação** podem ser **exportados** para sistemas de imagem satélite (ArcGIS, Google Earth) permitindo avaliar impactos e danos potenciais e classificar a barragem em termos dos critérios DPA



COBA, S.A.
COBA, LTDA.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL