

## HIDROELÉTRICAS SEM RESERVATÓRIOS: SEREMOS COBRADOS PELAS GERAÇÕES FUTURAS?

**Rafael Kelman**

rafael@psr-inc.com

**14º Encontro de Energia – Matriz Segura e Competitiva – FIESP**

05 de agosto de 2013



# Temário

---

- ▶ A importância dos reservatórios
- ▶ Consequências da censura
- ▶ Sugestões e conclusões

# Importância dos reservatórios (1/4)

## ► Armazéns de energia

- Transferência da energia hidráulica no tempo
  - Regulação diária: modulação de carga para atendimento de ponta
  - Intra anual: armazenamento na estação de chuvas para uso na estiagem
  - Inter anual: armazenamento em anos “úmidos” para anos “secos”
- Transferência da energia hidráulica no espaço
  - Envio de energia de uma região “úmida” para outra “seca”
  - A diversidade hidrológica (grande no Brasil, por ser um “continente”) é melhor aproveitada quanto mais robusta for a rede de transmissão
- Instrumento de adaptação às mudanças climáticas, caso provoquem eventos mais extremos ou aumentem a variabilidade das afluências

# Importância dos reservatórios (2/4)

## ► Operação do sistema

- Variações rápidas e controladas na geração
- Manutenção de operação confiável do sistema elétrico

## ► Usos múltiplos

- Podem ser induzidos mesmo em usinas que visam somente gerar energia.
- Exemplos: irrigação, controle de cheias, navegação, pesca, turismo, etc.

## ► Outros benefícios (vale também para usinas sem reservatórios)

- Geração de empregos
- Pagamento de royalties aos municípios
- Melhoria de infraestrutura local (hospitais, escolas, posto de saúde, saneamento básico, etc. por conta do empreendedor)

# Importância dos reservatórios (3/4)

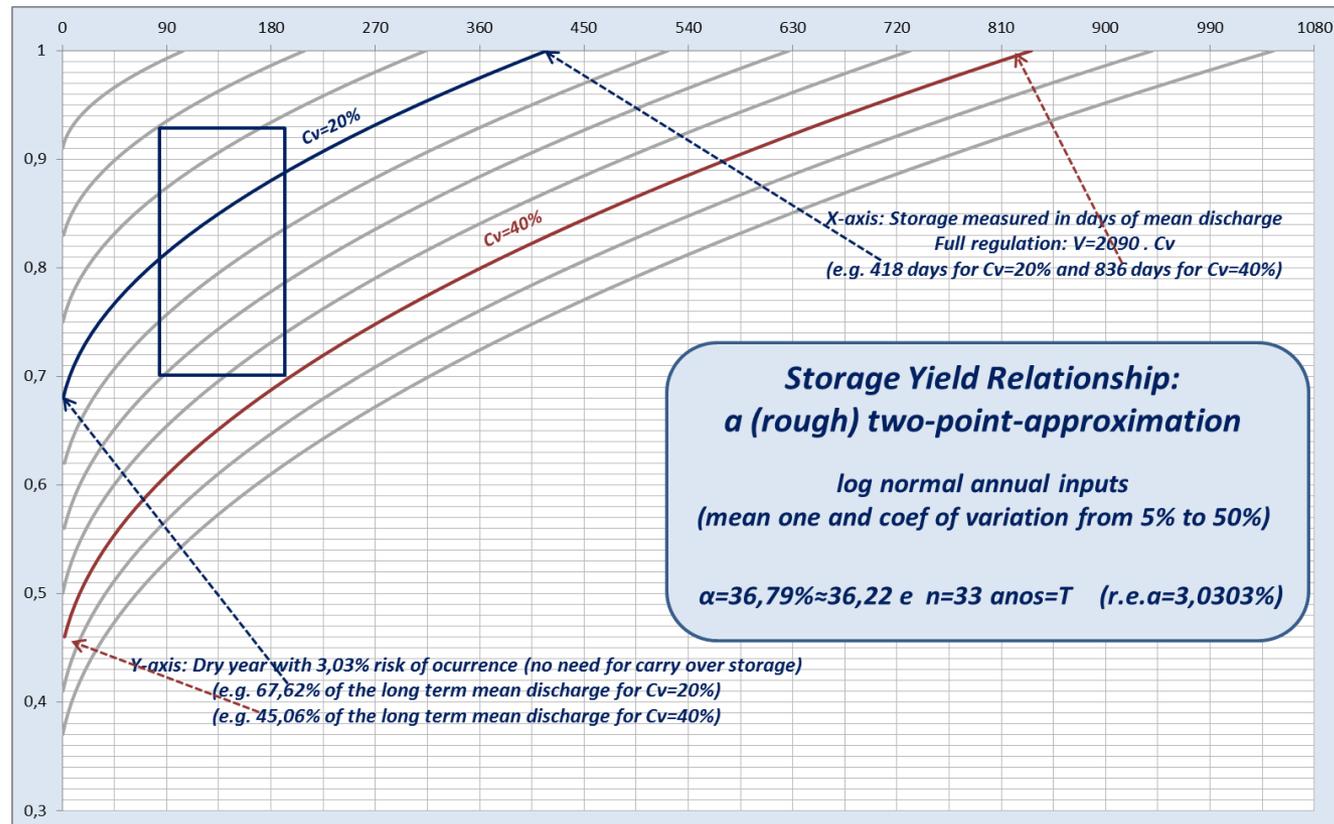
- ▶ Inserção de demais fontes renováveis
  - Variações na produção de fontes intermitentes e/ou sazonais podem ser compensadas pelas usinas com reservatórios.
  - Aumento da competitividade destas fontes e formação de portfólio de renováveis (hidrelétricas, eólicas e biomassa)
  - Este portfólio combina economia de escala e flexibilidade
  - Em países como a Alemanha são necessárias térmicas de “backup”.

*The more a country depends on such sources of energy, the more there will arise – as Germany is discovering – two massive technical problems. One is that it becomes incredibly difficult to maintain a consistent supply of power to the grid, when that wildly fluctuating renewable output has to be balanced by input from conventional power stations. The other is that, to keep that back-up constantly available can require fossil-fuel power plants to run much of the time very inefficiently and expensively (incidentally chucking out so much more “carbon” than normal that it negates any supposed CO2 savings from the wind).*



# Importância dos reservatórios (4/4)

**Curva de Regularização:** relação (não linear) entre vazão a ser regularizada e o tamanho do reservatório necessário



Fonte: Francisco Luiz Sibut Gomide

# Resistência às hidrelétricas

- ▶ Preocupação (legítimas) com impactos socioambientais
  - Inundação de áreas (impacto aos habitats aquático, terrestre e fauna)
  - Alteração do regime fluvial e no transporte de sedimentos
  - Impacto sobre qualidade da água
  - Relocações e demais impactos sobre populações locais
  - Alteração no modo de vida (ex. populações indígenas)
  - Potenciais conflitos pelo uso dos recursos hídricos
  - Emissão de metano
- ▶ Os impactos podem ser reduzidos, compensados ou mesmo evitados
- ▶ Mas os projetos precisam ter qualidade, é preciso haver um bom planejamento e uma gestão profissional dos programas socioambientais!

# A “proibição” dos reservatórios



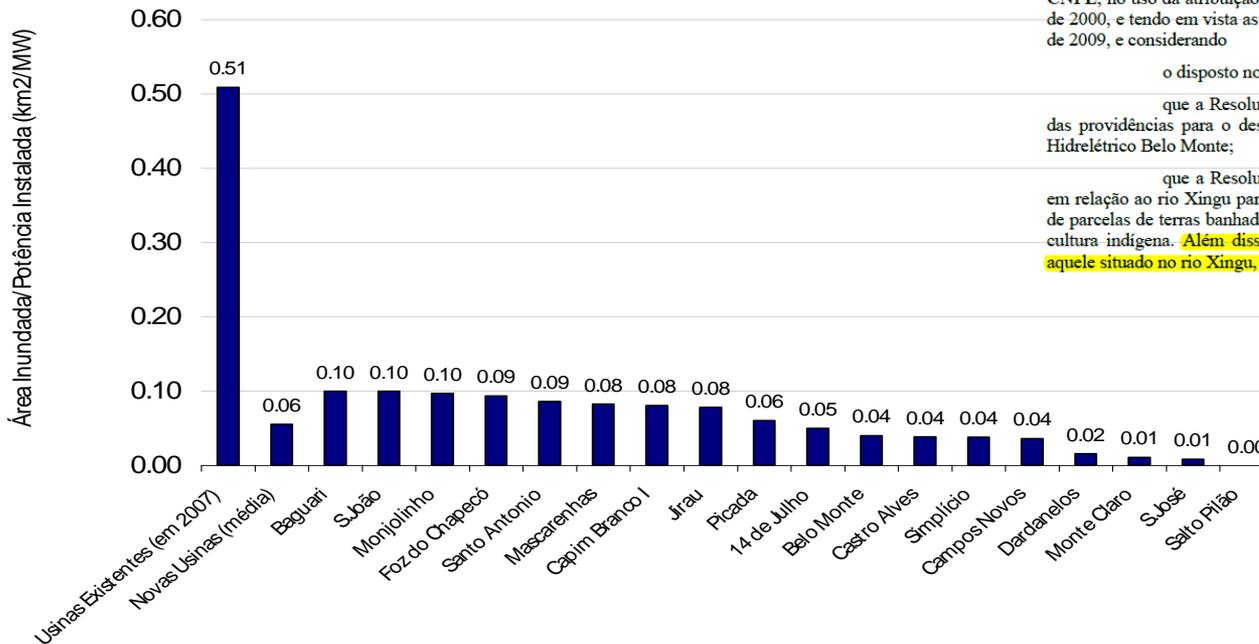
Ministério de Minas e Energia  
Gabinete do Ministro

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA

RESOLUÇÃO Nº 5, DE 3 DE SETEMBRO DE 2009.

Indica o projeto de geração de energia elétrica denominado Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, localizado no rio Xingu, no Estado do Pará, prioritário para efeito de licitação e implantação, e dá outras providências.

A relação área/potência média das novas usinas é 0,06 km<sup>2</sup>/MW, enquanto a média do Brasil em 2007 era 0,51 km<sup>2</sup>/MW



O PRESIDENTE DO CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE, no uso da atribuição que lhe confere o art. 2º, § 3º, inciso III, do Decreto nº 3.520, de 21 de junho de 2000, e tendo em vista as deliberações da 18ª Reunião Ordinária do Conselho, realizada em 23 de junho de 2009, e considerando

o disposto no art. 2º, inciso VI, da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997;

que a Resolução nº 18, de 17 de dezembro de 2002, do CNPE, determinou a continuidade das providências para o desenvolvimento e viabilização do projeto relativo à construção do Complexo Hidrelétrico Belo Monte;

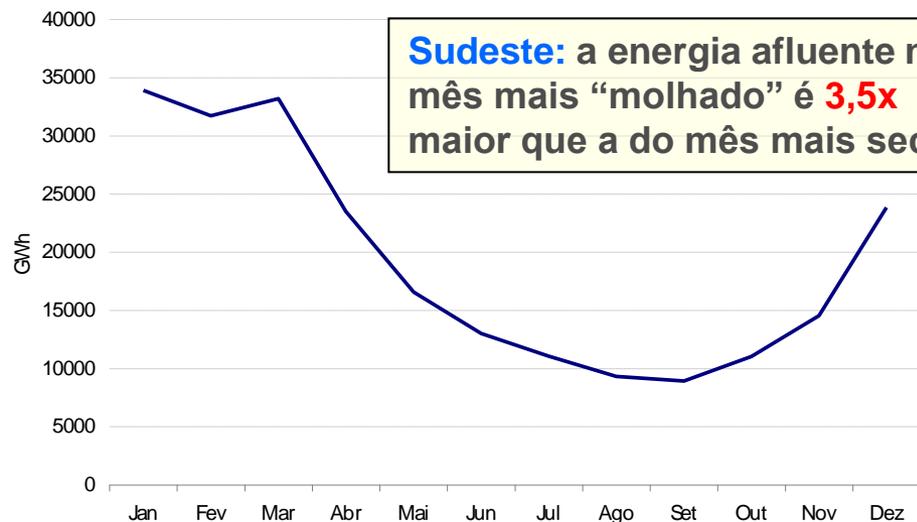
que a Resolução nº 6, de 3 de julho de 2008, do CNPE, reconhece o interesse estratégico em relação ao rio Xingu para fins de geração de energia hidrelétrica, bem como a importância estratégica de parcelas de terras banhadas pelo rio Xingu para a conservação da diversidade biológica e a proteção da cultura indígena. Além disso, determina que o potencial hidroenergético a ser explorado será somente aquele situado no rio Xingu, entre a sede urbana do Município de Altamira e a sua foz; e

# As mega usinas a fio d'água

---

- ▶ Os três maiores novos projetos hidrelétricos do país – Santo Antônio e Jirau, no Rio Madeira, e Belo Monte, no Xingu, totalizando 18 mil MW de capacidade, são usinas “a fio d'água”
- ▶ Isto **não resultou** de uma otimização econômica dos projetos, e sim de restrições socioambientais
- ▶ A variabilidade das afluições a estas usinas é muito maior do que a das usinas atuais

# Comparação da energia afluyente mensal



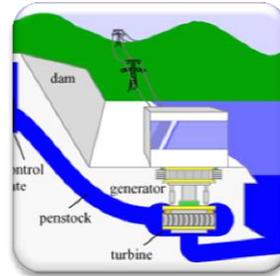
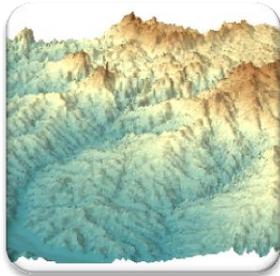
# Como gerenciar a volatilidade das afluições e das renováveis sem reservatórios?

- ▶ Aumentando a geração termelétrica
  - Compensa a falta de transferência sazonal de água (energia)
  - Maiores custos operativos
  - Aumento da emissão de gases de efeito estufa
- ▶ Demais “efeitos colaterais”
  - Maior dificuldade de inserção das demais fontes renováveis
  - Maior exigência dos reservatórios atuais, com grandes alterações de nível em curtos ciclos hidrológicos x restrições operativas hidráulicas
  - Menor capacidade de controle de cheias

# O dilema do planejamento

- ▶ Os estudos atuais de inventário tem eliminado *a priori* as usinas com reservatórios (dados EPE)
- ▶ Será que não existirem mais locais apropriados?
- ▶ Ou será que na análise de *tradeoff* energia x impacto ambiental dos reservatórios fosse dado **peso infinito** os custos socioambientais.
- ▶ É possível avaliar objetivamente se há locais apropriados e *tradeoffs*?
  - Projeto de P&D ANEEL: modelo computacional para a comparação de alternativas de divisão quedas
  - Organizado em três componentes

# Procedimento proposta para o ambiente do P&D



Max  $F(x)$   
sujeito a:  
 $A(x) \leq b$

## SIG

- Rede de Drenagem
- Locais Candidatos
- Curvas cota-área-volume
- Regionalização das vazões
- Análise de interferências

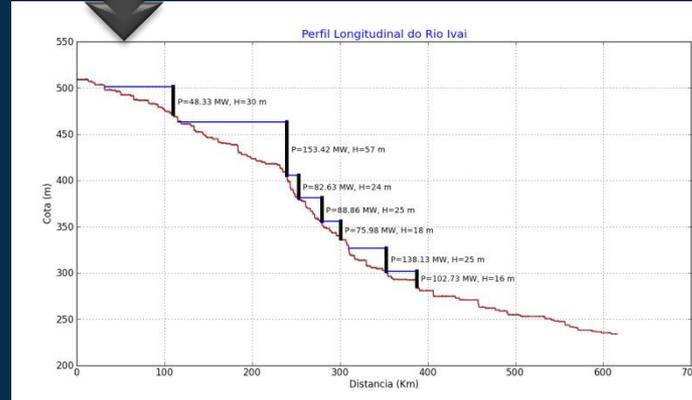
## Orçamento

- Dimensionamento das estruturas
- Interface CAD para cálculo de volumes
- Cálculo do orçamento

## Otimização

- Análise de Custo x Benefício
- Alternativas de quedas

## Resultados



# Dos inventários aos estudos de viabilidade

---

- ▶ Projetos na fase dos estudos viabilidade não seguem a mesma lógica dos estudos de inventário
  - São adaptados à realidade comercial e lógica competitiva do empreendedor que participa do leilão pela concessão do aproveitamento.
  - Não havia problema quando existia a mesma empresa era concessionária de todas as usinas da bacia
- ▶ Implicações: maior apelo às usinas a fio d'água
  - Menor “dor de cabeça ambiental”
  - Visão “míope”: aumento da Garantia Física depende da existência de usinas a jusante; benefício “local” pode ser insuficiente

# Sugestões aos inventários hidroelétricos

- ▶ Audiências Públicas na fase de Inventários Hidroelétricos
  - Processo mais transparente, maior participação da sociedade
  - Os prefeitos precisam se posicionar antes de saber se serão impactados
- ▶ Comparação de alternativas de divisão de quedas (Angela Livino)
  - Equiparação energética: as alternativas com menor energia são equiparadas com aquela de maior energia. A diferença é valorada a um custo exógeno. Não existe, porém, uma equiparação dos impactos ambientais (ex: o que ocorre se as hidrelétricas não forem construídas?)
  - As usinas eliminadas em alternativas dos inventários (não competitivas) deveriam ser relacionadas num cadastro público elaborado pela EPE.
  - Investigação do impacto do CUR nas alternativas de divisão de quedas

# Ganho de energia firme na cascata

- ▶ A Portaria MME nº 258/2008 admite a garantia física “local” dos projetos + incremento+ conseguido nas usinas a jusante.
- ▶ A Portaria disciplina que deverão ser consideradas apenas as usinas em operação e que já possuem concessão ou autorização
  - Um reservatório de cabeceira só captura todos os benefícios caso entrar na configuração **após** as usinas a jusante.
- ▶ Proposta de alocação baseado em jogos cooperativos (exemplo. método *Aumann-Shapley*) que calcula o incremento da energia firme para todas as permutações de ordens de entrada das usinas.

# Recomendações

---

- ▶ Melhor comunicação sobre papel das hidrelétricas com reservatórios
  - Mais artigos técnicos, seminários, editoriais, cartas de associações, etc.
- ▶ Melhor coordenação das instituições governamentais
  - Exemplo: a licitação da UHE São Manoel x FUNAI
- ▶ É preciso conhecer bem os recursos atuais disponíveis
  - Curvas cota x área x volume (assoreamento)
  - Atualização, via ensaios, das curvas de eficiência das turbinas
- ▶ Planejar as usinas com uma visão integrada dos recursos hídricos
  - Estudos de viabilidade incluiriam eclusas, sistemas de transporte de peixes,...
  - Modelo de concessões de usos múltiplos d'água?

# Conclusões

- ▶ Reservatórios são importantes instrumentos de controle de volatilidade das afluições hidrológicas.
  - Contribuem para o potencial hidrelétrico, controle de custos operativos, inserção de fontes renováveis, redução de emissão de gases de efeito estufa e podem ser ainda mais importantes num cenário de mudanças climáticas
- ▶ O descarte *a priori* destes não serve aos melhores interesses nacionais
  - Em particular não serve aos interessados com preservação ambiental
  - É preciso analisar os *tradeoffs* de forma transparente e honesta.
- ▶ A metodologia dos inventários pode ser aperfeiçoada (Angela Livino)
- ▶ O marco regulatório e ambiente de negócios também
  - Cálculo da Garantia Física
  - Planejamento integrado dos recursos hídricos (ex: energia, navegação e meio ambiente)

# PSR

## OBRIGADO

**Rafael Kelman**

[rafael@psr-inc.com](mailto:rafael@psr-inc.com)

