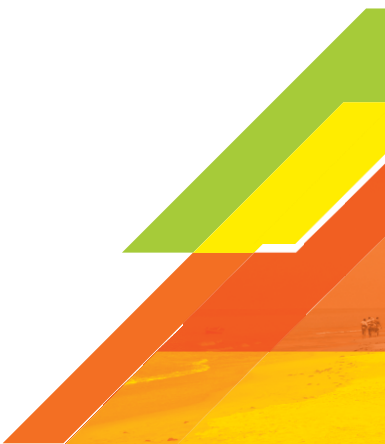


Segurança de novas metodologias e cálculos hidrológicos e o planejamento

Prof. Aloysio Portugal Maia Saliba
EHR / UFMG
asaliba@ehr.ufmg.br



SUMÁRIO

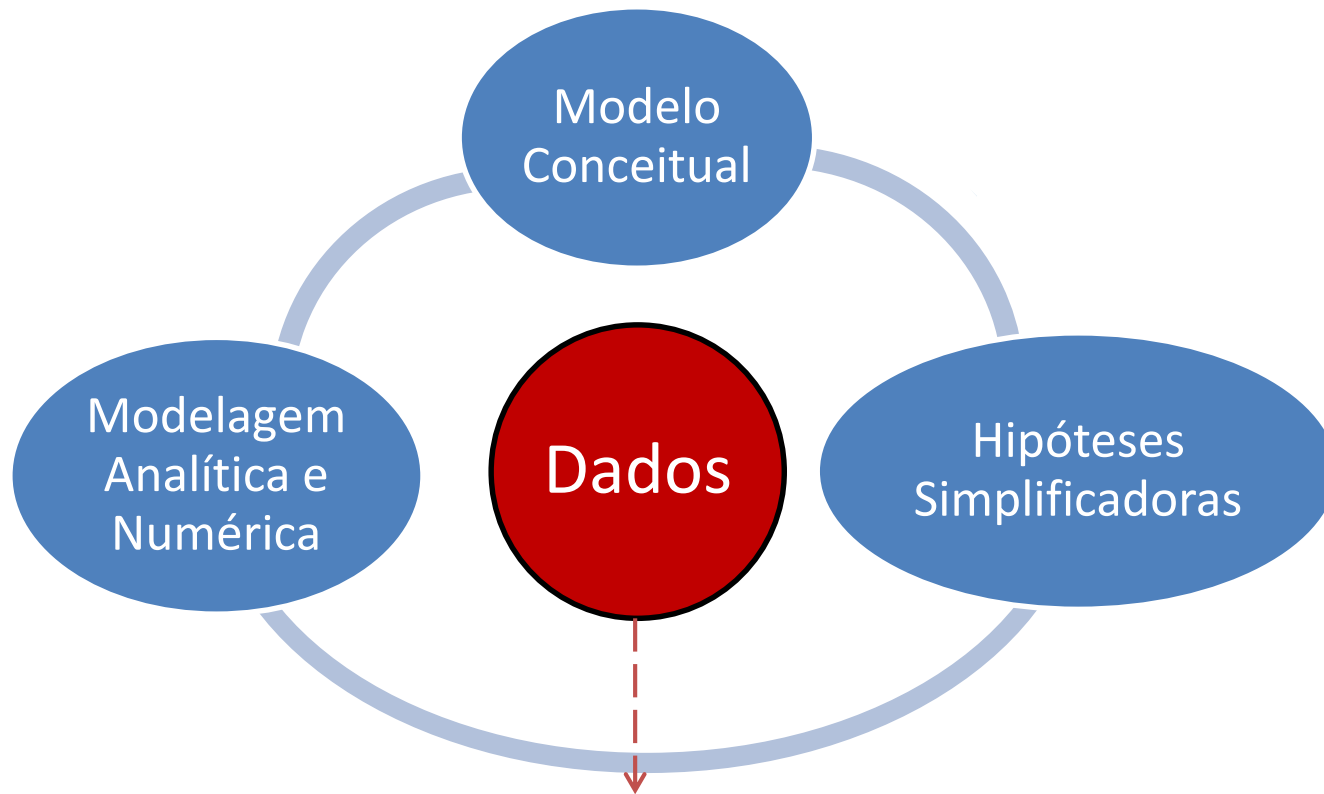
- ABORDAGEM DA ENGENHARIA
- PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA
- HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
- MODELAGEM HIDROLÓGICA PARA SEGURANÇA DE BARRAGENS
- OPORTUNIDADES PARA MELHORIA
- REFERÊNCIAS



ABORDAGEM DE ENGENHARIA

- ANÁLISE DE PROBLEMAS EM TRÊS ETAPAS
 - Definição do Modelo Conceitual completo (Física)
 - Estabelecimento de hipóteses simplificadoras (Engenharia)
 - Modelagem Analítica e Numérica (Matemática)
- PLANEJAMENTO (SEGURANÇA)
 - Garantia de fornecimento (problema de mínimos)
 - Segurança de barragens (problema de máximos)

FLUXOGRAMA



Garbage in: Garbage out!

PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA

- PROBLEMA DE MÁXIMOS
 - Inundações a jusante (por operação ou ruptura)
 - Dificuldades no Projeto e na Operação
 - Estimação de vazões
 - Tomada de decisão (quando e quanto abrir vertedores controlados)
 - Estimativas de NA e tempos de chegada a jusante (inundações)
 - Problemas de previsão
 - Modelagem de eventos (projeto, estudos de ruptura)
 - Suporte a decisões operativas (borda livre, inundações)

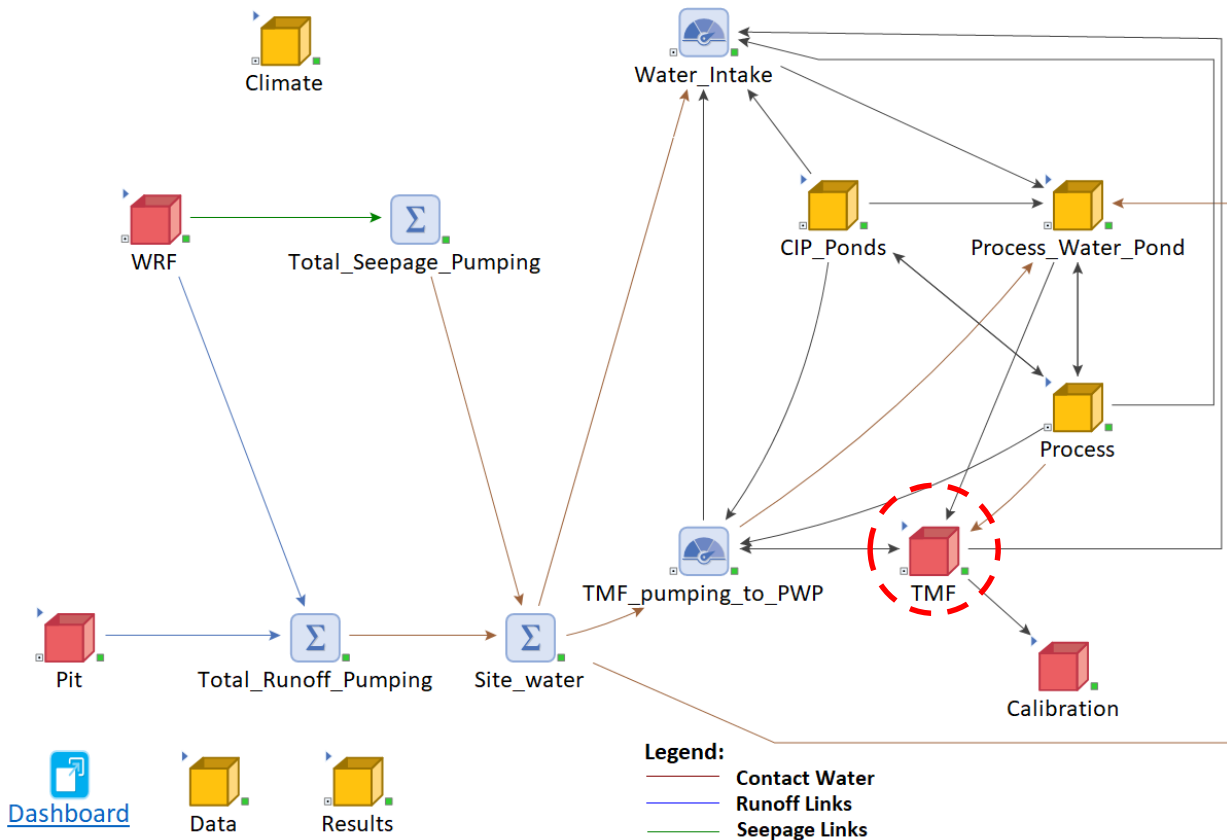


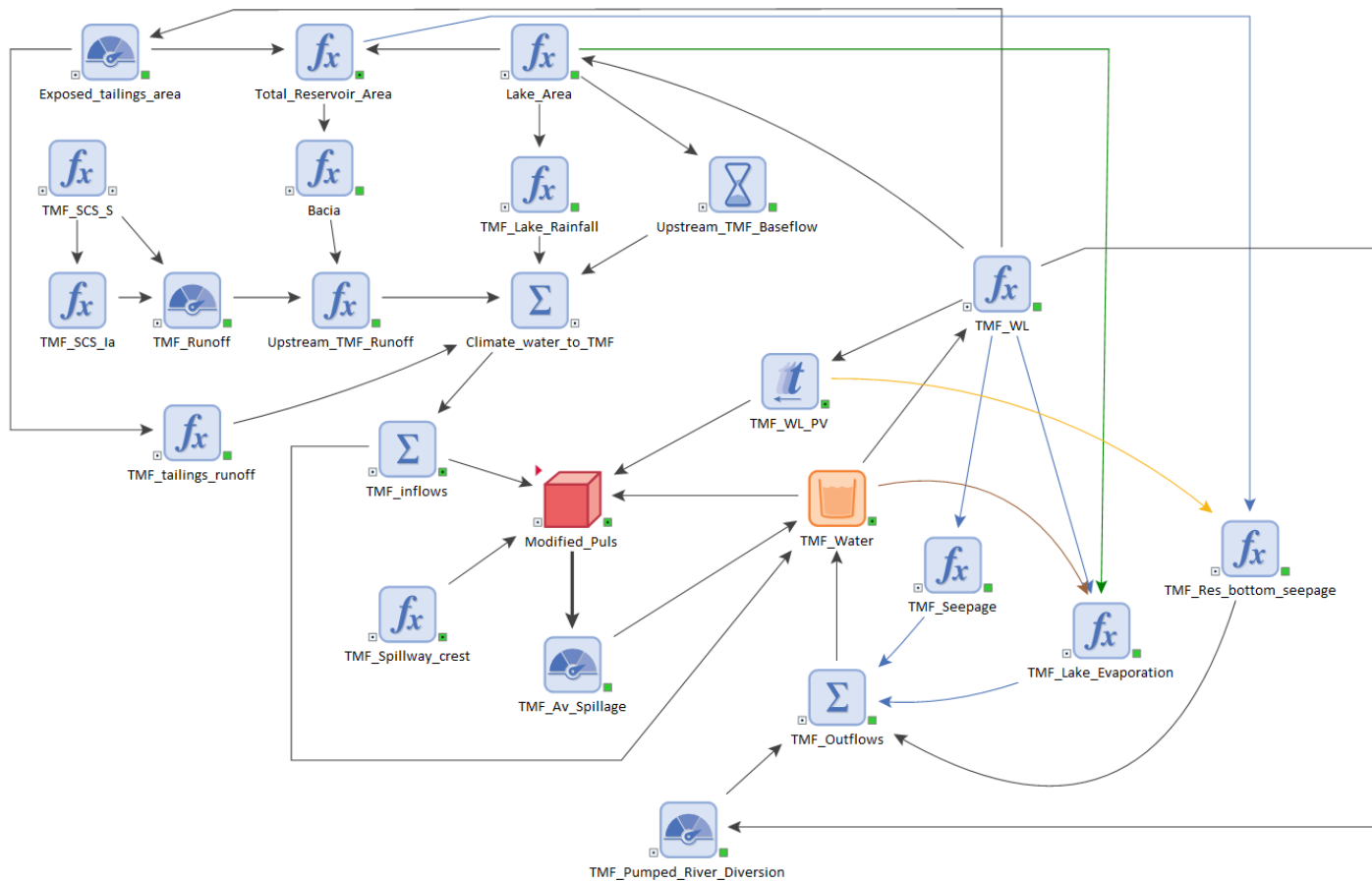
HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



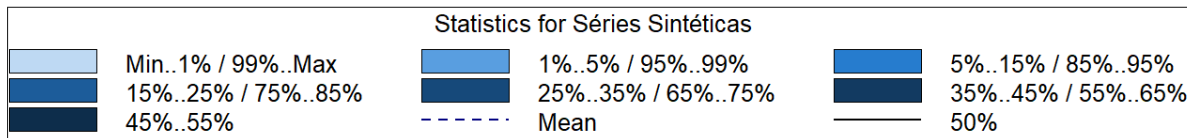
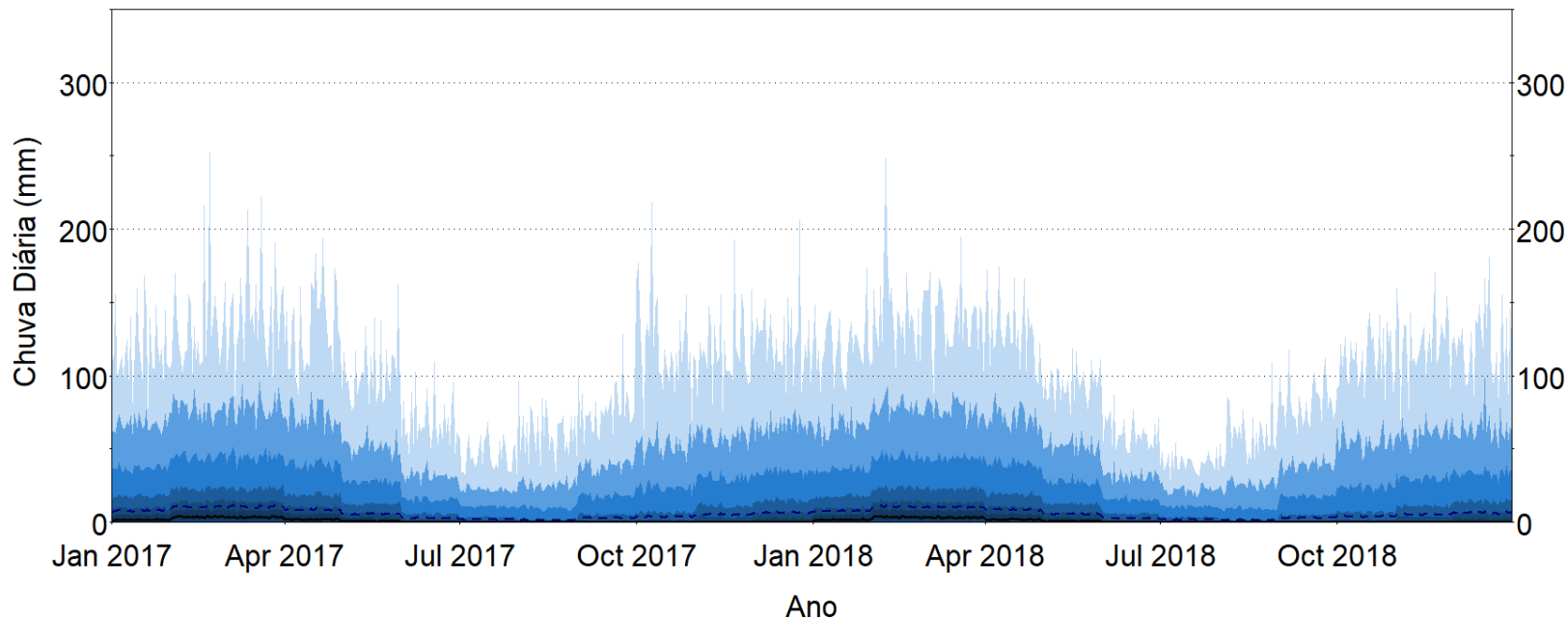
- Modelagem hidrológica
 - Modelos chuva x vazão
 - Separação da chuva efetiva (C, CN, reservatórios, ...)
 - Cobertura vegetal, tipo de solo e espessura, declividade do terreno
 - Variáveis de estado (umidade antecedente, ...)
 - Distribuição espacial e temporal da chuva
 - Métodos de transformação de chuva em vazão (hidrograma unitário)
 - Métodos de propagação de cheias (hidrológicos, hidráulicos, mistos...)
 - Modelos estocásticos (balanço hídrico e chuva x vazão)
 - Análise de frequência de vazões (bacias monitoradas)
 - Processos estacionários
 - Regionalização de vazões de cheia

HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

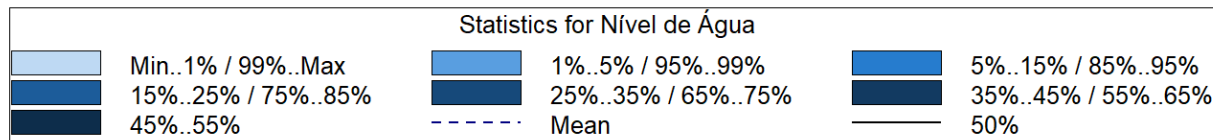
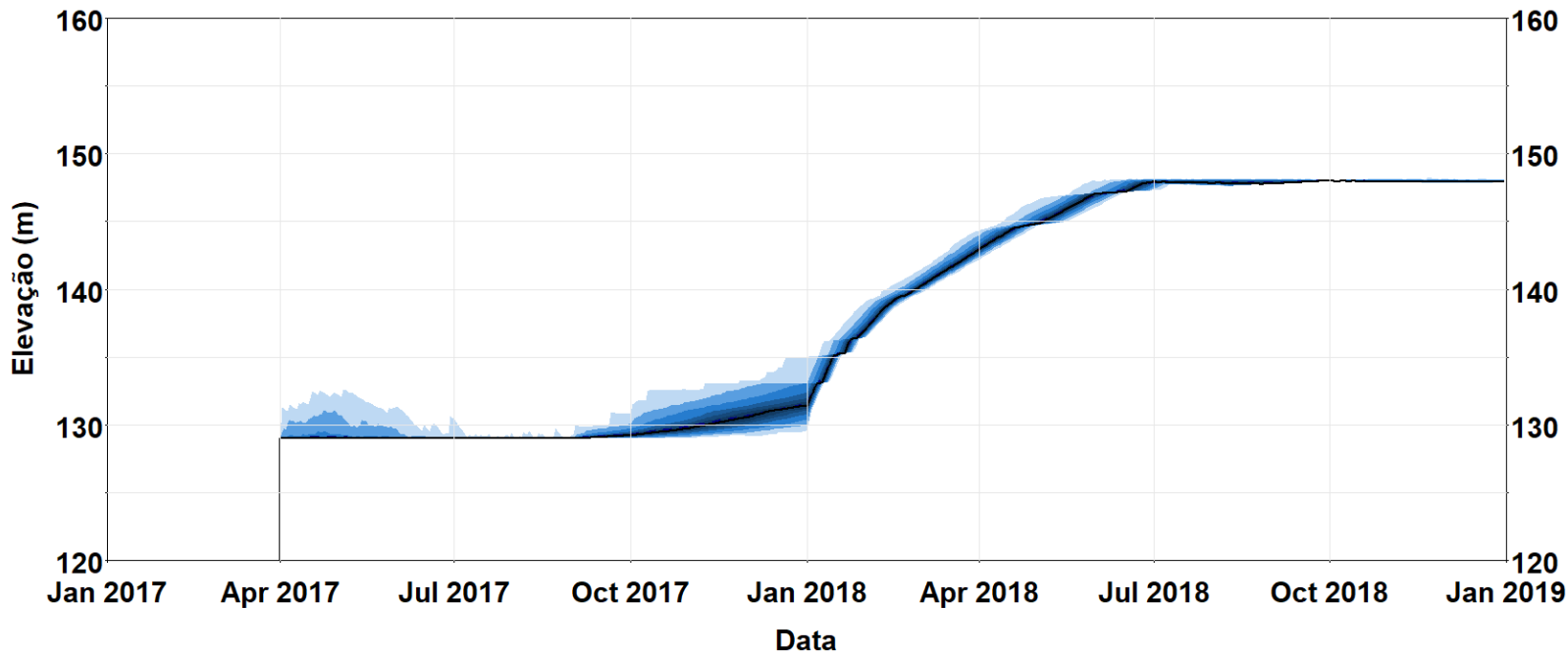




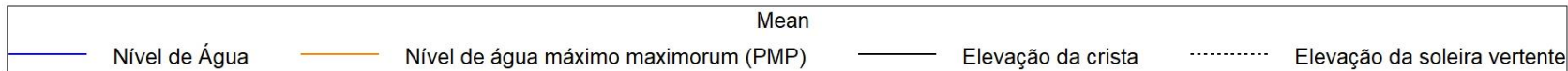
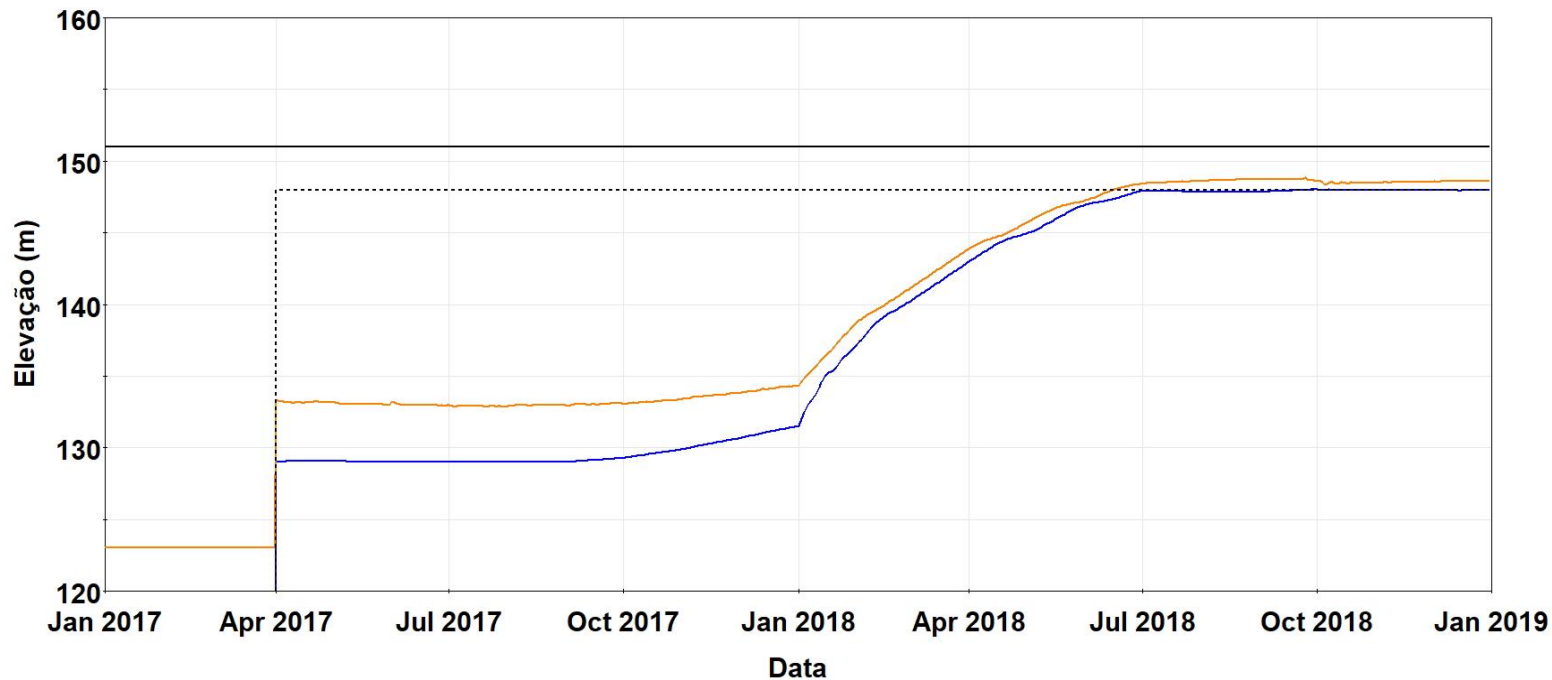
HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



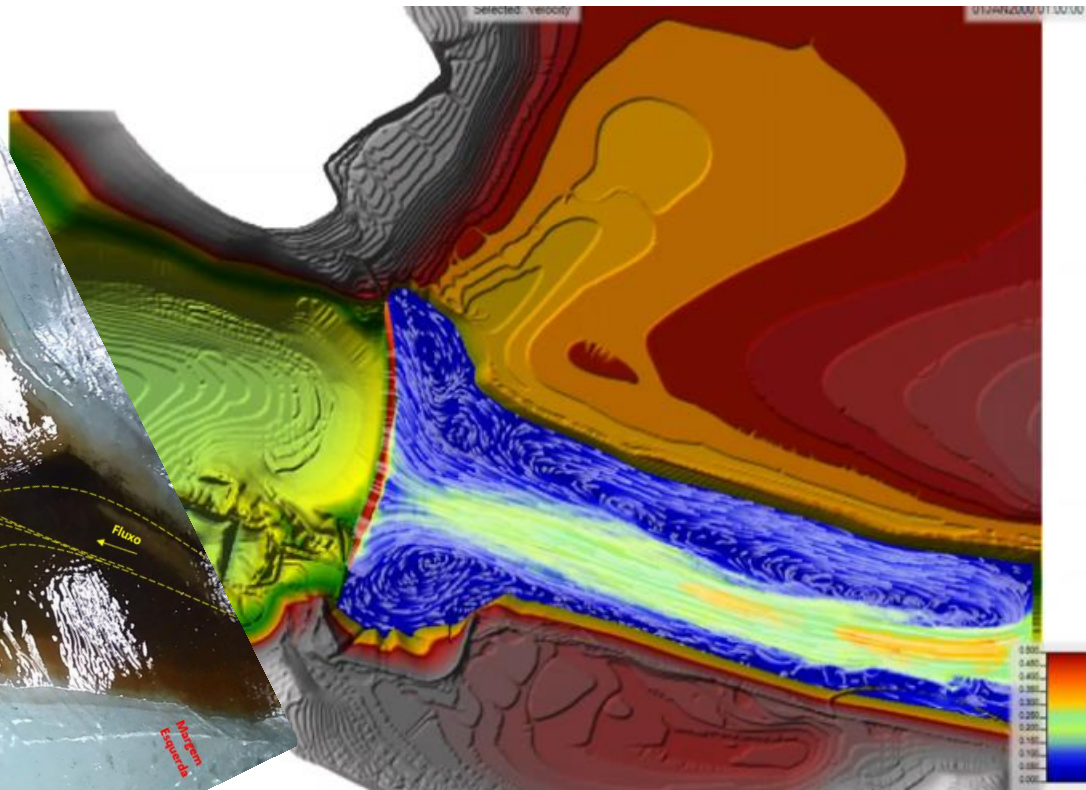
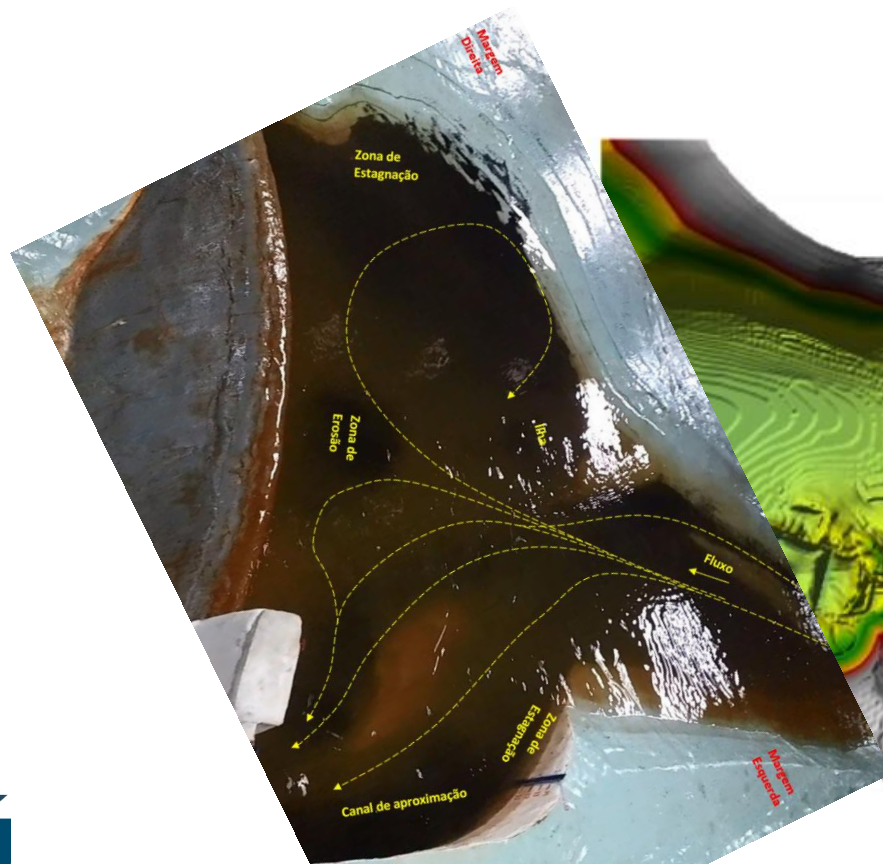
HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

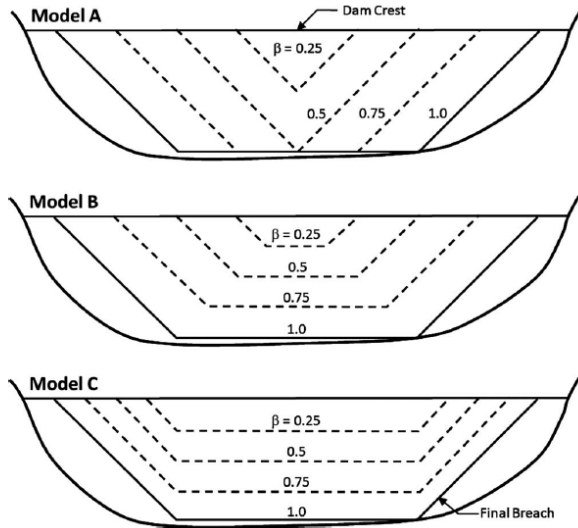


HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

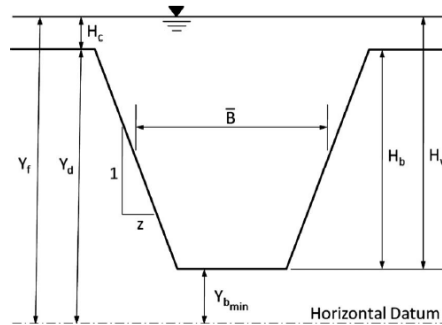


HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

- Ruptura de barragens: modelos de brecha



- Froehlich (2008): 74 barragens



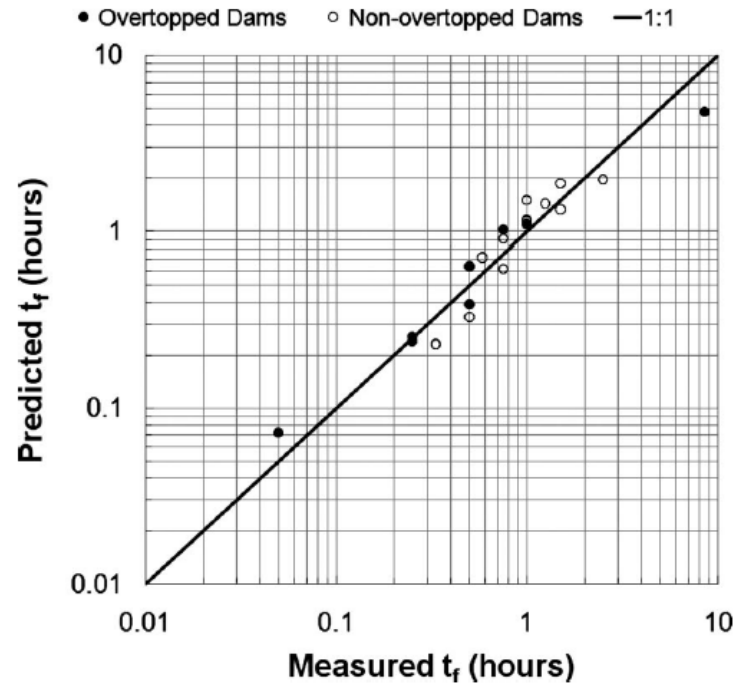
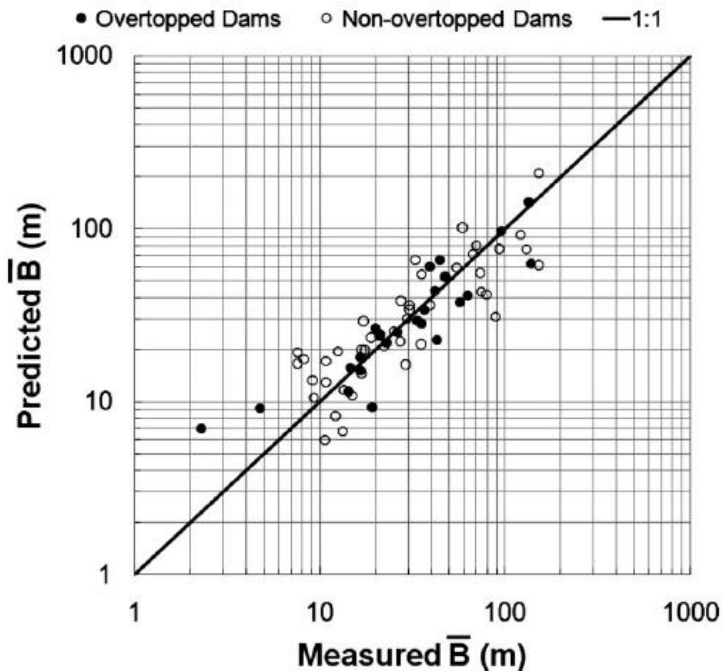
$$\bar{B} = 0.27k_o V_w^{0.32} H_b^{0.04}$$

$$t_f = 63.2 \sqrt{\frac{V_w}{g H_b^2}}$$

V_w (m³); H_b (m)

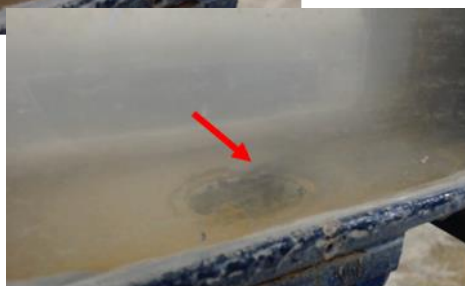
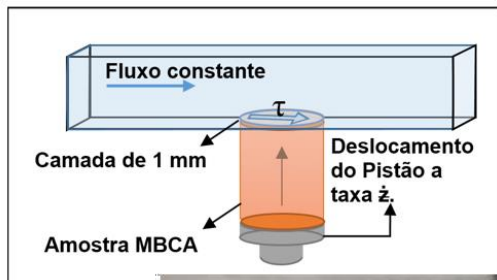
$k_o = 1,3$ (galgamento), $1,0$ (piping)

HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

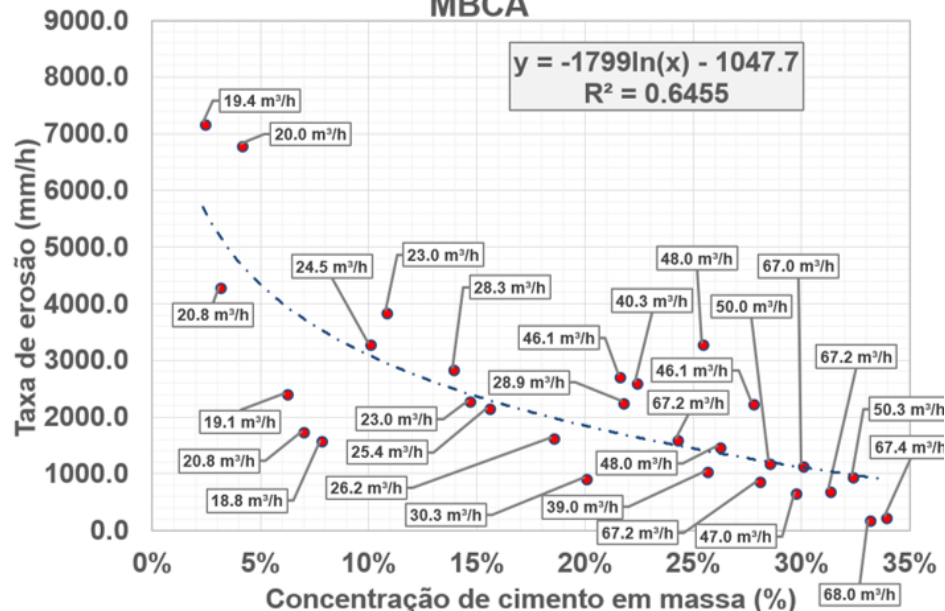


Froehlich (2008)

HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

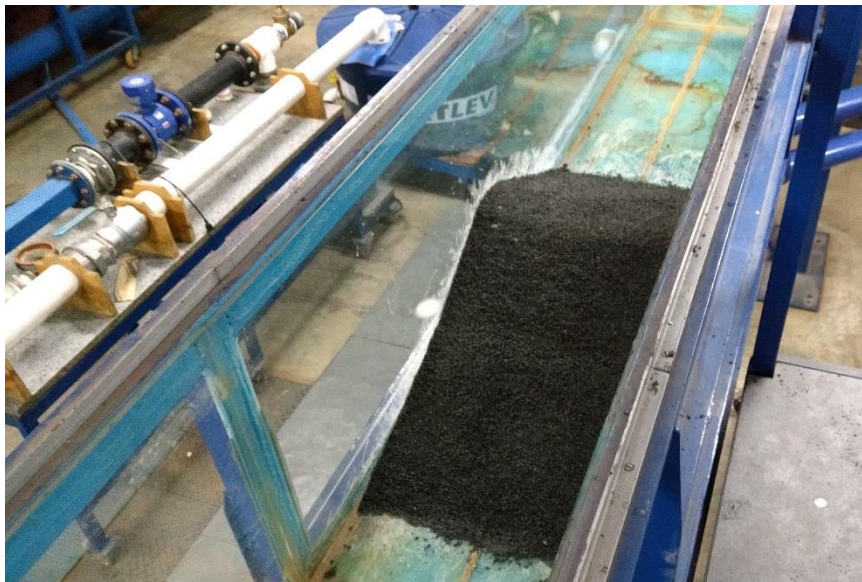


Taxas de Erosão Ensaio Compactados - MBCA



Campos et al. (2018)

HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



MODELAGEM HIDROLÓGICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



- Modelos concentrados x Modelos distribuídos
 - Concentrados: resposta da bacia ocorre no exutório
 - Distribuídos: resposta por pixel que são acumuladas no exutório

Variável	Modelos Concentrados	Modelos Distribuídos
Demanda de processamento	Menor	Maior
Demanda por informações	Menor	Maior
Expectativa quanto aos resultados	Mais distantes dos reais por representar a bacia em termos médios	Mais próximos aos valores reais

- Nascimento (2017): modelos mais detalhados demandam mais dados

HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



- Modelos distribuídos deveriam se ajustar melhor aos dados...
desde que haja dados confiáveis!
- Brasil não tem cultura de monitorar
- Não basta monitorar:
 - Os dados precisam estar corretos
 - Os dados precisam estar disponíveis
 - É preciso utilizar os dados
 - É preciso saber interpretar os dados

OPORTUNIDADES PARA MELHORIA

- OS DADOS PRECISAM ESTAR CORRETOS
 - É necessário compromisso com o monitoramento
 - É necessário utilizar métodos confiáveis
 - É necessário aperfeiçoar os métodos:
 - Pluviômetros
 - Curva-chave: medições esparsas, batimetrias esparsas
 - Imagens de satélite e dados de radar
- MODELOS MAIS SOFIISTICADOS: MAIS DADOS



HIDROLOGIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

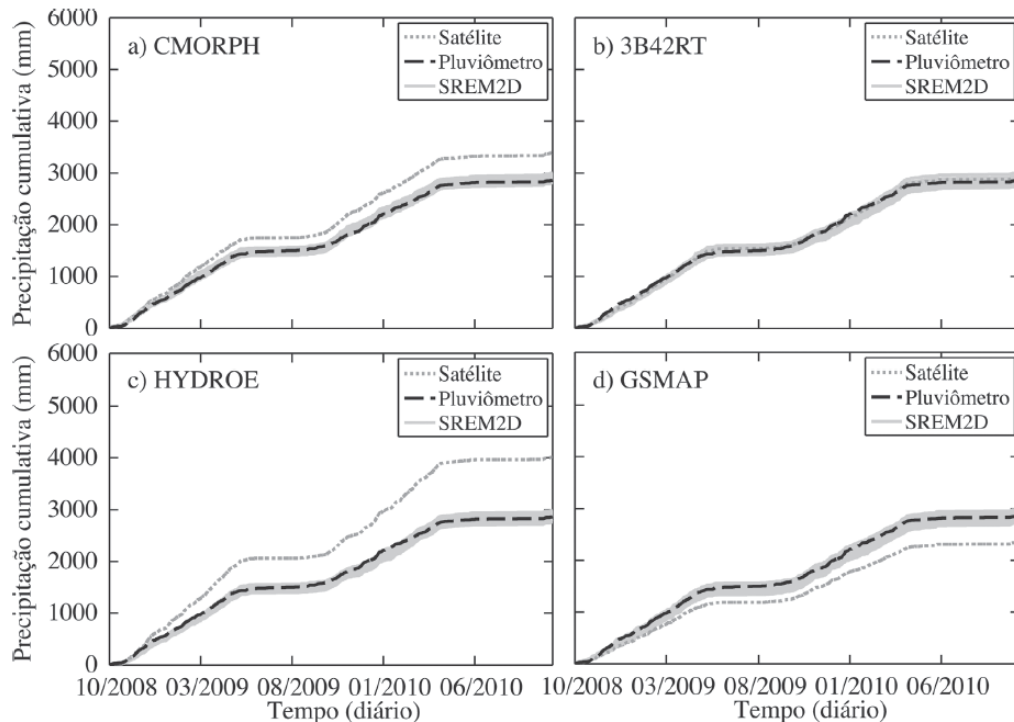
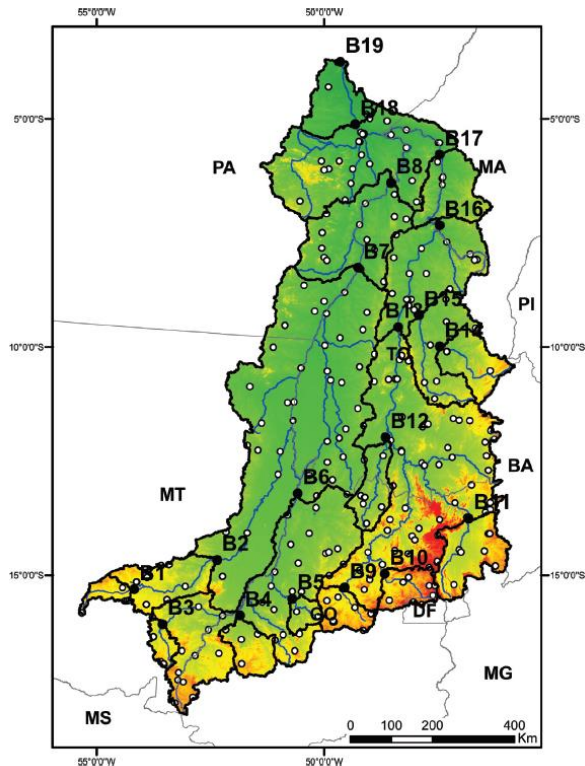


Figura 11 - Hietogramas acumulados para um conjunto de 100 realizações (linhas cinza médio), simulado pelo SREM2D e comparado com os dados de precipitação observada (linha cinza escura) e estimada por satélite (linha cinza claro) pelos algoritmos CMORPH (superior-esquerdo), 3B42RT (superior-direito), HYDROE (inferior-esquerdo) e GSMaP (inferior-direito), nas estações chuvosas (2008/2009 e 2009/2010) e secas (2009 e 2010) sobre a bacia dos rios Tocantins-Araguaia.

OPORTUNIDADES PARA MELHORIA

- OS DADOS PRECISAM ESTAR DISPONÍVEIS
 - Mineradoras
 - Geradoras
 - Companhias de Abastecimento
 - Órgãos Estaduais



OPORTUNIDADES PARA MELHORIA

- É PRECISO UTILIZAR OS DADOS
 - Muitos monitoramentos são vistos apenas como registros
 - Necessário ter infraestrutura de processamento: de nada adianta uma previsão que fica pronta após o evento
- É PRECISO SABER INTERPRETAR OS DADOS
 - Universidades exploram à exaustão a terceira etapa da abordagem de engenharia: laboratórios
 - A validação dos modelos conceituais (e hipóteses simplificadoras) é crucial:

É preciso ter o hábito de olhar para fora da janela



OPORTUNIDADES PARA MELHORIA

- A partir da nova massa de dados, novos modelos podem ser avaliados
- Recursos para pesquisas serão cada vez mais disputados entre pesquisa pura e pesquisa aplicada
- Pesquisa aplicada é grande parte da pesquisa em Engenharia
- Parcerias Empresas x Universidades: projetos de P&D
 - Empresas precisam entender as universidades (ritos, publicidade...)
 - Universidades precisam entender as empresas (prazos, custos, aplicações práticas...)



CONCLUSÕES

- Novas metodologias e cálculos hidrológicos podem (e devem) ser utilizados no planejamento de segurança de barragens
- Bons resultados se apoiam em dados bons
- Dados
 - Precisam estar disponíveis (Empresas e Governos)
 - Usuários capacitados e com visão crítica (Universidades)
 - Novos métodos de monitoramento precisam ser desenvolvidos
- Oportunidades de desenvolvimento em P&D



AGRADECIMENTOS

- EHR / UFMG
- CPH / UFMG
- GoldSim Technology Group
- ABRH
- CBDB



REFERÊNCIAS

- CAMPOS, R. G. D.; SALIBA, A. P. M.; CAMARGOS, R. S.; BRISCARO, V. H. B.; PASSOS, D. T. **Determinação de taxas de erosão para mistura de borracha e cimento para aplicação em modelos reduzidos.** In: XXVIII Congresso Latinoamericano de Hidráulica. Buenos Aires: IAHR, 2018.
- FALCK, A. S.; VILA, D.; TOMASELLA, J.; MAGGIONI, V.; DINIZ, F. L. R. Avaliação de um Modelo Estocástico de Erro Multidimensional Aplicado a Estimativas de Precipitação por Satélite. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 52-63, 2016.
- FROEHLICH, D. C. Embankment dam breach parameters and their uncertainties. **Journal of Hydraulic Engineering**, Vol. 134, No. 12, p. 1708-1721. December 1, 2008.
- NASCIMENTO, F. A. **Análise comparativa entre as respostas de modelos chuva x vazão concentrados, semi-distribuídos e distribuídos.** Dissertação de Mestrado. Programa de pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: EEUFMG, 2017.